

Mgr inż. Krzysztof Przepałoś

Okresowe pomiary stanu dynamicznego turbozespołów wykonywane przenośną aparaturą do pomiaru i analizy drgań

Ocena stanu technicznego maszyn na podstawie pomiarów drgań ich elementów stosowana jest w przemyśle od wielu lat. Na wielu maszynach zainstalowane są, mniej lub bardziej zaawansowane technicznie, systemy nadzoru drganiowego, począwszy od prostych układów mierzących uśrednioną wartość amplitudy przemieszczenia lub prędkości skutecznej drgań (według ISO 10 816 – 1 tzw. intensywność punktowa) do nowoczesnych stacjonarnych systemów ciągłego monitorowania opartych na pomiarze i rejestracji widma drgań.

Stacjonarne systemy monitorowania nie zawsze wyposażone są w pełnym zakresie. Często zdarza się, że z przyczyn ekonomicznych, są zubożone o program ekspercki, przetwarzający i analizujący zbierane dane pomiarowe. Najczęściej spotykana konfiguracja tych systemów, przypadająca na jedno łożysko, to dwa czujniki drgań względnych wału, zamontowanych promieniowo w jednej płaszczyźnie i przesuniętych względem siebie o kąt 90°, oraz jeden czujnik drgań bezwzględnych zamontowany w kierunku pionowym lub poziomym. Rzadko spotyka się czujniki drgań bezwzględnych zamontowane w kierunku osiowym.

Format danych, w jakim zapisywane są mierzone sygnały diagnostyczne w systemach stacjonarnych, często uniemożliwia ich pełne przetworzenie w systemach przenośnych (nawet wyprodukowanych przez tą samą firmę). Najczęściej, z zapisanych danych, nie da się przenieść do systemów przenośnych, przebiegów czasowych, orbit i widm drgań. Utrudnia to w znacznym stopniu wykorzystanie tych danych do szczegółowej analizy.

Dobrym uzupełnieniem systemów stacjonarnych są przenośne systemy do akwizycji i analizy sygnałów drganiowych realizujące tzw. pomiary okresowe.

Systemy te wyposażone są w niezależne czujniki, które można bardzo szybko zainstalować w dowolnym punkcie pomiarowym, uzupełniając lub rozszerzając zakres pomiarów realizowany przez systemy stacjonarne. Często służą one również jako pomiary porównawcze dla pomiarów stacjonarnych, w sytuacji, gdy zachodzi potrzeba sprawdzenia poprawności wskazań ich torów pomiarowych.

Pomiary okresowe wykonywane są w różnych stanach pracy maszyny, ustalonych – przy stałym nominalnym obciążeniu, lub w stanach przejściowych – uruchomienie, odstawienie lub w czasie zmiany obciążenia. Stanowią one bazę danych dla konkretnej maszyny lub maszyn tego samego typu (zainstalowanych czasem w różnych miejscach) i są podstawą do analiz porównawczych.

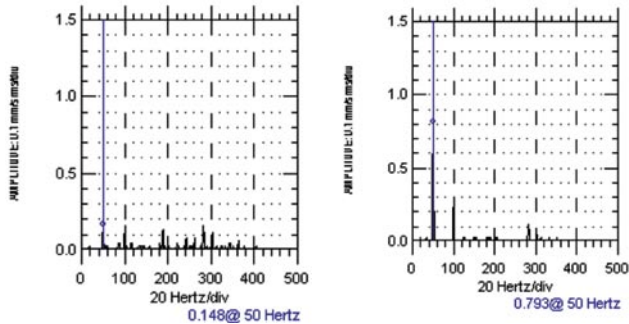
ZRE Katowice, na każdym remontowanym turbozespośle, wykonuje pomiary jego stanu dynamicznego przed remontem, po remoncie i w trakcie ich eksploatacji. Do pomiarów stanu dynamicznego maszyn używamy przenośnego 16 – to kanałowego zestawu diagnostycznego firmy *Bently Nevada*, składającego

się z czujników drgań bezwzględnych, czujników drgań względnych wału i przetworników analogowo-cyfrowych DAIU 208P – umożliwiających zbieranie sygnałów pomiarowych z różnych typów czujników jak również rejestrację parametrów procesowych. Przetworniki sterowane są komputerowo za pomocą programu do zbierania i analizy danych ADRE for Windows. Wyniki i analizy tych pomiarów, przechowywane są w komputerowej bazie danych i w archiwum pomiarowym. Każda z mierzonych maszyn posiada własną, często wieloletnią, historię. Dane te umożliwiają analizy porównawcze, ułatwiające wnioskowanie o przyczynach zmian dynamiki maszyny. Przykładem wykorzystania zgromadzonych danych pomiarowych jest opisany po niżej przypadek awarii turbozespołu, jednej z nadzorowanych przez ZRE Katowice maszyn.

