

MONITOROWANIE I ANALIZA DRGAŃ

Kamień węgielny predykcyjnego
Utrzymania Ruchu

Autor: Kris Deckers, I-care Group

Luty 2021



WPROWADZENIE

Wraz z rosnącą presją konkurencyjną i finansową na zakłady produkcyjne, bezawaryjność stała się podstawą wszelkich działań. Choć niezawodność to podstawa, to jednak nadal stanowi duże wyzwanie dla działów utrzymania ruchu na całym świecie.

Według raportu opublikowanego w 2021 r. przez Międzynarodowe Towarzystwo Automatyki, najwięksi światowi producenci tracą prawie 1 bilion dolarów rocznie z powodu awarii maszyn. Średnio duże zakłady tracą 323 godziny produkcji rocznie, a koszty utraconych przychodów, kar finansowych, czasu przestoju i ponownego uruchamiania linii wynoszą średnio 532 000 USD na godzinę. To ponad dwukrotnie więcej niż średni koszt przestoju (260 000 USD) w 2016 roku.

Aby sprostać temu wyzwaniu, najlepsze praktyki utrzymania ruchu przeszły z metody zapobiegawczej do predykcyjnej (PdM). Metoda ta powszechnie uznawany jest za klucz do niezawodności. PdM kontroluje stan sprzętu poprzez wykrywanie problemów tak wcześnie, jak to możliwe. W przypadku urządzeń wirujących, w szczególności turbin i pomp, silników i sprężarek, jednym z najwcześniejszych czynników prognostycznych awarii są nienormalne wibracje i wszelkie odchylenia.

Gdy kierownictwo zakładu dysponuje aktualnymi, dokładnymi informacjami o anomaliach wibracyjnych wskazujących na nieuchronną potencjalną usterkę, może zapewnić odpowiednią interwencję przed awarią sprzętu. (Patrz zdjęcie 2). Dzięki swoim możliwościom i zaletom, analiza drgań jest sprawdzoną techniką zapewniania bezawaryjności. Może zaoszczędzić firmom miliony dolarów strat związanych z przestojami, spłacając się wielokrotnie.

Aby uzupełnić dane z analizy drgań, uzyskać kompleksowy obraz stanu maszyn i zminimalizować przestoje, doświadczeni kierownicy produkcji szukają profesjonalnej pomocy, która pomoże im zastosować najlepsze metody niezawodności maszyn. Z doświadczenia I-care wynika, że najbardziej efektywnym rozwiązaniem, aby to osiągnąć jest zastosowanie „inteligencji rozszerzonej”.

Yearly Impact¹ of Machine Failure



\$532K
per
Hour



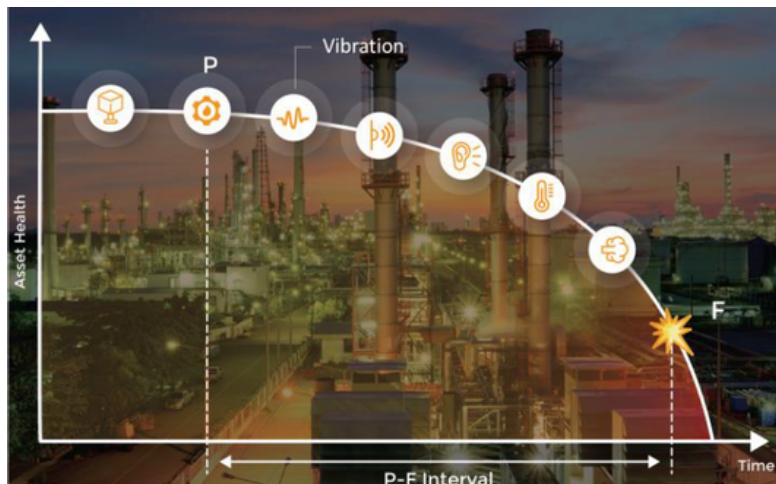
323
Production
Hours

¹In lost revenue, idle time, line restarts, and penalties

¹<https://www.automation.com/en-us/articles/june-2021/world-largest-manufacturers-lose-almost-1-trillion>.



Podejście to obejmuje połączenie ukierunkowanego pozyskania danych maszynowych oraz ich analizy i interpretacji eksperckiej. Takie podejście umożliwia klientom wykrywanie problemów, identyfikowanie ich dokładnego źródła i rozwiązywanie problemów na najwcześniejszych etapach. Aby osiągnąć najwyższy możliwy poziom wglądu, tę inteligencję można ją dodatkowo ulepszyć za pomocą innych zaawansowanych metod, od ultradźwięków i termografii po analizy olejowe i obwodów silnika, pomagając zapewnić jak najdłuższy czas pracy i żywotność sprzętu w organizacji.



