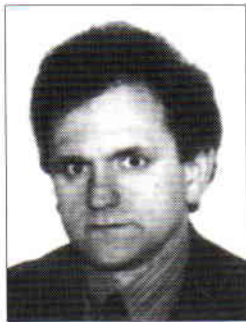


Tadeusz UHL

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA W KRAKOWIE
KATEDRA ROBOTYKI I DYNAMIKI MASZYN

Współczesne trendy rozwojowe systemów monitorowania i diagnozowania maszyn



Prof. dr hab. inż. Tadeusz UHL

jest pracownikiem Katedry Robotyki i Dynamiki Maszyn Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Autor ponad 200 prac naukowych i opracowań dla przemysłu z zakresu mechatroniki, monitorowania i diagnostyki maszyn, identyfikacji i modelowania. Kierownik wielu krajowych i międzynarodowych projektów badawczych z wyżej wymienionych dziedzin.

Streszczenie

W pracy przedstawiono współczesne tendencje rozwojowe systemów monitorowania i diagnozowania stanu maszyn. We wstępie zdefiniowano podstawowe pojęcia dotyczące zagadnień monitorowania i diagnostyki maszyn. W dalszej części pracy przedstawiono dwa rodzaje rozwiązań oparte o scentralizowane układy zbierania i przetwarzania danych, jak również systemy zdecentralizowane oparte na lokalnych układach diagnozowania. Przedstawiono wady i zalety obu rozwiązań, jak również podstawowe problemy wdrażania systemów w praktyce.

ABSTRACT

The paper presents trends in development of modern monitoring and diagnostic systems. Problems of health and usage monitoring of machines and machinery are presented. Some new designs of such systems are discussed. The software and hardware parts of monitoring systems are distinguished. The importance of communications tasks of automatic control systems with monitoring systems is shown.

Wprowadzenie

Rosnące koszty eksploatacji wielu maszyn i urządzeń oraz wymagania ich użytkowników co do ich dyspozycyjności zmuszają producentów do działań zmierzających do obniżenia kosztów eksploatacji, jak również do podniesienia ich niezawodności i żywotności. Jednym z bardzo istotnych czynników wpływających na koszty eksploatacji są koszty remontów oraz koszty nieprzewidzianych przestojów awaryjnych. Jedną z możliwości ich obniżenia jest monitorowanie i diagnozowanie stanu eksploatowanego obiektu, które ogranicza liczbę nie planowanych przestojów związanych z awariami, umożliwia śledzenie stopnia zużycia obiektu oraz przewidywanie zakresu koniecznego remontu. Coraz częściej na odpowiedzialnych obiektach instalowane są systemy monitorowania i diagnozowania stanu oraz zużycia. Jednym z niewymiernych czynników, który również decyduje o konieczności powszechnego wprowadzania systemów monitorowania i diagnostyki, jest bezpieczeństwo ludzi.

Przez system monitorowania stanu rozumie się wyposażenie techniczne i procedury obliczeniowe dla zbierania i analizy informacji związanej ze stanem i funkcjonowaniem poszczególnych części i podzespołów monitorowanego urządzenia w celu wykrycia początkowego stadium uszkodzenia lub zużycia, które może prowadzić do uszkodzenia.

Przez proces diagnozowania rozumie się określenie bieżącego stanu technicznego, określenie przyczyn zaistnienia tego stanu oraz określenie horyzontu czasowego przyszłej zmiany stanu technicznego. Pierwsze i ostatnie zadanie diagnostyki realizuje się dla potrzeb eksploatacji, natomiast określenie przyczyn zaistniałego stanu jest przydatne dla producenta oraz służb remontowych. Realizacja tego procesu jest możliwa na

podstawie danych pochodzących najczęściej z pomiarów. Pomiaru te są realizowane przez systemy ciągłego monitorowania bądź też za pomocą okresowych pomiarów wykonywanych przez operatora. Pomiaru realizowane w sposób ciągły na obiekcie w czasie jego eksploatacji są najczęściej wykonywane dla maszyn krytycznych, dodatkowo umożliwiają one monitorowanie zużycia (żywotności). W systemach tych poprzez pomiar wielkości związanych z obciążeniem poszczególnych elementów monitorowanej maszyny dokonuje się oceny trwałości zmęczeniowej. Drugą przyczyną, dla której coraz powszechniej stosuje się systemy ciągłego monitorowania, jest fakt, że w diagnostyce do oceny aktualnego stanu coraz bardziej przydatna jest informacja o procesach przejściowych, jak rozruch czy wybieg, które występują w sposób losowy w czasie eksploatacji i bardzo trudno byłoby badać jego przebiegi posługując się okresowymi pomiarami diagnostycznymi.

