

# ROZPROSZONE SYSTEMY MONITORINGU W DIAGNOSTYCE MASZYN\*

Tadeusz Uhl<sup>1</sup>, Artur Hanc<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Akademia Górniczo – Hutnicza w Krakowie

<sup>2</sup> Energocontrol sp.z o.o, Kraków

## Streszczenie

W pracy przedstawiono nowe rozwiązania sprzętowe - programowe w diagnostyce obiektów technicznych w oparciu o technologię rozproszonych układów pomiarowych. Podstawową jednostką takiego systemu jest układ zbierania i rejestracji danych do którego dostęp zapewniony jest poprzez przeglądarkę stron internetowych. Przedstawione zostanie praktyczne rozwiązanie zaproponowanego systemu do realizacji diagnostyki maszyn wirnikowych.

## Summary

In the paper a new concept of monitoring system based on distributed measuring systems technology. Hardware and software solutions applied in the monitoring system are detail discussed. The basic unit in proposed system is embedded measuring system with direct interface to Internet. Embedded home page microserver build in the system gives possibility to access to the data from Internet Explorer or Netscape without any application software. Implementation of distributed system for rotating machinery diagnostics is described.

## 1 Wstęp

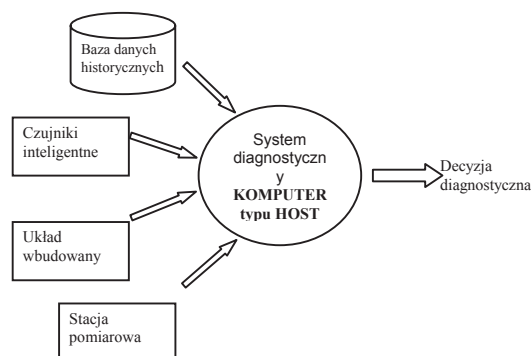
W ostatnim okresie czasu obserwuje się dynamiczny rozwój informatycznych systemów pomiarowych, a przede wszystkim systemów sieciowych opartych na technologiach internetowych. Związane jest to głównie z rozwojem sprzętu i oprogramowania oraz powszechnością występowania infrastruktury komunikacyjnej oraz aplikacji związanych z dostępem do zasobów sieci. W szczególności należy zwrócić uwagę na bardzo dynamiczny rozwój systemów z wbudowanymi serwerami WWW które, jak wykazują badania rynku, w najbliższym czasie zdominują urządzenia podłączane do sieci komputerowych [2]. Ma to bezpośredni wpływ na kierunki rozwoju systemów pomiarowych, sterujących i diagnostycznych. Wprowadzenie nowo dostępnych technik informatycznych do systemów monitoringu stwarza nowe możliwości ich realizacji, a przede wszystkim obniża ich koszt. Obniżenie kosztu realizacji systemów monitorowania i diagnostyki maszyn może spowodować upowszechnienie ich stosowania, co będzie miało bezpośredni związek z możliwością obniżenia kosztów eksploatacji maszyn, dla których największe znaczenia ma możliwość wcześniejszego przewidywania możliwych awarii i przestojów oraz wcześniejszego określania zakresu planowanego remontu.

Podstawową wiedzę o obiektach dla celów realizacji współczesnej diagnostyki dostarczają zarówno systemy sterowania jak i specjalizowane systemy

monitorowania. W pierwszym przypadku wykorzystuje się zmienne procesowe, w drugim wyniki pomiarów specjalnych, najczęściej procesów resztkowych takich jak drgania, czy hałas. Sam proces diagnostyki w większości znanych autorom rozwiązań jest realizowany w sposób off-line na komputerze typu *host*, integrującym przez sieć komunikacyjną wszystkie elementy dostarczające informacje umożliwiające wygenerowanie poprawnej decyzji diagnostycznej.

Takimi danymi są: dane o historii eksploatacji z uwzględnieniem występujących wcześniej awarii, dane bieżące o procesach technologicznych i procesach resztkowych.

Ogólny schemat systemu diagnostycznego przedstawiono na rysunku 1.



