



MWM ELEKTRO



Poprawa bezpieczeństwa eksploatacji skipowej maszyny
wyciągowej 4L-5500/2x3600 poprzez zastosowanie systemu
nadzoru stanu technicznego

Autorzy referatu:

Piotr Ryndak MWM Elektro Sp. z o. o.

Piotr Pietrzak Alitec Sp. z o. o.

Maszyna wyciągowa 4L-5500/2x3600

- Zakład górniczy: KGHM Polska Miedź S.A. O/ZG RUDNA
- Nazwa szybu: R-II przedział południowy
- Rodzaj wyciągu: dwunaczyniowy skipowy
- Przeznaczenie wyciągu szybowego: wydobywanie urobku
- Poziom wydobywania urobku: -1022 m
- Rodzaj nośnika liny: bęben pędny czterolinowy
- Średnica lin nośnych: 52 mm
- Moc silników napędowych: 2 x 3600 kW
- Średnica linopędni: 5 500 mm
- Ciężar użyteczny w skipie: 33 Mg
- Maksymalna prędkość jazdy dla wydobywania: 20 m/s
- Maksymalna nadwaga statyczna: 360 kN



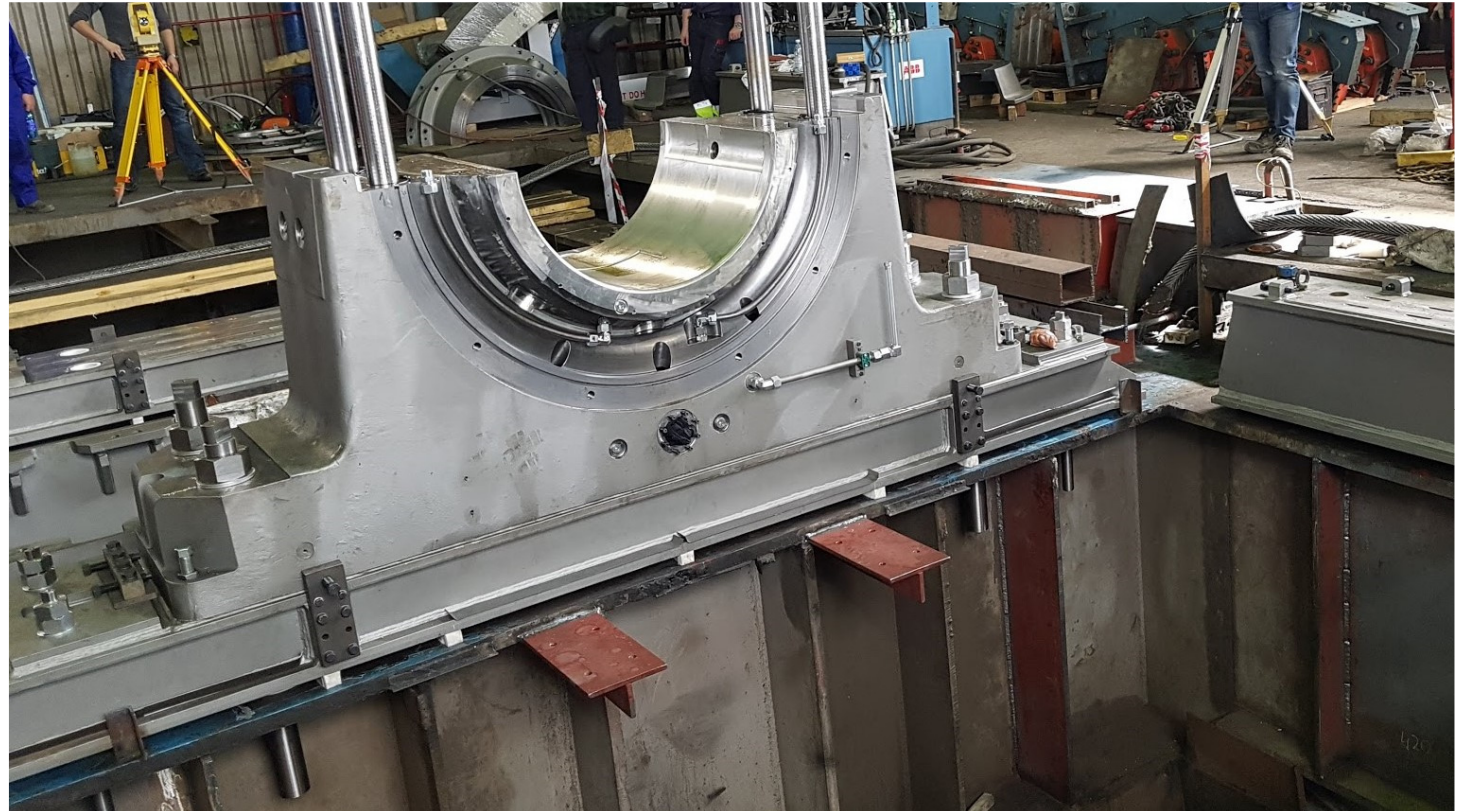
Zakres modernizacji

- Wzmocnienie wieży szybowej w miejscu posadowienia maszyny
- Wymiana wału, linopędni oraz węzłów łożyskowych
- Zabudowa systemu monitoringu i diagnostyki maszyny oraz kół odciskowych



