

Bezpieczeństwo systemów w ujęciu diagnostyki

Bogdan Żółtowski

Procesy destrukcji systemów technicznych wpływające na bezpieczeństwo ruchu wymuszają potrzebę nadzorowania zmian ich stanu technicznego [1, 2, 3, 4, 10, 12, 16, 17, 18, 19].

Metody i środki nowoczesnej diagnostyki technicznej są narzędziem diagnozowania stanu systemów technicznych, co jest podstawą podejmowanych decyzji eksploatacyjnych [1, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 17, 19].

Konfrontacja zmienionych wymagań i nowych możliwości wygenerowała nowe klasy problemów badawczych (rys. 1), zintensyfikowała inne, a równocześnie wiele kierunków prac badawczych stało się nieistotne bez możliwości aplikacyjnych poprzez:

- dostęp do zaawansowanych technologii światowych;
- możliwości zakupu najnowszej generacji urządzeń badawczych;
- możliwości najnowszych aplikacji informatycznych w obszarze hardware'u i software'u;
- dostęp do baz danych, rynku kapitałowego i szerokie możliwości powiązań kooperacyjnych.

To wszystko diametralnie zmienia poglądy i dokonania w obszarze wykrywania i nadzorowania zmian stanu obiektów metodami diagnostyki technicznej, szczególnie w obszarze kształtowania bezpieczeństwa zadaniowego obiektów technicznych. Daje to możliwość nadzorowania zmian stanu, lokalizacji uszkodzeń i minimalizacji skutków uszkodzeń i zagrożeń bezpieczeństwa.

Zmiany stanu maszyn

Uszkodzenie jest jednym z istotnych zdarzeń występujących w procesie użytkowania maszyn, determinującym niezawodność maszyn, efektywność ich wykorzystania, proces obsługi technicznej, a także zakres potrzeb diagnostyki technicznej.

Najogólniej, pojęcie uszkodzenia maszyny zdefiniować można jako zdarzenie polegające na przejściu maszyny (zespołu, elementu) ze stanu zdatności do stanu niezdatności. Przez stan zdatności rozumie się taki stan maszyny, w którym spełnia ona wyznaczone funkcje i zachowuje parametry określone w dokumentacji technicznej. Przez stan niezdatności rozumie się natomiast stan maszyny, w którym nie spełnia ona chociażby jednego z wymagań określonych w dokumentacji technicznej.

Na skutek oddziaływania otoczenia oraz realizacji przez obiekt stawianych mu zadań, początkowe własności obiektu mogą ulegać zmianie, co odzwierciedli się w zmianie wartości początkowych cech mierzalnych oraz ewentualnie w zmianie stanu cech niemierzalnych. Uszkodzenia maszyn w toku eksploatacji (rys. 2) mogą zachodzić w następujący sposób:

- wskutek powolnych, nieodwracalnych procesów starzeniowych i zużyciowych zachodzących w maszynie;
- w wyniku pojawienia się procesów odwracalnych o różnej intensywności przebiegu, wywołanych przez czasowe prze-

Streszczenie: W inżynierii mechanicznej rozwijająca się diagnostyka techniczna opierająca się głównie na wykorzystaniu informacji o zmieniającym się stanie maszyn potrafi nadzorować zagrożenie bezpieczeństwa i postępującą destrukcję maszyny w całym cyklu jej życia. Zmiany stanu – odwzorowane metodami diagnostyki technicznej – zapobiegają przyczynom i skutkom uszkodzeń.

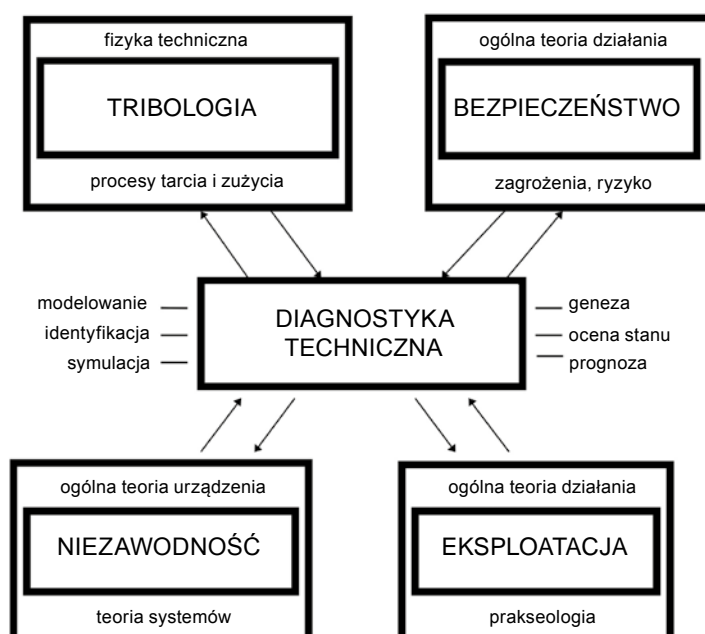
Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, diagnostyka, stan, eksploatacja, uszkodzenia, zawodność.

Abstract: In mechanical engineering the developing technical be basing diagnostics mainly on utilization the information about changing it will stand up the machine engines the threat of safety be able to supervise and the progressive destruction of machine engine in whole cycle her life. The change of state – i mitated with methods of technical diagnostics they – prevent the causes and the results of damages.

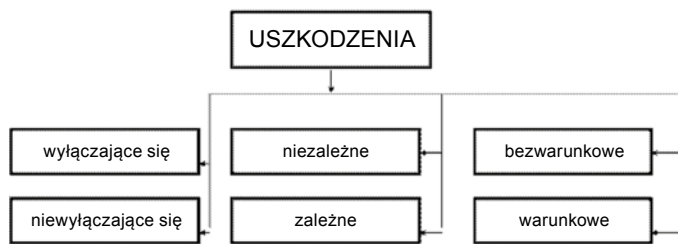
Key words: the safety, diagnostics, state, exploitation, damages, the failure.

kroczenia dopuszczalnych wartości jednego lub więcej czynników wymuszających;

- w sposób skokowy objawiający się nieciągłym przejściem jednej lub więcej cech poza granice przyjęte za dopuszczalne dla danej maszyny.



