

# Badania stanu łożysk tocznych w maszynach technologicznych z wykorzystaniem metody impulsu uderzeniowego (SPM)

MACIEJ MISKA, WOJCIECH GRUSZECKI, WOJCIECH ŻYŁKA \*

Przedstawiono metody monitorowania stanu łożysk tocznych z wykorzystaniem metody SPM. Przedstawiono także analizę wskazanych tą metodą różnic między działaniem nowego łożyska i używanego, stosowanych we wrzecionach maszyn technologicznych. Testy przeprowadzono przy użyciu oprogramowania Simcenter Testlab Software oraz urządzenia Leonova Emerald. Stwierdzono, że metody SPM stosowane w wykorzystywanych urządzeniach umożliwiają szybką i skuteczną detekcję uszkodzeń.

## Wstęp

Łożyska odgrywają kluczową rolę w wielu maszynach i urządzeniach wykorzystywanych w wielu gałęziach przemysłu, umożliwiając efektywne poruszanie się różnych komponentów maszyn. Są powszechnie stosowane w maszynach przemysłowych, samochodach, wiatrakach, a także w codziennym życiu, np. w rowerach lub sprzęcie AGD. Ich zadaniem jest minimalizacja tarcia i umożliwienie realizacji płynnego ruchu.

Drgania łożysk są nieodłącznymi efektami pracy maszyn, a analiza uzyskanych informacji podczas monitorowania ich pracy może dostarczyć istotnych informacji na temat stanu technicznego i funkcjonowania całego urządzenia.

Bardzo istotnym zagadnieniem jest monitorowanie stanu łożysk we wrzeciennikach obrabiarek (maszyn technologicznych), gdyż łożyska wpływają bezpośrednio na efektywność obróbki, determinując jej dokładność, a także trwałość narzędzi. Z tego powodu nowoczesne obrabiarki w swojej strukturze konstrukcyjnej mają układy rejestrujące i analizujące drgania w ich układzie OUPN.

## Metoda impulsu uderzeniowego

Wykorzystywane w metodzie SPM impulsy uderzeniowe są krótkotrwałymi impulsami ciśnieniowymi, generowanymi przez uderzenia mechaniczne. Uderzenia mechaniczne występują we wszystkich łożyskach tocznych i spowodowane są nieregularnością powierzchni bieżni i elementów tocznych. Wartość impulsów uderzeniowych zależy od prędkości uderzenia [6]. Leonova Emerald (Rys. 1) to przenośne urządzenie

do pomiaru i analizy drgań impulsów uderzeniowych dzięki technologiom HD [9].

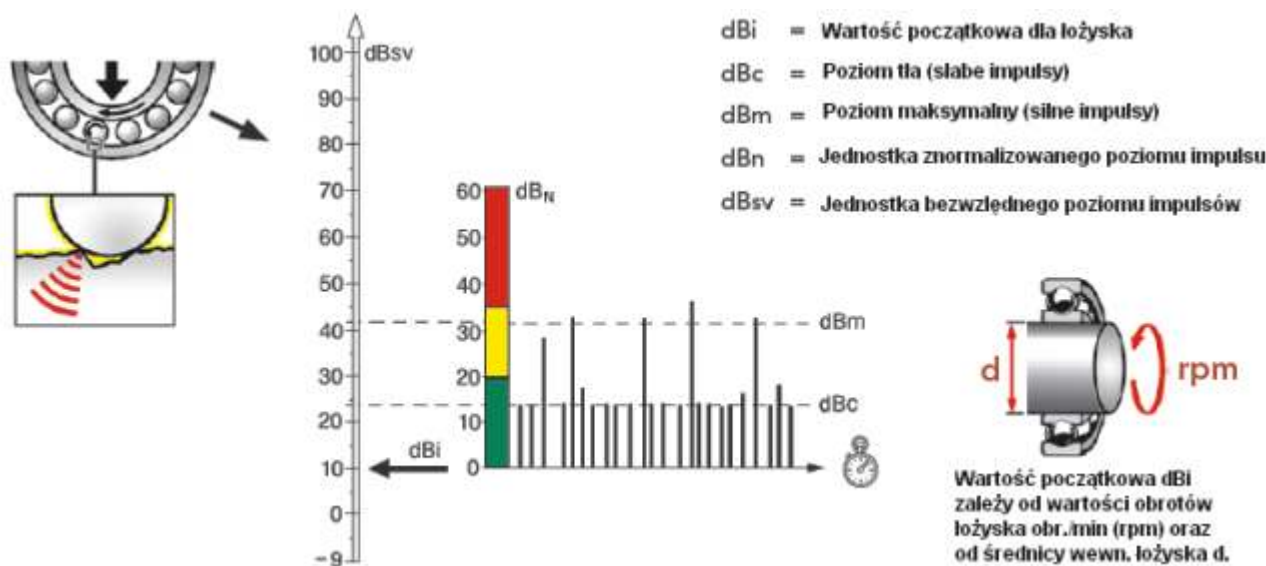
Metoda impulsów uderzeniowych SPM (*Shock Pulse Method*) jest stosowana w urządzeniu Leonova Emerald firmy SPM w celu szybkiej, prostej i niezawodnej oceny stanu łożysk tocznych. Jej odmiana z rozszerzeniem HD (*High Definition*) – SPM HD, to unikalna metoda wywoływania fal uderzeniowych, która jest mniej podatna na zakłócenia niż na inne sygnały i ma bardziej ograniczony zakres pomiarowy (0,1 ÷ 20 000 obr./min). Duża wartość stosunku sygnału do szumu instrumentu jest korzystna, ponieważ zapewnia znaczną przewagę słabym sygnałom obecnym w otoczeniu, na przykład w mechanizmie przekładni. Urządzenie zapewnia wysoce zaawansowaną detekcję wibracji i fal uderzeniowych, dzięki opatentowanej technologii HD, która jest szczególnie skuteczna w obszarach o słabych sygnałach i małej energii [9]. Ideę metody impulsu uderzeniowego pokazano na rysunku 2.

Oceny ogólnego stanu maszyny w wielu przypadkach dokonuje się na podstawie pomiaru intensywności drgań. Wyznaczone miejsce pomiaru powinno odzwierciedlać wszystkie możliwe drgania maszyny. Standardowe lokalizacje pomiarów to zazwyczaj obudowy łożysk. Analiza drgań

\* Inż. Maciej Miska, dr inż. Wojciech Gruszecki – Akademia Tarnowska, Wydział Politechniczny, Katedra Elektroniki, Telekomunikacji i Mechatroniki, dr inż. Wojciech Żyłka – Uniwersytet Rzeszowski, Instytut Inżynierii Materiałowej, Zakład Mechatroniki i Automatyki, Akademia Tarnowska, Wydział Politechniczny, Katedra Elektroniki, Telekomunikacji i Mechatroniki.