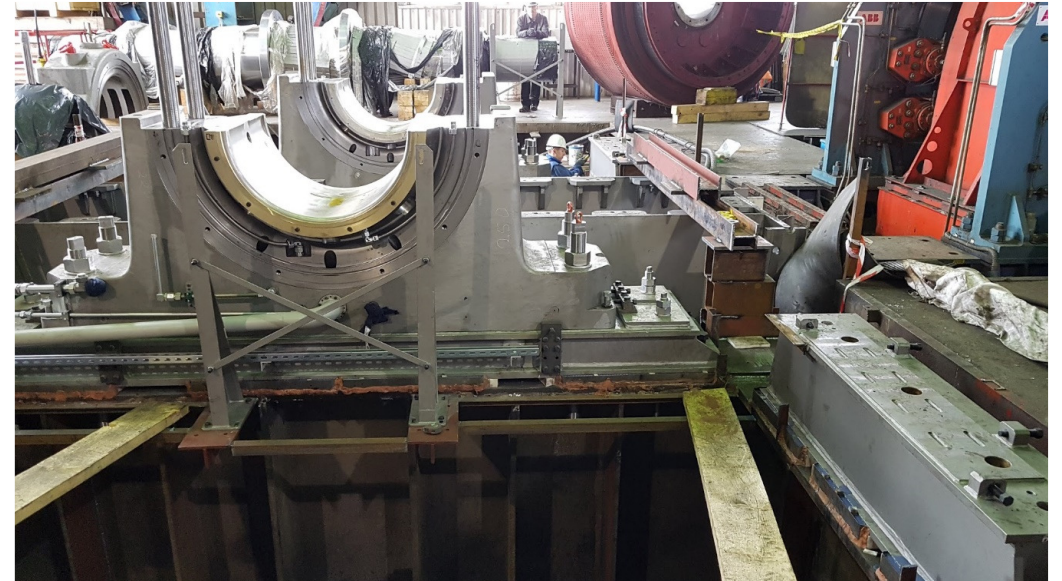
Zakres modernizacji

- Wzmocnienie wieży szybowej w miejscu posadowienia maszyny



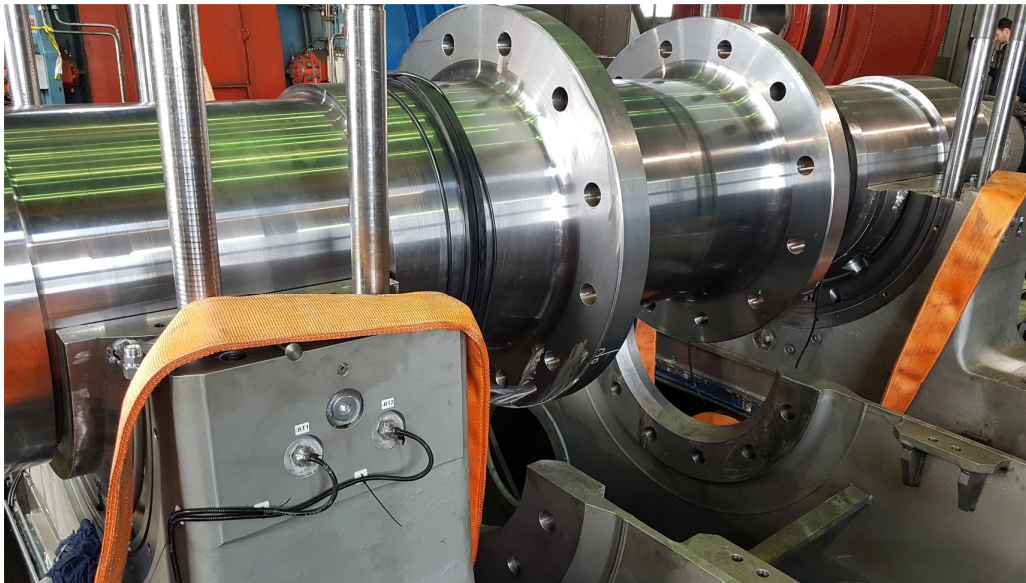
Zakres modernizacji

- Wymiana wału, linopędni oraz węzłów łożyskowych



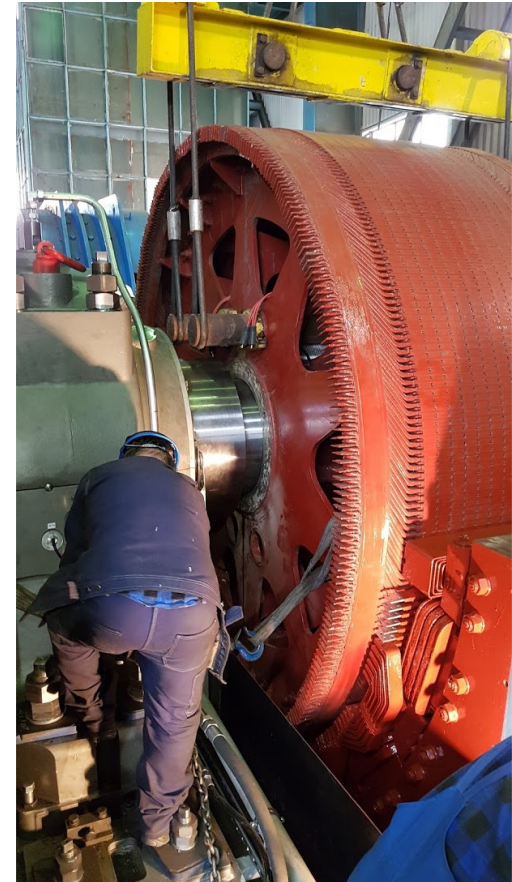