Rys. 1. Nauki eksploatacyjne w utrzymaniu zdatności maszyn



Rys. 2. Rodzaje uszkodzeń

Uwzględniając dotychczasowe rozważania, można wskazać na główne przyczyny powstawania uszkodzeń, które klasyfikuje się następująco:

- konstrukcyjne – uszkodzenia powstałe wskutek błędów projektowania i konstruowania obiektu, najczęściej przy nieuwzględnieniu obciążeń ekstremalnych, tzn. wartości, które w istotny sposób przekraczają obciążenia nominalne, prowadząc wprost do uszkodzeń;
- produkcyjne (technologiczne) – uszkodzenia powstałe wskutek błędów i niedokładności procesów technologicznych (brak tolerancji wymiarów, gładkości powierzchni, obróbki termicznej itp.) lub wad materiałów elementów obiektu;
- eksploatacyjne – uszkodzenia powstałe w wyniku nieprzestrzegania obowiązujących zasad eksploatacji lub na skutek oddziaływań czynników zewnętrznych nieprzewidywanych dla warunków użytkowania danego obiektu, co prowadzi do osłabienia i przedwczesnego zużycia i osiągnięcia stanu granicznego;
- starzeniowe i zużyciowe – zawsze towarzyszące eksploatacji obiektów i będące rezultatem nieodwracalnych zmian prowadzących do pogorszenia wytrzymałości i zdolności współdziałania poszczególnych elementów.

Uszkodzenie lub zniszczenie obiektu technicznego następuje pod wpływem przenoszonych przez niego energii. Zależnie od tego, jaki rodzaj energii dominuje w danych warunkach, przyczyny uszkodzeń elementów można podzielić na następujące grupy:

- mechaniczne – naprężenia statyczne, pełzanie, zmęczenie, pitting, zużycie cierne;
- chemiczne – korozja metali, starzenie gumy, farb, izolacji, butwienie drewna;
- elektryczne – elektrokorozja;
- cieplne – nadtapianie, intensyfikacja przebiegu zjawisk.

Klasyfikacja uszkodzeń

Dla poprawnego scharakteryzowania zmian własności i zjawisk je powodujących zachodzących w maszynach podczas ich funkcjonowania, a szczególnie zjawisk prowadzących do powstawania uszkodzeń potrzebne są wiarygodne dane o funkcjach roboczych poszczególnych zespołów i warunkach ich pracy, co wiąże się z potrzebą klasyfikacji urządzeń.

W urządzeniach technicznych można wyróżnić:

- elementy aktywne, które bezpośrednio uczestniczą w przemianie energii, przekazywaniu mocy, przetwarzaniu rodzajów ruchów roboczych na inne ich rodzaje, przenoszeniu obciążeń itp.;
- elementy bazowe, które ustalają prawidłowe rozmieszczenie elementów aktywnych oraz elementów wspomagających, np. korpusy, prowadnice, ramy;

- elementy wspomagające, które zabezpieczają urządzenia od przeciążeń lub przekroczenia stanów granicznych.

Sprecyzowanie funkcji użytkowych oraz przeprowadzenie klasyfikacji cech (własności) obiektu jest możliwe metodami diagnostyki technicznej. Najczęściej stosowany jest następujący podział cech:

- krytyczne – decydujące o stopniu zagrożenia dla życia lub zdrowia ludzkiego, zagrożeniu środowiska, zagrożeniu układów współpracujących oraz całkowitej utracie wartości użytkowej obiektu (wyrobu), podlegające monitorowaniu;
- ważne – mające istotne znaczenie dla oceny stanu (przydatności) obiektu, określające zagrożenia dla konstrukcji, zmieniające się odwracalnie w czasie eksploatacji;
- mało ważne – powodujące nieistotne i odwracalne zmniejszenie efektywności funkcjonowania obiektu.

Przedstawione cechy ze względu na metodę oceny można podzielić na:

- cechy mierzalne dające się zmierzyć i określić ich wartość nominalną i graniczną;
- cechy niemierzalne, których ocenę dokonuje się jedynie organoleptycznie.

Ocena cech krytycznych jest prowadzona najczęściej w formie monitorowania w odniesieniu do każdej z nich osobno i stanowi podstawę do wyłączenia obiektu z eksploatacji przy niespełnieniu wymagań którejkolwiek z cech. Wartości nominalne oraz graniczne dla tych cech są określane przez odpowiednie normy lub są określane przez użytkownika.

Cechy ważne są podstawą oceny aktualnego stanu badanego obiektu i wytyczają zakres i potrzeby czynności obsługowych i naprawczych.

Uszkodzenia w zależności od charakteru pojawienia się można podzielić na [11]:

- pierwotne (niezależne), czyli takie, których pojawienie się nie było wywołane innym uszkodzeniem;
- wtórne (zależne), jeżeli uszkodzenie jednego urządzenia zostało spowodowane wystąpieniem uszkodzenia w innym urządzeniu;
- łączne, czyli uszkodzenia oddzielnych elementów tego samego urządzenia występujące jednocześnie;
- pojedyncze, gdy pojawiają się oddzielnie;
- stopniowe, czyli powstające w rezultacie zmian w czasie tych parametrów, które określają moment wystąpienia uszkodzenia na skutek oddziaływania różnorodnych procesów fizycznych, chemicznych itp.;
- nagłe charakteryzujące się skokową, niedopuszczalną zmianą wartości istotnych cech elementów, urządzeń itp. Na prawdopodobieństwo ich wystąpienia nie ma wpływu ani liczba godzin pracy, ani kalendarzowy okres eksploatacji.