Rys. 1. Widok urządzenia Leonova Emerald i jego elementy funkcyjne [3]



Rys. 2. Metoda impulsu uderzeniowego [2]

w trzech kierunkach współrzędnych pozwala na dedukcję przyczyn wzrostu wibracji. Wyróżnić tu można następujące sytuacje [5]:

- drgania poziome H w płaszczyźnie obrotu kojarzą się najbardziej z nieokreślonym stanem,
- największy związek z wytrzymałością konstrukcji mają drgania pionowe V w płaszczyźnie obrotu,
- drgania wzdłuż osi wału najczęściej wskazują na niewspółosiowość i przecięcie osi wału.

Po to, aby uzyskać porównywalne wyniki, punkty pomiarowe powinny być wyraźnie oznaczone, tak aby pomiary można było zawsze prowadzić w tych samych punktach styku i przy obowiązującej prędkości [5].

Metoda impulsów uderzeniowych stosowana do monitorowania stanu łożysk w praktyce jest stosowana jako cztery powiązane ze sobą i uzupełniające się techniki pomiarowe, opisane poniżej.

**Odmiana SPM HD**

Wartość impulsu w tej odmianie metody jest określana przez maksymalne wartości HD<sub>m</sub> i HD<sub>c</sub> tła w skali decybelowej. Dane wejściowe są bardzo proste: obrót i średnica wału łożyska. Maksymalna wartość HD<sub>m</sub> jest wyświetlana na zielono-żółto-czerwonej skali. Na podstawie wartości HD<sub>m</sub> oceniany jest stan roboczy łożyska w skali: „doskonały”, „dobry” lub „słaby”. Jako przyczyny danego stanu pod uwagę brane są takie czynniki jak: jakość montażu, obciążenie

smarowania, stan powierzchni łożyska itp. W sygnale czasowym HD powtarzające się impulsy są wzmacniane, a sygnały losowe są tłumione przy użyciu zaawansowanego algorytmu cyfrowego. Sygnał czasowy HD jest bardzo przydatny do określania stopnia uszkodzenia łożyska. Sygnał widmowy SPM HD uzyskany przez zastosowanie algorytmu obliczania FFT na podstawie sygnału czasowego HD jest przydatny do analizy trendów (przy użyciu symptomów i wartości szerokości pasma). Metoda pomiaru SPM HD jest ulepszeniem oryginalnej techniki pomiaru dBm/dBc, która z powodzeniem jest stosowana od 40 lat. Może być używana do wykrywania różnych anomalii dźwiękowych generowanych przez obracające się części maszyny [5]. Wykres metody pokazano na rysunku 3.

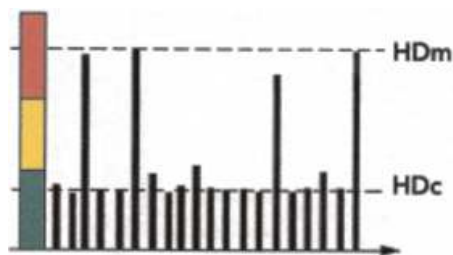
**Odmiana SPM dBm/dBc**

W skali decybeli określa się wartość impulsu uderzeniowego za pomocą dwóch wartości: maksymalnej dBm i tła dBc. Podobnie jak SPM HD metoda ta wykorzystywana jest do monitorowania środowisk przemysłowych. Nawet na skali

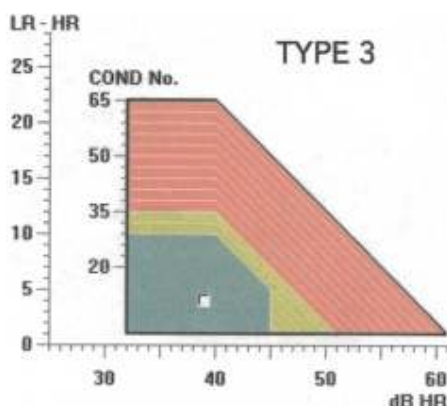
i czerwonymi strefami wskazującymi geometrię łożyska. Konieczne jest zweryfikowanie wyników pomiarów wskazujących na zły stan łożyska dla wszystkich trzech odmian metody [5].

Porównanie wartości impulsów uderzeniowych mierzonych na obudowie łożyska i w jego pobliżu z wartościami uzyskanymi w teście smarowania pozwala zweryfikować, czy zmierzone impulsy uderzeniowe są spowodowane przez łożysko przed wykonaniem ponownych pomiarów. Odmiana metody LR/HR została specjalnie opracowana dla zautomatyzowanych systemów ciągłego monitorowania (CMS). Zautomatyzowane systemy nie mogą korzystać z zestawów słuchawkowych do regulowania czasu pomiaru, jak operatorzy, ani wykonywać „testów do przodu” w celu potwierdzenia podejrzanych odczytów. System działa zgodnie z predefiniowanymi ustawieniami, a jego działanie zależy od poprawnego wprowadzenia danych.

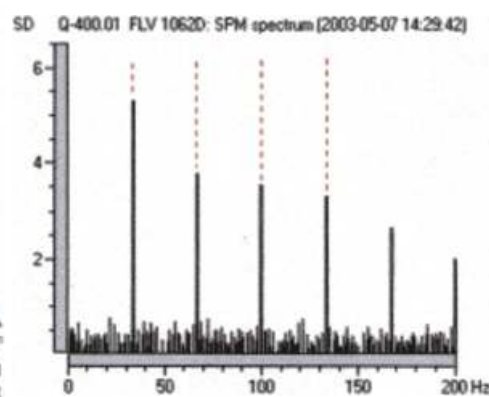
Wartość tła (HR) jest często odczytywanym sygnałem wynoszącym około 1000 impulsów na sekundę; LR to średnia silniejszych impulsów poniżej wartości maksymalnej o zmniejsz-



Rys. 3. Wykres metody SPM HD [5]



Rys. 4. Wykres metody SPM LR/HR [5]



Rys. 5. Wykres metody SPM Spectrum [5]

logarytmicznej zauważalna jest znacząca różnica między maksymalnymi wartościami dobrych i złych łożysk. Wskaźnik szczytowy migocze w przypadku wykrycia impulsów silniejszych niż poziom wskazany na wyświetlaczu. Można również użyć stetoskopu do słuchania dźwięków generowanych przez obracające się części maszyn [5].