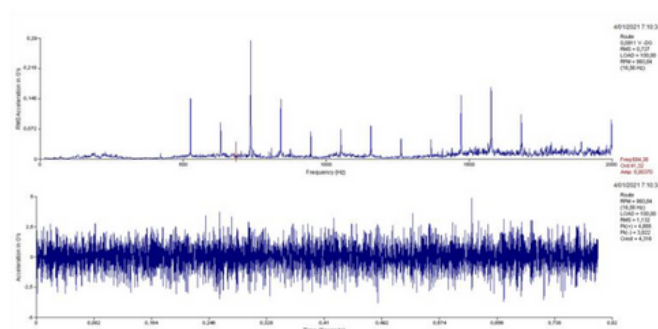
NAUKOWE PODEJŚCIE DO ANALIZY DRGAŃ

Wykrywanie, diagnozowanie i rozwiązywanie błędów systemowych w dowolnym systemie mechanicznym może znacznie zwiększyć niezawodność i zmniejszyć prawdopodobieństwo katastrofalnej awarii. Awarie mechaniczne i inne problemy powodują powstawanie zróżnicowanych wibracji o innych właściwościach niż normalny dźwięk i ruch sprzętu.

Aby pomóc w identyfikacji tych problemów, specjalistyczny sprzęt monitoruje poziomy drgań i rejestruje sygnał jako amplitudę w funkcji czasu (znaną jako przebieg czasowy), amplitudę w funkcji częstotliwości (znaną jako szybka transformata Fouriera-FFT) lub oba. **Zobacz zdjęcie 3.**

W przypadku urządzeń przemysłowych wysoka amplituda drgań powoduje naprężenia oscylacyjne na elementach maszyny, które mogą przyspieszać zużycie i prowadzić do awarii. Celem analizy drgań jest zidentyfikowanie tych sił i wyeliminowanie lub zminimalizowanie ich w celu wydłużenia żywotności sprzętu i komponentów.

Monitorując i analizując widmo drgań i wzorce w powiązanych z nimi sygnałach, technicy mogą wykrywać i przeciwdziałać siłom oddziałującym na sprzęt, które je powodują. Jest to nie tylko praktyczny sposób identyfikacji problemów; umożliwia firmom zastosowanie nieniszczącej metody ich rozwiązywania.



Wykwalifikowani technicy będą mieli duże doświadczenie w pomaganiu klientom w zrozumieniu znaczenia tych wzorców w sygnałach wibracyjnych, pokazując im, jak opanować zawłóści niezawodności maszyn, w tym analizę Fouriera i widma, oraz wyposażając ich w dodatkowy wgląd w stan maszyn.

DLACZEGO ANALIZA DRGAŃ?

Niezależnie od tego, czy są napędzane energią elektryczną, czy turbinami parowymi, wszystkie ciężkie maszyny używane w zakładach produkcyjnych w pewnym stopniu wibrują. Ilość „dopuszczalnych” wibracji różni się nie tylko w zależności od sprzętu, ale także warunków pracy, a nawet zmiennych środowiskowych, takich jak temperatura czy wilgotność.

Aby zapewnić dobry stan maszyny i zmaksymalizować czas pracy bez przestojów, nie wystarczy określić, kiedy sprzęt przekracza barierę od normalnych do nadmiernych lub nieoczekiwanych wibracji. Organizacje osiągają najwyższy poziom niezawodności, gdy są w stanie wykryć aberracje na czas, aby podjąć odpowiednie działania naprawcze.

Niektórzy dostawcy twierdzą, że monitorowanie i analiza drgań stały się przestarzałe, a sztuczna inteligencja (AI) oferuje znacznie tańszy sposób na uzyskanie niezbędnego wglądu. Mówiąc wprost, twierdzenie to jest błędne.

Sztuczna inteligencja nie jest alternatywą dla monitorowania i analizy drgań. Może raczej ulepszyć lub wzmocnić monitorowanie wibracji poprzez zwiększenie wydajności przetwarzania danych o wibracjach i innych typów danych. Co więcej, monitorowanie i analiza wibracji ułatwiają precyzyjną identyfikację szerszego zakresu problemów, które mogą być wykryte przez zautomatyzowane systemy.

