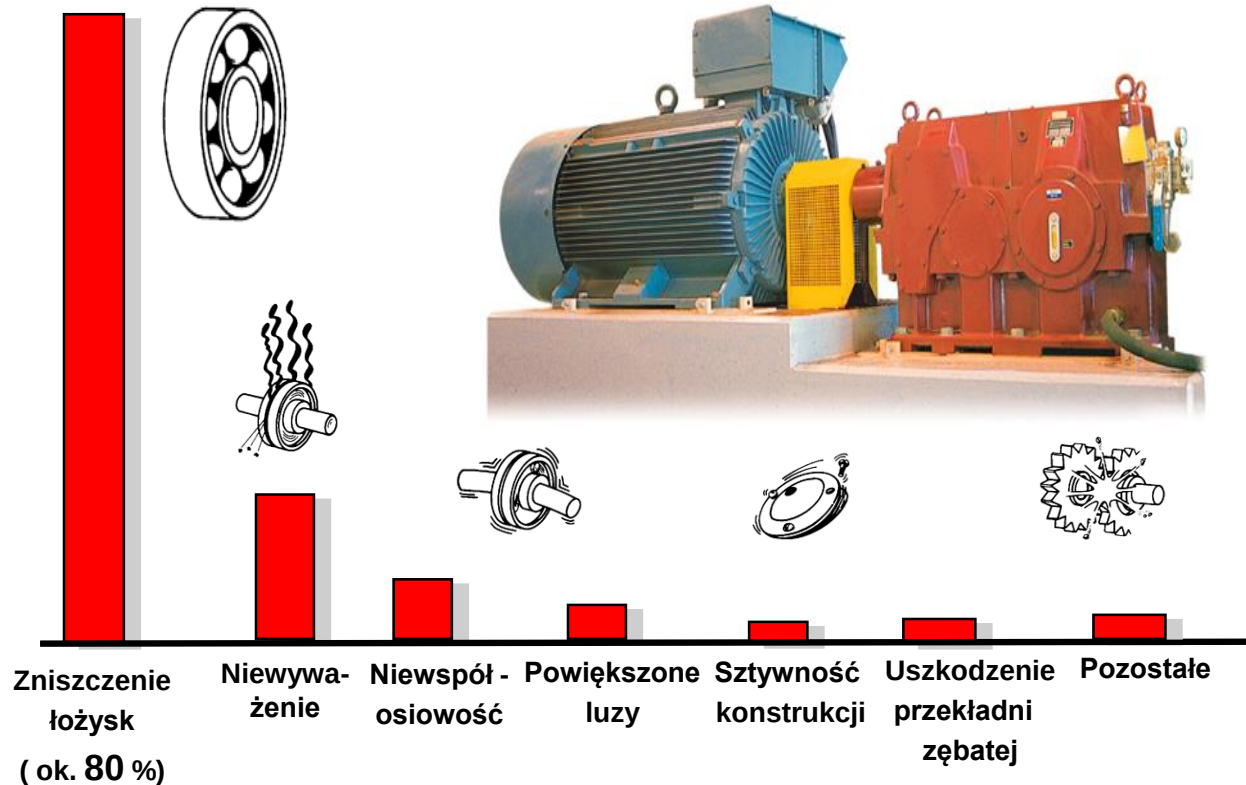




Diagnostyka maszyn – ocena skuteczności istniejących obecnie na rynku technik pomiarowych

Andrzej Skrzypkowski
AS Instrument Polska

Bezpośrednie przyczyny awarii maszyn



Metody diagnostyczne stosowane do kontroli stanu maszyn przemysłowych

Metody wibrodiagnostyczne znormalizowane

1. *Metoda pomiaru RMS prędkości drgań zgodnie z normą ISO -2372 [1974]*
2. *Metoda pomiaru drgań zgodnie z normą ISO-10816 [1998], ISO-10817*

Metody wibrodiagnostyczne nieznormalizowane

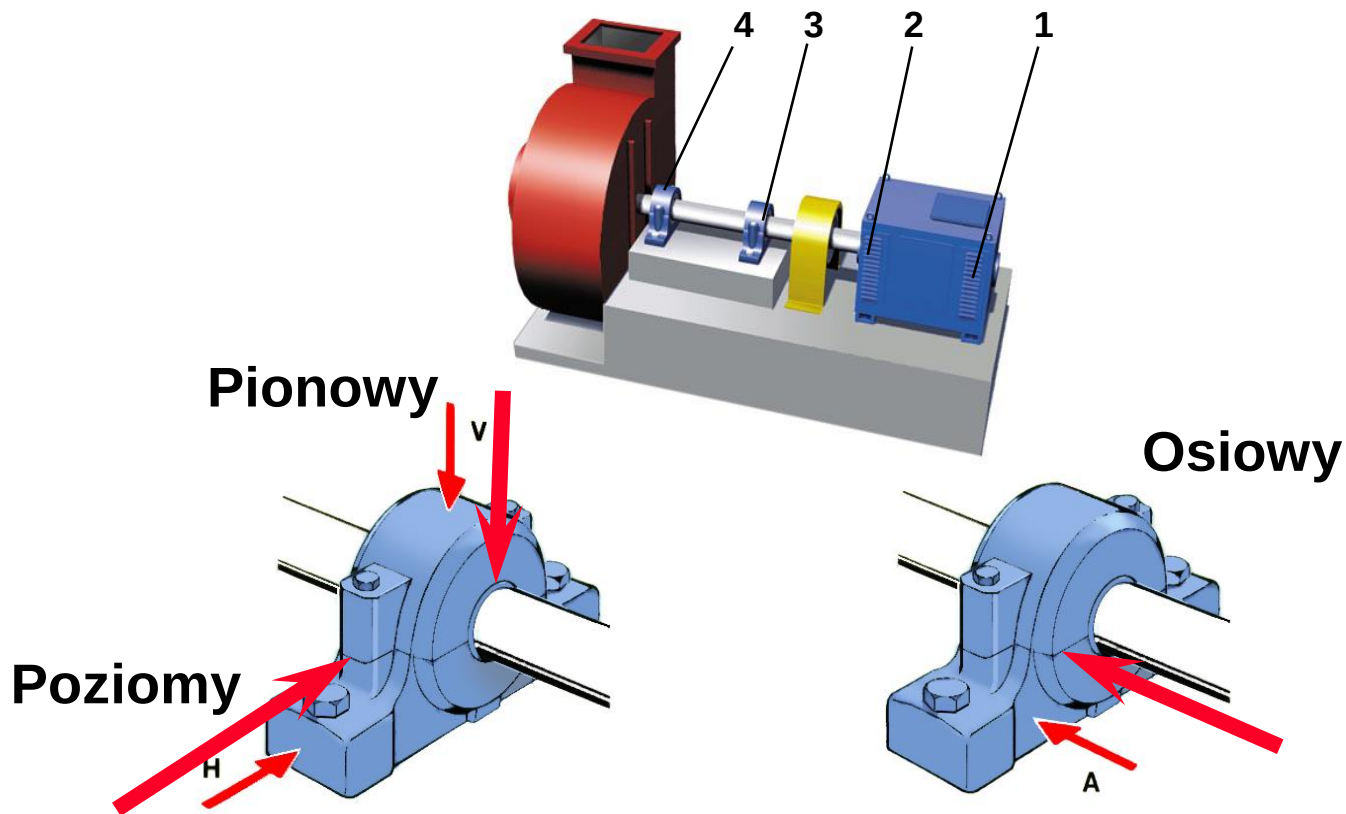
1. *Analiza widmowa drgań z wykorzystaniem algorytmu FFT*
2. *Metoda analizy obwiedni sygnałów drganiowych z wykorzystaniem FFT*