Rys.1. Schemat systemu diagnostycznego

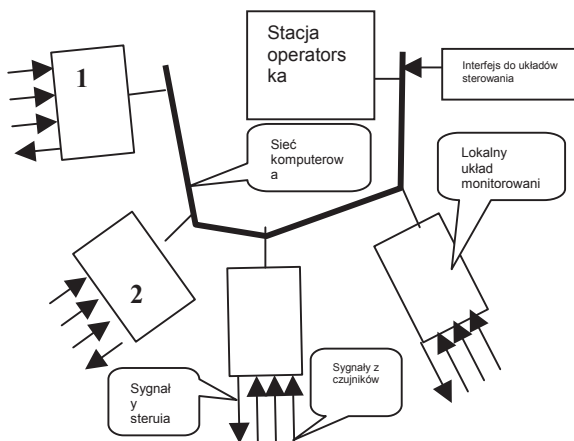
\* Pracę zrealizowano w ramach projektu celowego KBN nr 6T07 049 2001C/5528

Dane o historii awarii i remontów dostarczają bardzo istotnych z punktu widzenia diagnostyki informacji przede wszystkim dotyczących oceny ryzyka awarii oraz ustalenia koniecznych do realizacji pomiarów w czasie monitorowania. Jedną z technik analizy danych historycznych w procesie diagnozowania są techniki RCM (ang. Reliability Centered Maintenance) [6,7], które umożliwiają prowadzenie analiz i ułatwiają podejmowanie decyzji diagnostycznych na podstawie zebranych wcześniej doświadczeń eksploatacyjnych [7]. Jednym ze związanych z tym zagadnień jest zagadnienie przeszukiwania baz danych pod kątem określania relacji diagnostycznych pomiędzy stanami procesu, zdarzeniami eksploatacyjnymi oraz stanem obiektu. Algorytmy te są w literaturze nazywane algorytmami „data mining” [8]. Inne podejście do diagnostyki oparte jest na analizie bieżących danych z pomiarów pewnych wielkości fizycznych niosących informacje o stanie maszyny. Danych tych dla systemów diagnostycznych dostarczają układy ciągłego monitorowania.

Jak widać na rysunku 1 układy takie zawierają stacje pomiarowe. Jako stacje pomiarowe mogą być zastosowane zarówno komputery przemysłowe jak i czujniki inteligentne wyposażone w procesory komunikacji sieciowej oraz lokalne wbudowane układy monitorowania zawierające zarówno interfejsy do czujników jak i interfejsy sieciowe umożliwiające integrację poszczególnych układów lokalnych i utworzenie w oparciu o łącza komunikacyjne rozproszonego układu monitorowania. Rozwój tych ostatnich układów w chwili obecnej jest najszybszy, ze względu na możliwość implementacji w nich serwerów Internetowych co ułatwia dostęp do zbieranych z czujników informacji i ich wstępnego przetwarzania lub też archiwizacji.

Systemy oparte o stacje procesowe w postaci komputerów przemysłowych mają wiele implementacji, jedną z nich w zastosowaniu do systemu monitorowania turbin wykonał zespół Katedry Robotyki i Dynamiki Maszyn AGH [12]. Opracowany system (rys.2) składa się z dwóch zasadniczych elementów: stacji pomiarowej, której konstrukcja oparta jest na komputerze z magistralą VME, odpowiednich kart wejścia / wyjścia umożliwiających zbieranie informacji z czujników, systemu automatyki oraz układów zabezpieczeń oraz stacji operatorskiej zawierającej odpowiednie graficzne interfejsy użytkownika, aplikacje wspomagające decyzje diagnostyczne, aplikacje bazo-danowe oraz aplikacje zarządzające zebraną informacją diagnostyczną. Oprogramowanie zaimplementowane na stacji procesowej jest najczęściej oprogramowaniem czasu rzeczywistego, natomiast oprogramowanie stacji operatorskiej jest w chwili obecnej implementowane w systemie MS WINDOWS ze względu na jego powszechność i łatwość obsługi. W wielu przypadkach systemów do monitorowania procesów wolnozmiennych stosuje się MS WINDOWS jako system operacyjny w stacjach

procesowych, procesowych przypadkach procesów dla których wymagana jest duża prędkość przetwarzania sygnałów oraz muszą być zachowane ściśle reżimy czasowe stosuje się systemy operacyjne czasu rzeczywistego takie jak OS-9, VxWorks, QNX lub też nakładki czasu rzeczywistego na system MS WINDOWS (jednym z produktów jest RTX) lub LINUX (RT LINUX). Jak wykazały testy przeprowadzone przez zespół Katedry Robotyki i Dynamiki Maszyn AGH [5] w przypadku systemu monitorowania drgań turbin wystarczającą wydajność dla celów zbierania i przetwarzania sygnałów ma nakładka czasu rzeczywistego RTX. Opisany wyżej system charakteryzuje się tym, że procesor centralny stacji procesowej przetwarza i zbiera sygnały, co w wielu przypadkach ogranicza bądź to możliwości implementacji specjalnych algorytmów diagnostycznych, bądź też ogranicza liczbę możliwych do podłączenia kanałów pomiarowych.