Z punktu widzenia przyczyn uszkodzenia można podzielić na:

- przypadkowe o stałym ryzyku wystąpienia w procesie eksploatacji; uszkodzeniom takim podlegają elementy, których stan techniczny nie zależy od czasu funkcjonowania;
- spowodowane błędami wytwarzania i obsługi o gasnącym ryzyku występowania w procesie eksploatacji; występują one najczęściej w początkowym okresie eksploatacji;
- spowodowane procesami zużycia i starzenia się elementów o rosnącym ryzyku występowania w procesie eksploatacji; pojawiają się one przede wszystkim w końcowym okresie eksploatacji;

- spowodowane nieprzebraniem założonych warunków eksploatacji, np. przeciążeniami różnej natury; rozkład tych uszkodzeń w czasie jest na ogół nieznan; przyjmuje się najczęściej stałe ryzyko ich występowania w procesie eksploatacji.

Przeciwdziałanie uszkodzeniom

Zmniejszanie destrukcyjnego wpływu starzenia fizycznego i zużyciu obiektów mechanicznych jest konieczne we wszystkich fazach istnienia obiektów. Wymierne efekty zmniejszania liczby uszkodzeń obiektów technicznych można kształtować:

- w dziedzinie konstrukcji – przez należyty dobór materiałów i ich kształtów do obciążeń, kształtowanie nacisków jednostkowych, dobór materiałów i tworzyw na pary tarcie, wyeliminowanie tarcia suchego, szerokie stosowanie odpowiednich uszczelnień, zapewnienie odpowiedniej temperatury;
- w dziedzinie technologii – przez wybór optymalnego rodzaju obróbki, kształtowanie optymalnej warstwy wierzchniej, wybór właściwej obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej, prawidłowy montaż i regulacje;
- w dziedzinie eksploatacji – poprzez przestrzeganie częstotliwości i zakresu czynności obsługowych (smarowanie, regulacje, ochrona przed korozją), unikanie przeciążeń i gwałtownych zmian prędkości, monitorowanie stanu.

Ogólnie więc metodyka przeciwdziałania uszkodzeniom maszyn pozwala wyróżnić dwie grupy metod postępowania:

- metody przedeksploatacyjne stosowane w fazie opracowywania (wartościowania), konstruowania i produkcji maszyn, z wyraźnym zaznaczeniem, że są one najbardziej efektywne z punktu widzenia ekonomicznego;
- metody eksploatacyjne stosowane podczas eksploatacji nawet wówczas, gdy takich metod nie przewidziano w procesie opracowywania.

Na etapie konstruowania określone są cechy elementów maszyn poprzez ustalenie ich kształtów i wymiarów materiałów, z których będą wykonane, tolerancji, gładkości powierzchni i sposobu dokładności ich wzajemnego połączenia. W dokumentacji konstrukcyjnej podaje się również wymagania dotyczące trwałości materiału, rodzaju struktury geometrycznej powierzchni, a także niekiedy sposób obróbki elementu.

Przy projektowaniu maszyn należy pamiętać o zmniejszeniu do minimum niebezpieczeństwa wywołania uszkodzeń przez obsługę. Upraszczanie, typizacja i normalizacja części i układów mechanicznych prowadzi nie tylko do uzyskania właściwej niezawodności, ale także obniża koszty i upraszcza konstrukcję.

Do eksploatacyjnych metod przeciwdziałania uszkodzeniom można zaliczyć:

- racjonalną eksploatację maszyn w zadanych warunkach i określonym przeznaczeniu;
- badanie stanu i monitorowanie rozwijających się uszkodzeń metodami diagnostyki;
- przestrzeganie wymagań określonych w dokumentacji techniczno-ruchowej w zakresie częstotliwości i zakresu czynności obsługiwań technicznych;
- badania statystyczne uszkodzeń w eksploatacji na potrzeby modernizacji (zmiany konstrukcji) maszyn, racjonalizacji gospodarki częściami zamiennymi itp.

Niewłaściwa eksploatacja powoduje intensywne oddziaływanie procesów zużyciowych prowadzących do przedwczesnych uszkodzeń i zagrożeń bezpieczeństwa.

Diagnostyka w ocenie rozwoju uszkodzeń i zagrożeń

Diagnostyka techniczna obejmuje następujące formy działania:

- ocenę stanu,
- prognozowanie stanu,
- genezowanie stanu – najsłabiej rozpoznane.

Te formy działania realizowane są przez inteligentne systemy diagnostyczne (mobilny software i hardware, z pętlą samouczenia i oceną ryzyka).

W badaniach stanu obiektów posługujemy się modelami: fizycznymi lub symbolicznymi, które są przedstawieniem fizycznym lub myślowym badanego oryginału (rys. 3).

Modelowanie na potrzeby diagnostyki obejmuje modelowanie fizyczne, matematyczne i energetyczne, co daje podstawy: diagnostyki symptomowej, holistycznej i energetycznej.

Główne problemy diagnostyki maszyn obejmują:

- pozyskiwanie i przetwarzanie informacji diagnostycznej;
- budowę modeli i relacji diagnostycznych;
- wnioskowanie diagnostyczne i wartości graniczne;
- klasyfikację stanów maszyny;
- przewidywanie czasu kolejnego diagnozowania;
- obrazowanie informacji decyzyjnych.

Powyższe grupy tematyczne stanowią obszar zainteresowań w zakresie metod i metodologii kształtowania i podtrzymywania jakości maszyn, który jest uwarunkowany dynamicznym rozwojem następujących zagadnień:

- modelowania obiektów, (strukturalne, symptomowe, energetyczne);
- metod diagnozowania, genezowania i prognozowania;
- podatności diagnostycznej (przyjazne metody i obiekty);
- budowy ekonomicznych i dokładnych środków badania;
- możliwości eksperymentów w kolejnych fazach istnienia maszyny;
- metod oceny efektywności zastosowań metod badawczych;
- metodologii projektowania i wdrażania układów pomiarowych;
- metod sztucznej inteligencji w badaniach.

Sygnaly diagnostyczne

Fizyka zjawisk towarzyszących pracy każdej maszyny oparta na modelu generacji sygnałów (rys. 4) jest podstawą dobrej diagnostyki i opiera się na znajomości opisu dynamiki maszyny, co ułatwia łagodne przejście do obszaru diagnostyki (MEB, MES, MSES, AM).