Co ważniejsze, żadna sztuczna inteligencja nie może interpretować odczytów czujników skuteczniej i dokładniej niż wysoko wykwalifikowany, doświadczony technik. Monitorowanie i analiza wibracji umożliwiają technikom stosowanie zaawansowanych metodologii, które pozwalają szybciej przewidywać możliwe awarie.

Krótko mówiąc, nic nie zastąpi ludzkiej wiedzy, takiej jak ta zapewniana przez I-care™ — to, co nazywamy „inteligencją rozszerzoną”. Zapewnia organizacjom wgląd i intuicję, aby wykorzystać najszerszy możliwy zakres danych wejściowych, od odczytów czujników drgań po graficzne wyświetlanie aberracji w czasie, umożliwiając organizacjom więcej czasu na interwencję i zmniejszenie prawdopodobieństwa katastrofalnej awarii.

DLACZEGO MONITOROWANIE I ANALIZA DRGAŃ SĄ TAK WAŻNE?

Akcelerometry i inne czujniki drgań były w przeszłości wykorzystywane do wykrywania i rejestrowania drgań maszyn. Nadmierne lub nieoczekiwane wibracje są zazwyczaj wskaźnikiem zbliżających się lub istniejących problemów, w tym awarii przekładni, zużycia łożyska wału lub problemów z obsługą.

Akcelerometr może być szczególnie przydatny w nowoczesnej analizie drgań. Generuje sygnał napięciowy, który odpowiada ilości wibracji i częstotliwości wibracji wytwarzanych przez maszynę, zwykle z częstotliwością występowania wibracji na sekundę lub minutę. Dane wyodrębnione z akcelerometru trafiają do programowego kolektora danych, który rejestruje sygnał jako „przebieg czasowy” (amplituda w funkcji czasu), FFT (amplituda w funkcji częstotliwości) lub oba.

Programy następnie stosują algorytmy, które skutkują wyspecjalizowanymi zestawami danych, Przeskoleni inżynierowie lub analitycy drgań następnie je odczytują i interpretują w celu określenia stanu maszyny. Wykonując te zadania, eksperci są w stanie zidentyfikować prawdopodobne zbliżające się problemy.

ANALIZA DRGAŃ I PROBLEMY, KTÓRE ROZWIĄDUJE

Analiza drgań ma długą historię nie bez powodu. Chociaż testy wibracyjne zostały po raz pierwszy zastosowane w latach 30. XX wieku w celu poprawy wyników budynków podczas trzęsień ziemi, testy zostały opracowane w celu zapewnienia niezawodności samolotu od 1940 roku. Testy te umożliwiły naukowcom lotniczym zweryfikowanie odporności części i wyposażenia przed pierwszym startem samolotu.

W 1946 roku napisano pierwsze normy i wykorzystano je do testów akceptacyjnych przeprowadzanych na każdym materiale. Niektóre z tych metodologii, w tym użycie wzbudników, są dziś znane analitykom drgań. Chociaż nie istnieje „oficjalna” lista warunków, dla których analiza drgań jest przydatna, poniżej przedstawiamy zestawienie najczęstszych warunków.

Niewyważenie

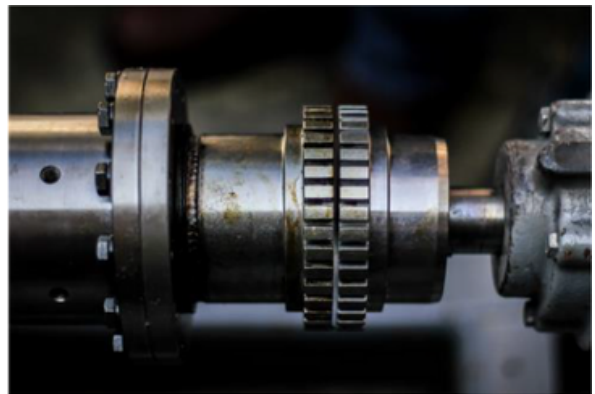
Niewyważenie występuje, gdy środek masy (lub środek ciężkości) wirującego ciała nie pokrywa się z osią obrotu. Prowadzi to do powstania siły odśrodkowej (zewnętrznej), co prowadzi do wysokich amplitud drgań przy częstotliwościach równych $1xRPM$ ($1x$ prędkość obrotowa). Wielkość siły, jaką obracający się korpus będzie wywierał na konstrukcję podpierającą go, zależy od wielkości niewyważenia ($m \cdot e$) i prędkości obrotowej.

Wszystkie obracające się korpusy będą miały pewną ilość resztkowego niewyważenia. Dopuszczalna wielkość niewyważenia zależy od prędkości maszyny. (Im wyższa prędkość maszyny, tym mniejsze dopuszczalne niewyważenie).

