

Możliwości wykrywania usterek za pomocą badań diagnostycznych

Wysoka wydajność współczesnych parków maszynowych nie byłaby możliwa bez rozwoju nowoczesnych metod diagnostyki maszyn pozwalających na bezinwazyjne zbieranie informacji o ich stanie technicznym. W artykule zawarto przegląd nowoczesnych metod diagnostyki maszyn opartych na analizie drgań, temperatury, jak też stanu cieczy smarującej. Przedstawiono charakterystyki poszczególnych metod, ich możliwości, wady i zalety, jak też zastosowanie dla Służb Utrzymania Ruchu.

Coraz większe znaczenie dla stabilnego wzrostu i osiągnięcia konkurencyjności zakładów przemysłowych ma maksymalizacja wydajności produkcji i ograniczanie jej kosztów. Realizuje się to m.in. poprzez ograniczanie kosztów związanych z eksploatacją maszyn. Działy UR nieprzerwanie szukają nowych sposobów monitorowania stanu maszyn w sposób jak najmniej inwazyjny, tak aby nie wpływać na spowolnienie procesów produkcyjnych. Monitorowanie ich stanu jest bardzo ważnym aspektem, nad którym ciągle prowadzone są prace rozwojowe. Mają one na celu zwiększenie niezawodności działania i prowadzą do odkrywania i definiowania różnych relacji diagnostycznych i niezawodnościowych, stanowiących podstawę do wnioskowania o aktualnym ich stanie. Rodzaje pomiarów, informujących o istotnych (z punktu widzenia eksploatacji i niezawodności) parametrach pracy poszczególnych maszyn, zależą od konstrukcji tych maszyn i warunków ich pracy. Niezależnie od konstrukcji metody diagnostyczne, czyli metody pozwalające diagnozować stan obiektu na podstawie zmian jego parametrów pracy, można podzielić w zależności od tych parametrów, czyli:

- metody bazujące na pomiarze drgań węzłów ruchowych,
- metody pomiaru zmian temperatury współpracujących komponentów,
- metody pomiaru stanu cieczy smarującej i zawartych w niej zanieczyszczeń.

Dobór właściwej metody i (co równie ważne) techniki pobierania sygnałów jest kluczowy dla skuteczności podejmowanych działań. Aby się ustrzec przed najczęstszymi błędami, należy znać zarówno rodzaje i metody poboru sygnałów, wady i zalety każdej techniki, jak też budowę maszyn i ich newralgicznych węzłów kinematycznych.

RODZAJE DIAGNOSTYKI MASZYN

Budowa maszyn i proces ich produkcji sprawia, że każda maszyna podczas pracy wytwarza sygnały (drgania, temperaturę, produkty tarcia węzłów kinematycznych), które odpowiednio interpretowane mogą być wskaźnikiem jej stanu technicznego. Obserwacja zmian amplitudy (powiększającej się na skutek procesów zużyciowych) opisywanych sygnałów, które przy obecnym stanie wiedzy mogą być dokładnie zmierzone, pozwala na ich interpretację i przypisanie ich do odpowiednich symptomów uszkodzeń podzespołów. Techniki

monitorowania stanu maszyn w utrzymaniu ruchu można podzielić na monitorowanie offline bazujące na ręcznym zbieraniu danych według określonych procedur i monitorowanie online, gdzie dane są zbierane w sposób automatyczny, w określonych odstępach czasowych. Dobór odpowiedniego sposobu monitorowania jest w dużym stopniu uzależniony od strategicznego znaczenia maszyny w przebiegu procesu. Maszyny krytyczne najczęściej są monitorowane w trybie online, czyli poprzez ciągłe zbieranie i analizowanie uzyskanych danych. Systemy prowadzą równoległą nieprzerwaną obróbkę danych dostarczonych ze specjalizowanych czujników wielkości, porównując uzyskane sygnały z zaprogramowanymi wcześniej poziomami granicznymi. Dla maszyn quasi-krytycznych prowadzi się diagnostykę online poprzez okresowy monitoring (skanujący) lub diagnostykę offline przy pomocy przenośnych przyrządów, według wcześniej wyznaczonych tras pomiarowych. Niektóre maszyny quasi-krytyczne (wentylatory spalin, podmuchu, sprężarki) mają zainstalowane systemy zabezpieczające przed wzrostem poziomu drgań. Dla maszyn pomocniczych prowadzi się diagnostykę offline przy pomocy przenośnych przyrządów według wcześniej wyznaczonych tras pomiarowych.