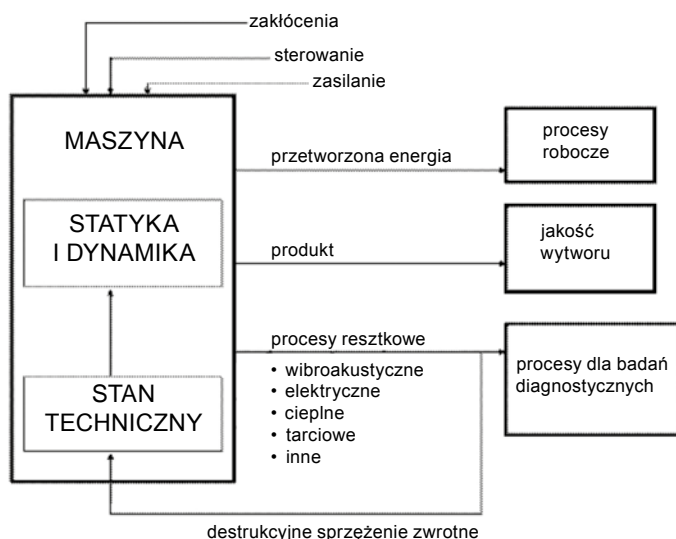
Wybór parametrów diagnostycznych

Zbiór parametrów diagnostycznych sygnału wyróżnia się ze zbioru parametrów wyjściowych towarzyszących pracy maszyny. Wyznaczanie zbioru wrażliwych na uszkodzenia parametrów diagnostycznych powinno uwzględniać:

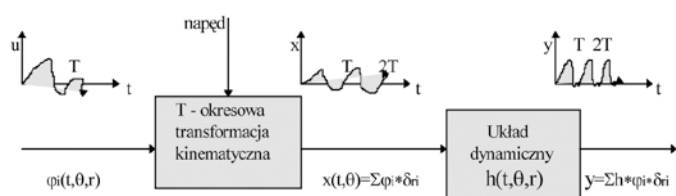
- zdolność odwzorowania zmian stanu w czasie eksploatacji;
- ilość informacji o stanie technicznym przekładni;
- wrażliwość wartości parametrów w czasie eksploatacji.

Metody wyznaczania symptomów diagnostycznych są następujące:

- metoda maksymalnej wrażliwości parametru na zmianę stanu technicznego;
- metoda maksymalnej względnej zmiany parametru diagnostycznego;



Rys. 3. Możliwości oceny stanu maszyn



Rys. 4. Model generacji sygnału

- metoda maksymalnej pojemności informacyjnej parametru diagnostycznego;
- metoda maksymalnej zmienności parametru diagnostycznego. Zaletą powyższych metod jest to, że pozwalają wybrać ze zbioru parametrów wyjściowych jednoelementowe, jak i wieloelementowe zbiory parametrów diagnostycznych.

Kryteria optymalizacji zbioru parametrów diagnostycznych:

- parametry diagnostyczne powinny charakteryzować proces destrukcji obiektu i być z nim ściśle związane;
- parametry diagnostyczne powinny być wrażliwe na zmiany zachodzącego procesu pogarszania się zdatości obiektu;
- liczba parametrów diagnostycznych nie może być zbyt duża, gdyż znaczna ich liczba utrudnia, a niekiedy uniemożliwia poznanie procesu pogarszania się stanu obiektu;
- parametry diagnostyczne powinny mieć charakter mierzalny;
- muszą istnieć wiarygodne dane statystyczne i analityczne wyróżnianych parametrów (BEDIND, SVD, PCA).

Problemy diagnostyki technicznej

Diagnostyka techniczna – rozwija się w dwóch kierunkach:

- opracowywanie metod badania stanu obiektu (budowa, funkcjonowanie, procesy fizykochemiczne, modele generacji sygnałów);
- planowanie procesów diagnostycznych (uogólnienia z formalizacją: opisu, działań diagnostycznych, metod optymalizacji – modele diagnostyczne, programy diagnostyczne, zbiory sprawdzeń).

To daje odpowiedź – jak najlepiej badać obiekt?

Problemy optymalizacji systemu diagnostycznego (siły i środki do realizacji procesu badania) są analizowane znacznie rzadziej. Obejmują one: organizację struktury kontrolno-pomia-

rowej, stałe i zmienne programy diagnozowania, dobór metod i urządzeń pomiarowych, określenie relacji końcowych, sposobu prezentacji itp.

System diagnostyczny staje się więc obiektem oddzielnych rozważań, a właściwości diagnostyczne takich systemów wymagają opracowania i opisu (z formalizacją matematyczną).

Najnowsze, prężnie rozwijane tematy diagnostyki to:

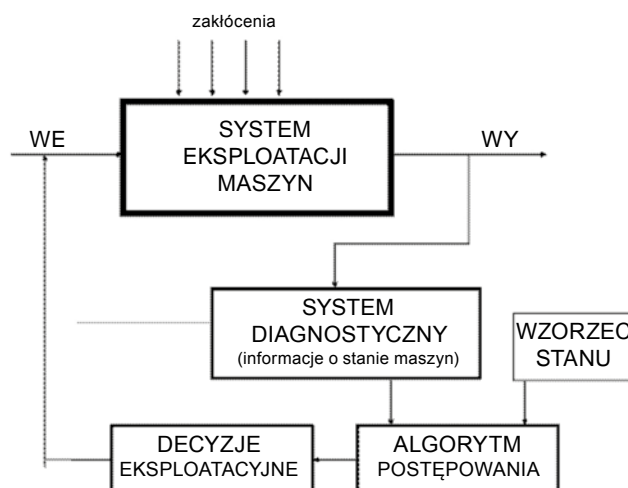
- nowoczesne metody przetwarzania sygnałów;
- wielowymiarowa diagnostyka maszyn;
- analiza numeryczna i metody synchroniczne;
- diagnostyka energetyczna;
- diagnostyka przez identyfikację;
- diagnostyka wg modelu;
- elementy sztucznej inteligencji w diagnostyce;
- nowoczesne technologie informatyczne w diagnostyce;
- projektowanie komputerowych systemów diagnostycznych;
- inteligentny agent diagnostyczny.

