

**Janusz Flasza, Politechnika Częstochowska, Częstochowa**  
**Dariusz Głodkowski, Koksownia Przyjaźń, Dąbrowa Górnicza**

## **EWALUACJA CZĘSTOTLIWOŚCIOWA, JAKO PROCES DOSKONALENIA PROCESU PRODUKCYJNEGO - ANALIZA PROBLEMU NA OBIEKCIE PRZEMYSŁOWYM**

### **EVALUATION OF THE FREQUENCY, AS A PROCESS IMPROVEMENT PRODUCTION PROCESS – ANALYSIS OF THE PROBLEM SITE FOR INDUSTRY**

**Abstract:** Article raises the question of absolute shaft vibration monitoring, while stressing that effective monitoring of the dynamic shaft, it is possible by supplementing the monitoring system in noncontact shaft absolute vibration sensors. The analysis is based on a real industrial system WGGC - the main gas circulating fan in a Coke Friendship Llc to obtain indicators of improving the production process.

#### **1. Wprowadzenie**

Niemal wszystkie niesprawności techniczne maszyn wirnikowych uwidaczniają się w drganiach elementów maszyn. Do oceny ich stanu dynamicznego wykorzystuje się diagnostykę opartą na analizie częstotliwościowej drgań maszyn. Podstawą wibroakustycznej oceny stanu dynamicznego maszyny jest intensywność drgań. Za miarę intensywności drgań można przyjąć każdą wielkość charakteryzującą stan drganiowy maszyny [1].

#### **2. Stany graniczne maszyn**

Punktem wyjścia wszelkich ocen drganiowych, powinien być stan naprężeń materiału elementu poddanego drganiom. W wielu pracach z diagnostyki wibroakustycznej twierdzi się, że stan naprężeń elementów maszyny jest w zakresie niskich częstotliwości określany przez amplitudę przemieszczenia, a w wyższych zakresach częstotliwości przez amplitudę prędkości. Normy ISO zalecają mierzyć amplitudę skuteczną prędkości w paśmie 10Hz do 1kHz. Norma API-Std-613 zaleca mierzyć przemieszczenie szczytowe do 50 Hz, a powyżej tej częstotliwości amplitudę szczytową prędkości. Normy firmy IRD Mechanalysis nie rozgraniczają zakresów i zalecają mierzyć szczytową amplitudę prędkości w całym dostępnym dla czujnika paśmie. Można uznać, że zastosowanie amplitudy prędkości drgań jako liczbowej estymaty procesu wibroakustycznego jest celowe i słuszne dla maszyn o niezbyt skomplikowanej strukturze kinematycznej w zakresie częstotliwości średnich. Jednak w przypadku tak pro-

wadzonej oceny stanu dynamicznego maszyny, ograniczamy się jedynie do określania stanu: dobry - zły w odniesieniu do całej maszyny. Nie jesteśmy natomiast w stanie nic powiedzieć o przyczynach, które ten stan spowodowały. Dla diagnozowania maszyn o bardziej złożonej strukturze kinematycznej, koniecznym jest śledzenie amplitudy drgań w szerszym zakresie częstotliwości. Pociąga to za sobą konieczność stosowania pozostałych wielkości pomiarowych, czyli amplitud przemieszczeń i przyśpieszeń drgań, [2].

Prawidłowo przeprowadzana diagnostyka obejmuje ocenę wielkości kryterialnych takich, jak:

- *drgania bezwzględne:*
  - wartość skuteczną przemieszczenia  $d_{rms}$ ,
  - wartość skuteczną prędkości  $v_{rms}$ .

Oprócz wielkości kryterialnych ważnym aspektem podczas diagnostyki jest miejsce pomiaru. Wyróżnia się dla drgań bezwzględnych maksymalną wartość zmierzoną na kołach łożyskowych lub oprawach łożysk w trzech wzajemnie prostopadłych kierunkach:

- kierunek promieniowy – pionowo,
- kierunek promieniowy – poziomo,
- kierunek osiowy – poziomo [3].