Zakres modernizacji

- Wymiana wału, linopędni oraz węzłów łożyskowych



Zakres modernizacji

- Wymiana wału, linopędni oraz węzłów łożyskowych

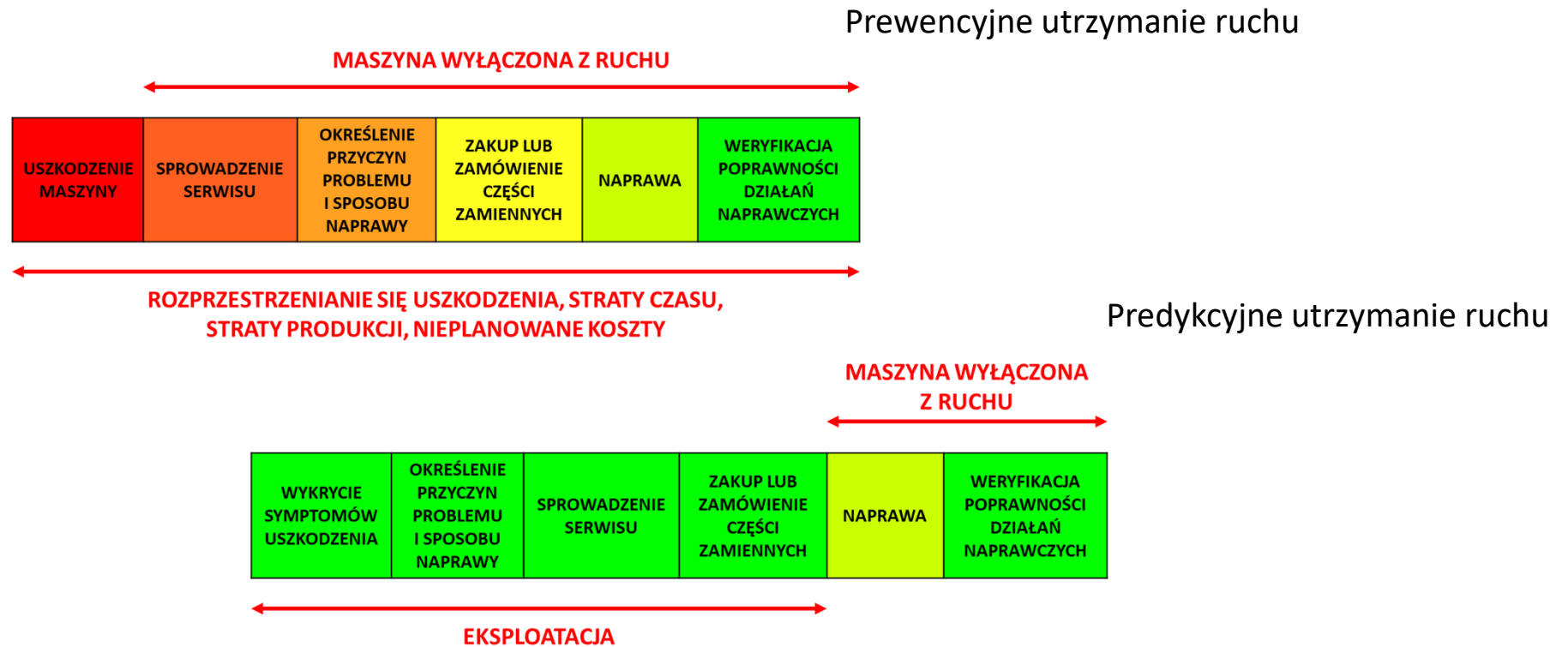


Zakres modernizacji

- Wymiana wału, linopędni oraz węzłów łożyskowych