Problemy diagnostyki technicznej:

- czas konstytuowania się symptomu diagnostycznego;
- zmiana wartości symptomu – działania profilaktyczne;
- kompleksowa ocena stanu:
 - pomiar,
 - odniesienie do wartości granicznej,
 - prognozowanie stanu,
 - wyznaczenie terminu kolejnego diagnozowania,
 - genezowanie przyczyny zmian wartości mierzonego symptomu;
- nadzór rozwijających się uszkodzeń (tolerowanie uszkodzeń, STOP – dla uszkodzeń krytycznych wg Sgr);
- PSOT-ia – profilaktyczny system obsługiwań technicznych z ingerencją adaptacyjną.

System diagnostyczny

System diagnostyczny jest to zbiór elementów i relacji, które są niezbędne do realizacji procesu diagnozowania. Ponieważ na proces ten składa się szereg działań, w wyniku których informacja o właściwościach obiektu zostaje przetworzona na informacje o jego stanie, zatem postać systemu diagnostycznego jest uzależniona od rodzaju obiektu i działań diagnostycznych niezbędnych do wypracowania diagnoz.



Rys. 5. Rozpoznawanie stanu maszyn

Szczegółowa definicja systemu diagnostycznego istnieje w postaci:

„SYSTEM DIAGNOSTYCZNY to zespół diagnostów, zbiór metod i środków uzyskiwania, przetwarzania, prezentacji i gromadzenia informacji oraz zbiór obiektów, ich modeli i algorytmów diagnozowania, prognozowania i genezowania stanów, a także relacji między tymi elementami, przeznaczony do podejmowania wiarygodnych decyzji o przynależności badanego obiektu do określonej klasy stanów”.

Struktura systemu diagnostycznego zaproponowana na rys. 5 ukazuje podstawowe powiązania pomiędzy obiektem badań, jego modelem diagnostycznym a układem rozpoznania stanu i decyzji.

Uporządkowanie struktury systemu wyrażane jest za pomocą zbioru relacji i dotyczy wybranych właściwości jego elementów, w wyniku czego wyróżnia się rozmaite struktury, np.: organizacyjną, ekonomiczną, technologiczną. Systemy diagnostyczne należą do klasy systemów informatycznych i wyróżniają się tym, że:

- celem ich działania jest określanie stanu innych obiektów (lub systemów), w zasadzie bez wpływania na zmianę tego stanu;
- cel ten to opracowanie diagnozy możliwej do uzyskania przez przetwarzanie informacji o właściwościach obiektu na informację o jego stanie.

Z tych względów główną uwagę należy poświęcić informacyjnej strukturze systemu diagnostycznego oraz projektować go, optymalizować i oceniać ze względu na obieg informacji.

Różna postać składowych elementów i różne ich wykorzystanie w systemie daje możliwość tworzenia systemów diagnostycznych o różnych strukturach oraz zróżnicowanym stopniu ich automatyzacji (rys. 6).

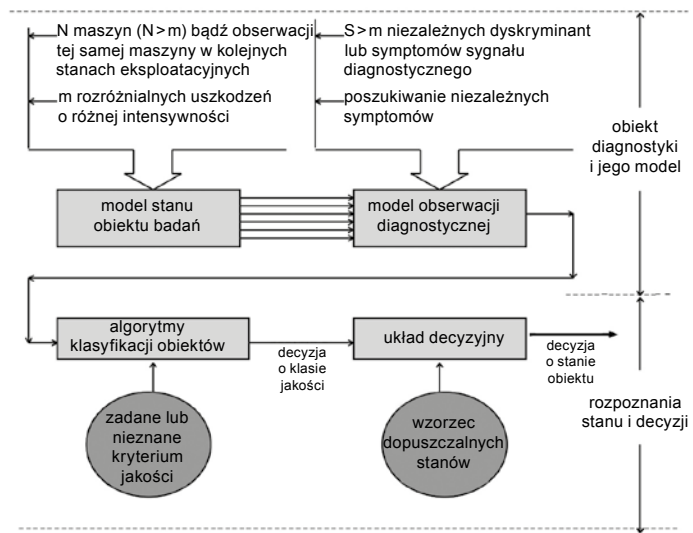
A. Nieautomatyzowany system diagnostyczny obejmuje człowieka (lub zespół ludzi), który wykonuje wszystkie czynności, korzystając z przyrządów pomiarowych, instrukcji dotyczących metod zbierania i przetwarzania informacji o badanym obiekcie oraz wypracowuje diagnozę, którą w razie potrzeby rejestruje np. w protokole. System taki obejmuje przyrząd pomiarowy, diagnostę i instrukcję z danymi. Z takimi systemami diagnostycznymi spotykamy się jeszcze stosunkowo często w praktyce przemysłowej.

B. Zautomatyzowany system diagnostyczny wykorzystuje układ urządzeń technicznych, które realizują proces diagnozowania zgodnie z zadanym programem. Udział człowieka jest znikomy, najczęściej sprowadza się do włączenia systemu. Automatyczne systemy diagnostyczne objęte są zwykle samokontrolą, a zaistnienie uszkodzenia jest sygnalizowane. Mogą być wówczas włączane elementy rezerwowe lub kontrolowany obiekt wyłączany jest z ruchu. Poszczególne wyniki kontroli lub tylko wyniki wykraczające poza zadane granice są rejestrowane automatycznie.

