



# NOWE MOŻLIWOŚCI dla ciągłego monitorowania maszyn opartego na zintegrowanym systemie wbudowanym

SYSTEMY MONITOROWANIA MASZYN I DIAGNOSTYKI OD WIELU LAT NIEUSTANNIE SIĘ ROZWIJAJĄ. ROZWÓJ TEN NIE MA POJEDYNCZEJ, DECYDUJĄCEJ PRZYCZYNY, LECZ JEST SPOWODOWANY RÓWNOLEGŁYMI CZYNNIKAMI, SPOŚRÓD KTÓRYCH MOŻNA WYMIENIĆ CZYNNIKI BEZPOŚREDNIE I POŚREDNIE. DO BEZPOŚREDNICH MOŻEMY ZALICZYĆ ROZWÓJ KOMPUTERÓW (ICH MOCY OBLICZENIOWEJ), SPADEK KOSZTÓW PRODUKCJI UKŁADÓW ELEKTRONICZNYCH ORAZ ROZWÓJ NOWYCH METOD PRZETWARZANIA SYGNAŁÓW OPARTYCH NA WYNIKACH BADAŃ NAUKOWYCH. DO POŚREDNICH CZYNNIKÓW MOŻNA ZALICZYĆ ROZWÓJ EKONOMIKI PRZEMYSŁU, DOTACJE EUROPEJSKIE NA ROZWÓJ SYSTEMÓW MONITOROWANIA, DĄŻENIE DO TWORZENIA NOWYCH MIEJSC PRACY, REGULACJE FIRM UBEZPIECZENIOWYCH ORAZ OBECNE NURTY GEOPOLITYCZNE.

**TEKST: MGR INŻ. ADAM JABŁOŃSKI, AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE, EC SYSTEMS**

**S**ztandarowym przykładem tego ostatniego jest nieprzychylna polityka Unii Europejskiej względem najbardziej trwałych konstrukcji turbin wiatrowych, których generatory wymagają użycia znacznej ilości metali rzadkich, występujących w największych ilościach na terenie Chin.

W ciągu ostatnich dwóch lat, na rynku zintegrowanych, ciągłych systemów monitorowania i diagnostyki (SM&D, z ang. systems of monitoring and diagnosis), obok światowych gigantów, takich jak Bentley Nevada (obecnie GE), SKF czy Brüel&Kjær i oferowanych przez nich najnowszych wersji systemów, pojawiły się inne rozwiązania, m.in. Energy Studio Pro firmy

Bax Energy, Watchdog Agent™ firmy National Instruments, PhD Turbine firmy NRG Systems oraz VIBex firmy EC Systems. Interesujące jest wrażenie, iż pomimo wspólnego celu wszystkich systemów, jakim jest jak najwcześniejsza detekcja i jak najdokładniejsza identyfikacja uszkodzenia maszyny, producenci kładą nacisk na wybrany obszar całego systemu, np. na wizualizację 3D, dostępność wielu typów bardzo zaawansowanych analiz albo na rozwój usług WWW. Z kolei krakowska firma EC Systems postawiła na rozwój zintegrowanych systemów wbudowanych, które stwarzają nowe, atrakcyjne możliwości w procesie ciągłego monitorowania, szczególnie dla maszyn pracujących w zmiennych warunkach eksploatacyjnych.

Zintegrowany system wbudowany (z ang. embedded) różni się od dostępnych na rynku modułów akwizycji i przetwarzania już na pierwszy rzut oka tym, że stanowi jedną całość. W skład systemu wchodzi karta procesorowa przetwarzająca i rejestrująca dane, karta FPGA obsługująca przetworniki analogowo-cyfrowe, karty sygnałów drgań, sygnałów prędkości oraz kanałów procesorowych. Dodatkowo, system posiada porty USB oraz obsługuje standardowe protokoły.

Zintegrowany system wbudowany daje możliwość zwiększenia jakości procesu diagnostyki poprzez:

- ▣ redukcję fałszywych alarmów,
- ▣ zwiększenie jakości estymat diagnostycznych,

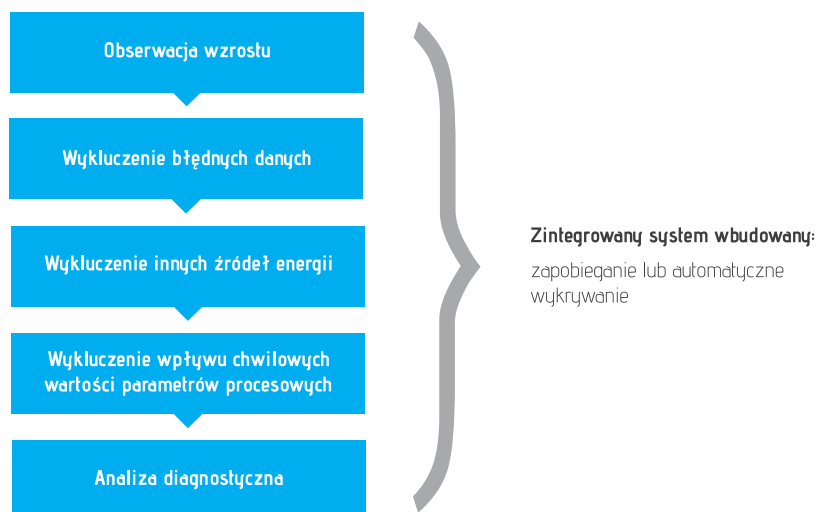
- minimalizację wariacji trendów estymat diagnostycznych,
- poprawę archiwizacji danych,
- przeprowadzanie obliczeń w czasie rzeczywistym,
- zwiększenie elastyczności systemu.