**Odmiana SPM LR/HR**

Wartość impulsu udarowego w tej odmianie metody jest wyrażana za pomocą wartości LR w decybelach (odpowiadającej małej częstotliwości dBm) oraz wartości HR (odpowiadającej dużej częstotliwości HDc). Dodatkowo, wyniki oszacowania CODE (dotyczące warunków ogólnych), OR (dotyczące grubości warstwy smaru) i COND (dotyczące stanu powierzchni) wskazują na warunki pracy łożyska. Skupienie się na smarowaniu łożyska dostarcza bardziej szczegółowych informacji na temat jego warunków pracy. Wymagane dane wejściowe, takie jak: prędkość, średnica łożyska i numer typu, są również bardziej szczegółowe. Numer typu definiuje geometrię obszaru oceny, z zielonymi, żółtymi

szanej dynamice. Średnica podziałowa jest używana do poprawy dokładności pomiaru. Wprowadzony numer typu łożyska identyfikuje geometrię łożyska, a numer COMP służy do kalibracji poszczególnych punktów pomiarowych. Program SPM LUBMASTER (część Condmaster) oraz pomiary LR/HR mogą być wykorzystane do dokładnego pomiaru stanu smarowania w obliczeniach trwałości  $L_{10a}$  i zbadania potencjalnych ulepszeń smarowania. Metody LR/HR oraz LR/HR HD mają tę samą podstawową zasadę, ale LR/HR HD wykorzystuje algorytm SPM HD dla sygnałów czasowych. Obie metody są przydatne przy prędkościach powyżej 500 obr/min [5]. Wykres metody SPM LR/HR pokazano na rysunku 4.

**Odmiana SPM Spectrum**

Zapis czasowy sygnału wstrząsu przypomina widmo FFT (Rys. 5). Wyraźny wzór łożyska w wynikowym widmie jest rozstrzygającym dowodem na to, że zmierzony impuls uderzeniowy jest generowany przez łożysko. W związku z tym dane dotyczące stanu łożyska uzyskane przy użyciu metod dBm/dBc i LR/HR są dokładne [5].



## Zasady ustalania punktów pomiarowych w metodzie SPM

Zasady wyboru punktów pomiarowych w metodzie SPM mają bardzo praktyczny cel. Dąży się do uzyskania sygnałów o małej energii, które stają się słabsze w miarę oddalania się i ulegają odbiciu wewnątrz metalu. Intensywność ich zmniejsza się podczas przechodzenia z jednej metalowej części na drugą (także przez smar pomiędzy częściami). Trudno jest określić, ile z natężenia sygnału z łożyska dociera do punktu pomiarowego w przypadku wszystkich zainstalowanych łożysk.

Zasada ustalania punktów pomiarowych SPM zakłada, że większość sygnałów jest porównywalna z wystarczającą dokładnością, a zielono-żółto-czerwone strefy są poprawne. Należy przy tym dbać aby zachowane były poniższe warunki [5]:

- droga sygnału pomiędzy łożyskiem a punktem pomiarowym powinna być tak krótka i prosta jak to tylko możliwe,
- na drodze sygnału może znajdować się tylko jedna powierzchnia styku: pomiędzy łożyskiem a jego obudową,
- punkt pomiarowy powinien być położony w strefie obciążenia łożyska.

## Badania eksperymentalne

W celu porównania różnic wykazywanych stosowaną metodą w zależności od stanu łożyska przeprowadzono badania jako obiekt badany używając łożysko już eksploatowane oraz nowy egzemplarz takiego samego łożyska.

## Badanie wrzeciona z łożyskiem już eksploatowanym

Badania rozpoczęto od założenia i umocowania łożyska w oprawie w celu jego stabilizacji. Następnie, wrzeciono i silnik który je napędza zostały połączone pasem. Kolejno, do części badanej zostały wmontowane dwa czujniki, trójosiowe akcelerometry, które mierzyły drgania oraz jeden czujnik tachometryczny mierzący obroty. Zostały one umocowane na stole, na którym usytuowana była oprawa z wrzecionem. Przyrządy pomiarowe zostały połączone z komputerem za pomocą kabla LAN, a następnie – przewodem do rejestratora sygnałów. Wrzeciono zostało rozprędzone do prędkości 5700 obr/min, a następnie po 120 s wyniki zapisywane były w komputerze [4]. Po tym czasie przeprowadzono analizę wg programu. Stanowisko pomiarowe pokazano na rysunku 7.

Otrzymane wyniki badań przedstawiono na kolejnych rysunkach. Na wykresie – Rys. 8, pokazano sygnały pochodzące z akcelerometrów, mierzących w trzech kierunkach XYZ. Na początku każdego wykresu widoczne są małe amplitudy – jest to stan, w którym silnik wprawia w ruch wrzeciono z analizowanym łożyskiem do określonych obrotów, a następnie stabilizuje do zadanej prędkości 5700 obr/min. Na końcu odczytu następuje wyłączenie zasilania silnika, a wirnik samoczynnie zatrzymuje się. Na dolnej osi jest pokazany czas wykonywania badania.

Analizowano również spektrogram sygnału w przestrzeni częstotliwości FFT (Rys. 9). Im większa była amplituda drgań

reklama



Japońska doskonałość.

1 200 000 narzędzi produkowanych każdego miesiąca:  
każde poddane trzem kontrolom jakości,  
każde doskonałe.

Przywództwo zbudowane z pasją,  
gwintownik za gwintownikiem, od 1923 roku.

**Think threads with YAMAWA**

[www.yamawa.eu](http://www.yamawa.eu)