Niewspółosiowość

Niewspółosiowość występuje, gdy dwa bezpośrednio połączone elementy, czy to rolki papieru, czy złącza taśm przenośnikowych, spotykają się pod kątem i/lub są przesunięte względem siebie. Niewspółosiowość sprzęgieł i łożysk generalnie powoduje wysokie wibracje promieniowe i/lub osiowe. Niewspółosiowość kątowa na ogół skutkuje wyższymi amplitudami osiowymi, podczas gdy niewspółosiowość przesunięta zwykle powoduje duże amplitudy promieniowe.

Szybkość, z jaką te niewspółosiowości stają się widoczne, zależy od stopnia niewspółosiowości, a także typu i konstrukcji sprzęgieł.



Kawitacja

Kawitacja jest często problemem w pompach odśrodkowych, związanym z dużym zagęszczeniem maszyn przemysłowych. Spowodowane tworzeniem się i gromadzeniem pęcherzyków wokół wirnika pompy, występuje, gdy te małe pęcherzyki zapadają się lub pękają, wysyłając przez ciecz falę uderzeniową o wysokiej energii. Ta „fala uderzeniowa” może z czasem obniżyć niezawodność działania wirnika i innych elementów pompy. Kawitacja może również powodować przeciekanie lub awarię uszczelki pompy.

POZA ODCZYTAMI WIBRACYJNYMI

Analiza drgań to skuteczne podejście do monitorowania stanu maszyn i podstawa predykcyjnego utrzymania ruchu. Jednak nie wykryje każdego potencjalnego problemu. Oprócz analizy drgań, I-care może również wdrożyć techniki uzupełniające, z których wiele wysyła sygnały „wczesnego ostrzeżenia”, aby zapewnić firmom i ich kierownictwu możliwie najpełniejszy wgląd w rzeczywisty stan maszyn.

Ultradźwięki

Ultradźwięki to potężne rozwiązanie — i ważna metoda dla branż poszukujących optymalnych warunków finansowych i wyższych zysków. Nowo powstałe defekty powodują tarcie, uderzenia i turbulencje, z których wszystkie emitują hałas w zakresie częstotliwości ultradźwięków. Najpierw prezentują się ultradźwiękowo i stają się słyszalne dopiero, gdy zbliżą się do momentu awarii.

Technologia ultradźwiękowa „wysłuchuje” defekty w zakresie ultradźwiękowym i przenosi te niesłyszalne usterki na dźwięki o niskiej częstotliwości, które są słyszalne przez ludzkie ucho. Stamtąd sygnały mogą być mierzone i analizowane, co pozwala nam pomagać naszym klientom w opracowaniu i wykonaniu planu działania, który minimalizuje wpływ awarii aktywów.

Instrumenty ultradźwiękowe są szczególnie skuteczne w środowiskach o wysokim poziomie hałasu, ponieważ inspekcje można przeprowadzać o każdej porze dnia i nocy, niezależnie od hałasu otoczenia. Ultradźwięki również nie przesyłają na duże odległości, zamiast zatrzymać większość swojego sygnału blisko źródła. Ta wyjątkowa cecha sprawia, że ultradźwięki niezwykle skuteczny w rozróżnianiu określonych anomalii występujących w bliskiej odległości od siebie.

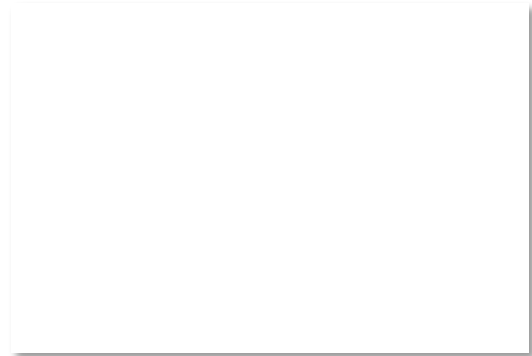
Termografia w podczerwieni

Dzięki tej technice kamera termowizyjna jest używana do wykrywania promieniowania (ciepła) emitowanego przez obiekt, przekształcania go w rozkład temperatury, a następnie wyświetlania tych informacji na obrazie. Ponieważ nienormalne warunki, takie jak wysoki poziom tarcia, wytwarzają nietypowe sygnatury cieplne, obrazy termowizyjne są pomocnym sposobem identyfikacji defektów lub nieefektywności. Chociaż obrazowanie w podczerwieni jest szerzej znane jako środek do wykrywania usterek elektrycznych lub problemów z izolacją, może również poprawić skuteczność programu monitorowania sprzętu wirującego”.



