Źródło: amc VIBRO

Badania ultradźwiękowe

Dzięki pomiarom ultradźwiękowym można ocenić stan techniczny maszyny wykorzystując do tego dźwięki powietrzne oraz strukturalne o częstotliwościach, które mieszają się powyżej słyszalności ucha ludzkiego.

Damian Żabicki

Technika ultradźwiękowa ma bardzo szerokie spektrum zastosowania. Wykorzystuje się ją np. podczas prac diagnostycznych związanych z wykrywaniem wycieków. Oprócz tego za pomocą ultradźwięków diagnozuje się anomalia elektryczne chociażby w postaci wyładowań koronowych, niezupełnych czy łukowych. Ponadto ważne zastosowanie pomiarów ultradźwiękowych to inspekcja odwadniaczy parowych, urządzeń mechanicznych i zaworów.

Analiza ultradźwięków jako badania objętościowe

Badania ultradźwiękowe to tzw. badania objętościowe. Badania tego typu polegają na wprowadzaniu fal ultradźwiękowych do obiektu. Fale te są odbijane przez nieciągłości, a także uginane i rozpraszane na krawędziach nieciągłości. W efekcie można wykrywać anomalie w postaci zawalcowań, pęknięć, porowatości, nieszczelności czy rozwarstwień. Badania ultradźwiękowe znajdują również zastosowanie podczas prac związanych z oceną zmian w strukturze materiału, jakie mogą powstać wraz z długotrwałą eksploatacją. Ultradźwięki przydatne są przy pomiarze grubości obiektów oraz sprawdzaniu połączeń spawanych szyn, łopatek sprężarek i turbin, a także wyrobów ceramicznych.

Zalety i wady badań ultradźwiękowych

Zatem najistotniejsze zalety badań ultradźwiękowych to szybkość diagnozy z bezpośrednim dostępem do wyników, uniwersalność zastosowania, wysoki poziom skuteczności, a także precyzyjne określenie miejsca lokalizacji wad. Istotną rolę odgrywa przy tym możliwość pomiaru grubości elementów, które są jednostronnie dostępne. Uzyskuje się przy tym dokładność wynoszącą nie mniej niż 0,1 mm. Podczas prac diagnostycznych wykorzystywana jest przenośna aparatura o kompaktowych wymiarach i niewielkiej masie.

Mówi się również o wadach badania ultradźwiękowego, przede wszystkim w postaci konieczności posiadania odpowiednich kwalifikacji osób wykonujących pomiary, trudności przy wykonywaniu badań elementów o niewielkich wymiarach czy wpływ

struktury badanego materiału na wykrywalność wad. W efekcie pojawiają się problemy przy badaniu materiałów gruboziarnistych i niejednorodnych. W metodzie ultradźwiękowej trzeba dobrze przygotować badaną powierzchnię.

Rodzaje badań ultradźwiękowych

Mówi się o trzech podstawowych metodach badań ultradźwiękowych – przenikania, echa, rezonansowa. Metoda przenikania to inaczej metoda cienia. Bardzo często jest ona wykorzystywana podczas prac związanych z wykrywaniem nieciągłości, które są położone blisko powierzchni badanych. Ważne jest przy tym zapewnienie dwustronnego dostępu do konstrukcji.

W metodzie echa wystarczy jednostronny dostęp do badanego obiektu. Jeżeli badania są wykonywane w obszarach elementu bez wewnętrznych defektów zauważalne jest echo pochodzące od fal odbitych od dna obiektu.

Z kolei w metodzie rezonansu podobnie jak w metodzie echa zastosowanie znajduje zjawisko odbicia fal ultradźwiękowych od nieciągłości czyli wady. Jednak w impulsowej metodzie echa odbicie od wady obserwuje się oddzielnie od obrazu fal wysyłanych, natomiast w metodzie rezonansowej fale padające i odbite nakładają się na siebie.

Warto wspomnieć o systemie Phased Array. Stanowi on rozszerzenie i uzupełnienie możliwości badań ultradźwiękowych zwłaszcza w odniesieniu do pomiarów obejmujących określenie i wykrywanie pęknięć, zniszczeń erozyjnych i pęknięć w elementach o skomplikowanym kształcie. Warto tutaj wspomnieć o możliwości kształtowania wiązki ultradźwiękowej w tym ogniskowania na wybranym głębokości materiału. Oprócz tego metoda Phased Array pozwala zobrazować obraz w 2D z uwzględnieniem kilku przekrojów.