SYGNAŁY DIAGNOSTYCZNE – CO O MASZYNIE POWIEDZĄ NAM DRGANIA, TEMPERATURA I ZANIECZYSZCZENIA OLEJU

Nawet najlepszy system diagnostyczny nie będzie działał prawidłowo, jeśli będzie opierał swoją analizę na niewłaściwie pobranych lub źle dobranych sygnałach. Aby pobierane sygnały miały cechy parametrów diagnostycznych, niezbędna jest wiedza o danej maszynie z zakresu jej budowy i procesów, jakie się w niej odbywają. Takie informacje są potrzebne, aby można było dobrać odpowiednią metodę pomiarową i optymalne miejsce poboru sygnałów. Miejscem optymalnym jest najczęściej podzespół najbardziej obciążony i narażony na uszkodzenie. W maszynach miejscem poboru sygnałów diagnostycznych są najczęściej miejsca mocowania łożysk, wałów, wirniki i korpusy wirników, jak również ciecz smarująca w przypadku diagnostyki olejowej. Metody diagnostyki maszyn można podzielić na podstawie wcześniej wymienionych metod bazujących na analizie drgań, temperatury i zanieczyszczeń znajdujących się w cieczy smarującej maszyny.

METODY WIBROAKUSTYCZNE

Istnieje wiele metod diagnostycznych wykorzystujących sygnał wibroakustyczny jako źródło wiedzy, które po odpowiedniej analizie daje informację o stanie maszyny lub urządzenia. Są to m.in.:

- **pomiar współczynnika szczytu** – metoda ta wykorzystuje pomiary przyspieszenia drgań, w których istotną rolę odgrywa zmiana współczynnika szczytu podczas eksploatacji maszyny. Jeżeli współczynnik szczytu wzrasta, to pogarsza się stan diagnozowanego elementu (np. łożyska tocznego),
- **analiza widmowa drgań FFT** – przeprowadzana w celu uzyskania szczegółowej informacji o przyczynach i stopniu zaawansowania uszkodzeń maszyny. Metoda ta ma na celu rozkładanie całkowitego sygnału drganiowego na składowe o różnych częstotliwościach. Analizując układ częstotliwości charakterystycznych dla określonych uszkodzeń, zyskuje się informacje o tych częściach maszyny, które ulegają usterkom,
- **analiza obwiedni sygnału** – sygnał drganiowy, który wychodzi z czujnika, jest wstępnie filtrowany, po czym wyznaczane jest widmo powstałej obwiedni sygnału. Powstałe widmo sygnału drganiowego może zawierać składowe o częstotliwości odpowiadającej defektom np. elementów łożyskowania wału,
- **metoda SPM i SPM HD** (ang. *Shock Puls Method*) do diagnostyki łożysk tocznych, polegająca na detekcji i pomiarze impulsów udarowych w obszarze rezonansowym czujnika drgań (ok. 32 kHz). Metoda ta wykrywa i analizuje rozwój mechanicznej fali udarowej wywołanej przez zderzenia dwóch mas. Metoda SPM HD jest rozwinięciem metody SPM i kolejnym krokiem w rozwoju metod wykorzystujących detekcję i pomiar impulsów udarowych. Impulsy uderzeniowe tworzą fale ciśnieniowe generowane podczas pracy łożysk tocznych na styku elementów tocznych i bieżni. Metoda daje bardzo dobre efekty przy niskich prędkościach obrotowych, już przy prędkości 3–5 obrotów na minutę wyświetla klarowny obraz widma, łatwy do oceny w postaci widma impulsów z łożysk oraz stan filmu olejowego. SPM HD jest równie skuteczna przy „standardowych” prędkościach obrotowych, dając wysokiej jakości obraz pracy łożyska.