Metody specjalizowane do kontroli stanu łożysk tocznych

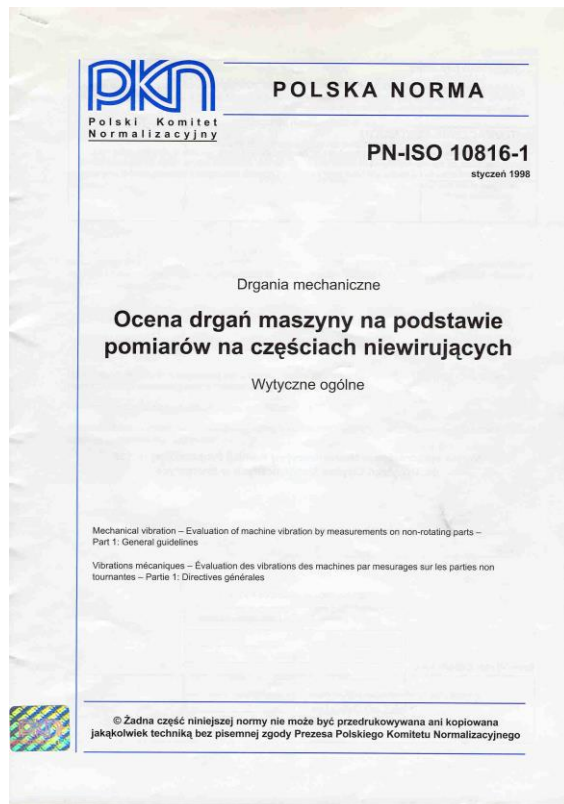
1. *Spike Energy Spectrum [gSE] firmy Rockwell Automation ENTEK*
2. *PeakVue firmy CSI / Emerson*
3. *SEE (Spectral Emitted Energy) firmy SKF*
4. *ENV Acc i HFD firmy SKF*
5. *BCU (Bearing Condition Unit) firmy SCHENCK*
6. *SPM[®] (Shock Pulse Method) i SPM HD[®] (Shock Pulse Method Higher Definition) oraz HD ENV firmy SPM Instrument AB*

Inne metody uzupełniające (pomiar temperatury, ultradźwięki, osłuch stetoskopem, analiza smaru , oględziny, pozostałe)

1. ISO Kierunki pomiarowe



ISO 10816



PN-ISO-10816-1:1998

15

Załącznik B (informacyjny)

Tymczasowe kryteria drgań szerokopasmowych dla określonych grup maszyn

Niniejszy arkusz normy ISO 10816 stanowi podstawowy dokument, w którym podano ogólne wskazówki dotyczące pomiaru i oceny drgań mechanicznych maszyn mierzonych na częściach nie wirujących. Kryteria dotyczące poszczególnych typów maszyn zamierza się przedstawić w kolejnych arkuszach ISO 10816. Częściowe kryteria oceny, podane w tabeli B.1, należy traktować jedynie jako wskazania tymczasowe, którymi można się posługiwać do czasu publikacji odpowiednich arkuszy normy. Podane wartości dotyczą odpowiednio górnych granic stref od A do C (patrz 5.3.1) w odniesieniu do zdefiniowanych niżej klas maszyn. Przed wykorzystaniem tych wartości konieczne należy sprawdzić, czy nie zostały one skorygowane w innym arkuszu normy ISO 10816. Po ukazaniu się wszystkich arkuszy normy niniejszy załącznik zostanie usunięty.

Maszyny klasyfikowano w następujący sposób:

Klasa I: Poszczególne części silników i maszyn połączone na stałe z całą maszyną podczas jej normalnej pracy. Typowymi przykładami maszyn tej kategorii są silniki elektryczne w ciągach technologicznych. (Wytwarzane seryjnie silniki elektryczne o mocy do 15 kW są typowym przykładem maszyn zaliczanych do tej kategorii.)

Klasa II: Maszyny średniej wielkości (zwykle silniki elektryczne o mocy od 15 kW do 75 kW) bez specjalnego fundamentowania, sztywno zamontowane silniki lub maszyny (do 300 kW) na specjalnych fundamentach.

Klasa III: Wielkie silniki napędowe i inne wielkie maszyny z masami wirującymi, zamontowane na sztywnych i ciężkich fundamentach o małej podatności w kierunku pomiaru drgań.

