

SŁUR



SŁUŻBY UTRZYMANIA RUCHU

PROFESJONALNE PISMO DLA BRANŻY UTRZYMANIA RUCHU

6(50)/2014 listopad-grudzień



Pierwszy na świecie chwytak z prowadzeniem wielożębnym

PGN-plus, uniwersalny chwytak firmy SCHUNK

Pierwszy profesjonalny bramkarz z umiejętnościami strzelania goli głową

Jens Lehmann, legendarny bramkarz niemiecki



Rainer Scholl, Dział komponentów systemów chwytakowych

Superior Clamping and Gripping

SCHUNK

TEMAT NUMERU: DIAGNOSTYKA

14

MONITORING PARAMETRÓW
EKSPLOATACYJNYCH
MASZYN A DIAGNOSTYKA

40

AUTONOMICZNE
UTRZYMANIE MASZYN
TPM AM WE WTRYSKOWNI

54

ZARZĄDZANIE LOGISTYKĄ
CZĘŚCI ZAMIENNYCH
W BACKER OBR

MONITORING

parametrów eksploatacyjnych maszyn a diagnostyka

MONITORING I DIAGNOSTYKA SĄ NIEROZŁĄCZNYMI ELEMENTAMI RÓŻNYCH STRATEGII OBSŁUGI TECHNICZNEJ MASZYN. NIE NALEŻY JEDNAK TRAKTOWAĆ TYCH POJĘĆ JAKO WZAJEMNIE ZASTĘPUJĄCYCH SIĘ ELEMENTÓW TECHNIK O&M. MONITOROWANIE ZAWSZE JEST NARZĘDZIEM DIAGNOZY. NATOMIAST DIAGNOSTYKA WYMAGA WDROŻENIA DODATKOWEGO ELEMENTU, JAKIM JEST WIEDZA.

TEKST: DR INŻ. MARIUSZ HETMAŃCZYK, EMT-SYSTEMS SP. Z O.O.



Samo pozyskanie wartości mierzonych parametrów oraz ich wizualizacja nie są wyznacznikami sukcesu. W większości przypadków układy maszyn lub ich podzespoły posiadają zaimplementowane funkcje monitorowania parametrów pracy (np. zabezpieczenia termiczne, przeciążeniowe itp.), które minimalizują skutki błędów operatorów.

Ciągle lub okresowe monitorowanie stanów maszyn zawiera się w założeniach metod obsługi technicznej zależnej od stanu maszyny PdM/PTI (ang. Predictive Maintenance/Predictive Testing and Inspection) oraz proaktywnej RCM (ang. Reliability Centered Maintenance).

Połączenie eksploatacji prewencyjnej, PdM oraz monitorowania w czasie rzeczywistym zawiera się w zakresie metody CBM (ang. Condition-Based Maintenance).

WYTYCZNE WDROŻENIA MONITORINGU MASZYN

Systemy pomiarowe maszyn i instalacji przemysłowych mogą działać w różnych konfiguracjach pod względem okresu rejestracji pomiarów (tab. 2). Monitorowanie scharakteryzowane jest przez okresową powtarzalność pomiarów, pozwalającą na opracowanie trendów obrazujących

Eksploatacja (użytkowanie maszyn w sposób zgodny z ich przeznaczeniem)

Czasowo zapobiegawcza (prewencyjna)

Cechy:

- z góry określony czas pracy (zależny od warunków eksploatacji) po którym maszyna podlega przeglądowi, naprawie lub wymianie,
- zalety: ściśle określony rewers remontowy, niskie koszty implementacji metody,
- wady: brak identyfikacji stopnia zużycia podzespołów na korzyść wymiany, wzrost wskaźnika awaryjności maszyny, ryzyko awarii w okresie między rewersami remontowymi.

Do wystąpienia awarii

Cechy:

- stosowana do maszyn niekrytycznych lub w systemach z jednostkami zdublowanymi (w tym przypadku nie są wymagane urządzenia diagnostyczne),
- zalety: niskie koszty szkoleń pracowników, brak konieczności zakupu dodatkowego sprzętu,
- wady: generowanie wysokich kosztów awarii (naprawa, wymiana podzespołów, nieplanowane postoje), brak możliwości planowania przebiegu produkcji.