Najprostsze urządzenia, które można zastosować w diagnostyce drganiowej (nazywane również testerami), przeznaczone są do szybkiego sprawdzenia stanu maszyn wirujących. Przyrządy tego typu cechują się ergonomią i prostą obsługą. To właśnie dzięki nim istnieje możliwość odczytu ogólnej prędkości wibracji pochodzącej z pomiaru drgań maszyny. Wiele testerów uzyskuje w sposób automatyczny dane porównuje z wymaganiami, które określone są przez odpowiednie normy techniczne. Przykładem mogą być analizatory firmy SKF z serii Microlog, które są dostępne w prekonfigurowanych zestawach zawierających moduły spełniające wymagania danego przemysłu w dowolnych konfiguracjach. Wśród głównych światowych dostawców urządzeń i rozwiązań z zakresu wibroakustyki można wymienić Brüel & Kjær, HEAD acoustics, Norsonic, National Instruments, LMS International, SKF, jak też firmę PRÜFTECHNIK, reprezentowaną na naszym rynku przez firmę Pruftechnik-Wibrem.

METODY TERMOGRAFICZNE

Temperatura jest jedną z najczęściej mierzonych wielkości w przemyśle. Znajomość rozkładów temperatury oraz analiza występujących zjawisk cieplnych w maszynach odgrywa bardzo istotną rolę

z punktu widzenia ich eksploatacji. Zmiany temperatury – zarówno jej wzrost, jak i spadek – są najczęściej pierwszym sygnałem świadczącym o nienormalnej pracy maszyny i możliwości wystąpienia awarii, a ich wykrycie jest możliwe dzięki badaniu kamerą termowizyjną lub pirometrem graficznym. Przyjmuje się, że temperatura pracy łożyska wynosząca powyżej 70°C świadczy o jego niewłaściwej pracy (np. braku smarowania, zbyt dużym przeciążeniu) lub uszkodzeniu. Termowizja, zwana również termografią, jest procesem obrazowania w paśmie średniej podczerwieni o długości fali od ok. 900 do 1400 nm. Pozwala ona na rejestrację promieniowania cieplnego emitowanego przez ciała fizyczne w przedziale temperatur spotykanych w warunkach codziennych, bez konieczności oświetlenia ich zewnętrznym źródłem światła. Zalety bezstykowego pomiaru temperatury wykorzystywanej jako źródła informacji diagnostycznej sprawiły, że wielu producentów sprzętu pomiarowego ma w swojej ofercie szeroki asortyment urządzeń. W ofercie producentów takich jak Optris, Mera, Fluke, Raytek, Testo, Flir, Davis, Onset, ETI, TME, Land są zarówno urządzenia stacjonarne montowane na stałe w specjalnie do tego przewidzianych gniazdach pomiarowych, jak i profesjonalne kompaktowe urządzenia przenośne, które niekiedy bardziej przypominają kamery termowizyjne niż pirometry. Do najbardziej rozbudowanych przenośnych urządzeń pirometrycznych należą pirometry graficzne, które dają podobne możliwości jak kamery termowizyjne, lecz są od nich znacznie tańsze. Przykładem może być urządzenie TG165 firmy FLIR, które według producenta jest modelem pośrednim pomiędzy pirometrami punktowymi a kamerami termowizyjnymi. Pirometr graficzny w obszarze diagnostyki przemysłowej służy do badania: styków rozruszników, przeciążonych przekładników, pomp, łożysk i uzwojeń, pasów i wałów napędowych oraz przeciążeń sieci elektrycznej i problemów z okablowaniem. W ramach instalacji elektrycznych narzędzie to testuje temperaturę urządzeń elektrycznych i transformatorów, wykrywa przegrzane bezpieczniki, przewody, izolacje, gniazda, rozdzielniki lub przetaczniki oraz pomaga zapobiegać przeciążeniom silników. Urządzenie pozwala użytkownikom szybko, pewnie i dokładnie wykrywać problemy związane z temperaturą, jest także odpowiednie do takich zastosowań, jak rozwiązywanie problemów z elektrycznością, chłodzeniem oraz instalacjami elektrycznymi w szerokim zakresie środowisk roboczych.