Z kolei ultradźwiękowa technika TOFD (Time of Flight Diffraction) w porównaniu do innych technik ultradźwiękowych, bazujących na amplitudzie odbitej od nieciągłości fali ultradźwiękowej, wykorzystuje sygnały pochodzące od fal dyfrakcyjnych. Powstają one na krawędziach wad. Tym sposobem zorientowanie wady w stosunku do powierzchni nie ma wpływu na wykrywalność. W odniesieniu do techniki TOFD trzeba mieć na uwadze nie tylko dużą czułość i dokładność ale również bardzo dokładne wymiarowanie pęknięć. Metoda ta jest nieodzownym elementem podczas prac związanych z badaniem spoin czołowych zbiorników, blach i rurociągów.

W stosunku do cienkich blach o grubości 2–8 mm niejednokrotnie wykorzystuje się specjalistyczne głowice ultradźwiękowe. Z kolei ultradźwiękowe pomiary grubości (UTT) wykonywane są dla elementów jednostronnie dostępnych. Badania wykonuje się przez powłokę malarską, gorącą i również przy wykorzystaniu dostępu linowego. Tym sposobem jest możliwe nie tylko obniżenie kosztów diagnostyki ale i przeprowadzenie badań w miejscach o utrudnionym dostępie. Pomiary tego typu stosuje się w odniesieniu do diagnostyki uszkodzeń w postaci erozji i korozji, przede wszystkim w zbiornikach, rurociągach, korpusach poszycia statków, wymiennikach oraz w wielu innych elementach konstrukcyjnych.

Obszary zastosowania

Pomiary ultradźwiękowe mogą wykorzystywać emisję akustyczną, gdzie pomiar dźwięków, generowanych przez maszynę, jest porównywany z dźwiękami powstającymi podczas prawidłowej pracy maszyny. Ponadto trzeba wspomnieć o aktywnym pomiarze elementów za pomocą ultradźwięków. Chodzi tutaj o wysyłanie impulsów oraz odbieranie odpowiedzi

Zastosowanie czujników ultradźwiękowych

Istnieje kilka strategii utrzymania ruchu w zakładach przemysłowych. Najczęściej spotykane w przemyśle to reaktywna, planowa oraz proaktywna.

Obecnie coraz więcej maszyn i procesów pracuje w trybach automatycznych, rośnie więc potrzeba monitorowania ich pracy. Dodatkowo, nowoczesne metody pomiarowe mogą zaoferować nie tylko nadzór nad procesem, ale być przydatne w diagnostyce maszyn.

W maszynach z elementami wirującymi jednym z głównych symptomów uszkodzeń jest wzrost wibracji. Czujniki drgań z liniową odpowiedzią częstotliwościową pracują w zakresie do 20 kHz. Ponieważ sygnały akustyczne towarzyszące procesom, mogące być wykorzystane w utrzymaniu ruchu, obejmują zakres do 1 MHz, niezbędne są specjalne czujniki do ich rejestracji. Zastosowanie czujników ultradźwiękowych daje szeroki wachlarz możliwości pomiaru różnych zjawisk fizycznych, takich jak tarcie, turbulencje, kawitacje, wyładowania niezupełne. Dodatkowo, dużą korzyścią jest fakt eliminacji wpływu dźwięków słyszalnych na pomiar. Wszystko to sprawia, że wykorzystanie ultradźwięków w aktywnym utrzymaniu ruchu umożliwia wykrywanie problemów w maszynach na bardzo wczesnym stadium ich rozwoju.

Ultradźwięki powietrzne wykorzystywane są do detekcji nieszczelności w instalacjach sprężonego powietrza, aktywnym poszukiwaniu wycieków w zbiornikach lub wyładowań niezupełnych. Ultradźwięki strukturalne umożliwiają ocenę stanu odwadniaczy parowych, problemów z łożyskami, w tym z ich smarowaniem, pomiary szczelności zaworów.

Grzegorz Pieniążek
amc VIBRO

dostarczających informacje o deformacjach, naprężeniach, zmianach strukturalnych oraz zużyciu części. Zyskuje się również informacje dotyczące wad materiału i temperatury części. Warto podkreślić, że wszelkie zmiany w zakresie parametrów decydują o propagacji dźwięku i można je w ten sposób wykryć. Za pomocą ultradźwięków mogą być kontrolowane stany narzędzi w obrabiarkach. Ponadto ultradźwięki służą do analizowania parametrów płynów roboczych takich jak chociażby chłodziwo, oleje itp.

Wobec powyższego na rynku oferowane są urządzenia, dzięki którym można przeprowadzić podstawową inspekcję ultradźwiękową. Bardziej zaawansowane urządzenia pozwalają nie tylko na podstawową inspekcję ultradźwiękową ale również na realizowanie szeregu innych funkcji takich jak chociażby rejestrowanie odpowiednich dźwięków, przeprowadzanie szczegółowych analiz czy wykonywanie zdjęć.