Analiza olejowa

Ten rodzaj analizy opiera się na danych dostarczonych przez analizę drgań, oferując wgląd w jakość smaru komponentu, jego właściwości smarnych i stanu samego zasobu. Informacje te pomagają we wczesnym wykrywaniu nieprawidłowego zużycia i przedostawania się do systemu zanieczyszczeń, które mogą potencjalnie skrócić żywotność podzespołów i spowodować wczesną awarię. W przypadku zaawansowanych układów smarowanych regularne monitorowanie olejów w eksploatacji ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia integralności operacyjnej i skrócenia nieplanowanych przestojów.



Analiza obwodu silnika

Ten rodzaj analizy pomaga w ustaleniu stanu silnika w wyposażeniu i podzespołach zakładu. Ocena wykrywa nierównowagi elektryczne w silniku, a także potencjalną degradację izolacji.

JESTEŚ GOTOWY, ABY PRZENIEŚĆ SWÓJ PROGRAM NIEZAWODNOŚCI NA WYŻSZY POZIOM?

Światowi liderzy, od przedsiębiorców miliarderów po firmy z listy Fortune 500, poznali wartość predykcyjnego utrzymania ruchu i technik, które go wspierają. Od ponad 17 lat specjalnie opracowane programy I-care pomagają firmom stosować te podejścia, aby szybciej osiągnąć pozytywne wyniki i uzyskać informacje o problemach na bardzo wczesnym etapie.

Merytoryczna wiedza naszego zespołu, jest uzupełniona wieloletnim praktycznym doświadczeniem w zakładach produkcyjnych na całym świecie. Dysponujemy najnowocześniejszymi technikami i metodami predykcyjnymi, u podstaw których leżących dogłębne zrozumienie podstaw zasad naukowych. Współpracując z nami, Twoja organizacja zyskuje prawdziwego partnera w pełni zaangażowanego w pomoc w podejmowaniu bardziej efektywnych decyzji dotyczących zarządzania aktywami w celu ograniczenia ryzyka operacyjnego Twojej organizacji.

Nasze usługi predykcyjnego utrzymania ruchu obejmują nie tylko technologie i pomoc na miejscu w celu identyfikacji tych problemów. Oferujemy także programy szkoleniowe dla organizacji, które chcą zmienić swoich techników w ekspertów.

O I-care

I-care jest światowym liderem w zakresie predykcyjnego utrzymania ruchu. Nasze rozwiązania wykorzystujące sztuczną inteligencję (AI) oparte na danych, przewidują awarie przemysłowe wcześniej niż ktokolwiek inny. Dzięki naszym innowacyjnym metodom, produktom i usługom dbamy o tysiące aktywów i procesów w zakładach produkcyjnych naszych klientów na całym świecie. Pomagamy im zmniejszyć ryzyko dla bezpieczniejszych, bardziej produktywnych i bardziej zrównoważonych procesów.

Założona w 2004 roku i mająca siedzibę w Belgii firma I-care zatrudnia ponad 600 osób i obsługuje klientów w 26 krajach (Europa, USA i Azja).





O AUTORZE

Kris Deckers – Kierownik operacyjny, I-care Group

Kris Deckers ma duże doświadczenie w analizie drgań i innych metodach predykcyjnych mających zastosowanie we wszystkich głównych gałęziach przemysłu, w tym chemicznym, motoryzacyjnym, energetycznym, gazowniczym oraz spożywczym.

Jako analityk drgań i menedżer usług PdM, Kris zdobywał doświadczenie w kilku branżach w latach 90. i na początku 2000 r. w CSI Europe i Emerson Process Management, która przejęła CSI w 1998 r. W CSI Europe opracował i zaczął prowadzić kursy z zakresu analizy drgań w 1994 r. Liczne przykłady praktyczne grupy usług PdM pozwoliły na opracowanie materiału szkoleniowego, który wykracza daleko poza wiedzę czysto teoretyczną i ewoluuje do dziś.

Kris posiada tytuł magistra inżyniera inżynierii lądowej, który zdobył na Katolickim Uniwersytecie w Leuven. Jest certyfikowanym specjalistą ds. utrzymania ruchu i niezawodności (CMRP), certyfikat uzyskał w Society for Maintenance and Reliability Professionals (SMRP). Posiada także certyfikat ISO kategorii IV w zakresie analizy drgań. Kris biegle posługuje się językiem angielskim, francuskim i holenderskim.