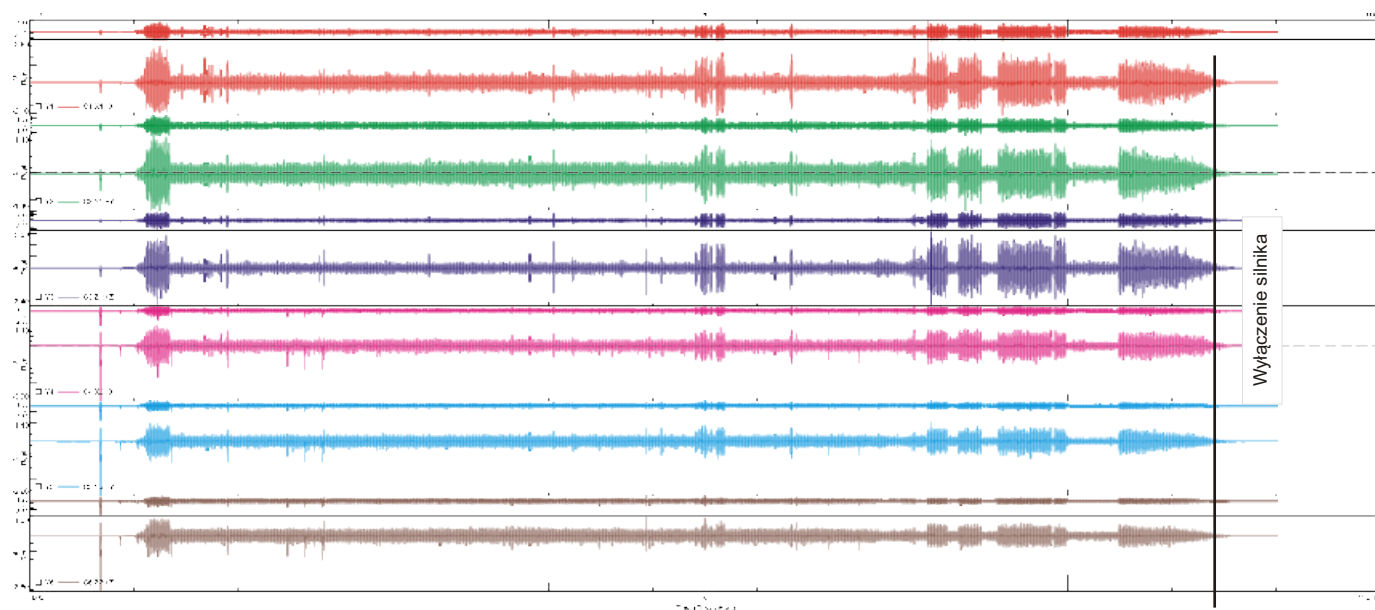


Rys. 7. Stanowisko badawcze [4]

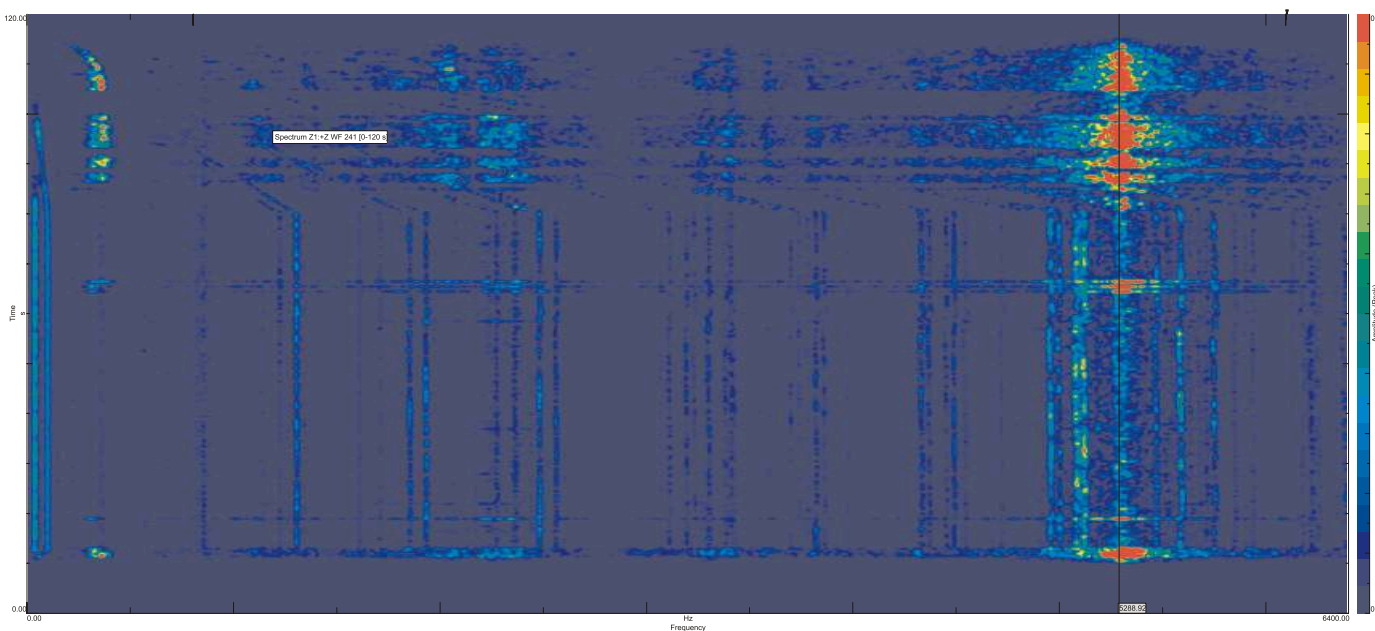
łożyska, tym ciemniejszy kolor w danym miejscu. Największą częstotliwością, jaką udało się zaobserwować na wykresie, jest 5288 Hz. Na dolnej osi zaznaczono częstotliwość (Hz), natomiast na osi pionowej jest czas wykonywania badania.

Na rysunku w formie wodospadu (waterfall) (Rys. 10) przedstawiono widma uzyskane w wyniku transformacji Fouriera. Wykonano je dla każdej sekundy zarejestrowanego sygnału czasowego. Można je wykorzystać do analizy zmian sygnału podczas rejestracji i diagnostyki dotyczącej zmian stanu monitorowanego układu.

Na wykresie – Rys. 11, przedstawiono analizę FFT sygnału dla prędkości w 11 sekundzie dla  $n=2780$  obr/min. Na dolnej osi



Rys. 8. Wykres sygnału czasowego [4]



Rys. 9. Wykres kolorowego spektrogramu [4]



przedstawiono częstotliwość w zakresie od 0 do 6400 Hz. Górny wykres koloru czerwonego, jest częścią rzeczywistą, natomiast zielony jest częścią urojoną. Tam, gdzie są przejścia przez zero, można identyfikować, że dany element drga. Innym sposobem przedstawienia spektrum jest wykres w formie magnitudy w dB oraz fazy w stopniach.

### Badanie dla wrzeciona z nowym łożyskiem

Analogicznie wykonano badania dla wrzeciona z nowym łożyskiem. Uzyskano sygnały pochodzące od dwóch czujników akcelerometrycznych mierzących w trzech kierunkach XYZ. Podczas pomiaru wykorzystywano sześć odczytów. Jeden miernik przeznaczony był dla wartości X1, Y1, Z1, natomiast drugi dla X2, Y2, Z2. Na początku każdego wykresu widoczne są małe amplitudy, gdy następuje rozruch wrzeciona z analizowanym łożyskiem do określonych obrotów, a następnie ich ustabilizowanie do zadanej prędkości 5700 obr/min. Widać większe drgania niż na poprzednim wykresie. Na końcu odczytu następuje wyłączenie zasilania silnika, a wirnik samoczynnie zatrzymuje się. W części dolnej wykresów widoczny jest brązowy odczyt czujnika na kierunku „Z”, który zarejestrował drgania, lecz nie został utworzony pełny pomiar. Dokładniejsza analiza tego sygnału pozwala na zidentyfikowanie problemu dla tego przypadku. Prawdopodobnie koła pasowe wrzeciona i silnika nie są w jednej płaszczyźnie. Występuje między nimi przesunięcie i można przypuszczać, że złe ułożenie paska powoduje drgania. Stanowisko, na którym dokonywano pomiaru, mimo starań i wielu prób, nie pozwalało na lepsze ustawienie tych elementów względem siebie. Na dolnej osi jest pokazany czas rejestracji mierzonych sygnałów (Rys. 12).