Klasa IV: Wielkie silniki napędowe i inne wielkie maszyny z masami wirującymi, zamontowane na fundamentach słabiej podatnych w kierunku pomiaru drgań (np. turbozespoły energetyczne i turbiny gazowe o mocach przekraczających 10 MW).

Tablica B.1 – Typowe wartości graniczne stref klasyfikacyjnych intensywności drgań

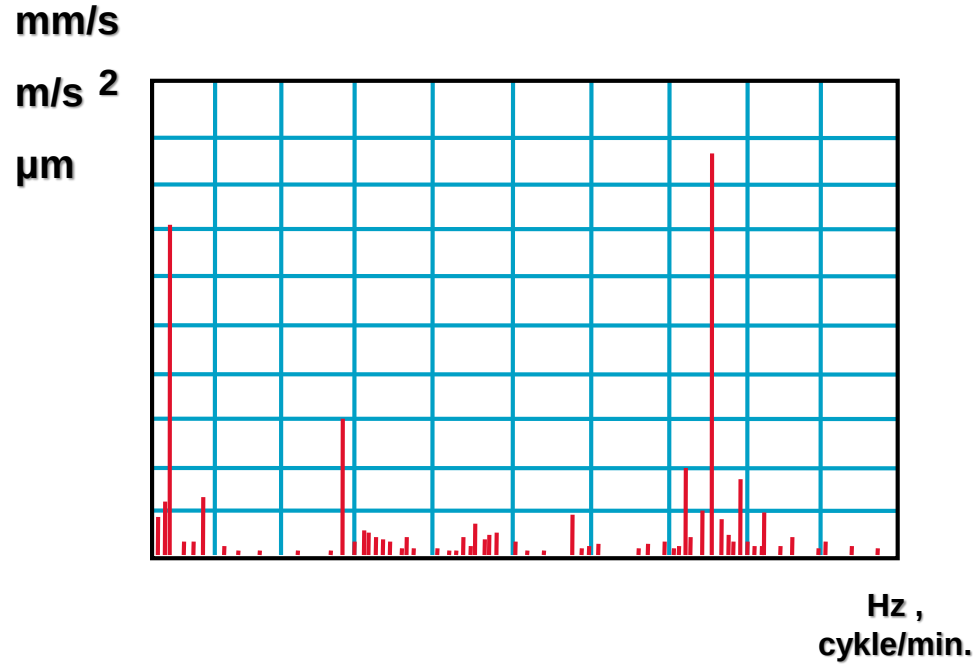
Sredniokwadratowa wartość prędkości drgań mm/s	Klasa I	Klasa II	Klasa III	Klasa IV
0,28	A	A	A	A
0,45				
0,71				
1,12	B	B	B	B
1,8				
2,8	C	C	C	C
4,5				
7,1	D	D	D	D
11,2				
18				
28				
45				

ISO 2372 / 10816 / 10817 – zalety i wady

➤+ **Łatwa do zrozumienia** metoda z precyzyjnie określonymi wartościami progów alarmowych.

- ✓ - Konieczność pomiaru w 3 kierunkach (wydłuża czas pomiaru sprzętem przenośnym i podraża koszty instalacji systemów kontroli ciągłej).
- ✓- **Wady i uszkodzenia maszyn zauważalne dopiero przy wysokim poziomie uszkodzenia.**
- ✓- Brak informacji o jakości smarowania łożysk.

2. Analiza drgań z algorytmem FFT



Pełna Transformata Fouriera --> Szybka Transformata Fouriera [Fast Fourier Transform] = FFT

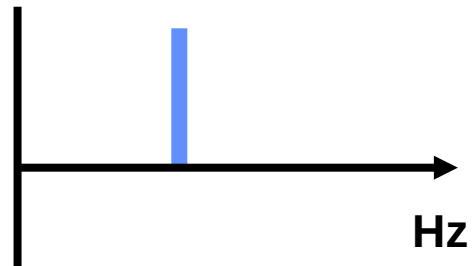
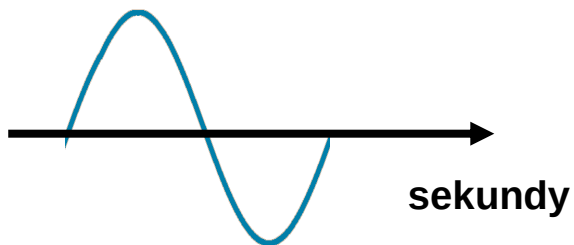
$$f(t) = a_0 + \sum_{i=1}^{\infty} a_i \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_i + \phi_i) \cdot t$$

Fourier, Jean Baptiste Joseph
Francuski baron, fizyk, matematyk
1768 - 1830

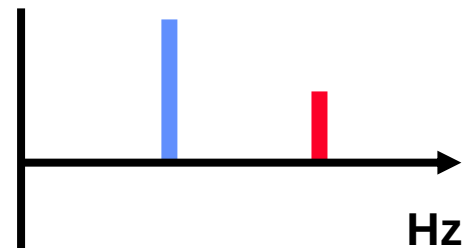
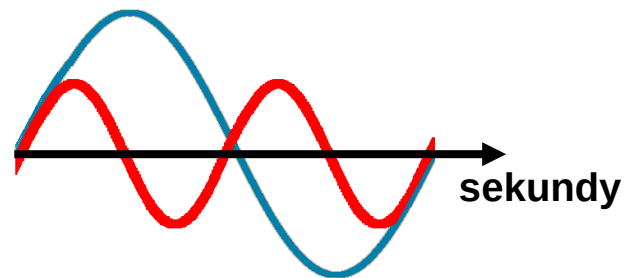
J.W. Cooley i John Tukey : FFT w 1965
„dyskretna”