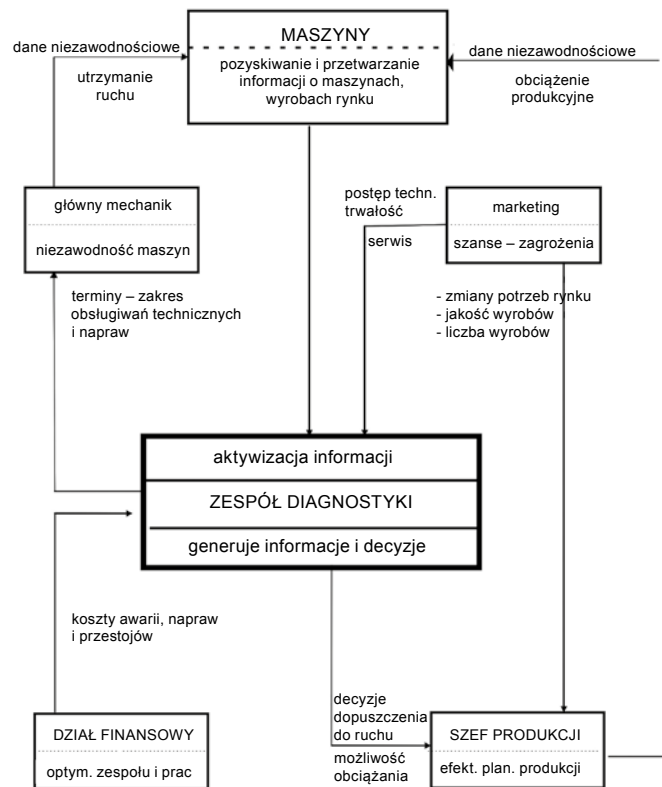
Zastosowanie praktyczne

Monitorowanie stanu maszyn, w aspekcie niezawodności funkcjonalnej (traktowanej jako zdolność maszyny do wykonania zadania), jak i w sensie diagnostyki fizycznej (rozpoznawanie przyczyn zaistniałych uszkodzeń), występuje na poziomie utrzymania maszyn w ruchu (rys. 7).

W procesie eksploatacji, wspomaganym metodami diagnostyki technicznej, biorąc pod uwagę charakter zmian wartości wymuszeń (obciążeń) działających na obiekt, wyróżnia się:



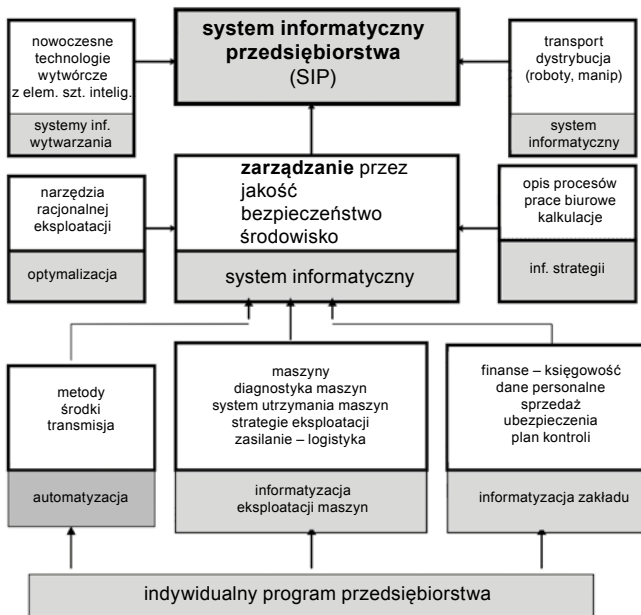
Rys. 6. Procedura rozpoznawania stanu



Rys. 7. Zespół diagnostyki w zakładzie

- uszkodzenia przypadkowe (nagłe), które powstają w wyniku działania bodźców skokowych powodujących przekroczenie ustalonych wartości dopuszczalnych parametrów poprawnej pracy; uszkodzeń nagłych nie można przewidzieć na podstawie wyników wykonywanych obsługiwań technicznych, w tym i diagnostyki;
- uszkodzenia zużyciowe (naturalne) będące wynikiem nieodwracalnych zmian właściwości początkowych obiektu zachodzących podczas eksploatacji na skutek procesów starzenia i zużywania się; uszkodzenia zużyciowe powstają od bodźców, które kumulują się w czasie jego użytkowania i można je przewidywać, mając wyniki pomiarów diagnostycznych. Praktyka zastosowań diagnostyki obejmuje wiele ważnych obszarów, takich jak:

BEZPIECZEŃSTWO



Rys. 8. Problematyka eksploatacji i diagnostyki maszyn w systemie informatycznym zakładu

- organizacja systemu diagnostycznego (DSEM);
- zarządzanie i systemy jakości (TQM, TPM, QFD, FMEA);
- nowoczesne technologie informatyczne (ISZOT);
- modelowanie systemów eksploatacji z diagnostyką i oceną ryzyka.

W praktyce funkcjonowania przedsiębiorstw problemy eksploatacji i diagnostyki wkomponowane są w informatyczne systemy funkcjonowania – rys. 8.

Funkcje podsystemu eksploatacji można określić jako zadania:

- prowadzi klasyfikację i ewidencję wszystkich środków trwałych;
- proponuje wskaźniki techniczno-ekonomiczne gospodarki środkami trwałymi;
- nadzoruje eksploatację środków trwałych;
- analizuje dane z monitoringu i podejmuje decyzje;
- wnioskuję likwidację środków trwałych;
- planuje, nadzoruje i realizuje wszystkie rodzaje przeglądów, konserwacji i napraw.

Deskryptory diagnostycznego systemu istnienia maszyny

Samo funkcjonowanie systemu diagnostycznego, od strony metodyki wykorzystania narzędzi diagnostyki technicznej do bieżącej oceny i prognozowania stanu maszyn, wymaga znajomości:

- symptomów stanu maszyny: s_1, s_2, \dots, s_m ;
- wartości granicznych symptomów:

$$S_{gr} = s + \sigma \sqrt{\frac{P_g}{2A}};$$

- okresowości badań diagnostycznych:

$$T_D = \frac{(1 - P_g)(S_{gr} - S_m)}{S_m} \theta_m$$

System informatyczny przedsiębiorstwa

Znajomość stanu technicznego w tak funkcjonującym diagnostycznym systemie eksploatacji (DSEM) jest podstawą podejmowania decyzji eksploatacyjnych: o dalszym użytkowaniu, skierowaniu do obsługiwań technicznych lub do likwidacji.