Na wykresie spektrogramu sygnału w przestrzeni częstotliwości FFT (Rys. 13) po prawej stronie widnieje zakres amplitudy od koloru niebieskiego do koloru czerwonego. Im większa była amplituda drgań łożyska, tym ciemniejszy kolor w danym miejscu linii częstotliwościowych. Największa częstotliwość, jaką udało się zarejestrować na wykresie, wynosiła 5288 Hz. Na dolnej osi jest częstotliwość w Hz, natomiast na osi pionowej jest czas, przez który było wykonywanie badania. Można zauważyć, że w porównaniu do poprzedniego spektrogramu zarejestrowano więcej drgań w łożysku. Można przypuszczać, że jest to łożysko nowo zamontowane i jeszcze nie zostało dobrze dotarte we wrzecionie.

Analizę FFT otrzymanego podczas badań sygnału pokazano na rysunku 14.

### Ocena za pomocą RMS

RMS (*Root Mean Square*) to miara używana w analizie drgań, która precyzyjnie opisuje średni poziom drgań sygnału okresowego. W praktyce, RMS jest najczęściej stosowaną wartością liczbową do opisu ogólnego poziomu drgań w maszynach [1].

W przypadku badań drgań łożysk, pomiary RMS są powszechnie używane do oceny stanu technicznego maszyn, takich jak silniki elektryczne, pompy, wentylatory, reduktory i inne urządzenia [8]. Warto jednak zaznaczyć, że standardowe metody diagnostyki, takie jak 3-kierunkowe po-

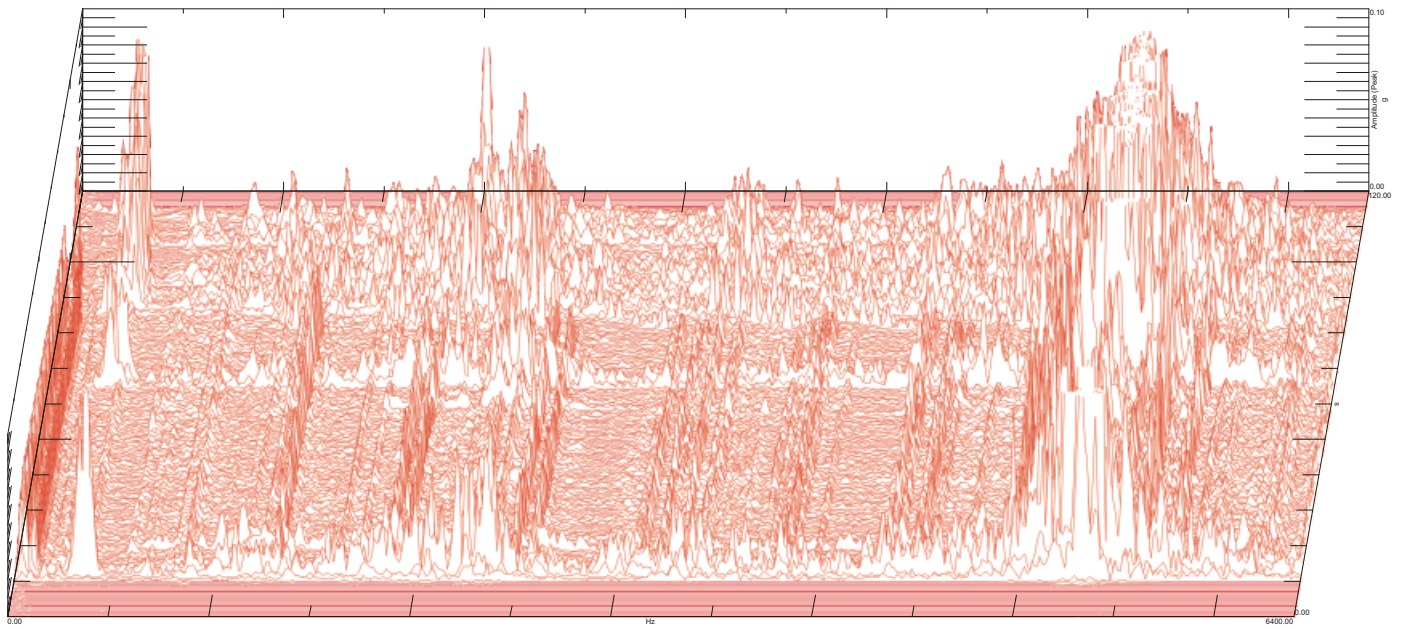
reklama



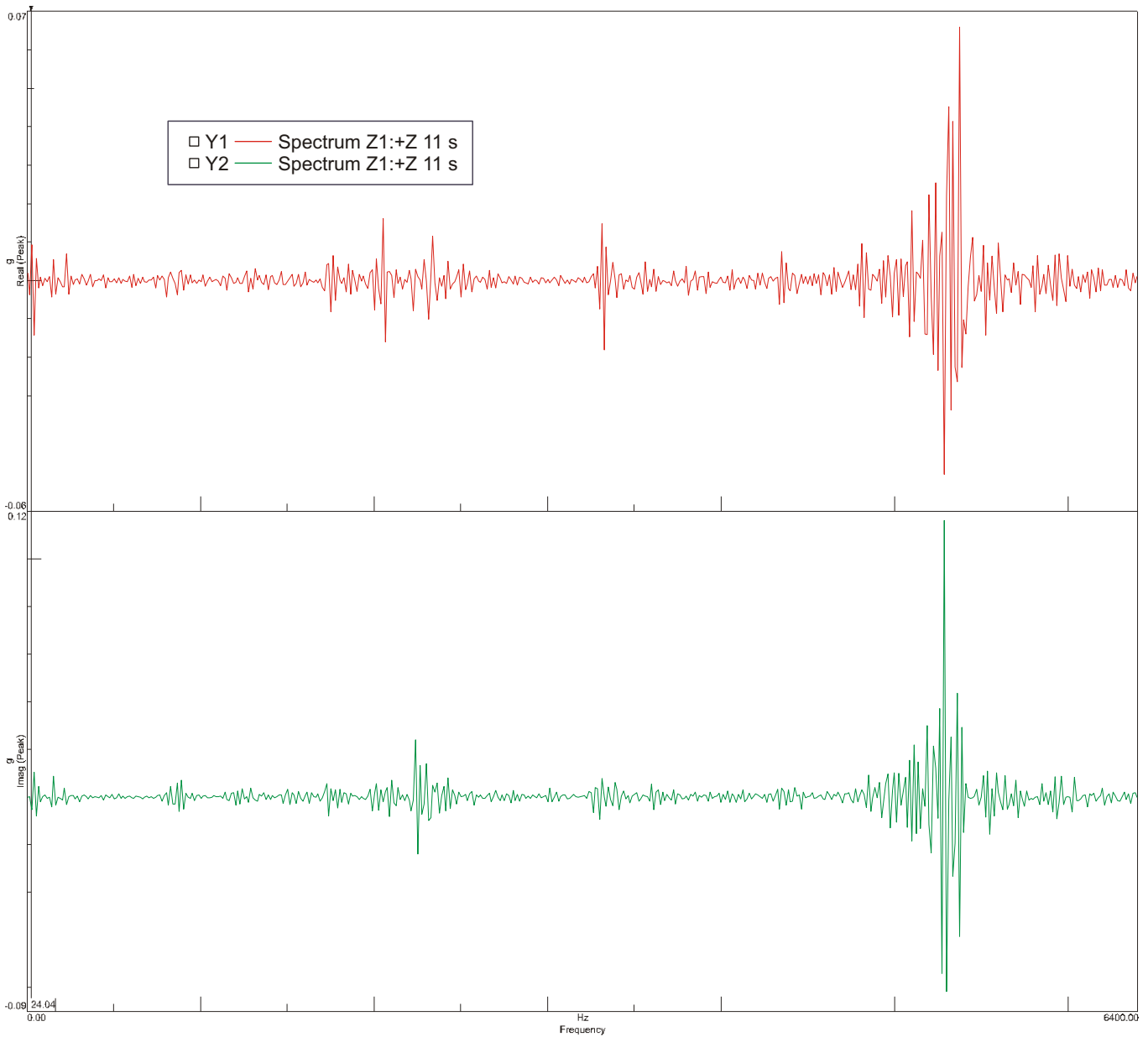
## Japońska doskonałość.