#### **3. Pomiar drgań**

Pomiar drgań układu wentylatora WM 160 na instalacji Gazu Cyrkulacyjnego bloków Instalacji Suchego Chłodzenia koksu był przeprowadzony cyklicznie 1 raz w tygodniu, co pozwoliło na monitorowanie pracy układu i wychwytywanie nieprawidłowości w pracy wentylato-

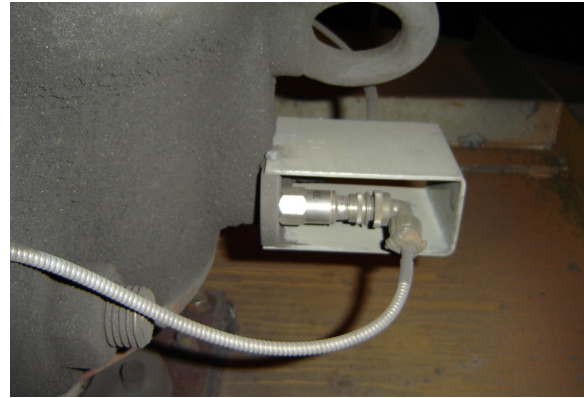
rów. Odbywało się to za pomocą ręcznego miernika drgań. Pomiary były zapisywane w książce raportowej. W przypadku, jeżeli podczas cotygodniowego obchodu zostały wychwycone odstępstwa od norm (tabela 1), była podejmowana decyzja co do ewentualnej wymiany wirnika wentylatora, bądź doważenia.

Tabela 1. Graniczne wartości drgań [4]

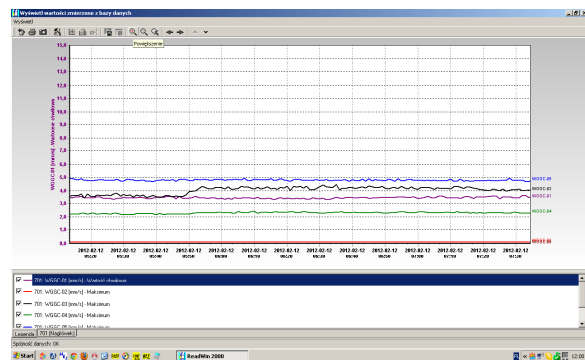
				mm/s	rms	
				<b>Velocity</b> 10-1000 Hz, f=600 rpm 2-1000 Hz, n=120 rpm		
						11
						7.1
						4.5
						3.5
						2.8
						2.3
						1.4
				0.7		
rigid	flexible	rigid	flexible	Foundation		
pump > 15 kW radial, axial, mixed flow				Machine		
integrated driver		external driver		Type		
Group 4		Group 3		Group		
medium sized machines 15 kW < P < 300 kW		large machines 300 kW < P < 50 MW		Machine		
motors		motors		Type		
160 mm < H < 315 mm		315 mm < H		Group		
Group 2		Group 1		Group		

Na obiekcie został zamontowany system automatycznego pomiaru drgań i obsługa na bieżąco może monitorować poziom drgań na poszczególnych maszynach, układ posiada również szereg blokad, które w przypadku przekroczenia dopuszczalnych wartości automatycznie odłącza maszynę z dalszej eksploatacji, w celu uniknięcia poważnej awarii. Układ zabudowany w Koksowni Przyjaźń Sp. z o.o., posiada jeden czujnik zabudowany na pionowo, fot. 3.1. Połączony jest bezpośrednio z nastawnią, gdzie sygnał jest przetwarzany i wyświetlany na interfejsie.

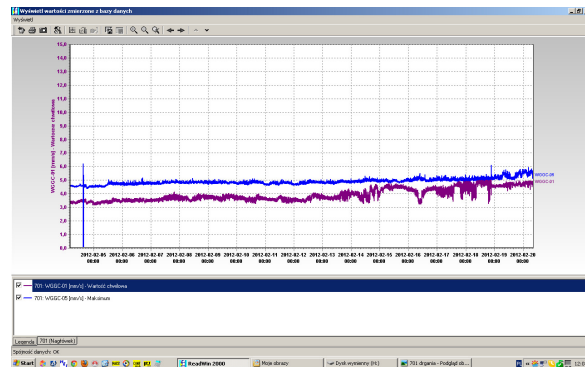
W przyszłości można będzie rozbudować układ o szereg dodatkowych modułów, co pozwoli na pełną analizę problemu. Pozwoliło to uzyskać krótsze postroje instalacji technologicznych, co wiąże się z ponoszonymi kosztami na odstawienie bloku. Dla zainstalowanych czujników uzyskano pomiary reprezentowane przez rys. 3.1 i 3.2., które pozwoliły dokonać analizy stanu badanych maszyn.