Zależna od stanu maszyny PdM (ang. Predictive Maintenance)

Cechy:

- oparta na ciągłej obserwacji stanu maszyny, czynnikiem decyzyjnym w kwestiach naprawy lub wymiany podzespołów jest pogorszenie parametrów pracy,
- zalety: minimalizacja liczby oraz czasów przestojów, brak uszkodzeń wtórnych,
- wady: wysoki koszt urządzeń diagnostycznych (aparatura do monitorowania i diagnostyki, koszt szkoleń kadry), konieczność wykonania analizy krytyczności.

RCM (ang. Reliability Centered Maintenance)

Cechy:

- śledzenie awarii w celu określenia jej źródła, kolejno eliminacja skutków oraz samego źródła,
- zalety: podejście kompleksowe, użycie zaawansowanych narzędzi do sterowania produkcją, usuwanie źródeł niesprawności pozwalające na zwiększenie czasu pomiędzy awariami,
- wady: wysoki koszt urządzeń diagnostycznych, konieczność opracowania specjalistycznych procedur, a także zatrudnienia wykwalifikowanej kadry.

MONITOROWANIE

TAB. 1. Metody eksploatacji maszyn

zmienność mierzonych parametrów. Najczęściej określa się kilka okresów pomiarów maszyn: ciągły (do celów diagnostyki online), tygodniowy oraz miesięczny (na użytek diagnozy offline, np. do opracowania

trendów przebiegów drganiowych). Okres oraz zakres pomiarów jest zależny od zdefiniowanej ścieżki diagnostycznej, użytej metody oraz szybkości propagacji uszkodzeń w danym układzie maszyny.

Służby utrzymania ruchu fabryk, które dysponują złożonymi układami maszyn, powinny zastosować rozwiązania pozwalające na minimalizację kosztów, obejmujące techniki zawarte w metodzie Kompleksowego Zarządzania Sprawnością Maszyn i Urządzeń TPM (ang. Total Productive Maintenance), wymagające identyfikacji maszyn krytycznych. Analiza krytyczności pozwala na odnalezienie zasobów, których awaria stanowi największe obciążenie zakładu pracy. Miarą wskaźnika obciążenia może być: spadek bezpieczeństwa, niekorzystny wpływ na środowisko, spadek jakości i niezawodności, utrata ciągłości produkcji oraz wzrost kosztów. Maszyny sklasyfikowane jako krytyczne powinny być bezwzględnie monitorowane w sposób ciągły.

Wdrożenie systemu monitorowania wymaga analizy następujących czynników:

- identyfikacji krytycznych parametrów (w tym typu, zakresu zmienności oraz ich liczby),
- ustalenia charakteru mierzonych sygnałów (temperatura, ciśnienie, przepływ, drgania itp.) determinujących typ wybranych czujników pomiarowych lub całego systemu diagnostycznego,
- identyfikacji zależności pomiędzy monitorowanymi zmiennymi pozwalającymi na określenie aktualnego stanu obiektu (diagnoza),
- określenia przyjętej metody eksploatacji, narzędzi oraz okresu pomiarów.

Monitorowane parametry powinny w jak największym stopniu odzwierciedlać pogorszenie stanu pracy maszyn. Wnioskowanie diagnostyczne powinno być oparte na minimalnym, ale wystarczającym zbiorze sygnałów, determinującym lokalizację, charakter oraz zasięg rozwijającego się uszkodzenia.