1 200 000 narzędzi produkowanych każdego miesiąca:  
każde poddane trzem kontrolom jakości,  
każde doskonałe.  
Przywództwo zbudowane z pasją,  
gwintownik za gwintownikiem, od 1923 roku.

[www.yamawa.eu](http://www.yamawa.eu)

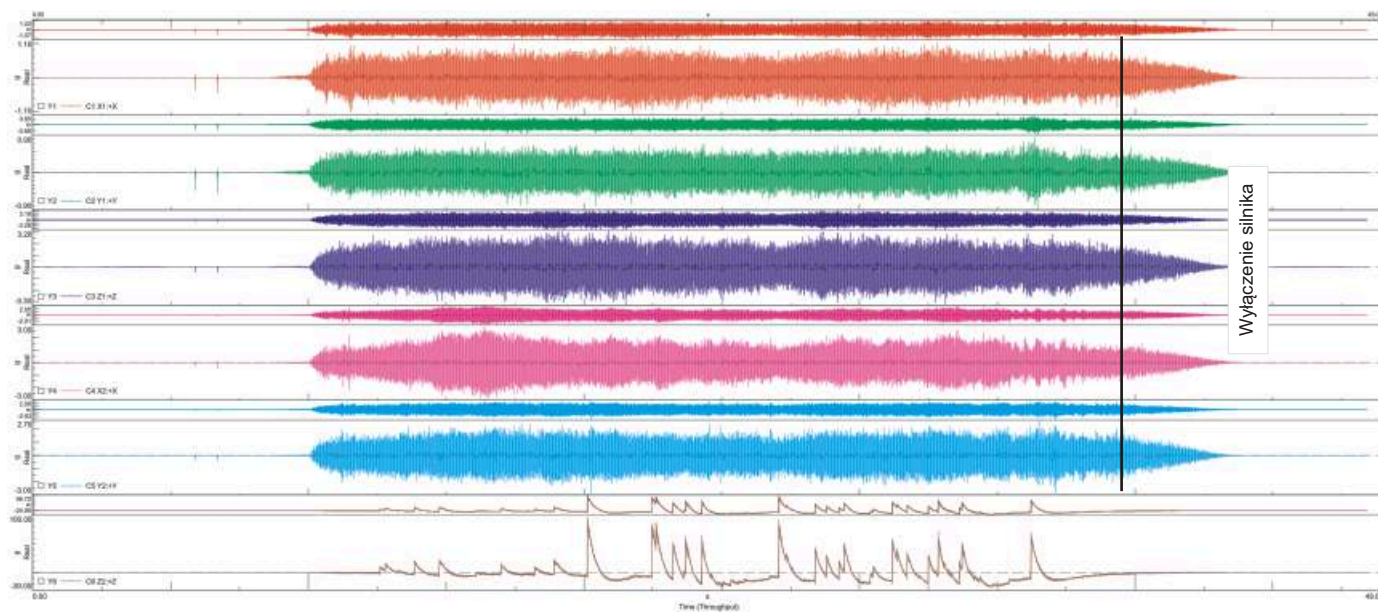


Rys. 10. Diagram FFT Waterfall [4]