Rys.2. Scentralizowany układ monitorowania o architekturze stacja procesowa- stacja operatorska.

Inne własności mają rozproszone systemy monitorowania, zbudowane w oparciu o lokalne układy wbudowane, z których każdy jest wyposażony w odpowiedni procesor (układ *System On Chip*). Konstrukcja systemów rozproszonych ma architekturę modułową umożliwiającą dowolne konfigurowanie systemu monitoringu, a ich integracja jest realizowana najczęściej przez łącza teleinformatyczne wyposażone odpowiedni protokół transmisji danych. Schematycznie rozproszony system monitorowania przedstawiono na rysunku 3.

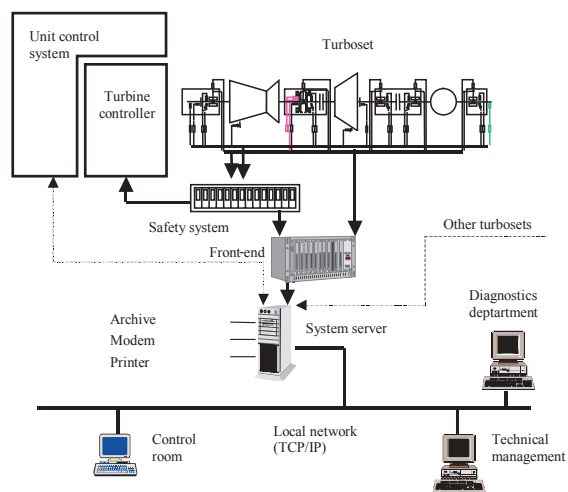
Podstawowym zadaniem lokalnego układu monitorowania jest zasilanie czujnika, wstępne przetwarzanie sygnału, wyznaczenie estymatora wymaganego dla oceny stanu oraz rejestracja w pamięci danych w czasie realizacji pomiarów.

W wielu rozwiązaniach układ wbudowany posiada możliwość programowania sesji pomiarowej oraz zakresu z zewnętrznego komputera stacji operatorskiej. Programowanie parametrów pomiaru lub przetwarzania sygnałów może być zrealizowane poprzez sieć komputerową wykorzystując mechanizmy TCP/IP lub łącza szeregowo.

Jeśli system monitorowania ma pracować w czasie rzeczywistym w zakresie wszystkich kanałów

pomiarowych jednocześnie (przy wstępnej obróbce sygnałów przez układy lokalne), wtedy wymagane jest zastosowanie przemysłowych interfejsów sieciowych opartych o złącza szeregowo (np. MODBUS, PROFIBUS, itp.).

Tylko w tym przypadku można uzyskać determinizm działania całego systemu monitorowania. Z drugiej strony zastosowanie złącza TCP/IP stosowanego w typowych sieciach komputerowych, najczęściej już istniejących w danym zakładzie, w którym instaluje się system monitoringu umożliwia łatwiejszy dostęp do danych gromadzonych w lokalnych układach monitoringu danych przez wielu użytkowników jednocześnie.



Rys.3. Schemat rozproszonego układu monitorowania

Pojedynczy moduł tak zaprojektowanego układu może lokalnie stanowić system zabezpieczeń monitorowanej konstrukcji. Sygnał przekroczenia określonego progu wartości mierzonej może być włączony w układ zabezpieczeń monitorowanej maszyny. Zarejestrowane wielkości mogą być odczytane, najczęściej poprzez złącze szeregowo do komputera w celu dokonania analizy trendów. Analiza trendów jest podstawowym i najprostszym narzędziem diagnostycznym stosowanym w praktycznych rozwiązaniach układów monitorowania w systemach diagnostyki wibroakustycznej. Dla jej realizacji w lokalnym układzie monitorowania konieczna jest rejestracja sygnałów. Z punktu widzenia konstrukcji sprzętu architektura lokalnego układu monitorowania jest modułowa, a poszczególne kanały wejściowe z czujników są obsługiwane poprzez odpowiednie nakładki. Na bazie lokalnych układów monitorowania można budować duże rozproszone układy monitorowania, a ilość możliwych do włączenia lokalnych modułów zależy od zastosowanych standardów złącza komunikacyjnego. Wiele z dostępnych na rynku układów posiada wbudowane wyjście analogowe dla celów realizacji specjalistycznych analiz sygnału w chwili wykrycia uszkodzenia monitorowanego obiektu. Analizy te

ułatwiają określenie przyczyny wystąpienia uszkodzenia. Bardziej zaawansowane systemy zawierają procesor sygnałowy umożliwiający realizację złożonych analiz sygnałów.