NARZĘDZIA DEDYKOWANE DO DIAGNOSTYKI I MONITOROWANIA

W ramach procesu monitorowania można użyć wielu zaawansowanych narzędzi pozwalających na kontrolę zmienności parametrów maszyn, w tym:

Pomiary krótkoterminowe	Pomiar czasu pracy	Pomiary długoterminowe
Zalety: <ul style="list-style-type: none"> - średni poziom kosztów, - możliwość oszacowania wartości oraz zakresu czasowego zmian, - szybki wynik pomiarów. Wady: <ul style="list-style-type: none"> - średni poziom złożoności, - ograniczone zastosowanie, - zmienność wyników zależna od okresu pomiaru, - trudności w implementacji. Zastosowania: <ul style="list-style-type: none"> - badania wydajności oraz opracowanie trendów krótkoterminowych, - statystyczne zestawienie efektów działania, - pomiary prędośnymi analizatorami z możliwością rejestracji wartości wielkości zmierzonych. 	Zalety: <ul style="list-style-type: none"> - niski koszt, - łatwość implementacji, - niezawodność, - najbardziej użyteczne przy stałym obciążeniu maszyn i urządzeń. Wady: <ul style="list-style-type: none"> - ograniczone zastosowanie, - zazwyczaj pomiar dotyczy tylko jednego parametru, - wymaga dodatkowych obliczeń (kalkulacji przewidywanego czasu pracy). Zastosowania: <ul style="list-style-type: none"> - wentylatory, pompy, systemy grzewcze oraz urządzenia chłodzące, - stosowane łącznie z pomiarami doraźnymi. 	Zalety: <ul style="list-style-type: none"> - najwyższa dokładność, - możliwość oszacowania wartości oraz zakresu czasowego przebiegu, - możliwe analiza zmienności trendu. Wady: <ul style="list-style-type: none"> - wysoki koszt, - duży stopień trudności w fazie implementacji, - natychmiastowa dostępność wyników pomiaru. Zastosowania: <ul style="list-style-type: none"> - analiza wydajności oraz opracowanie długoterminowych trendów, - urządzenia o wymaganej wysokiej niezawodności, - pomiary dedykowanymi systemami akwizycji danych.
MONITOROWANIE		

TAB. 2. Podział technik pomiarowych maszyn pod kątem okresu pomiaru

- systemów SCADA (ang. Supervisory Control and data Acquisition) – nadrzędnym celem jest połączenie funkcjonalności sterowania oraz monitorowania skomplikowanych procesów lub grup maszyn; monitorowanie możliwe jest dzięki grupę obiektów (w tym do monitorowania wibracji, emisji akustycznej lub wielu parametrów o różnych źródłach);
- systemów telemetrycznych – zdalne monitorowanie maszyn i urządzeń z zastosowaniem transmisji danych

Maszyny sklasyfikowane jako krytyczne powinny być bezwzględnie monitorowane w sposób ciągły.

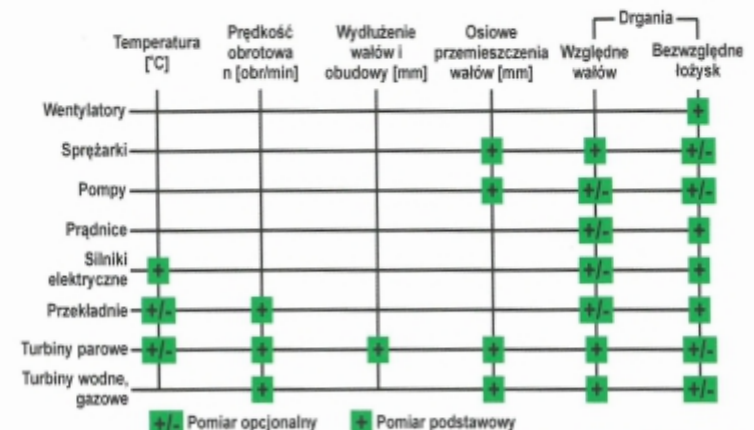
zastosowaniu wizualizacji przebiegów parametrów pracy, zdefiniowanie alarmów, skryptów zależnych od zdarzeń;

- paneli operatorskich HMI (ang. Human Machine Interface) – sterowanie i monitorowanie pojedynczych maszyn;
- systemów dedykowanych – ukierunkowanych na jeden konkretny obiekt lub

poprzez GPRS oraz raportowaniem w formie serwisu www, e-maili, danych na serwerze ftp oraz SMS-ów;

- sieci przemysłowych z modułami RIOS (ang. Remote Input Output Station).