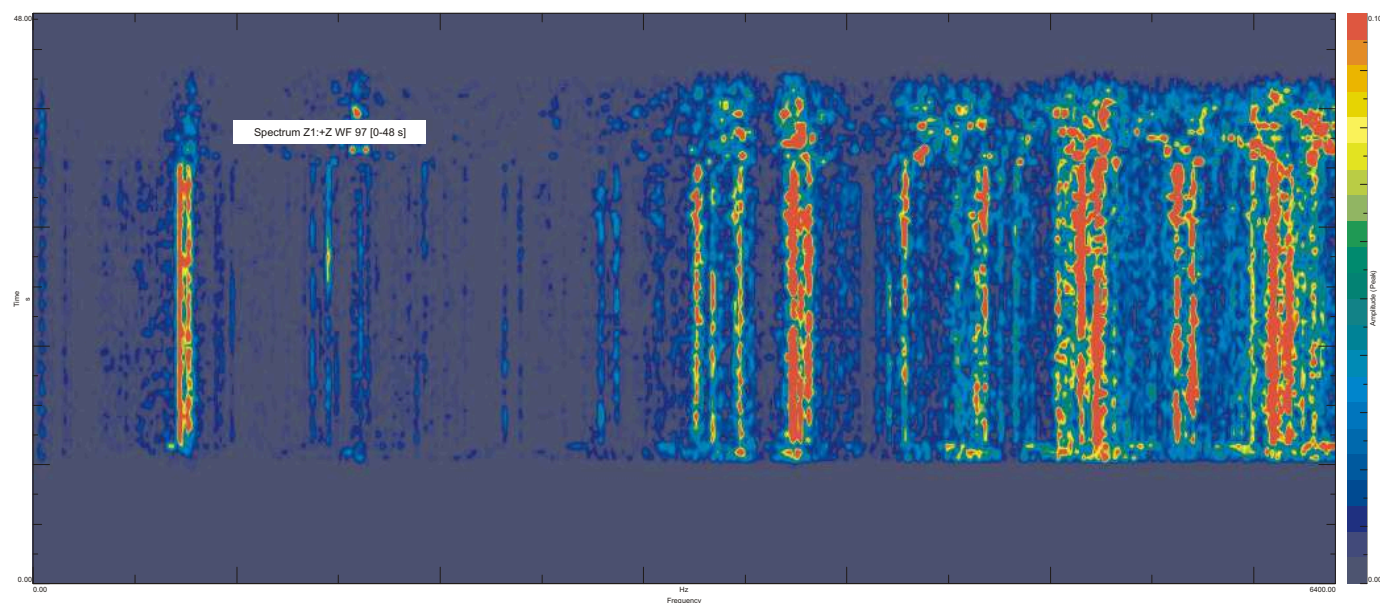


Rys. 11. Analiza FFT sygnatu [4]





Rys. 12. Wykres sygnału czasowego [4]



Rys. 13. Wykres spektrogramu sygnału [4]

miary RMS, zgodnie z normą ISO 10816, nie są wystarczające do kompleksowej oceny stanu łożysk tocznych. Te metody nie dostarczają informacji o jakości smarowania łożysk. Dlatego też, dla pełnej diagnozy łożysk, konieczne mogą być dodatkowe metody badawcze [7].

### Badania łożyska używanego

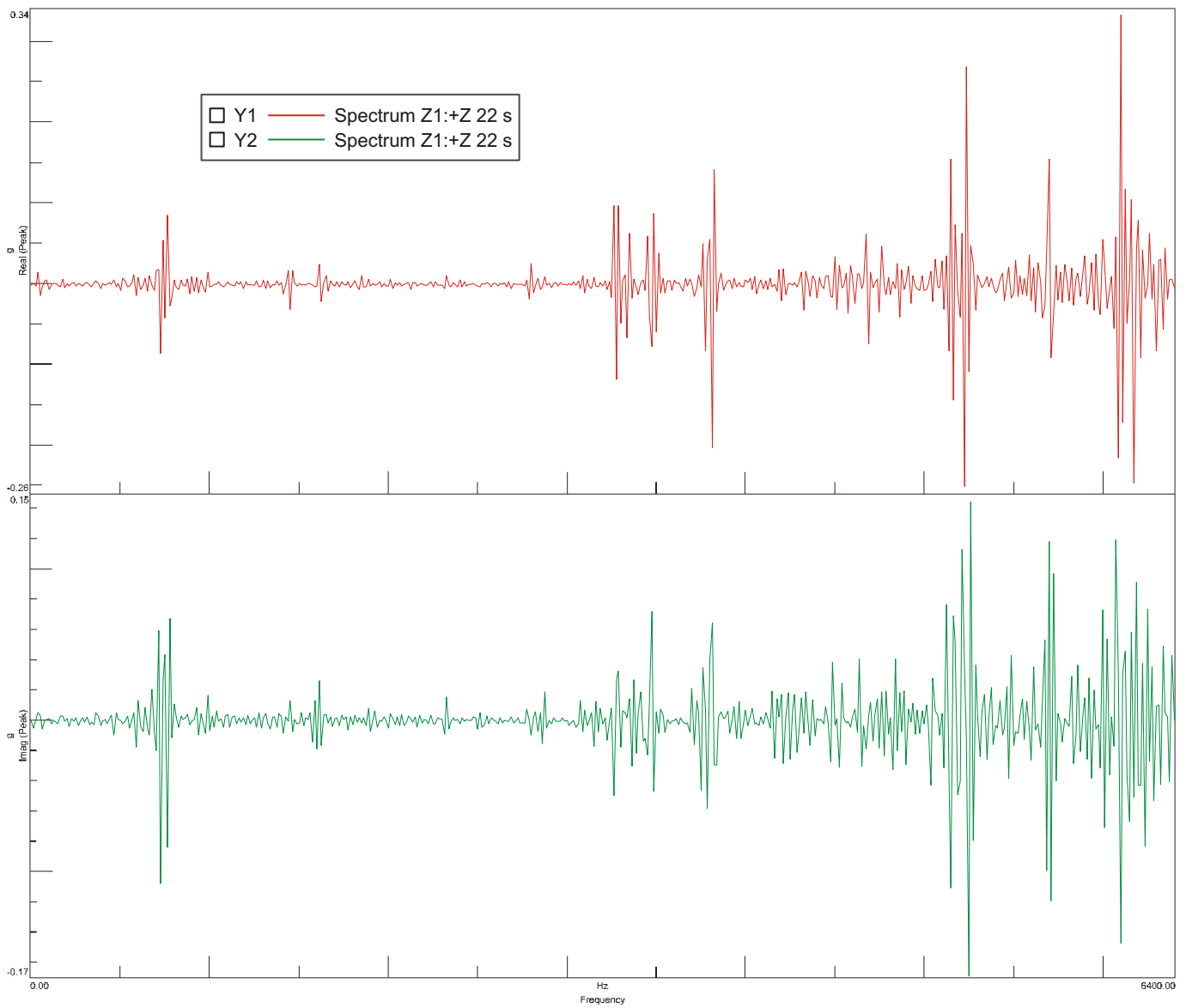
W wyniku badań używanego łożyska urządzeniem Leonova Emerald otrzymano wykres prędkości wyrażonej w jednostkach mm/s, natomiast przemieszczenia w mikrometrach. Pomiary zostały przeprowadzone w trzech różnych miejscach na łożysku, z których uzyskano wyniki. Po lewej stronie (Rys. 15) znajdują się trzy granice wartości średnich: zielona oznacza bardzo dobry stan łożyska, żółta – umiarkowany, a czerwona – zły. Te barwy określają, czy wyniki pomiarów

łożyska mieszczą się w akceptowalnym zakresie. Pomimo tego, że wartości są zgodne z zakresem, nie są odpowiednie dla precyzyjnej obróbki. Diagnostyka jest kluczowa w przypadku łożysk, aby sprawdzić wartości po 1000 godzinach eksploatacji maszyny, a następnie po kolejnych 2000 godzin, aby upewnić się, czy wciąż mieszczą się w akceptowalnym zakresie.