ANALIZY OLEJOWE

Diagnostyka na podstawie analiz olejowych jest szczególnie wrażliwą metodą diagnozowania maszyn, której wyniki są ściśle związane z dokładnością i właściwą metodyką przeprowadzania badań. Według opinii wielu ekspertów – olej w maszynie jest najlepszym i najtańszym źródłem informacji o jej stanie technicznym, pod warunkiem systematyczności badania go pod kątem obecności i rodzaju cząstek zużywczych, jak również czystości i dynamiki zmian określonych parametrów fizykochemicznych. Próbkę oleju powinno się pobierać zawsze bezpośrednio z maszyny. Odpowiednio pobrane próbki mogą być poddawane różnym badaniom, w zależności od oczekiwanych rezultatów. W praktyce, kategorie testów wykonywanych w monitoringu olejów w eksploatacji dzielą się na:

- Określające zużycie elementów:
 - zawartość pierwiastków metali ze zużycia elementów,
 - całkowita zawartość cząstek zużywczych ferromagnetycznych,
 - ferrografia analityczna,

- Określające zanieczyszczenia w oleju:
 - klasa czystości oleju,
 - ilość i rodzaj cząstek statych,
 - zawartość pierwiastków z zanieczyszczeń – metale pochodzące z procesów zużycia (metaliczne cząstki w oleju, generowane przez procesy zużycia) mogą zawierać informację o stanie poszczególnych elementów maszyn. Kierunek zmian w odniesieniu do stężenia podstawowych i rzadkich pierwiastków w oleju może pomóc w zidentyfikowaniu ich prawdopodobnego źródła pochodzenia,
 - zawartość wody,
 - zawartość innych substancji zanieczyszczających (np. sadzy, glikolu, paliwa, gazów rozpuszczonych),
- Określające stan oleju:
 - zawartość wody,
 - zawartość innych substancji zanieczyszczających (np. sadzy, glikolu, paliwa, gazów rozpuszczonych).

Istnieją dwie podstawowe techniki analityczne, stosowane w większości testów chemicznych w programie analizy oleju pochodzącego z układów maszyn:

- ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer*) – szybka metoda analizy wielu pierwiastków w roztworach wodnych i organicznych,
- zasada spektroskopii w podczerwieni (FTIR) – szczególnie przydatna do określania stopnia zesterzenia lub zawartości niektórych zanieczyszczeń i dodatków.

Awarie wykrywane przy użyciu spektrometrycznej analizy oleju to:

- uszkodzenia cylindrów silników tłokowych, włącznie ze zużyciem lub uszkodzeniem pierścieni tłokowych,
- zarysowania lub powstawanie wżerów tłoków i ścian cylindrów, uszkodzenia pinów tłoków, uszkodzenia świec, uszkodzenia sprężyn zaworów, poluzowania lub uszkodzenia popychaczy zaworów,
- zużycie, rozregulowanie lub uszkodzenie łożysk ślizgowych lub ich elementów mocujących,
- zużycie, rozregulowanie lub tarcie przekładni,
- zużycie lub tarcie powierzchni łożysk poprzecznych,
- powolne, progresywne uszkodzenia, które powodują zwiększenie części metalicznych w układach cieczowych, zarówno w sposób bezpośredni pomiędzy dwoma ruchomymi powierzchniami, jak i pośrednio – jako rozregulowanie.

Rozwój diagnostyki technicznej sprawia, że ogólnie dostępne są narzędzia i technologie, służące do oceny stanu technicznego maszyn poprzez badanie własności procesów towarzyszących ich pracy. W efekcie coraz prościej staje się bezinwazyjne ocenianie kondycji pracujących maszyn i możliwość przewidywania awarii. Nowoczesny sprzęt pomiarowy daje większy komfort pod względem szybkości działania, a jego obsługa jest bardziej intuicyjna. Rosną również możliwości oprogramowania w zakresie szybkości i funkcji analitycznych. Wiele firm z branży aparatury diagnostycznej ma w swojej ofercie nie tylko same urządzenia pomiarowe, lecz również dedykowane bazy wiedzy i oferty wsparcia technicznego poprzez outsourcing monitoringu i diagnostyki maszyn. ■

Literatura dostępna w Redakcji czasopisma

REKLAMA

NAJWIĘKSZE PRZEMYSŁOWE TARGI

DRUKU 3D W POLSCE



**13 EDYCJA
KIELCE**

DNI DRUKU 3D



**IV TARGI
ELEKTRONIKI
I AUTOMATYKI**



Czas się spotkać!

19-21.10.2021

ORGANIZATORZY



PARTNER



targikielce.pl