Częstotliwości sinusoidy

Typowa sinusoida



Dwie sinusoidy

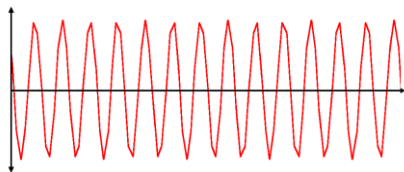


Domena czasowa

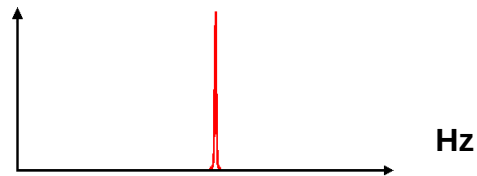
Domena częstotliwościowa

Sinusoidy, drgania całkowite

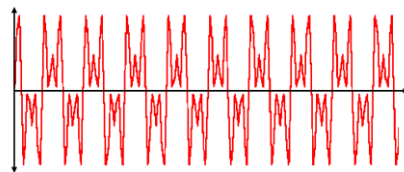
Typowa sinusoida



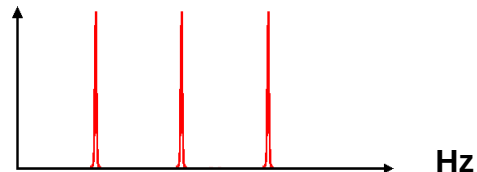
sekundy



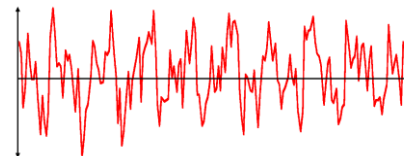
Trzy sinusoidy



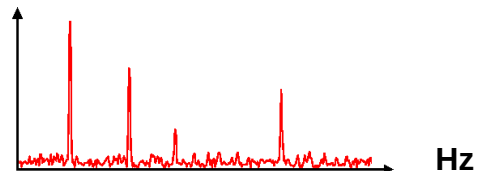
sekundy



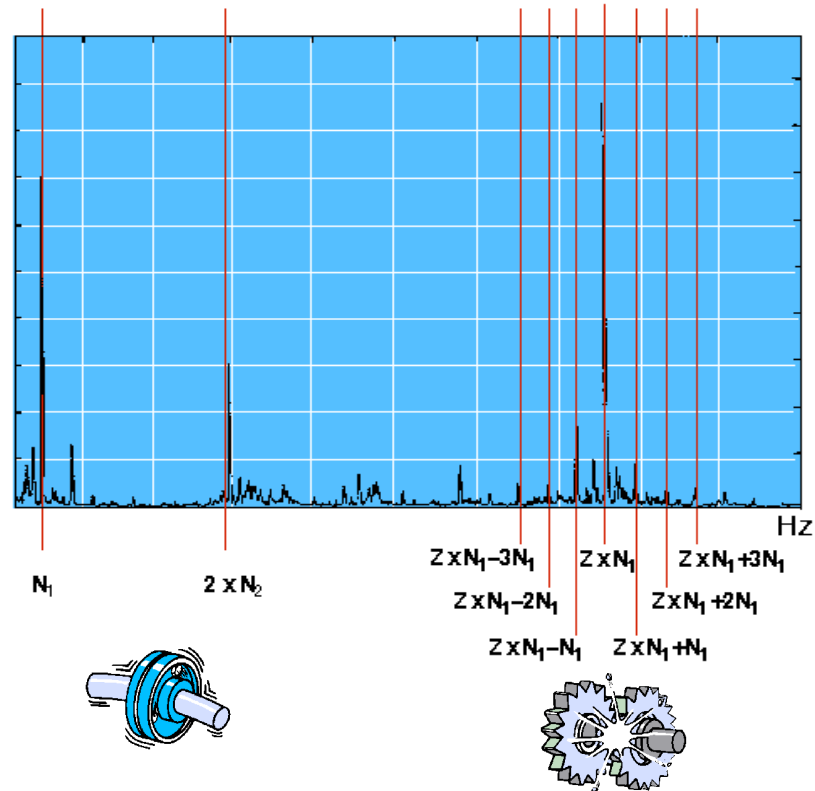
Drgania całkowite



sekundy



Analiza widmowa drgań FFT – definicja symptomów



Metody oparte na obróbce sygnałów drganiowych i widmie FFT drgań – zalety i wady

- + **Możliwość wykrycia konkretnej wady** w maszynie z określeniem, który symptom jest potencjalnym źródłem awarii
 - + Możliwość analizy zespołu łożysk
-

- ✓ - Pojawienie się symptomu uszkodzenia ***nie jest*** równoznaczne z natychmiastową koniecznością wymiany części / maszyny.
- ✓ - Metody wrażliwe na zmienne prędkości (rozmycie częstotliwości w widmie) i zakłócenia.
- ✓ - Problem z ustaleniem praktycznych progów, metody opierają się na trendzie i brak jasno określonych wartości granicznych pozwalających oceniać stan różnych typów badanych łożysk.
- ✓ - Brak danych o konstrukcji maszyny/zespołu uniemożliwia określenie przyczyny awarii.
- ✓ - Brak oceny jakości filmu smarnego w łożyskach.