Diagnostykę maszyn i urządzeń można podzielić na dwa zasadnicze typy:

- diagnostykę eksploatacyjną,
- diagnostykę remontową.

Do diagnozowania stanu urządzenia w diagnostyce eksploatacyjnej wykorzystywane są symptomy stanu związane zarówno ze zmiennymi procesowymi, takimi jak ciśnienie, temperatura, moc, jak również procesy resztkowe, które w sposób nieodłączny towarzyszą eksploatacji każdej maszyny. Do procesów tych zalicza się procesy termiczne, elektryczne, a przede wszystkim wibroakustyczne. Umożliwiają one realizację procesu diagnozowania bez wyłączenia urządzenia z ruchu.

W realizacji diagnostyki remontowej wykonuje się badania odchyłek wymiarów, własności materiałowych itp. w stosunku do wzorca w postaci urządzenia bez defektu.

Systemy monitorowania maszyn stosuje się do realizacji diagnostyki eksploatacyjnej. W zakresie diagnostyki eksploatacyjnej można wyróżnić dwa sposoby wnioskowania diagnostycznego:

- oparte o symptomy diagnostyczne oraz wykorzystanie relacji symptom – stan,
- oparte na modelu, wykorzystujące relacje stan – parametry modelu.

Do realizacji wnioskowania stosuje się coraz częściej systemy doradcze umożliwiające w sposób automatyczny lub poprzez realizację wspomaganą decyzji operatora diagnozowanie wielu obiektów. Do realizacji tego typu systemów konieczne jest posiadanie zidentyfikowanych relacji diagnostycznych będących podstawą określenia reguł oraz tworzących bazy wiedzy diagnostycznej. Relacje te mogą być zidentyfikowane za pomocą eksperymentu biernego, eksperymentu czynnego, symulacji odpowiednich modeli oraz poprzez zastosowanie modelu odwrotnego. Idea diagnozowania poprzez model polega na śledzeniu zmian parametrów modelu w czasie eksploatacji. Wymaga to realizacji na bieżąco wraz z przebiegiem procesu identyfikacji parametrów modelu, co pozwala na określenie uszkodzenia, miejsca jego wystąpienia oraz stanu jego zaawansowania [9].

W diagnostyce eksploatacyjnej wyróżnia się dwa typy decyzji diagnostycznych;

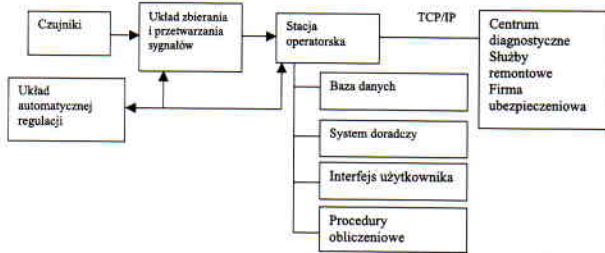
- decyzje istotne dla użytkownika; czy obiekt pracuje poprawnie, jaka jest prognoza poprawnej pracy,
- decyzje ważne dla obsługującego obiekt; lokalizacja uszkodzenia

dzenia, określenie przyczyny uszkodzenia, dane konieczne do określenia zakresu koniecznej naprawy.

Potrzebę diagnozowania stanu urządzeń technicznych najwcześniej dostrzeżono w elektronice, gdzie opracowano konstrukcje samodiagnostujące się oraz rekonfigurujące swoją strukturę, aby zachować ciągłość działania.

W eksploatacji maszyn i urządzeń mechanicznych diagnostyka, ze względu na odpowiedzialność funkcji realizowanych przez elementy urządzenia, została najwcześniej wdrożona w środkach transportu powietrznego i morskiego. W późniejszym okresie, tj. w latach 80., nastąpił nagły rozwój i zwiększył się zakres stosowania tych systemów. Wiązało się to również z rozwojem metod i środków diagnostyki, które w większości oparte są na sprzęcie elektronicznym, a w szczególności na technice mikroprocesorowej.