Systemy SCADA sprawdzają się zarówno w układach przemysłowych należących



WYK. 1. Wytyczne parametrów diagnostycznych wybranych grup maszyn

TAB. 3. Zestawienie norm do oceny stanu maszyn na bazie pomiaru drgań

NORMA	CZEŚĆ: DATA WYDANIA	TYTUŁ (TŁUMACZENIE, ORYGINAŁ W JĘZYKU ANGIELSKIM)
ISO 10816 Drgania mechaniczne. Ocena drgań maszyny na podstawie pomiarów na częściach niewirujących	1:1995	Wytyczne ogólne
	2:2009	Lądowe turbiny parowe i generatory o mocy ponad 50 MW oraz normalnych prędkościach roboczych 1500 obr./min, 1800 obr./min, 3000 obr./min, a 3600 obr./min
	3:2009	Maszyny przemysłowe o mocy nominalnej powyżej 15 kW i prędkościach nominalnych od 120 obr./min do 15000 obr./min, pomiary <i>in situ</i>
	4:2009	Turbiny gazowe z zestawami łożysk ślizgowych
	5:2009	Zestawy maszyn do generowania energii hydraulicznej oraz stacje pomp
	6:2009	Maszyny tłokowe o mocy znamionowej powyżej 100 kW
	7:2009	Pompy krętne do zastosowań przemysłowych z pomiarami na wałach obrotowych
	8:2009	Systemy sprzężarek tłokowych
ISO 7919 Drgania mechaniczne. Ocena drgań maszyn na podstawie pomiarów na wirujących wałach	1:1996	Wytyczne ogólne
	2:2009	Lądowe turbiny parowe i generatory o mocy ponad 50 MW oraz normalnych prędkościach roboczych 1500 obr./min, 1800 obr./min, 3000 obr./min, a 3600 obr./min
	3:2009	Maszyny przemysłowe sprzężone
	4:2009	Turbiny gazowe z zestawami łożysk ślizgowych
	5:2005	Zestawy maszyn do generowania energii hydraulicznej oraz stacje pomp

do grupy scentralizowanych, jak również w systemach typu DCC (ang. Distributed Computer Control).

Do najprostszych sposobów połączenia monitorowania z wstępną diagnozą należy zastosowanie progów alarmowych. Monitorowanie parametrów oparte na funkcjonalnościach systemów SCADA/HMI oraz sterownikach logicznych PLC,

www, aplikacje na telefony komórkowe oraz tablety).

CASE STUDY NA PRZYKŁADZIE SYSTEMÓW MONITOROWANIA DRGAŃ

Do najpopularniejszych parametrów używanych w procesie diagnozowania pogorszenia stanu pracy maszyn należą

że do każdego napędu przydziela się zazwyczaj jeden punkt pomiarowy. Ocenie poddawana jest zmienność parametrów przemieszczenia, prędkości lub przyspieszenia (według odpowiednich norm).

Każdy punkt pomiarowy oznacza konieczność zakupu czujnika oraz jednostki przetwarzającej dane pomiarowe. Najtańsze systemy pomiarowe drgań z możliwością analizy online wartości RMS oraz widma FFT są dostępne od pięciu tysięcy złotych (cztery punkty pomiarowe), jednak górna granica kosztów (wielokanałowe centra diagnostyczne) pozostaje kwestią otwartą. Należy jednak pamiętać, że kryterium bezpieczeństwa powinno stanowić nadrzędny cel implementacji systemów monitoringu drgań.

Inną metodą jest zakup przenośnego analizatora drgań oraz wykonanie diagnozy metodą offline. Ceny jednostek wahają się w granicach od kilku do kilkudziesięciu tysięcy złotych, jednak uzyskujemy tutaj o wiele większe możliwości (szersze spektrum diagnozowanych urządzeń oraz możliwość identyfikacji przyczyny uszkodzeń). Zastosowanie przenośnych analizatorów

Najprostszą formą diagnozy jest kontrola wartości skutecznej drgań RMS (ang. Root Mean Square).

rozszerzonych o rozproszone moduły IO, musi uwzględniać konieczność rozbudowy algorytmu sterującego o zmienne wchodzące w skład zestawu monitorowanych zmiennych.