### Redukcja liczby fałszywych alarmów

osiągnięta została dzięki implementacji nowatorskich algorytmów automatycznej walidacji sygnałów, które umożliwiają detekcję i odrzucenie sygnałów błędnie zarejestrowanych oraz sygnałów zarejestrowanych poprawnie, lecz bezużytecznych diagnostycznie. Jednym z najważniejszych (i często najtrudniejszych) etapów w procesie diagnostyki jest „upewnienie się”, że zmiana wartości monitorowanej estymaty jest faktycznie spowodowana zmianą stanu technicznego. Taki wniosek może zostać wyciągnięty według algorytmu (rys. 1.)

Dzięki zintegrowanemu systemowi wbudowanemu, inżynier diagnosta oszczędza cenny czas, który musiałby inaczej zawsze przeznaczyć na trzy etapy zaznaczone na schemacie. Jest to szczególnie istotne w przypadku wielokanałowych instalacji ciągłego monitoringu, gdzie ilość zapisywanych surowych sygnałów stanowi maksymalnie do kilku procent ilości punktów obliczanych na trendach. Większość surowych danych jest przetrzymywana w pamięci i usuwana po dokonaniu obliczeń. W konsekwencji, w systemach nieposiadających algorytmów walidacyjnych istnieje znikoma szansa na zapis danych, które korespondują z poszczególnymi punktami na trendzie. W takiej sytuacji inżynier diagnosta musi często zgadywać, co było przyczyną zaobserwowanego wzrostu drgań.

**Zwiększenie jakości estymat diagnostycznych** jest możliwe w zintegrowanym systemie wbudowanym dzięki dużej mocy komputera. Po pierwsze, większa moc pozwala na rejestrację dłuższych przebiegów, co w sposób liniowy przekłada się na lepszą rozdzielczość częstotliwościową, która jest niezwykle pożądana dla maszyn o bardzo dużych przełożeniach, maszyn o wolnych obrotach oraz konstrukcji o wydłużonym cyklu powtarzalności (np. wielkogabarytowe przekładnie obiegowe, takie jak np. w turbinach wiatrowych). Po drugie, obliczenia w czasie rzeczywistym pozwalają na implementację zaawansowanych metod



RYS. 1. Elementy wstępnej analizy diagnostycznej

przepróbkowania (z ang. resamplingu) sygnałów drgań, które potrafią bardzo skutecznie minimalizować wpływ zmiennej prędkości obrotowej na rozmycie komponentów widma. Należy zaznaczyć, iż w dalszym ciągu analiza spektralna stanowi fundament systemów monitorowania maszyn wirnikowych.

**Minimalizacja wariacji trendów estymat diagnostycznych** ma na celu wyznaczenie takich trendów, które jak najbardziej będą odwzorowywały zmianę stanu technicznego maszyny, a jak najmniej czynniki mające wpływ na ich wartość. Spośród wszystkich czynników niekorzystnie zwiększających wariację trendów (np. błąd losowy, błąd pomiaru), zintegrowany system wbudowany umożliwia redukcję wariacji trendów poprzez wybór przebiegów czasowych odpowiadających jak najstabilniejszym warunkom eksploatacyjnym. W tym celu, oprócz definicji stanów pracy maszyny, zintegrowany system wbudowany umożliwia wprowadzenie dodatkowych parametrów jakościowych określających zmienność parametrów procesowych w obrębie pojedynczego przebiegu oraz odległość danych parametrów względem parametrów zdefiniowanych dla przebiegów referencyjnych. Dzięki takiemu podejściu zintegrowany system wbudowany umożliwia efektywne zastosowanie analiz częstotliwościowych przeznaczonych dla maszyn generujących wyłącznie sygnały stacjonarne do maszyn pracujących nawet w silnie zmiennych warunkach eksploatacyjnych.

Zintegrowany system wbudowany to również **poprawa jakości archiwizacji danych**. Dzięki

ciągłemu śledzeniu parametrów procesowych oraz ciągłej automatycznej walidacji, uzyskano możliwość wyboru „najlepszych” (tj. zawierających najwięcej informacji diagnostycznej) surowych sygnałów do zachowania w archiwum. Dodatkowo, dzięki dyskom zastosowanym w zintegrowanym systemie wbudowanym możliwe jest przechowywanie danych w długim okresie nawet w przypadku chwilowego braku połączenia sieciowego. W rezultacie osiągnięto zwiększenie bezpieczeństwa i synchronizacji procesu replikacji danych do bazy.

**Przeprowadzanie obliczeń w czasie rzeczywistym** z jednej strony gwarantuje brak nieprzewidzianego opóźnienia w obliczaniu analiz, z drugiej zaś umożliwia wyprowadzenie sygnałów wyjściowych z systemu w relatywnie prosty sposób. Dzięki temu zintegrowany system wbudowany może również być z powodzeniem włączony w system zabezpieczeń maszyny.

Wszystkie przedstawione główne zalety zintegrowanego wbudowanego systemu monitorowania i diagnostyki powodują, iż może on być stosowany zarówno jako zwykły „zbieracz danych” dla pojedynczego stanowiska, jak również jako element dużego zbioru systemów dla grupy maszyn. Dodatkowo, system umożliwia konfigurację wielu szablonów kinematycznych na jednym systemie, co jest szczególnie istotne w przypadku dużej ilości instalacji małej liczby kanałów przypadających na jedną maszynę (np. wentylatory). W tym przypadku, za pomocą pojedynczego systemu można obsłużyć wiele maszyn, co znacznie redukuje koszty instalacji. ■