Typową architekturą klasycznego układu monitorowania i diagnozowania przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Typowa architektura współczesnego układu monitorowania i diagnozowania

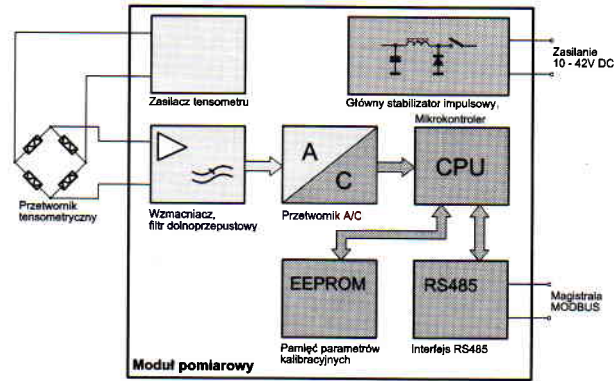
Przy realizacji współczesnego układu monitorowania i diagnozowania należy zwrócić uwagę na jego interdyscyplinarność, która wymaga w fazie projektowania i implementacji integracji zapewniającej prawidłową współpracę pomiędzy poszczególnymi elementami systemu.

Czujniki

Podstawowa informacja o diagnozowanym obiekcie pochodzi z czujników mierzących wybrane wielkości związane ze stanem technicznym monitorowanego urządzenia. W diagnostyce wykorzystuje się pomiary realizowane dla potrzeb automatycznej regulacji, jak również pomiary specjalne realizowane tylko dla potrzeb diagnostyki stanu. W szczególności dla diagnostyki wibroakustycznej, najczęściej wykorzystywanej w diagnostyce maszyn, przeprowadza się pomiary drgań, które w wielu maszynach i urządzeniach są pomiarami specjalnymi realizowanymi tylko dla jej potrzeb. W przypadku wykorzystywania zmiennych stanu realizowanego przez diagnozowane urządzenie procesu, dla potrzeb diagnostyki sygnały są pobierane z układu automatyki poprzez cyfrowe złącze sieciowe zapewniające odpowiednią szybkość transmisji, jak również jej pewność.

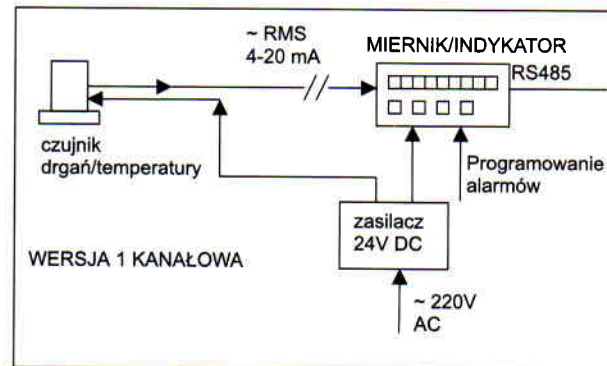
Obecne tendencje rozwojowe czujników stosowanych w diagnostyce idą w kierunku konstrukcji i budowy czujników inteligentnych wyposażonych w układy przetwarzania sygnału, układy mikroprocesorowe oraz wbudowane interfejsy sieciowe. Przykład tego typu konstrukcji czujnika przedstawiono na rysunku 2.

Podobne rozwiązania spotyka się we współcześnie projektowanych czujnikach drgań. Dzięki temu rozwiązaniu eliminuje się problemy przesyłania sygnału na duże odległości, gdyż sygnał w czujniku jest przetworzony do postaci cyfrowej i utworzony odpowiedni plik zgodny z wybranym protokołem transmisji danych. Stosując odpowiednie oprogramowanie można w czujniku zaimplementować algorytmy selekcji i redukcji informacji zbędnej z punktu widzenia procesu diagnozowania. W ten sposób minimalizuje się ilość danych przesyłanych z czujnika do stacji zbierania i przetwarzania sygnałów.



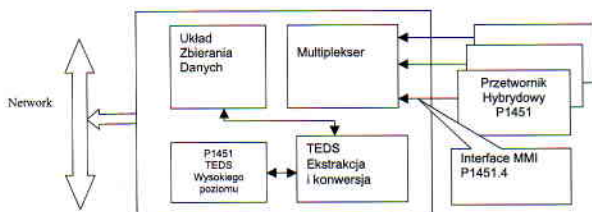
Rys. 2. Przykładowa konstrukcja czujnika siły stosowanego w systemie nadzoru rurociągu [1]

Innym tego typu rozwiązaniem są czujniki drgań z wbudowaną elektroniką stosowane do pomiarów drgań bezwzględnych. Czujniki te działają na zasadzie czujnika piezoelektrycznego, do wnętrza jego obudowy wbudowana jest elektronika w postaci wzmacniacza ładunku, zasilacza oraz układu filtrującego i całkującego. Na wyjściu czujnika jest sygnał prądowy 4-20mA proporcjonalny do wartości skutecznej (lub szczytowej) prędkości drgań. Zgodnie z normą ISO 2372 (obecnie opracowywana jest nowa norma w tym zakresie ISO 10819) na podstawie wartości skutecznej drgań bezwzględnych obudowy łożysk maszyn wirujących dokonuje się oceny stanu urządzenia, poprzez porównanie wartości zmierzonej z wartością podaną w normie. Sposób stosowania opisanego czujnika w układach monitorowania drgań przedstawiono schematycznie na rysunku 3.