Zupełnie nowe możliwości stwarza technologia mikroserwerów WWW, często w literaturze nazywanych nano- lub piko-serwerami. Wbudowanie tego typu serwera do lokalnego układu monitorowania umożliwia umieszczanie w sieci danych bieżących o stanie monitorowanego obiektu. Tego typu układy nazywane są internetowymi systemami monitorowania i w najbliższej przyszłości nastąpi ich znaczny rozwój. W niniejszej pracy opisany zostanie internetowy system monitorowania stanu maszyn którego konstrukcja oparta jest na nanoserwerach WWW. W połączeniu z technikami telefonii komórkowej stworzy możliwości powszechnego zastosowania telediagnostyki.

## 2. Koncepcja rozproszonego systemu monitorowania

Internetowy system monitorowania składa się z trzech podstawowych podsystemów:

- stacje klienckie,
- system komunikacyjny,
- serwer danych (WWW, PPP, FTP).

Schemat zaprojektowanego układu monitorowania przedstawiono na rysunku 4.

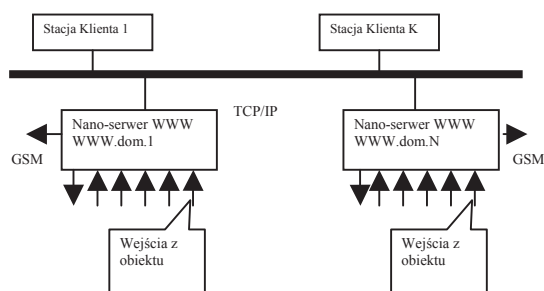
Jako stacje klienckie mogą być zastosowane dowolne komputery posiadające kartę sieciową umożliwiającą podłączenie komputera do Internetu wraz z unikalnym numerem IP oraz oprogramowaniem w postaci przeglądarki stron internetowych np. MS Internet Explorer, NETSCAPE. Przy użyciu tego oprogramowania użytkownik (o odpowiednich prawach dostępu) ma możliwość dostępu do danych zmierzonych na monitorowanym obiekcie oraz możliwość oddziaływania na zakres pomiaru lub w niektórych przypadkach bezpośrednio na obiekt. W systemie tym informacje pomiarowe są przesyłane pomiędzy nanoserwerem WWW a stacją kliencką klientką postaci tekstowych stron WWW napisanych w języku HTML. System komunikacyjny oparty jest na protokole TCP/IP.

Najważniejszym elementem proponowanego rozwiązania jest wbudowany nanoserwer WWW. Część sprzętowa internetowego serwera wbudowanego oparta jest na specjalizowanym układzie typu *System On Chip* wyposażonym w sterowniki obsługi protokołów sieci Ethernet, zewnętrzną pamięć typu DATAFLASH oraz układy komunikacji z układem czujników lub innymi źródłami danych. W przypadku zaprojektowanego systemu jako układy komunikacji z czujnikami wykorzystano standardowe złącze szeregowo.

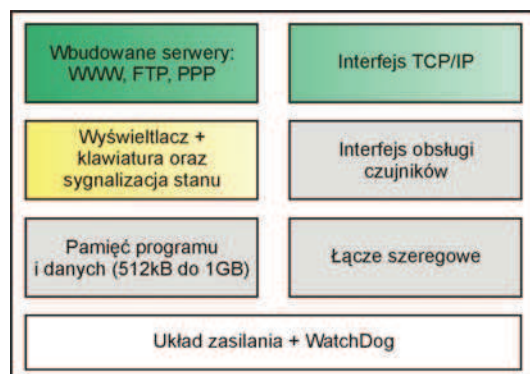
W systemie przewidziano dwa takie niezależne złącza: jedno do zbierania danych z czujnika, drugie natomiast do podstawowej konfiguracji systemu oraz ewentualnego połączenia modemu GSM.

Wykorzystując tego typu modem można bądź to wysłać informacje na wybrany numer telefonu komórkowego postaci tekstowej typu SMS lub też umożliwić bezprzewodowe połączenie się z komputerem klienckim poprzez usługę GPRS.

Ze względu na ograniczenia sprzętowe, wbudowane serwery WWW realizują tylko wybrane funkcje stosu TCP/IP oraz w zaprojektowanym układzie nie realizują żadnych dodatkowych funkcji przetwarzania zbieranych danych pomiarowych. Do zbierania danych pomiarowych wykorzystywany jest moduł przetwarzania sygnałów wyposażony w procesor sygnałowy co umożliwia realizację nawet złożonych procedur przetwarzania sygnałów. Schemat zaproponowanego rozwiązania przedstawiono na rysunku 5.