W zależności od aplikacji pomiary wykonuje się w okresowo lub wykorzystując odpowiednie przetworniki i urządzenia elektroniczne montowane na stałe na maszynie. Przykładową aplikacją tego typu może być np. system monitorowania łożysk czy śrub w elementach konstrukcyjnych.

Badania ultradźwiękowe przy wykrywaniu nieszczelności

Specjalne urządzenia pozwalają na wykrywanie nieszczelności w postaci przecieków powietrza. Jak wiadomo przecieki mogą powstawać w efekcie przemieszczania płynów z miejsca o wysokim ciśnieniu do miejsca, gdzie ciśnienie jest niskie, przez co powstają turbulencje. To właśnie turbulencje generują dźwięki o wysokich częstotliwościach, czyli ultradźwięki, które są wykrywane przez przyrząd pomiarowy. Kryształ piezoelekryczny umieszczony w czujniku pozwala operatorowi szybko skierować przyrząd w stronę najgłośniejszego miejsca i w efekcie zlokalizować przeciek. Na typowy zestaw pomiarowy składa się ultradźwiękowy wykrywacz nieszczelności, słuchawki, gumowa końcówka wylotowa i akumulatory.

SONAPHONE. Źródło: amc VIBRO

Przebieg badania

Przeprowadzając diagnostykę z wykorzystaniem analizy ultradźwięków w pierwszej kolejności wykonuje się oględziny mające na celu zapoznania z obiektem. Przeprowadzany jest odpowiedni wybór techniki badania oraz sprawdza się czy urządzenie działa poprawnie. Nie można zapomnieć o skalowaniu zakresu obserwacji i ustawianiu czułości badania. W następnej kolejności odpowiednio przygotowuje się powierzchnię.

Ultraprobe 10.000
Źródło: UE Systems

Podczas badań właściwych wyznacza się straty przejścia, koryguje czułość ze względu na straty przejścia, przyjmuje układ współrzędnych oraz wykonuje badanie obiektu. Ważna jest klasyfikacja jakości/wadliwości obiektu oraz opracowanie wyników.

Czujniki ultradźwiękowe w automatyce

Czujniki ultradźwiękowe zapewniają bezdotykowe wykrywanie obiektów z możliwością określenia bezwzględnej odległości czujnika od obiektu. Odpowiednie rozwiązania konstrukcyjne zapewniają kompensowanie wpływu skrajnych warunków atmosferycznych na pracę czujnika. Stąd też np. dzięki zastosowaniu czujników temperatury i pętli kompensacyjnej można wprowadzać korekty zmiany zasięgu w efekcie wahań temperatury otoczenia.

Czujniki pracują jako odbiciowe i refleksyjne. Jeżeli impuls wysyłany w sposób ciągły będzie odbity przez obiekt to powstanie echo docierające do czujnika, który wytwarza określony sygnał elektryczny. Czujnik wykrywa opóźnienie występujące pomiędzy nadaniem dźwięku a odebraniem echa. Sensory pracujące w trybie barier jednoprogowych wysyłają wąską wiązkę ciągłego dźwięku w kierunku odbiornika oceniającego sygnał ultradźwiękowy, w efekcie czego wyjście przełącza się w chwili zakłócenia dźwięku przez obiekt.

Sensory ultradźwiękowe bardzo często wykorzystuje się przy pomiarze poziomu ciał stałych, cieczy, a także proszków i granulatów. Materiał może być błyszczący, matowy oraz przeźroczysty lub kolorowy. Wykrywane są powierzchnie płaskie i mające kąt 3°. Z reguły czujników ultradźwiękowych nie używa się w systemach bezpieczeństwa.

Jako zalety sensorów ultradźwiękowych należy wymienić przede wszystkim precyzję pomiaru i dużą rozdzielczość. Istotny jest także wysoki poziom częstotliwości ultradźwięków, a także możliwość wykonywania pomiarów bez względu na typ materiału.

W czujnikach odbiciowych obiekt jest reflektorem. Jeżeli znajdzie się on w zasięgu pracy urządzenia to czujnik wzbudzi się i przełączy wyjście. W systemach czujników pracujących jako bariery jednoprogowe wykorzystuje się nadajnik i odbiornik umieszczony naprzeciw siebie. Wraz z pojawieniem się obiektu pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem czujnik udostępnia sygnał wyjściowy.