Rys. 3. Czujnik drgań specjalizowany do pomiarów diagnostycznych w układach ciągłego monitorowania, z wyjściem prądowym 4-20 mA [1]

Czujnik o takiej konstrukcji jest produkowany przez firmę PCB Piezotronics Inc. W układach monitorowania, w których stosuje się wiele czujników drgań, zaproponowano rozwiązanie sieciowe, hybrydowe, schematycznie przedstawione na rysunku 4. Dla tego typu czujników zastosowano specjalny standard IEEE P1451.4, który stosuje się w sieciowych rozwiązaniach czujników [6]. Takie rozwiązanie umożliwia identyfikację czujnika w sieci oraz uruchomienie na żądanie transmisji sygnału. Obecnie prawie wszystkie firmy produkujące czujniki rozpoczęły pracę nad czujnikami w tym standardzie (B&K 1234, PCB333TEDS, Wilcoxon, Endevco), zastosowano w tym rozwiązaniu sieć jednoprzewodową typu MicroLAN (Dallas Semiconductor) oraz identyfikację czujnika w systemie TEDS (Transducer Electronic Data Sheet). Tego typu rozwiązanie minimalizuje ilość kabli konieczną do realizacji systemu monitorowania.



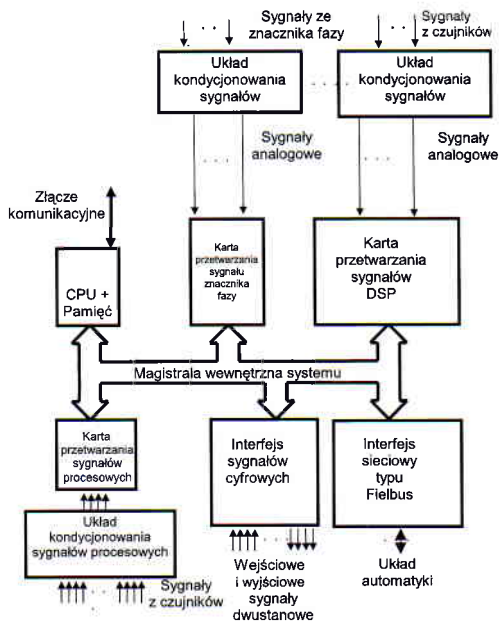
Rys. 4. Sieciowe hybrydowe rozwiązanie czujnika drgań wg standardu IEEE P1451

W przypadku gdy ułożenie kabli jest trudne lub niemożliwe, komunikację i przesyłanie danych można zrealizować drogą radiową.

W takich układach stosuje się czujniki z wbudowanym nadajnikiem radiowym, który umożliwi komunikację w dwie strony. Czujnik taki najczęściej pracuje okresowo na żądanie przesyłane z systemu zbierania i przetwarzania danych drogą radiową. Jednym z powszechnie stosowanych w tym zakresie rozwiązań jest rozwiązanie firmy S'tell Diagnostyc (Transvib) [3]. Sygnały z czujników w systemach monitorowania są przetwarzane w układach zbierania i przetwarzania sygnałów.

System zbierania i przetwarzania danych

Zadaniem systemu zbierania i przetwarzania sygnałów jest przetwarzanie sygnału pochodzącego z czujników i tworzenie zbiorów z danymi do analiz diagnostycznych. Zbiory te poprzez sieć komputerową są przesyłane do stacji operatorskiej, w której tworzona jest odpowiednia diagnostyczna baza danych. Typową architekturę systemu zbierania i przetwarzania danych przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Schemat klasycznego układu zbierania i przetwarzania sygnałów

Podstawowymi zadaniami systemu zbierania i przetwarzania danych są:

- obsługa czujników (zasilanie, sterowanie, separacja galwaniczna),

- obsługa znacznika fazy (separacja galwaniczna, przetwarzanie sygnału znacznika fazy do standardu TTL)
- wstępne przetwarzanie sygnałów (kondycjonowanie; filtracja, wzmacnianie, separacja składowych stałych i zmiennych),
- przetwarzanie analogowo-cyfrowe,
- cyfrowa analiza sygnałów,
- tworzenie plików sieciowych,
- tworzenie bufora danych,
- komunikacja z układami automatyki,
- obsługa zadań sieciowych.