Ocena stanu systemu mechatronicznego

System mechatroniczny to nowoczesna maszyna złożona z części mechanicznej, elektronicznej i elektrycznej, zintegrowana nowoczesnymi technologiami informatycznymi w obszarze wytworów, jak i towarzyszących im procesów. Systemy monitorowania stanu takich systemów (rys. 9) to niezbędny element wyposażenia zabezpieczający przed wystąpieniem uszkodzeń lub awarii. Rozwiązania algorytmiczne tych systemów organizują proces akwizycji, porządkowania i przetwarzania danych pomiarowych według przyjętych reguł, wspomagając klasyfikację stanów bądź wspomagających podejmowanie decyzji diagnostycznych. Rozwiązania sprzętowe określają wielokanałowe układy pomiarowe współpracujące z dowolnymi czujnikami, układy kontroli własnych obwodów pomiarowych, łąca integrujące oczujnikowanie z różnymi przetwornikami lub układami wykonawczymi określającymi sytuacje zagrożeniowe, alarmowe lub wyłączeniowe.

Systemy monitorujące takich systemów oparte są na czujnikach zmian stanu źródeł cząstkowych, czujnikach inteligentnych (sensorach), układach zbierania informacji i stacji operatorskiej. Głównym elementem takich układów są inteligentne przetworniki pomiarowe, które zawierają: blok akwizycji, blok przetwarzająco-sterujący i blok komunikacji z otoczeniem. Ich zalety w porównaniu z poprzednią generacją przyrządów są następujące:

- możliwość realizacji części procedur pomiarowych w postaci cyfrowej;
- możliwość realizacji algorytmów przetwarzania bez zmiany struktury przyrządu;
- możliwości komunikacyjne polegające na wykorzystaniu specjalizowanych interfejsów pomiarowych do generowania decyzji informacyjno-sterujących.

To wszystko sprawia, że przetworniki inteligentne mają właściwości adaptacyjne umożliwiające na podstawie warunków pomiaru, właściwości obiektu, wymagań i ograniczeń wybór algorytmu pomiaru stosownie do badanego problemu. W pamięci przetwornika znajduje się oprogramowanie pewnego zestawu algorytmów i program ich wyboru. Wybór jest warunkowany stosownie do realizowanej funkcji, zgromadzonej wiedzy oraz informacji o warunkach pomiaru.

Czynnikiem, który łączy wszystkie te kroki w jedną całość, są nowoczesne technologie informatyczne. Systemy takie (SCADA) mogą składać się z kilku poziomów.

• Poziom czujników pomiarowych

Przetwarzają różnorodne wielkości procesowe (temperatura, napięcie, prąd, moc, ciśnienie, drgania itp.) na sygnał elektryczny.

• Poziom sterowników PLC

Sterowniki PLC mogą tworzyć struktury *master-slave*, w których jeden z nich może zarządzać pracą innych. Umożliwia to tworzenie rozbudowanych struktur pomiarowo-kontrolnych.

• Poziom połączenia sterowników PLC z systemami komputerowymi

Sterowniki PLC mogą być łączone z systemami komputerowymi za pomocą sieci przemysłowych lub sieci lokalnych.

• Poziom stacji danych

Stacja danych – gromadzi dane z czujników dołączonych do sterowników SCADA. Możliwe jest przetwarzanie tysięcy wartości pomiarowych.

• Poziom sieci lokalnych

Umożliwia łączenie stacji klienckich ze stacją danych, pozwalając na dostęp do danych procesowych ze stacji roboczych zlokalizowanych w różnych miejscach danej organizacji.

• Poziom stacji klienckich prezentujących wartości pomiarowe w postaci obrazów synoptycznych.

Podsumowanie

Kształtowanie i ocena jakości maszyn metodami diagnostyki technicznej wiąże się ściśle z koniecznością utrzymania na odpowiednim poziomie ich cech użytkowych w określonych warunkach eksploatacji. Cechy te, spełniające wymogi bezpieczeństwa i reprezentatywne dla stanu pojazdu (zespołu, elementu), winny być określone już na etapie konstruowania (rys. 10), a weryfikowane podczas wytwarzania i eksploatacji.

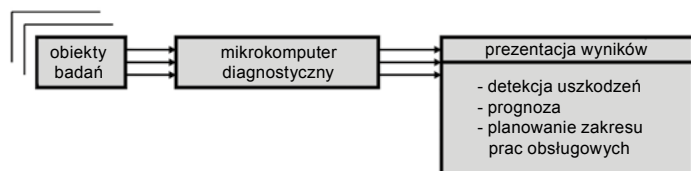
Do wyróżnienia, oceny i podtrzymywania cech użytkowych wykorzystuje się:

- możliwości diagnostyki technicznej, w tym konstruowanie diagnostyczne, ocenę jakości wytworów, diagnostykę eksploatacyjną, metody i środki diagnostyki technicznej, wspomaganie badań diagnostycznych techniką komputerową;
- badania niezawodności w fazach: przedprodukcyjnej, produkcyjnej i poprodukcyjnej przy wykorzystaniu badań stanowiskowych, modelowania deterministycznego i stochastycznego czynników wymuszających, wspomaganie komputerowego badań niezawodności;
- metodologię kształtowania „jakości” przez jakościowy system sterowania przedsiębiorstwem z uwzględnieniem kryteriów norm jakości EN serii 29 000;
- badania technologiczności obsługowej i naprawczej pojazdów, kształtowanie intensywności starzenia i zużywania się elementów, kształtowanie podatności oraz ocenę efektywności eksploatacji pojazdów.

Powyższe grupy tematyczne stanowią obszar zainteresowań szerokiego grona społeczności eksploatacyjnej, przyczyniając się do rozwoju metod i metodologii kształtowania i podtrzymywania zdolności pojazdów (rys. 11).