Podsumowanie

Badania ultradźwiękowe uznaje się za jedną najbardziej rozpowszechnionych badań nieniszczących. W metodzie tej wykorzystywane są fale ultradźwiękowe o częstotliwości przekraczającej 16 kHz. Badania tego typu zaliczane są do metod objętościowych ze względu na wykrywanie nieciągłości w objętości materiału. Wykrywa się wszelkie nieciągłości w materiale w postaci wtrąceń niemetalicznych, rozwarstwień, zawalcowań, niespawów, pęknięć, a także przeklejeń, braku przetopu, pęcherzy, zażużleń itp. Z użyciem metody ultradźwiękowej bardzo często kontroluje się ciągłość śrub, szpilek itp. Warto wspomnieć o wykorzystaniu metody ultradźwiękowej w odniesieniu do obiektów wykonanych ze stali

Źródło: ifm Electronic

ferrytycznych i austenitycznych, a także magnezu, aluminium, stopów miedzi i miedzi, materiałów kompozytowych i niklu.

Ważną zaletą metody ultradźwiękowej jest uzyskanie wyniku praktycznie zaraz po wykonaniu badania. Analiza ultradźwięków jest nieinwazyjna, szybka i zapewnia precyzyjne wykrycie wszelkich nieprawidłowości. ■

Technologia ultradźwiękowa

Jerzy Halkiewicz
UE Systems

Inspekcja ultradźwiękowa polega na wykrywaniu zmian w poziomie i jakości dźwięku w zakresie wysokiej częstotliwości. Zakres badanego dźwięku mieści się w przedziale 20–100 kHz, tak więc nie jest on słyszalny dla ludzkiego ucha. Ultradźwięki generowane są przez dwa zjawiska: tarcie i turbulencję, wykrywamy więc zjawiska fizyczne dające bardzo szeroki zakres inspekcji. Za pomocą jednego uniwersalnego urządzenia badać:

- wielkość wycieków sprężonego powietrza lub innych gazów wraz z kalkulacją kosztów,
- stan łożysk w myśl Predictive Maintenance oraz optymalizować czas ich życia dzięki informacji kiedy i ile powinny być smarowane,
- przekładnie zębate, pompy pod kątem kawitacji, hydraulikę siłową,
- urządzenia elektryczne na obecność wyładowań niezupełnych,
- poprawność pracy odwadniaczy pary i szczelność zaworów.

Największym zainteresowaniem spośród wszystkich możliwych zastosowań inspekcji ultradźwiękowych cieszy się detekcja wycieków sprężonego powietrza z kalkulacją kosztów oraz badanie stanu łożysk przy równoczesnej optymalizacji programów smarowniczych.

Pomiar wycieków polega na lokalizacji wycieku – podążaniem za „głośnymi" punktami na instalacji. Możemy dokładnie określić który element instalacji przecieka. W momencie odnalezienia miejsca wycieku mierzymy wartość decybeli i zapisujemy ciśnienie wycieku. Kolejnym krokiem po zebraniu wszystkich możliwych punktów wycieków jest dokonanie kalkulacji.

W przypadku kalkulacji kosztów wycieków sprężonego powietrza, umieszczamy decybele, ciśnienie a także stawkę za kilowatogodzinę i ilość godzin pracy zakładu w roku. Arkusz automatycznie obliczy wielkość wycieku w litrach na minutę oraz jego roczny koszt. Gdy zbierzemy dane ze wszystkich odnalezionych wycieków będziemy mogli określić przybliżony potencjał oszczędności na wyciekach sprężonego powietrza. Arkusz kalkulacyjny zawiera również przelicznik traconej energii elektrycznej na rzecz wycieków oraz wynikający z tego ekwiwalent emisji gazów cieplarnianych. Wielkość oraz roczny koszt może być też wyliczony dla gazów takich jak argon, hel, wodór i azot.

Badanie stanu łożysk oparte jest na dwóch czynnikach: odczycie dB i jakości dźwięku. Zmiana decybeli w czasie będzie mówić nam o wzroście tarcia wewnątrz łożyska – podstawową metodą badania ich stanu jest stworzenie trendu historycznego. Dzięki programowi Ultratrend DMS możemy stworzyć trend dla danego łożyska, dokonując kolejnych pomiarów w czasie. Mówi nam to, kiedy łożysko powinno być smarowane, a kiedy pojawiają się w nim mikroskopijne uszkodzenia. Drugą metodą którą możemy zastosować jest metoda porównawcza. Jeżeli dysponujemy drugim łożyskiem o takich samych parametrach i obciążeniu (np. łożyska po dwóch stronach przenośnika taśmowego, linii produkcyjnej itp.), możemy określić, który odczyt jest wyższy oraz porównać jakość dźwięku. Pozwala to określić, czy łożysko, które podejrzewamy, że jest uszkodzone, faktycznie dźwiękiem odbiega od normalnie pracującego łożyska.