Rys.4. Schematyczne przedstawienie zaprojektowanego internetowego układu monitorowania



Rys.5. Schemat zaprojektowanego układu monitorowania z serwerem www

W przedstawionym rozwiązaniu poszczególne moduły stanowią oddzielne elementy konstrukcyjne o standardowych interfejsach, taka architektura umożliwia łatwą zmianę funkcji poprzez wymianę poszczególnych modułów. W szczególności w praktyce bardzo przydatna jest możliwość wymiany modułów obsługi czujników, co daje możliwość zastosowania układu do monitorowania dowolnej wielkości fizycznej (wejście dla dowolnego czujnika). Do najczęściej stosowanych standardów w tym zakresie należą sygnały napięciowe, prądowe, ICP oraz sygnały binarne.

Do przetwarzania rejestrowanych sygnałów zastosowano procesor sygnałowy, którego moc obliczeniowa pozwala na realizację dowolnej funkcji przetwarzania sygnałów zakresu akustycznego w czasie rzeczywistym. W układzie zapewniona jest możliwość zewnętrznego programowania procesora poprzez złącza komunikacyjne. Standardowo procesor realizuje wyznaczanie wartości szczytowej i skutecznej sygnału oraz oblicza jego widmo. Zastosowane przetworniki analogowo cyfrowe pozwalają na programowanie częstotliwości próbkowania w zakresie od 1kHz do 20 kHz.

Układ posiada również lokalny interfejs użytkownika umożliwiający wprowadzanie danych kalibracyjnych oraz alarmowych poziomów dla mierzonych sygnałów oraz sygnalizację przekroczenia wartości alarmowej i odczyt wartości bieżącej wyznaczonej estymaty sygnału oraz .

Projektowany układ posiada wbudowane wyjścia sygnalizacji stanu, możliwe do wykorzystania w systemach zabezpieczeń (wyjścia binarne, stykowe), lub w układach automatyki (wyjścia stykowe, analogowe wyjścia prądowe). Ta ostatnia funkcja umożliwia rekonfigurację układu w przypadku stwierdzenia uszkodzenia oraz uwzględnienia aktualnego stanu obiektu w realizacji sterowania obiektem.

W projektowanym układzie monitorowania bardzo ważną rolę odgrywa oprogramowanie, które wizualizuje wyniki monitorowania na komputerze zdalnym, umożliwia zadawanie wartości alarmowych i wartości ostrzeżeń oraz informuje o ich przekroczeniu. Bardzo istotną funkcję w systemach monitorowania odgrywa baza danych historycznych. Opracowane oprogramowanie umożliwia tworzenie baz danych z wynikami pomiarów oraz umożliwia jej przeglądanie jak również analizę trendów, która w wielu przypadkach stanowi podstawowe narzędzie diagnostyczne.

W celu ułatwienia użytkownikom bardziej szczegółowych analiz w oprogramowaniu przewidziano opcję eksportu gromadzonych danych do arkusza kalkulacyjnego MS EXCEL®.

Interfejs użytkownika stacji operatorskiej pozwala na ustalanie jednostek wielkości pomiarowych, czułości zastosowanego czujnika, danych kalibracyjnych oraz progów alarmowych.

Oprogramowanie umożliwia również programowanie poszczególnych sesji pomiarowych poprzez eksport kodu programu dla procesora sygnałowego z komputera operatora do lokalnego układu monitorowania. Kod ten jest przygotowywany, kompilowany i testowany na stacji operatorskiej z wykorzystaniem środowiska TASKING. Gotowy kod binarny dedykowany dla zastosowanego procesora jest ładowany do jego pamięci (w przypadku opracowanego systemu do pamięci typu FLASH).

System monitorowania zbudowany według wyżej przedstawionych założeń jest bardzo elastyczny i może być stosowany dla potrzeb monitorowania różnych obiektów. Jego bardzo ważną cechą jest



możliwość realizacji zadań telediagnostyki poprzez wykorzystanie komercyjnie dostępnych złączy komunikacyjnych typu GSM.

Zaprojektowany w Katedrze Robotyki i Dynamiki Maszyn system monitorowania zaimplementowano i wdrożony w kilku rzeczywistych instalacjach przemysłowych.

### 3 Implementacja rozproszonego systemu monitorowania

Opracowany system nosi nazwę VIBCON (VIBration CONtrol) i jest w chwili obecnej dedykowany do realizacji telediagnostyki opartej o pomiary drgań i temperatury. Zastosowano w nim wiele nowatorskich z punktu widzenia konstrukcji układów monitorowania rozwiązań zarówno sprzętowych jak i programowych.