Zadania te realizowane są sprzętowo lub za pomocą odpowiedniego oprogramowania.

Oprogramowanie układu zbierania i przetwarzania sygnałów składa się z oprogramowania systemowego sterującego pracą komputera oraz aplikacji realizujących specjalizowane funkcje. Jako oprogramowanie systemowe najczęściej wykorzystywane są systemy czasu rzeczywistego.

Karty przetwarzania sygnałów zbudowane są najczęściej w oparciu o procesory sygnałowe, których struktura zaprojektowana jest w sposób umożliwiający szybkie przetwarzanie dużych ilości danych. Dlatego też są one wykorzystywane do przetwarzania ciągów próbek sygnałów. Podstawowymi zadaniami realizowanymi za pomocą procesorów sygnałowych na kartach przetwarzania sygnałów są:

- wyznaczanie widma Fouriera,
- uśrednianie czasowe i częstotliwościowe,
- wykonywanie analizy synchronicznej,
- filtracja cyfrowa sygnału,
- wyznaczanie histogramów sygnałów,
- wyznaczanie momentów centralnych wyższych rzędów,
- wyznaczanie wartości średniej, skutecznej, szczytowej sygnału.

Wyniki analiz poprzez magistralę systemu przekazywane są do jednostki centralnej.

Bardzo istotną rolę w systemie spełnia karta znacznika fazy, która poprzez pomiar obrotów powinna rozpoznawać stany eksploatacyjne monitorowanego urządzenia oraz sterować kartami przetwarzania sygnałów podczas dokonywania analiz synchronicznych typu „order tracking”. Karta znacznika fazy wykonywana jest obecnie najczęściej w technice mikroprocesorowej i programowo realizuje swoje funkcje, w tym funkcje generowania fali prostokątnej służącej do wyzwalania przetworników analogowo-cyfrowych w czasie analizy synchronicznej.

Ze względu na to, że układ jest układem wieloprocessorowym, poszczególne aplikacje komunikują się ze sobą poprzez wewnętrzną magistralę systemu. Jako magistralę w wielu rozwiązaniach konstrukcyjnych wykorzystuje się standardowe magistrale typu VME, VXI, PCI, CPCI, itp. lub też producenci wykonują własne magistrale specjalizowane dla projektowanego układu.

System zbierania i przetwarzania sygnału jest najczęściej programowalny z zewnątrz, aby można go przeprogramować z komputera (stacji operatorskiej). Umożliwia to dynamiczny sposób pracy systemu, w zależności od aktualnego stanu eksploatacyjnego zmienia się konfigurację systemu lub też algorytmy analizy sygnałów.

Bardzo istotną cechą systemu zbierania i przetwarzania sygnału jest możliwość jego automatycznej okresowej kalibracji oraz testowania poprawności działania poszczególnych torów pomiarowych.

Cechą większości współczesnych systemów monitorowania stanu maszyn jest współpraca z układem automatycznej regulacji.

Współpraca ta realizowana jest w trzech aspektach:

1. Wykorzystania zmiennych procesowych do diagnozowania stanu.
2. Zabezpieczenia urządzenia przed przekroczeniem wartości dopuszczalnych.
3. Uwzględnienia kryterium trwałości w sterowaniu.

Szczególnie ważne jest uwzględnienie możliwości zabezpieczenia monitorowanej maszyny przed uszkodzeniem. W tym celu informacja o przekroczeniu zaprogramowanych wartości dopuszczalnych powinna być przesyłana do systemu sterowania bezpośrednio do systemu zbierania i przetwarzania danych. Dane dla wyznaczenia kryterium sterowania z uwzględnieniem trwałości oraz dane co do parametrów realizowanego procesu powinny być przekazywane do stacji operatorskiej. Zadaniem jednostki centralnej systemu jest obsługa magistrali wewnętrznej, obsługa zadań komunikacji ze stacją operatorską, obsługa systemu plików, sterowanie poszczególnymi kartami wchodzącymi w skład systemu, sterowanie zasilaczem UPS. W niektórych rozwiązaniach jednostka centralna wyposażona jest w sterownik grafiki, co umożliwi lokalne wyświetlanie bieżących danych o stanie monitorowania obiektu.