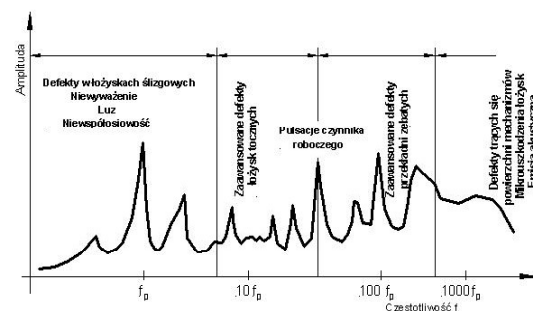
Fot. 3.1. Pomiar drgań układu wentylatora WM 160 na instalacji Gazu Cyrkulacyjnego bloków Instalacji Suchego Chłodzenia koksu, [5]



Rys. 3.1. Wartości chwilowe drgań WGGC, [5]



Rys. 3.2. Wartości chwilowe i maksymalne drgań WGGC, [5]



Rys. 3.3. Widmo drgań hipotetycznej maszyny z zaznaczeniem charakterystycznych pasm dla różnych grup uszkodzeń

Przedstawiony materiał pokazuje głębię problematyki diagnostyki technicznej. Zasadniczym celem diagnostyki wibroakustycznej jest odnalezienie granicy i sygnalizacja, że maszyna weszła w okres przyspieszonego zużycia. Posiadając widmo wzorcowe jesteśmy w stanie określić stan zużycia, ale również, gdzie ono występuje, patrz rys. 3.3.

#### 4. Podsumowanie

Zastosowanie diagnostyki jest kosztowne w momencie instalacji na układzie rzeczywistym, jednakże w dłuższej perspektywie te względy ekonomiczne mogą być pozytywne. Z doświadczenia wynika, że najczęściej stosowaną diagnostyką jest diagnostyka eksploatacyjna okresowa. Natomiast analiza wyników pomiarowych na rzeczywistych układach elektromaszynowych powinna decydować o dalszym postępowaniu wobec całego napędu z uwzględnieniem dalszej eksploatacji, przeglądu, czy remontu. W pracy przedstawiono zastosowanie metod analizy częstotliwościowej do badania sygnałów drgań bezwzględnych uzyskanych w czasie pomiarów w układzie wentylatora WM 160 na instalacji Gazu Cyrkulacyjnego bloków Instalacji Suchego Chłodzenia koksu. Zastosowanie tego narzędzia zezwala na przetwarzanie sygnałów drgań bezwzględnych pomiarowych, które są znamienne w diagnostyce częstotliwościowej maszyn pracujących w krótko-trwałych cyklach roboczych. Akwizycja danych zezwala na obserwację ewolucji zmian częstotliwości drgań, w tym częstotliwości rezonansowej uszkodzenia, co z kolei zezwala na rozpoznanie symptomów uszkodzenia w sygnale. Z kolei własności aproksymujące zezwalają na efektywną filtrację zakłóceń i zastosowanie odpowiedniego procesu naprawczego lub remontu.

#### 5. Literatura

- [1]. Orłowski Z., Gałka T.: *Experimental estimation of vibrational symptom limit values for large steam turbines*, *Diagnostics of Rotating Machines in Power Plants*, Proc. of the CISM/IFTOMM Symposium, Springer-Verlag, Wien-New York, 1994, 321-330.
- [2]. Uhl T.: *Eksploatacyjna analiza modalna*, Wydawnictwo Katedry Dynamiki Maszyn i Robotyki, AGH, Kraków 1999.
- [3]. Szymaniec S.: *Diagnostyka w przemysłowych napędach elektrycznych*, Wirtualny Nowy Przemysł, Napędy i Sterowanie, 2009.
- [4]. PN-ISO 10816-1:1998.: *Drgania mechaniczne. Ocena drgań maszyny na podstawie pomiarów na częściach nie wirujących. Wytyczne ogólne*.
- [5]. Dane raportowe, własność Koksowni Przyjaźń Sp. z o.o. -2012r.

#### Autorzy

dr inż. Janusz FLASZA  
 Politechnika Częstochowska  
 Wydział Elektryczny 42-200 Częstochowa  
 Al. Armii Krajowej 17fje@el.pcz.czyst.pl  
 mgr inż. Dariusz GŁODKOWSKI  
 Służby Głównego Mechanika  
 Koksownia Przyjaźń Sp. z o.o.  
 42-523 Dąbrowa Górnicza ul. Koksownicza 1  
 e-mail: d.glodkowski@przyjazn.com.pl