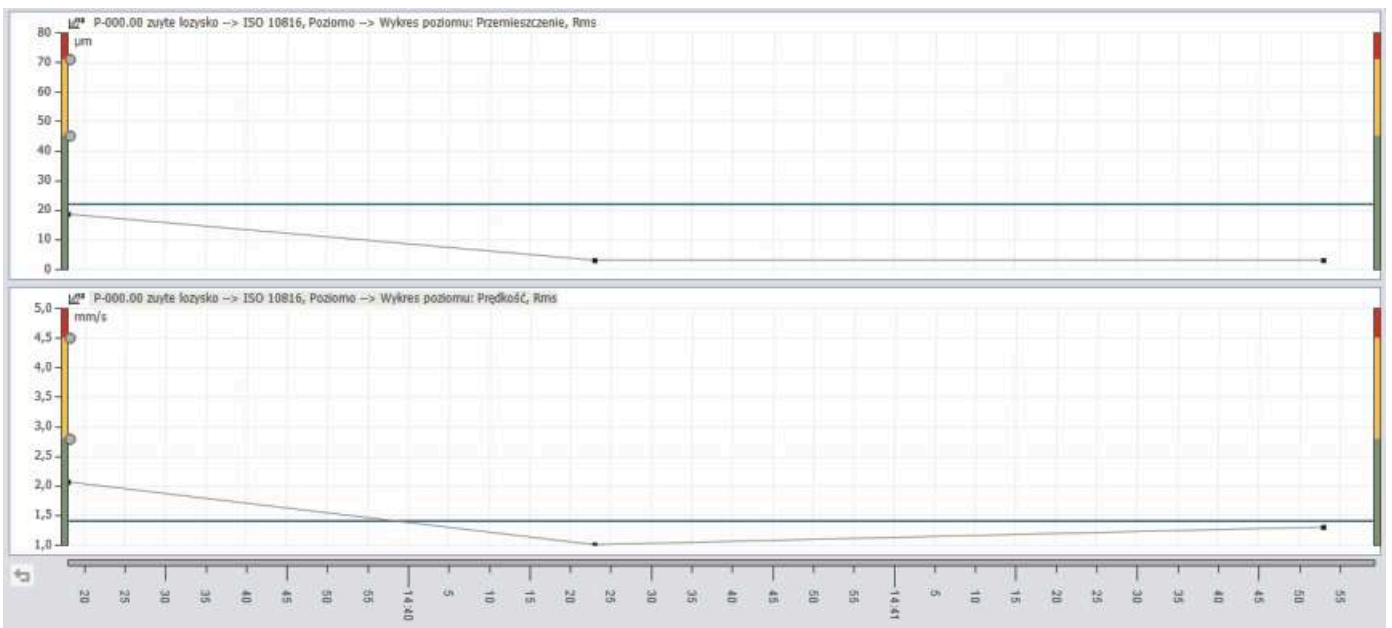
### Podsumowanie

Powyżej przedstawiona została wibroakustyczna metoda SPM wraz z jej odmianami a także jej wykorzystanie w badaniach porównawczych łożysk w różnym stanie zużycia, stosowanych we wrzeczonych maszyn. W badaniach zrealizowanych za pomocą urządzenia Leonova Emerald wykorzystano program Simcenter Testlab Software. Metody SPM





Rys. 14. Analiza FFT sygnału [4]



Rys. 15. Wykres prędkości i przemieszczeń [4]

stosowane w użytych urządzeniach umożliwiły szybkie i proste wykrywanie uszkodzeń. Metoda ta jest jednak podatna na zakłócenia i wymaga odpowiedniego ustawienia przetwornika. Korzystając z analizy drgań, można wykryć pierwsze oznaki uszkodzenia łożyska, a służby utrzymania ruchu mogą określić czas i zakres napraw. Ta metoda pracy może znacznie obniżyć koszty i skrócić czas między awarią i naprawą [4].

Powyższe badania zostały przeprowadzone w hali produkcyjnej, gdzie zostały użyte specjalistyczne czujniki pomiarowe, które zbierały wszystkie częstotliwości, które były generowane w środowisku otoczenia. W programie Simcenter Testlab Software zostały utworzone wykresy, na których można było zauważyć pojedyncze częstotliwości. Można przypuszczać, że występowanie pojedynczych częstotliwości były jednorazowymi przypadkami. Jeśli w dalszych badaniach ta konkretna częstotliwość powtarzałaby się, należałoby rozważyć z czym to może być związane. Autorzy uważają, że jeśli pomiar zostałby wykonany w warunkach laboratoryjnych, przy wszystkich zabezpieczeniach przeciw zakłóceniom, to mogłyby one wpłynąć na polepszenie wyników i ich czytelność [4].

## Bibliografia

[1] <https://amcvibro.pl/publications/2-co-to-jest-rms-i-po-co-go-liczymy>

[2] [https://www.kkiem.mech.pg.gda.pl/oacm/lozyskowanie/Bearing\\_Tester\\_Manual\\_PL.pdf](https://www.kkiem.mech.pg.gda.pl/oacm/lozyskowanie/Bearing_Tester_Manual_PL.pdf) [22.10.2023]

[3] <https://www.spminstrument.com/products-and-services/portable-instruments/leonova-emerald/>

[4] Miska M.: Badanie drgań i stanu łożysk w wybranych maszynach eksploatowanych w warunkach przemysłowych, z wykorzystaniem metody impulsu uderzeniowego (SPM), przyrządem Leonova Emerald firmy SPM. Praca inżynierska. Akademia Tarnowska. Wydział Politechniczny. Tarnów 2023/24.

[5] Praca zbiorowa: Podręcznik Leonova Emerald SPM 71971 PL 2016.05.

[6] Romanowski P.: Wibroakustyczna metoda diagnozowania łożysk tocznych na przykładzie rolki taśmociągu. Podstawy eksploatacji urządzeń medycznych. Ćwiczenia laboratoryjne. Politechnika Gdańska, Gdańsk 2020.

[7] Skrzypkowski A.: Pełna diagnostyka łożysk tocznych – pomiary drgań skazane na porażkę. Materiały „Forum Służb Utrzymania Ruchu”, Teresin 2014.

[8] Szafranski B.: Nowoczesna diagnostyka łożysk. Główny Mechanik, nr 5-6/2020.

[9] Żabicki D.: Diagnostyka drganiowa stanu łożysk, Utrzymanie ruchu, nr 1-2/2011. ■

reklama

## SZEROKI WYBÓR

## MASZYN DO OBRÓBKI METALU!

### NAJWYŻSZA JAKOŚĆ W ATRAKCYJNEJ CENIE

**RICHO**  
POLSKA®

OBRABIARKI CNC DO METALU



**CENTRA OBRÓBCZE**



**WYTACZARKI**



**TOKARKI Z ŁOŻEM  
SKOŚNYM / PŁASKIM**



**SZLIFIERKI**



**TOKARKI KARUZELOWE**



**TOKARKI  
CIĘŻKIE**



RICHO Polska • ul. Siennicka 26F • 80-758 Gdańsk • Tel. 58 350-90-43, 781-677-446 • WWW.RICHO.PL