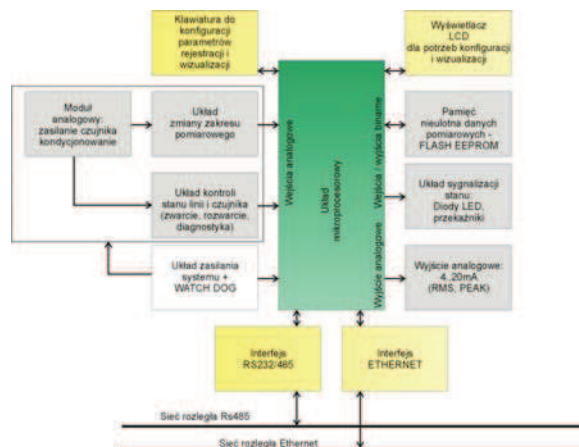
#### 3.1 Rozwiązania sprzętowe

System wibrodiagnostyki maszyn i urządzeń został zaprojektowany i wykonany jako samodzielne urządzenie ciągłego monitorowania drgań (i temperatury). Urządzenie pozwala na jednoczesny pomiar wartości przyspieszeń i prędkości mierzonych drgań, oraz przeprowadza okresową analizę widma sygnału (na żądanie).

Urządzenie posiada wbudowane mechanizmy i wyjścia (LED i przekaźniki) do wykrywania i sygnalizacji stanu toru czujnika oraz przekroczeń określonych wartości drgań.

Dla potrzeb konfiguracji i wyświetlania układ wyposażono w klawiaturę i wyświetlacz LCD. Możliwe jest skonfigurowanie konwersji wartości RMS lub PEAK na wyjściowy prąd w zakresie 4...20mA.

Najważniejszą cechą układu jest możliwość komunikacji z wykorzystaniem interfejsów sieci rozległych: ETHERNET i RS485.

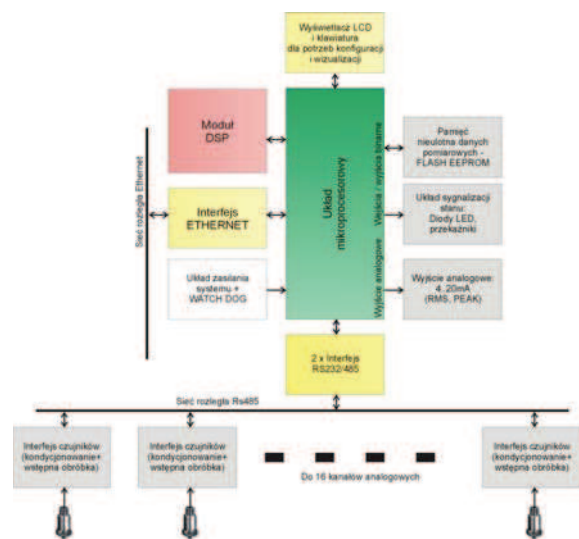


Rys.6 Dwukanałowy moduł diagnostyczny

Szczególnie możliwość włączenia urządzenia do rozległej sieci Internet daje nową jakość w dziedzinie mechatroniki. Na rysunku (6) przedstawiono blokowy schemat urządzenia dwukanałowego natomiast na rysunku (7) system z rozproszonymi czujnikami z komunikacją szeregową.

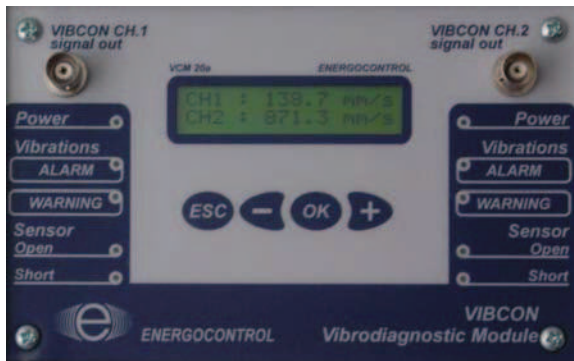
Cechy funkcjonalne modułu wibrodiagnostyki maszyn z wbudowany serwerem sieci są następujące:

- współpraca z czujnikami drgań umożliwiającą pomiar prędkości i przyspieszeń
- odczyt aktualnych wartości i ich rejestracja (RMS, PEAK) w wewnętrznej nieulotnej pamięci FLASH



Rys.7 System diagnostyczny VibNet z rozproszonymi modułami czujników

- wyświetlacz i klawiatura do konfiguracji parametrów pomiarów i rejestracji
- wyjścia sygnalizacji stanów alarmowych – przekroczenia progowych wartości drgań
- kontrola stanu obwodu czujnika
- bezpośrednie połączenie sieciowe TCP/IP umożliwiające zdalny monitoring oraz konfigurację parametrów
- Obsługa z wykorzystaniem serwera WWW (przez stronę internetową)
- obsługa do 16 kanałów analogowych (częstotliwość próbkowania dla potrzeb obróbki do 20kHz)
- możliwość wykonywania analizy widmowej dla każdego z kanałów
- elastyczność funkcjonalna – prosta wymiana funkcji oprogramowania



Rys 8. Widok dwukanałowego modułu wibrodiagnostycznego

Urządzenie jest w pełni programowalne, oprogramowanie można zmieniać poprzez sieć komputerową do której jest podłączone, jak również w ograniczonym zakresie z poziomu wbudowanej klawiatury.