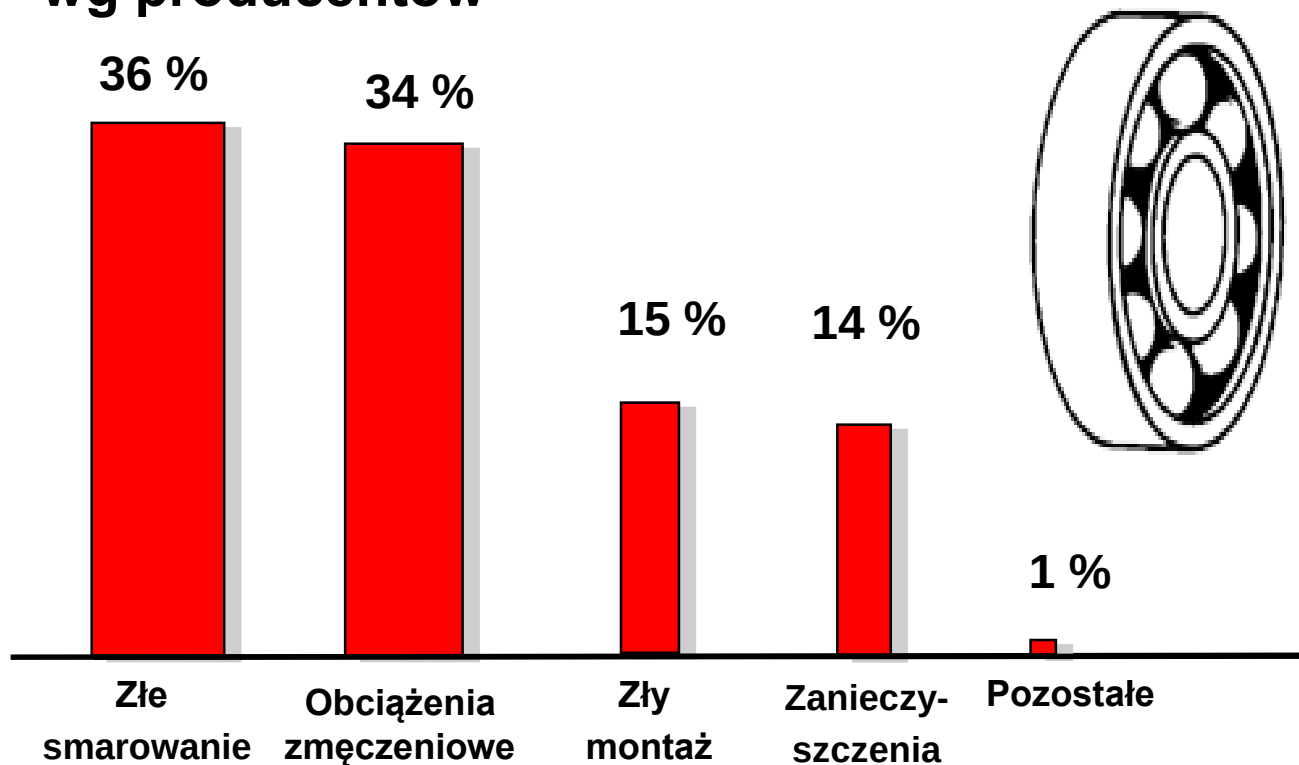
Analiza widmowa drgań FFT – wady

✓ - Niezbędna jest dokładna znajomość producenta i typu łożyska

(Przykład : Częstotliwości charakterystyczne dla łożyska NU 326 przy prędkości $n = 1.488$ obr/min)

Symptom	Producent SKF	Producent FAG
Koszyk , FTF	10,09 Hz	9,99 Hz
Element toczny, BSF	64,58 Hz	61,78 Hz
Bieżnia zewnętrzna, BPFO	131,39 Hz	140,05 Hz
Bieżnia wewnętrzna, BPFI	191,06 Hz	207,15 Hz