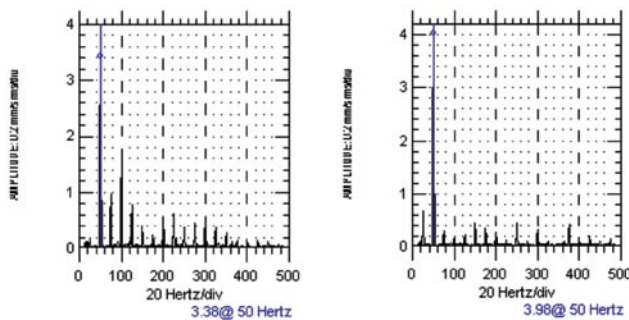
W jednej z elektrowni na dwukadłubowej, czterołożyskowej turbinie parowej o mocy znamionowej 50 MW, obsługa zauważyła, że od kilku miesięcy następuje skokowy wzrost drgań łożysk. Chociaż wartości poziomów drgań nie były bardzo wysokie (najwyższa zarejestrowana wartość uśrednionej amplitudy połówkowej przemieszczenia drgań Ao-p wynosiła 15,2 μm), zlecono ZRE Katowice wykonanie pomiaru kontrolnego i porównanie ich z wcześniej wykonywanymi pomiarami okresowymi, oraz określenie przyczyn pogarszającego się stanu dynamicznego turbiny. Na turbozespośle zainstalowany jest stacjonarny system kontroli drgań łożysk, po jednym czujniku drgań bezwzględnych, zamontowanych w kierunku pionowym, na każde łożysko i dodatkowo po dwa czujniki drgań względnych wału, przesuniętych względem siebie o kąt 90°, na łożyskach nr 2 i nr 3. System rejestruje zbierane dane w komputerze, w postaci uśrednionej połówkowej amplitudy przemieszczenia drgań bezwzględnych Ao-p i całkowitej amplitudy przemieszczenia drgań względnych wału Ap-p. W celu określenia przyczyn pogarszającego się stanu dynamicznego turbiny wykonano pomiary drgań bezwzględnych łożysk turbiny, w kierunku pionowym i poziomym, na obciążeniu i w czasie wybiegu.

Porównanie tych pomiarów z pomiarami historycznymi, z przed kilku miesięcy, wykazało kilkukrotny wzrost uśrednionej amplitudy przemieszczenia i prędkości drgań łożysk turbiny. Największe wartości drgań i ich wzrosty, wystąpiły na poziomych kierunkach pomiarowych. Wartości te nie były bardzo wysokie, nie przekroczyły poziomu 5 mm/sRMS, a więc zgodnie z normą ISO 10 816 mieściły się w połowie strefy B. Maszyny, których wartości intensywności drgań mieszczą się w tej strefie nadają się do ciągłej eksploatacji bez ograniczeń. Jednakże, zgodnie z drugim kryterium tej normy, znaczący wzrost lub spadek szerokokasmowej intensywności drgań, w jakimkolwiek punkcie pomiarowym, może wymagać działania, mimo że nie osiągnięto strefy C wg kryterium pierwszego.

Porównując widma drgań bezwzględnych łożysk, z pomiarów wykonanych przed (rys. 1) i po (rys. 2) pogorszeniu się stanu dynamicznego turbiny, widać wielokrotny wzrost składowej 1X-obrotowej, pojawienie się składowej 1/2X i ich wielokrotności.



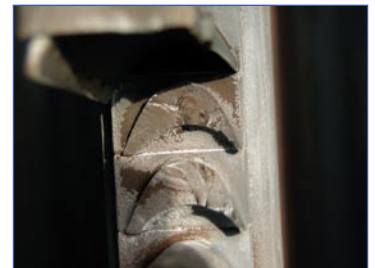
Rys. 1. Widmo drgań łożyska nr 1 i nr 2 w kierunku poziomym, przed wzrostem drgań



Rys. 2. Widmo drgań łożyska nr 1 i nr 2 w kierunku poziomym, po wzroście drgań

Stwierdzono, że przyczyną tak istotnych (dużych) zmian, jest rozważenie wirnika części wysokoprężnej turbiny, spowodowane urwaniem łopatek. Wtórny skutkiem są zaburzenie przepływu pary w układzie przepływowym i przytarcia wirnika o elementy stałe. Proces degradacji wirnika postępował najprawdopodobniej w nieregularnych przedziałach czasowych, co potwierdzałyby skokowy wzrost drgań na wykresach trendów drgań, zarejestrowanych przez stacjonarny system nadzoru drganiowego.

Postanowiono otworzyć kadłub części wysokoprężnej turbiny w celu sprawdzenia stanu wirnika. Po otwarciu kadłuba stwierdzono, brak kilku łopatek na przedostatnim stopniu wirnika, pognięte i powgniatane łopatki ostatniego stopnia oraz ślady przytarcia w miejscach uszkodzeń (rys. 3).



Rys. 3. Uszkodzone wieńce łopatek, przedostatniego i ostatniego stopnia, wirnika wysokoprężnego turbiny

Wnioski

1. Dzięki systematycznym pomiarom okresowym, przenośnymi systemami diagnostycznymi, można wykonać szczegółowe analizy drgań turbozespołów.
2. W przypadkach zmiany stanu dynamicznego turbozespołów, dzięki szerokiej bazie informacji i szczegółowej analizie, możliwe jest precyzyjne ustalenie przyczyn tych zmian.
3. Uzupełnienie pomiarów stacjonarnych, przenośnymi systemami diagnostycznymi, pozwala na wczesne wykrycie uszkodzeń i uchronienie turbozespołów przed poważnymi awariami.
4. Przenośne systemy diagnostyczne wykorzystywane są również do wyważania wirników turbozespołów w łożyskach własnych.