### 3.2 Rozwiązania programowe

Oprogramowanie w rozproszonym systemie monitorowania składa się z dwóch modułów: moduł komputera operatora, moduł systemu wbudowanego. Bardzo istotną rolę w poprawnym funkcjonowaniu systemu odgrywa moduł oprogramowania komunikacyjnego.

#### 3.2.1. Oprogramowanie komputera operatora

Dla potrzeb wizualizacji i kontroli pracy systemu Vibcon pracującego w sieci RS485, opracowane zostało dedykowane oprogramowanie pracujące na komputerze PC. Oprogramowanie to pozwala na wizualizację danych pomiarowych "On Line" z jednego bądź wszystkich urządzeń włączonych do sieci. Wbudowana przeglądarka danych historycznych umożliwia wizualizację oraz analizy rejestrowanych w modułach Vibcon danych. Z poziomu oprogramowania możliwa jest również pełna konfiguracja parametrów modułów diagnostycznych (poziomy alarmowe, zakresy pomiarowe, czas itp.) Na rys (9 i 10) przedstawiono widok przykładowych okien oprogramowania.

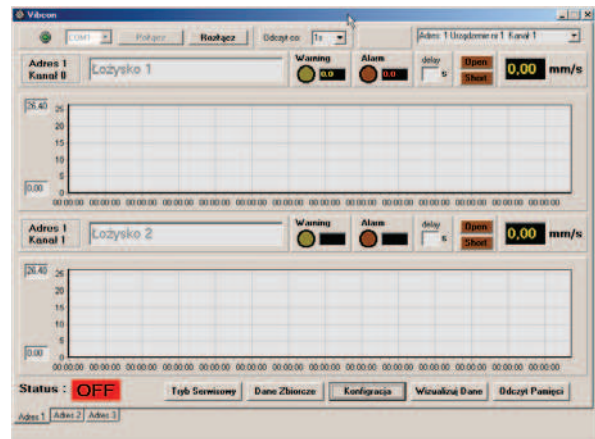
Nieco inną architekturę ma oprogramowanie realizujące dostęp do urządzenia pomiarowego z poziomu przeglądarki internetowej.

#### 3.2.2. Maszyna jako serwer WWW

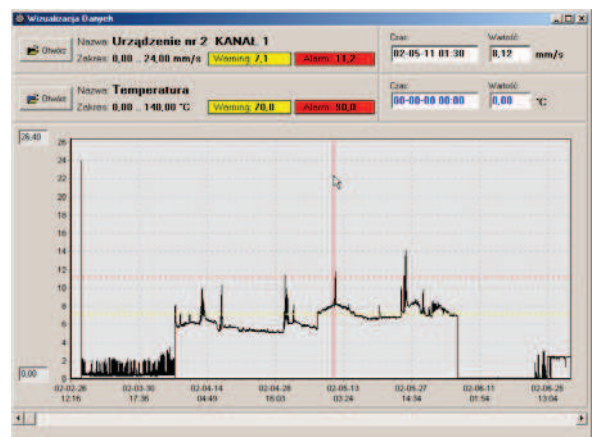
Możliwości zaprojektowanego urządzenia pozwalają na "serwowanie" danych o stanie i pracy maszyny w postaci strony internetowej WWW.

Możliwości te pozwalają na równoczesne i ciągłe monitorowanie przez wielu użytkowników. Jednocześnie możliwa jest sygnalizacja przekroczenia stanów awaryjnych (poza standardowymi optycznymi polegającymi na zmianie koloru) poprzez wysłanie

informacji e-mailowych bądź SMS-owych do telefonu komórkowego



Rys. 9 Oprogramowanie współpracujące z modułami diagnostycznymi Vibcon z wykorzystaniem sieci RS485