Statystyka przyczyn uszkodzeń łożysk tocznych wg producentów



3. SPM Higher Definition [2011]



SPM HD[®] jest znakiem handlowym firmy SPM Instrument AB

POWIERZCHNIA



Lożysko nieuszkodzone



Początek pęknięcia



Siatka pęknięć



Luźne części



Odprysk

POD POWIERZCHNIĄ



Lożysko nieuszkodzone
z mocnymi wtrąceniami



Początek pęknięcia



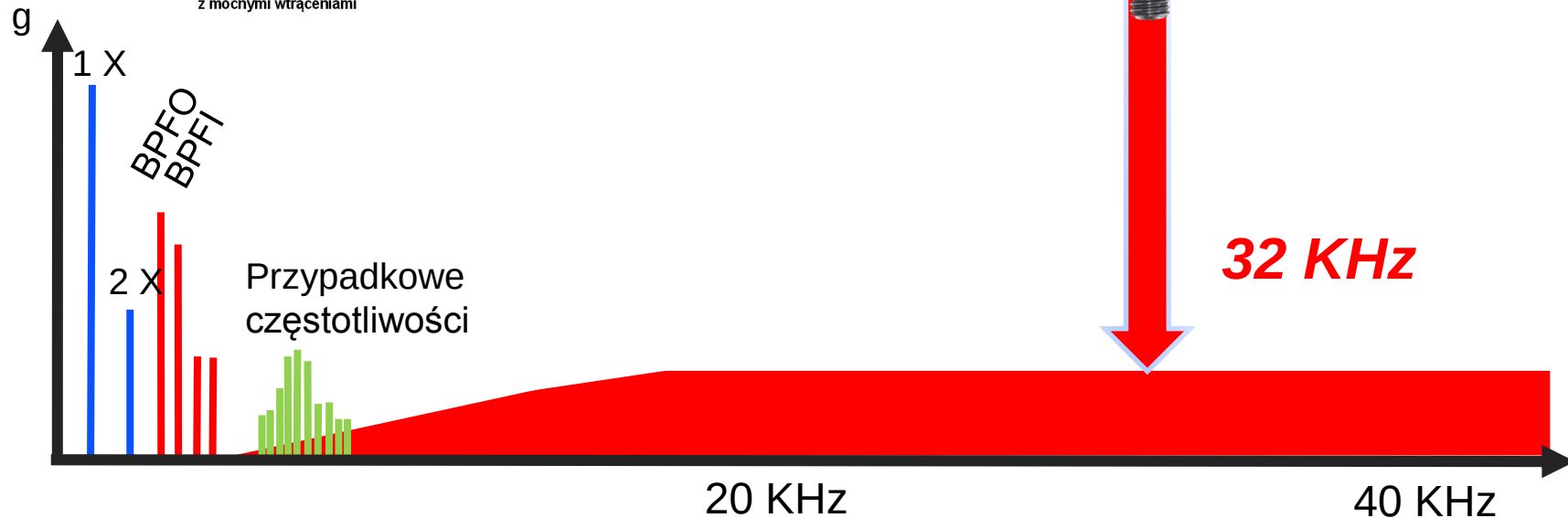
Siatka pęknięć



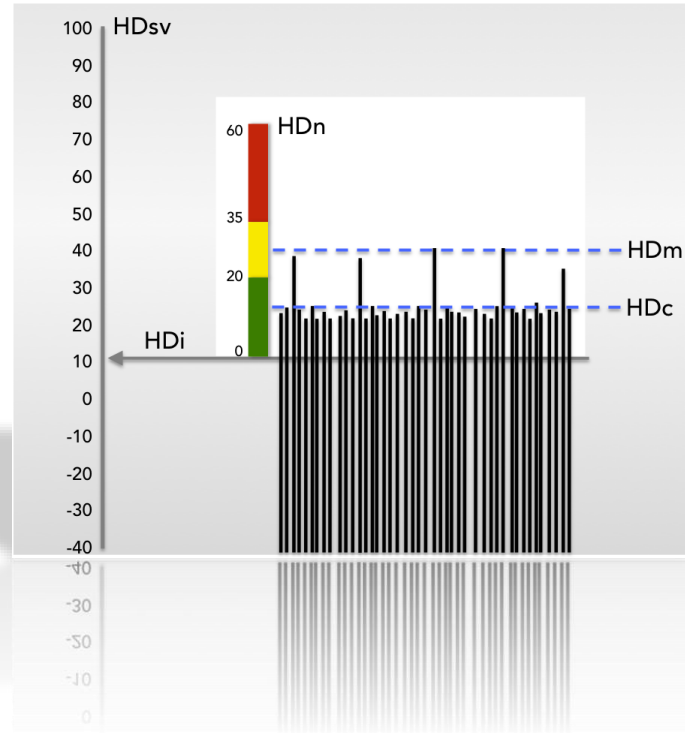
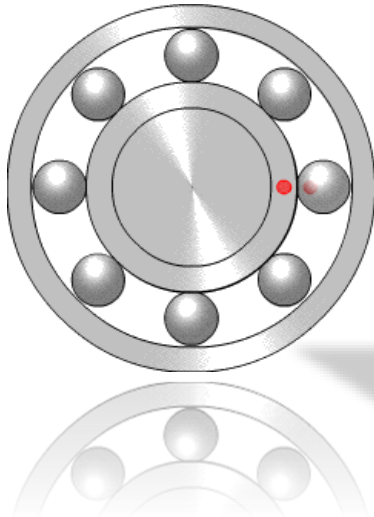
Luźne części