Stacja operatorska

Stacja operatorska jest jednym z podstawowych elementów systemu, realizuje ona zadania komunikacji z systemem (systemami), zbierania i analizy sygnałów, archiwizacji danych diagnostycznych, przetwarzania danych diagnostycznych, zadania wizualizacji, zadania systemu doradczego oraz gromadzenia i przetwarzania wiedzy diagnostycznej.

Jedną z podstawowych funkcji stacji operatorskiej jest realizacja interfejsu użytkownika, najczęściej realizowanego w postaci graficznej w systemie okienkowym. Umożliwia to łatwą komunikację operatora z systemem w celu bądź to programowania funkcji systemu, bądź też analizy otrzymanych wyników pomiarów.

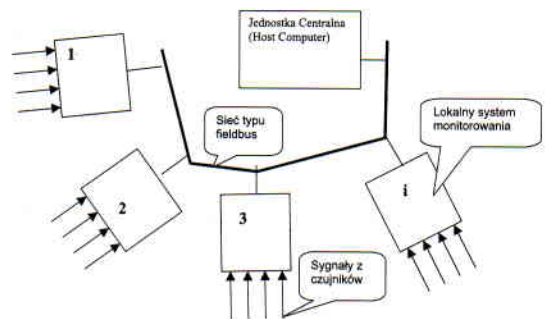
W stacji operatorskiej wypracowywana jest decyzja diagnostyczna określająca stan monitorowanego obiektu. Sposób oceny stanu w różnych systemach realizowany jest w różny sposób, może być to wykonywane w oparciu o wartości graniczne i dopuszczalne pewnych mierzonych lub estymowanych symptomów stanu, w oparciu o model monitorowanego obiektu lub też przy wykorzystaniu systemu doradczego, w którym zawarta jest wiedza diagnostyczna o badanym obiekcie [4], szczególnie interesujące są rozwiązania, w których wiedzę o możliwych stanach obiektu i jego symptomach generuje się na podstawie symulacji modeli [4].

Wartości graniczne stanowią wartości mierzonego symptomu stanu przekroczenia, które oznacza, że proces pogarszania się stanu technicznego obiektu w trakcie eksploatacji osiągnął pewną granicę, powyżej której nie jest możliwe spełnienie wszystkich stawianych mu wymagań. Wartości graniczne określone są w zależności od wielu czynników, między innymi zależą od polityki remontowej zakładu, kosztów napraw, itp. Natomiast wartość dopuszczalna wynika ze względów bezpieczeństwa, tzn. jej przekroczenie doprowadziłoby do bardzo szybkiego pogorszenia stanu elementu i w rezultacie w krótkim czasie do awarii. W systemach monitorowania stanu maszyn bardzo istotne jest prawidłowe określenie wartości symptomu, powyżej której należy dokonywać szczegółowej analizy on-line pewnych charakterystycznych cech symptomów, ze względu na przewidywaną coraz szybszą zmianę stanu, takimi wartościami są najczęściej wartości graniczne [5]. Bardzo istotnym elementem oprogramowania stacji operatorskiej jest badanie trendów wybranych symptomów stanu oraz prognozowanie stanu, które jest niezbędne dla celów przewidywania terminu oraz zakresu koniecznego remontu. W wielu maszynach procesowych monitoruje się pewne symptomy jej stanu w celu oceny, czy mieszczą

się one w określonych normami granicach. Jednak tego typu wnioskowanie o stanie monitorowanego obiektu nie może być określane mianem diagnozowania. Normy podają tylko wartości dopuszczalne zapewniające bezpieczeństwo pracy urządzenia, nie wnoszą natomiast informacji o stanie technicznym eksploatowanego obiektu.

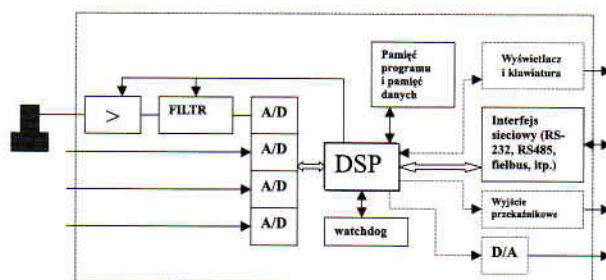
Systemy lokalne monitorowania stanu i zużycia

Obecnie coraz częściej, ze względu na miniaturyzację układów mikrokomputerowych, układ monitorowania wbudowuje się w elementy monitorowanej maszyny [7, 8]. Układy te mogą współpracować ze sobą tworząc sieć prostych układów realizujących zadania monitorowania. Taka sieć lokalnych układów monitorowania może być połączona z komputerem centralnym, w którym gromadzi się oraz przetwarza informacje w celu diagnozowania całego obiektu. Na rysunku 5 przedstawiono koncepcję systemu monitorowania stanu oraz zużycia opartego o lokalne systemy monitorowania.