Prezentacja wyników monitorowania oraz diagnozy pozostawia szerokie pole do popisu. W łatwy sposób można skonfigurować złożone poziomy alarmowania i raportowania (dostępne poprzez strony

wskaźniki drganiowe. Najprostszą formą diagnozy jest kontrola wartości skutecznej drgań RMS (ang. Root Mean Square). Cena dostępnych na rynku czujników pomiarowych pozwalających na monitorowanie jednego punktu pomiarowego waha się w granicach tysiąca złotych.

Najczęściej kontroli podlegają systemy napędowe, a w szczególności silniki elektryczne. Minimalizacja kosztów powoduje,

wymusza podjęcie czynności związanych z ustaleniem częstości pomiarów, punktów pomiarowych oraz ścieżek diagnostycznych.

Monitorowanie offline jest często stosowaną metodą, jednak w wielu przypadkach istnieją trudności związane z dostępnością punktów pomiarowych. Każdorazowe zdejmowanie osłon zwiększa czas pomiaru. W przypadku maszyn drogowych warto zastanowić się nad montażem czujników drgań na stałe oraz wyprowadzeniem przewodu, co umożliwi swobodne podłączenie analizatora. Niestety koszt sprzętu wpływa na jego funkcjonalność:

- analizatory wartości RMS – rejestrują wskaźnik determinujący pogorszenie stanu maszyny bez określenia źródła niekorzystnego oddziaływania,
- analiza widma FFT – identyfikacja pogorszenia stanu eksploatacyjnego maszyny wraz z detekcją źródła (obserwacja częstotliwości charakterystycznych oraz amplitud drgań).

Diagnoza na bazie jednej wartości jest mało efektywna, co powoduje wspomaganie metod drganiowych przez wiele innych urządzeń i związanych z nimi technik (wyk. 1). Diagnostykę drganiową łączy się zazwyczaj z rejestracją temperatury. Ogólnie monitorowanie drgań realizowane jest w oparciu o kilka odrębnych systemów pomiarowych, w postaci: systemów ciągłego monitorowania online (dużych, małych oraz średnich maszyn), monitorowania okresowego i doraźnego (offline) oraz centrów diagnostycznych.

Z drugiej strony nie istnieją systemy doskonałe, a powodzenie procesu diagnozy wynika z wiedzy użytkownika konkretnej maszyny. W przypadku rozważanych systemów drganiowych ocena stanu maszyny jest oparta na zestawie norm (tab. 3), które stanowią dostateczne źródło ogólnej wiedzy dotyczącej definicji dopuszczalnych poziomów drgań.

Kompletny system pomiaru drgań, rozszerzony o możliwości raportowania oraz analizę trendów, może okazać się bezużyteczny bez odpowiedniej wiedzy diagnostów. Kolejnym składnikiem kosztu związanym z wdrożeniem monitoringu drgań jest więc szkolenie pracowników.

ALTERNATYWNE DROGI

Monitorowanie i diagnoza mogą zostać oparte na bazie wielu technik i narzędzi. Czynności związane z utrzymaniem ruchu mogą także stanowić przedmiot usług zewnętrznych. Na rynku istnieje wiele firm świadczących tego typu usługi. Zlecenie nadzoru diagnostycznego zewnętrznej firmie może okazać się najlepszym rozwiązaniem w przypadku skomplikowanych lub nowych (o nieznanym przebiegu pracy) maszyn. W ten sposób nakłady na wdrożenie kompletnego systemu diagnostycznego, przewyższające możliwości inwestycyjne zakładu, można rozłożyć na miesięczny koszt usług serwisowych.

Warto zwrócić uwagę na nowoczesne narzędzia pozwalające na planowanie zagadnień przeglądów w postaci systemów CMMS (ang. Computerised Maintenance Management Systems), które mogą wspomagać proces diagnozy. ■