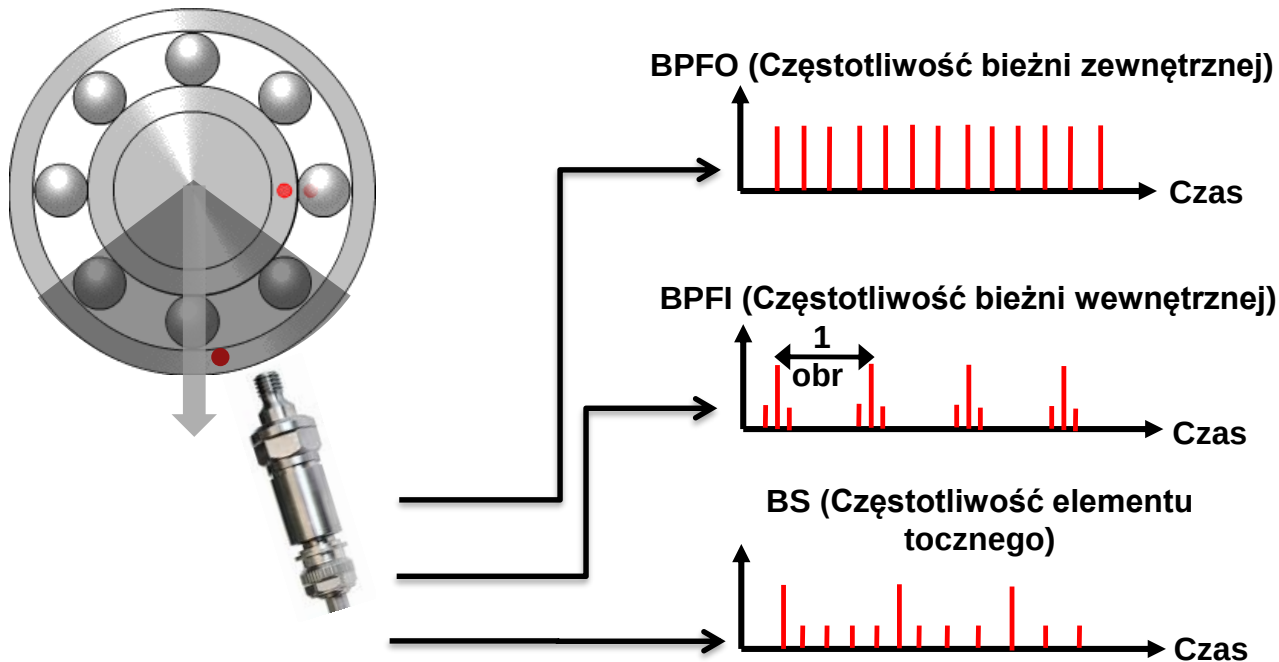
Odprysk



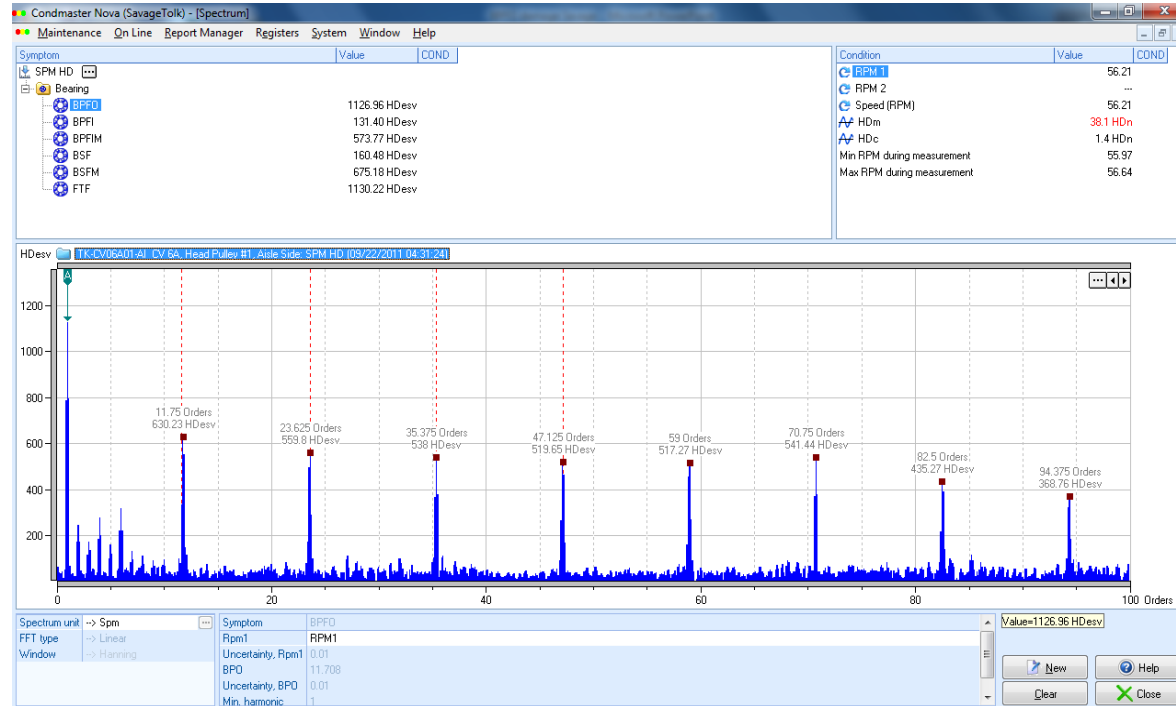
SPM HD - Normalizacja



SPM HD - Wykorzystywanie przebiegów czasowych



SPM HD - Przebieg widma łożysk o wysokiej rozdzielczości



Przykład : Uszkodzenie bieżni zewnętrznej

SPM HD[®] , HD ENV[®] - zalety

- + **Najwcześniejsze wykrywanie uszkodzeń w łożysku**
- + Dokładnie określone wartości progowe do oceny stanu łożyska
- + **Ocenia jakość smarowania i mechaniczną współpracę mechaniczną elementów łożyska** jednym przetwornikiem *natychmiast*
- + Nie wymaga trendu do określania poziomu alarmu
- + Odporna na zmienne prędkości obrotowe podczas pomiaru
- + Daje wyraźne widmo dla łożysk wolnoobrotowych **(od 1 obr/min)**
- + Możliwość oceny zestawu łożysk i poszczególnych elementów w łożysku
- + Możliwość oceny pracy łożysk maszyn pracujących w zmiennych warunkach [logika pomiarowa]

SPM HD[®] , HD ENV[®] - wady

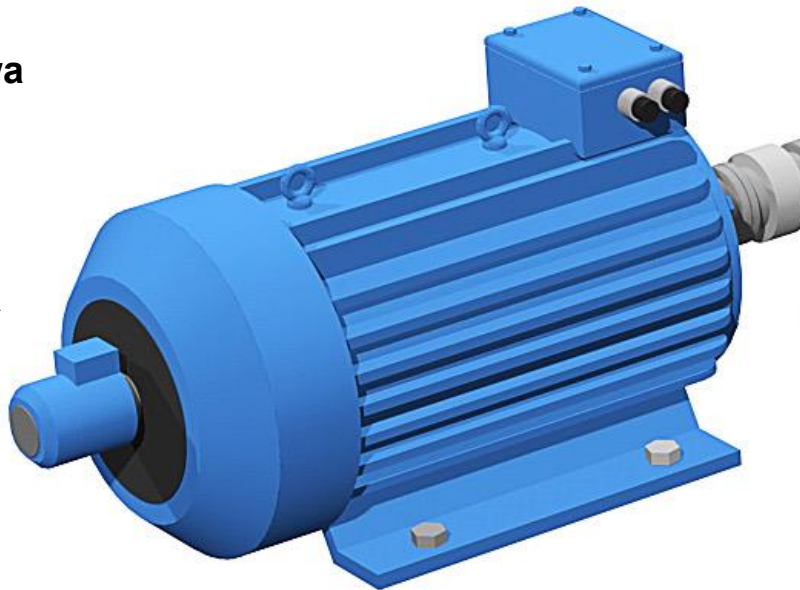
- ✓ - Jest konieczna znajomość typu i producenta łożyska
- ✓ - Bardzo ważny jest **pomiar rzeczywistej prędkości obrotowej** (szczególnie dla łożysk wolnoobrotowych)
- ✓ **Nie diagnozuje innych** zjawisk wynikających z ruchu obrotowego (niewywaga, nieosiowość, sztywność podadownienia)