Rys. 5. Schemat układu monitorowania stanu i zużycia maszyn opartego o lokalne układy monitorowania

Jednym z podstawowych zadań takiego układu jest śledzenie w czasie eksploatacji zużycia monitorowanego elementu. Najczęstszym typem zużycia monitorowanym za pomocą tego typu układów jest zużycie zmęczeniowe. Dla jego oceny zlicza się w układzie monitorowania cykle obciążenia i na ich podstawie ocenia kumulację zmęczenia materiału. Do realizacji tego typu monitorowania zużycia konieczne jest ciągłe monitorowanie pewnych wielkości związanych z obciążeniem. W różnych rozwiązaniach monitoruje się różne wielkości fizyczne, do najczęściej mierzonych należą: napięcia, przyspieszenia, siły, momenty sił, gradienty temperatury, ciśnienie. Ze względu na szeroką gamę mierzonych wielkości fizycznych systemy monitorowania powinny mieć strukturę modułową umożliwiającą dowolną konfigurację kanałów pomiarowych. Wbudowany procesor, bardzo często procesor sygnałowy (DSP), jest dedykowany do przetwarzania sygnałów oraz realizacji prostych algorytmów diagnozowania i oceny zużycia. Schemat blokowy typowego lokalnego systemu monitorowania przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Architektura typowego lokalnego systemu monitorowania

Poprzez interfejs sieciowy powinna być zabezpieczona możliwość zdalnego programowania systemu oraz transmisja danych do jednostki centralnej. Do jednostki centralnej transmitowane są dane wstępnie przetworzone np. widma, histogramy i inne estymatory charakterystyk sygnałów w zależności od rodzaju obiektu oraz celu jego monitorowania. Wyposażenie w klawiaturę, wyświetlacz, wyjście przekaźnikowe dla celów systemu zabezpieczeń oraz wyjście analogowe, np. alarmowe, jest opcjonalne. W jednostce centralnej w większości przypadków jest zaimplementowane oprogramowanie do tworzenia i obsługi baz danych (najczęściej w standardzie SQL), szczegółowych analiz zmęczenia materiału, jak również wnioskowania diagnostycznego [7]. Zasilanie w opisywanych konstrukcjach jest wykonane najczęściej w postaci wbudowanej baterii, rzadziej jako sieciowe. W wielu rozwiązaniach dla oszczędności energii układ jest stale w stanie „czuwania” i uaktywnia się dopiero w momencie wykrycia przekroczenia wartości granicznej wybranej wielkości mierzonej. Ze względu na instalację takich systemów bezpośrednio na monitorowanym elemencie mają one odpowiednio odporną na oddziaływanie czynników zewnętrznych obudowę.

Zaletą tego typu rozwiązania jest przede wszystkim możliwość łatwego tworzenia dużych systemów monitorowania, poprzez połączenia złączem sieciowym wbudowanych do monitorowanego elementu systemów lokalnych lub też wykorzystanie tylko systemu lokalnego do monitorowania krytycznych elementów konstrukcji. Systemy te mogą być stosowane do wszelkiego rodzaju monitorowania opartego o różne typy sygnałów.

Wdrażanie systemów diagnostyki

Efektywne wdrażanie systemu ciągłego monitorowania i diagnostyki maszyn wymaga zrealizowania następujących zadań:

- Identyfikacja maszyn krytycznych biorąc pod uwagę bezpieczeństwo eksploatacji oraz koszt remontów i napraw,
- Identyfikacja możliwych uszkodzeń,
- Sporządzenie list elementów diagnozowanego urządzenia odpowiedzialnych za powstawanie uszkodzenia
 - podlegających uszkodzeniom przy niesprawności urządzenia,
- Znalezienie najbardziej wrażliwych symptomów stanu monitorowanego obiektu,
- Sporządzenie listy mierzonych wielkości, np. w układach automatycznej regulacji oraz konieczne do uzupełnienia pomiaru,
- Wybranie sposobu monitorowania obiektu (ciągłe monitorowanie, badanie okresowe, itp.),
- Obliczenie oszczędności, jakie użytkownik zrobi stosując planowane remonty w stosunku do remontów na skutek awarii,
- Przygotowanie instrukcji wykorzystania wiedzy o stanie urządzenia w decyzjach eksploatacyjnych.