Rys. 10 Widok przykładowego okna wizualizacji danych historycznych

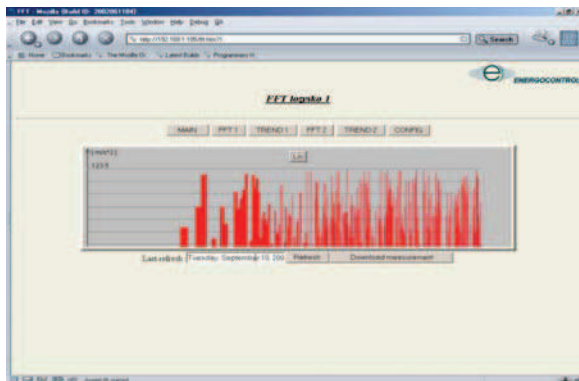
Podstawową zaletą tego rozwiązania jest możliwość korzystania przez użytkownika ze standardowej przeglądarki internetowej (MS Internet Explorer®, Netscape® itp.). Zwalnia to użytkownika z zakupu dodatkowego oprogramowania, a jednocześnie ułatwia "nawigację" po stronach z danymi diagnostycznymi serwowanymi przez moduły VibNet. Dodatkowym atutem jest automatycznie tworzona "baza danych" systemu diagnostycznego – każde kolejne urządzenie włączone w sieć i zarejestrowane w serwerze nazw, może być w prosty sposób wyszukiwane przez użytkownika poprzez nazwę. Prócz tego, stworzenie lokalnej listy występujących w danym systemie urządzeń w postaci strony HTML (na lokalnym serwerze WWW) upraszcza poruszanie się po złożonych systemach diagnostycznych i ich zarządzanie.

Na rysunku (11 i 12) przedstawiono przykładowe okna aplikacji w przeglądarce internetowej.



Rys.11 Przykładowy widok stanu drgań maszyny na stronie internetowej

Możliwość dołączenia do układu modułu DSP umożliwia wykonywanie dodatkowych obliczeń na sygnale czasowym bezpośrednio w urządzeniu, np. wykonanie analizy widmowej. Możliwe jest również proste dostosowanie oprogramowania DSP dla konkretnych potrzeb użytkownika i przesłania go z wykorzystaniem połączenia internetowego (FTP). Stanowi to o dużej elastyczności systemu, jak również o jego możliwościach rozwojowych.



Rys. 12 Przykładowy widok analizy widmowej sygnału drgań maszyny na stronie internetowej

#### 4 Wnioski i uwagi końcowe

Możliwości współczesnych układów mikroprocesorowych, a w szczególności mikrosystemów wbudowanych pozwalają na ogromny wzrost możliwości systemów rozproszonych, zarówno sterowania jak i monitorowania. Wbudowanie protokołów sieciowych oraz serwerów internetowych (WWW, PPP, FTP i innych) sprawiają, że współczesne rozproszone systemy monitorowania stanowią coraz częściej stosowane w praktyce narzędzie ułatwiające diagnozowanie i monitorowanie eksploatowanej konstrukcji.

#### 6 Literatura

1. Lutz, A.T., Using TCP/IP as an instrument interface, Sensors Magazine, no.6, 1999.

2. Pfeiffer O. Embedded Internet working with microcontrollers, Proc. of embedded system Conference, Chicago, IL, 2001.
3. Lee K.B., Scheeman R.D., Internet based Distributed Measuring systems and control applications, IEEE Instrumentation and Measurement Magazine, pp.23-27, 1999.
4. Michta E., Technologie internetowe w sieciowych systemach pomiarowo sterujących, Auromecon, Poznań, 2001, s. 131-138.
5. Barszcz T., Uhl T., Informatyczne aspekty projektowania systemów monitorowania stanu maszyn – sprzęt i oprogramowanie, Diagnostyka no.2, 2001.
6. A.Pietrzyk, T.Uhl, Z. Piskorz, Wykorzystanie technik RCM w projektowaniu systemów monitorowania, ITE, Problemy Eksploatacji Maszyn, No.4, 2001, str. 273-279.
7. A. Pietrzyk, T.Uhl, Optymalizacja w eksploatacji maszyn i urządzeń, Diagnostyka, no.26, 2002.
8. Borglet C., Kruse R., Methods for data analysis and mining, J Wiley, Chichester, 2002.
9. Kruse R., Klose A., Information mining with fuzzy methods: Trends and current challenges, MMAR 2002, Szczecin, Sept. 2002, pp. 117-123.
10. Hanc A. Synergia Mechaniki i Elektroniki w projektowaniu mechatronicznym, Praca Doktorska AGH, 2002.
11. Uhl T., Trendy rozwojowe systemów monitorowania maszyn, PAK, no.4, 1999.
12. Barszcz T., System monitorowania stanu turbin-AIDA, Energetyka, no.4., 2001.