Diagnostyka techniczna, obok tribologii, niezawodności, teorii bezpieczeństwa i teorii eksploatacji jest jedną z podstawowych nauk o racjonalnej eksploatacji obiektów. Poznanie zjawisk fizycznych zachodzących w czasie funkcjonowania maszyny umożliwia określenie związków jakościowych między zachodzącymi procesami destrukcyjnymi a stanem maszyny. Duży rozrzut własności początkowych maszyny, jak

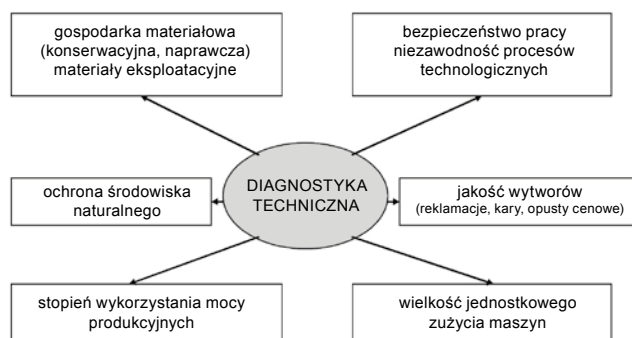
OBIEKT BADAŃ – KOMPUTER SPECJALIZOWANY



Rys. 9. Pokładowe urządzenia diagnostyczne



Rys. 10. Etapy istnienia maszyny



Rys. 11. Możliwości diagnostyki

i nieoznaczoność i ciągłość procesów starzenia oraz zużyć wyraźnie zakreślają cele i zadania diagnostyki maszyn, która musi wypracować sobie specyficzny zbiór metod i środków diagnozowania.

Literatura

- [1] CEMPEL C., NATKE H.G.: *An introduction to the holistic dynamics of operating systems*. Progress Report No. 2, CRI - B - 2/92, 1996.
- [2] KORBICZ J., KOŚCIELNY J.M., KOWALCZUK Z., CHOLEWA W.: *Diagnostyka procesów*. WNT, Warszawa 2002.
- [3] NIZIŃSKI S., MICHAŁSKI R.: *Diagnostyka obiektów technicznych*. ITE, Radom 2002.
- [4] TYLICKI H., ŻÓŁTOWSKI B.: *Terra-technologie eksploatacji pojazdów mechanicznych*. Wyd. ATR, Bydgoszcz 2005, s. 260.
- [5] TYLICKI H., ŻÓŁTOWSKI B.: *Rozpoznawanie stanu maszyn*. ITE – PIB, Radom 2010 s. 188.
- [6] WOROPAY M. (RED.): *Podstawy racjonalnej eksploatacji maszyn*. ITE - ATR, Bydgoszcz – Radom 1996.

- [7] ŻÓŁTOWSKI B., JÓZEFIK W.: *Diagnostyka techniczna elektrycznych urządzeń przemysłowych*. Wydawnictwa ATR. Bydgoszcz 1996, s. 240.
- [8] ŻÓŁTOWSKI B., ĆWIK Z.: *Leksykon diagnostyki technicznej*. Wydawnictwa ATR. Bydgoszcz 1996, s. 420.
- [9] ŻÓŁTOWSKI B.: *Podstawy diagnostyki maszyn*. ATR, Bydgoszcz 1996.
- [10] ŻÓŁTOWSKI B.: *Badania dynamiki maszyn*. ISBN–83-98-3-4, Bydgoszcz 2002, s. 335.
- [11] ŻÓŁTOWSKI B., CEMPEL C.: *Inżynieria diagnostyki maszyn*. ITE Radom 2004, s. 1109.
- [12] ŻÓŁTOWSKI B., NIZIŃSKI S.: *System informatyczny eksploatacji pojazdów mechanicznych*. Wyd. PWSZ, Piła 2004, s. 234.
- [13] ŻÓŁTOWSKI B., TYLICKI H.: *Wybrane problemy eksploatacji maszyn*. Wyd. PWSZ, Piła 2004, s. 294.
- [14] ŻÓŁTOWSKI B., TYLICKI H.: *Elementy diagnostyki technicznej maszyn*. Wyd. PWSZ, Piła 2008, s. 183.
- [15] ŻÓŁTOWSKI B., CASTANEDA HEREDIA L.F.: *Estudio de explotación de vehículos ferroviarios*. EAFIT University, Colombia 2009, s. 298.
- [16] ŻÓŁTOWSKI B., CASTANEDA HEREDIA L.F.: *Badania pojazdów szynowych. Transport*. Wydawnictwo UTP, Bydgoszcz 2009, s. 220.
- [17] ŻÓŁTOWSKI B., CASTANEDA HEREDIA L.F.: *Bases del diagnostico tecnico de maquinas*. EAFIT University, Colombia 2010, s. 233.
- [18] ŻÓŁTOWSKI B., WILCZARSKA J.: *Mikroekonomia eksploatacji i diagnostyki maszyn*. ITE Radom – Bydgoszcz 2010, s. 89.
- [19] ŻÓŁTOWSKI B., NIZIŃSKI S.: *Modelowanie procesów eksploatacji*. ITE – PIB, Radom 2010, s. 211.



prof. dr hab. inż. Bogdan Żółtowski, prof. zw. UTP w działalności naukowej zajmuje się problemami transportu, dynamiki maszyn, diagnostyki technicznej i eksploatacji pojazdów. Ma w swoim dorobku ogólnie około 400 publikacji, w tym 27 pozycji zwartych (własne i współautorskie), 51 publikacji naukowych, 275 publikacji naukowo-technicznych i konferencyjnych oraz 49 opracowań naukowo-technicznych. Jest członkiem wielu stowarzyszeń naukowych oraz zespołów redakcyjnych w kraju i za granicą. Wypromował 12 doktorów nauk technicznych, kilkudziesięciu absolwentów studiów magisterskich i inżynierskich oraz recenzuje prace naukowo-badawcze, promocyjne, a także dorobek naukowy; e-mail: bogzol@utp.edu.pl

artykuł recenzowany