Bardzo istotnym elementem wdrażania diagnostyki eksploatacyjnej jest kompleksowość polegająca na tym, że wszystkie elementy krytyczne maszyny lub urządzenia są monitorowane, a nie tylko wybrane jego elementy [1]. Na przykład dotyczy to bloku energetycznego złożonego z wielu elementów, których sprawność w prawie jednakowym stopniu decyduje o dyspozycyjności urządzenia. Elementami, które powinny być monitorowane, są w bloku energetycznym: kocioł, rurociągi, urządzenia pomocnicze, turbina, generator, fundament. Informacja na temat stanu tych urządzeń powinna być zbierana i archiwizowana w jednej bazie danych, a diagnoza o stanie całego bloku przekazywana do centrum dyspozycyjnego eksploatacji obiektu oraz służb remontowych.

Wnioski i uwagi końcowe

W pracy przedstawiono podstawowe typy układów monitorowania i diagnozowania stanu maszyn stosowane obecnie w wielu eksploatowanych maszynach i urządzeniach. Wybór optymalnego dla danej klasy maszyn systemu monitorowania zależy od wymagań co do dyspozycyjności i trwałości eksploatowanego obiektu, typu monitorowanego obiektu oraz czynników ekonomicznych ograniczających uzasadnione koszty realizacji monitorowania.

Podziękowanie

Autor dziękuje Komitetowi Badań Naukowych za finansowe wsparcie prac dotyczących rozwoju systemów diagnostyki w ramach projektu badawczego 856/T07/97/13

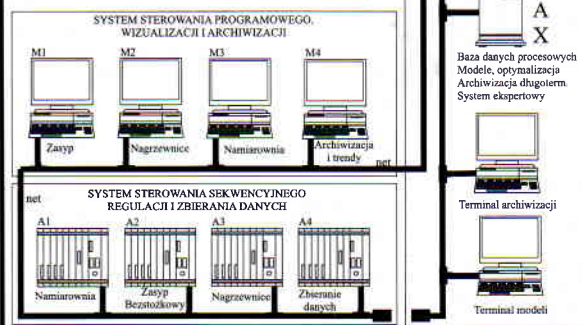
LITERATURA

- [1] UHL T., KARLIKOWSKI Z., FLOREK J., SZWABOWSKI W., BOJKO T., Sieciowy system monitorowania wybranych elementów bloku energetycznego, Diag '98, Szczecin, 1998.
- [2] CEMPEL CZ., Podstawy wibroakustycznej diagnostyki maszyn, WNT, 1982, Warszawa.
- [3] REEVES W.C., Machine&System Condition Monitoring Series, Coxmoor, 1998
- [4] CHOLEWA W., KICIŃSKI J., Diagnostyka Techniczna – Odwrotne modele diagnostyczne, Wyd. Pol. Śląskiej, Gliwice 1997.
- [5] ORŁOWSKI Z., Miejsce diagnostyki wibroakustycznej w ocenie dużych maszyn wirnikowych, Przegląd Mechaniczny, czerwiec, 1998. Żółtowski B., Podstawy Diagnostyki Maszyn, Wydawnictwo Uczelniane ATR, Bydgoszcz, 1996.
- [6] CHEN S.C., LEE K., A Mixed Mode Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators, Sound and Vibration, April, 1998.
- [7] SOMAT, The Stack 2100 Field Computer System, SoMat Corp., 1998.
- [8] DTECT X1, ACIDA GmbH, 1998.
- [9] UHL T., Komputerowe wspomaganie identyfikacji układów mechanicznych. WNT, Warszawa. 1997.

ZDANIa Sp. z o.o.

PRZEMYSŁOWE PROGRAMOWALNE SYSTEMY STEROWANIA CZASU RZECZYWISTEGO PLC 2000

- ✓ sterowanie logiczne, regulacja, zbieranie danych
- ✓ wizualizacja, archiwizacja i raportowanie w czasie rzeczywistym (QNX)
- ✓ małe i rozbudowane konfiguracje
- ✓ praca w sieci ETHERNET (również sieci światłowodowe)
- ✓ bogate oprogramowanie
- ✓ wieloletnie doświadczenie
- ✓ długa lista referencyjna



ZAKŁAD DOŚWIADCZALNY APARATURY NAUKOWEJ i AUTOMATYKI d. ZDAN AGH Sp. z o.o.
30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30 tel/fax (0-12) 6342205