**Stan łożyska
Strona
Przeciwnapędowa**

**Uszkodzenie
prętów wirnika**

**Luźne styki
lub cewki**

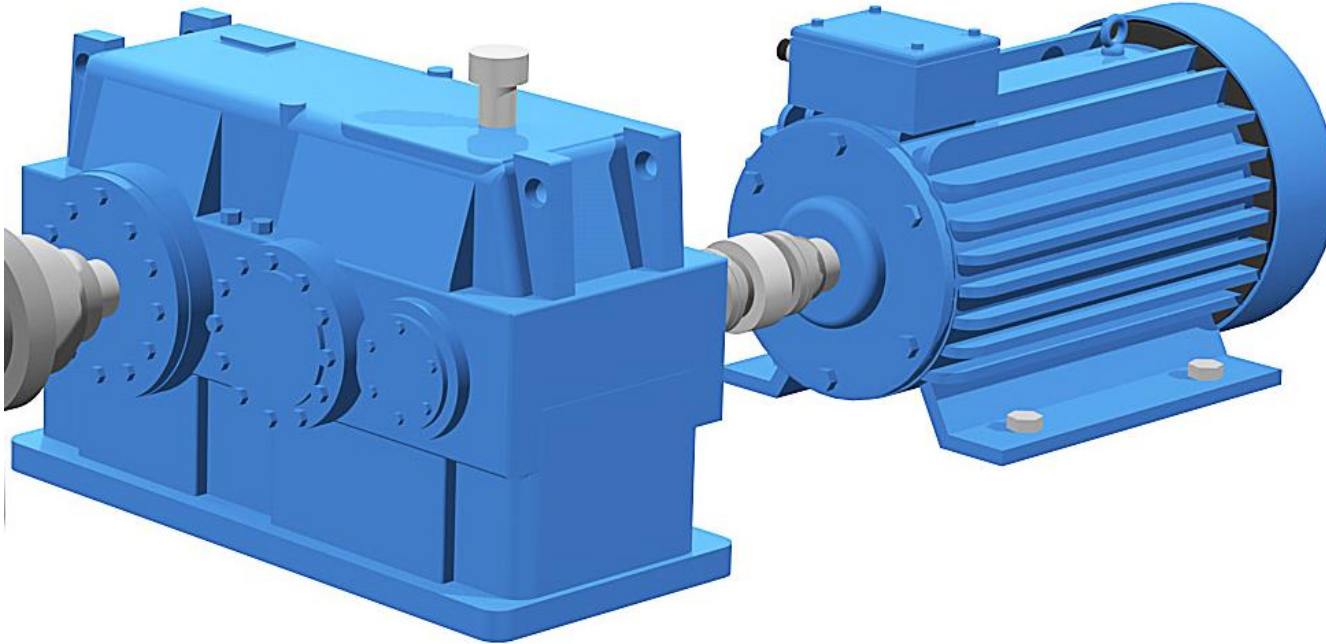


**Stan łożyska
Strona
Napędowa**

**Ekscentryczny lub
uszkodzony wirnik**

Ekscentryczny stojan

Stan łożysk SPN i SN na każdym wale

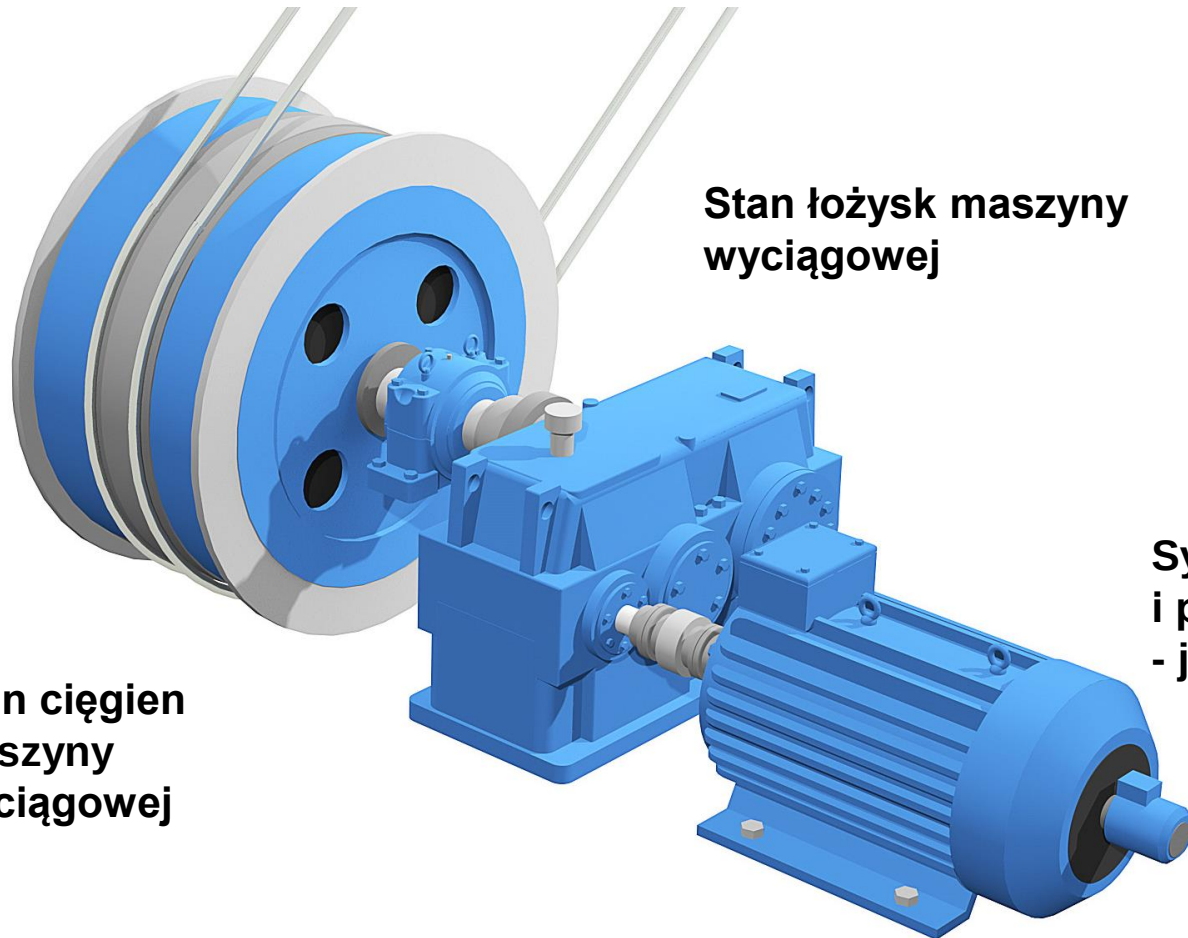


**Symptomy
silnikowe
- j.w.**

**Nieosiowość
silnika
z przekładnią**

**Niewywaga
wirnika**

Współpraca kół zębatych



**Stan łożysk maszyny
wyciągowej**

**Symptomy silnikowe
i przekładni zębatej
- j.w.**

**Stan cięgien
maszyny
wyciągowej**

Wnioski i podsumowanie:

1. Metoda wykrywająca najwięcej symptomów grożących awarią :

Pomiar drgań z wyświetalaniem sygnału czasowego
i wykorzystaniem algorytmu matematycznego FFT

2. Metoda najlepiej informująca w pełni o stanie węzłów łożyskowych :

SPM HD

3. Metoda bezstykowa dająca najwięcej informacji o ogólnym stanie maszyn:

Termowizja

www.asinstrument.com.pl



Do usług ...