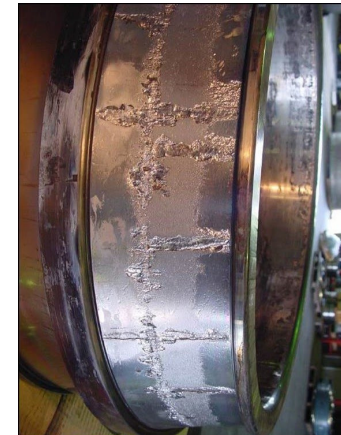
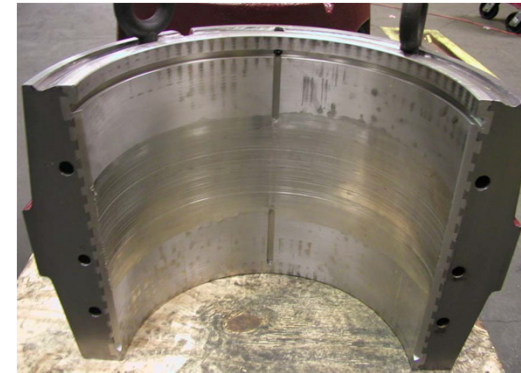


Optymalną strategię eksploatacji wyznacza minimalizacja kosztów zabiegów prewencyjnych, remontów oraz strat spowodowanych awariami



Cel stosowania systemów nadzoru stanu technicznego

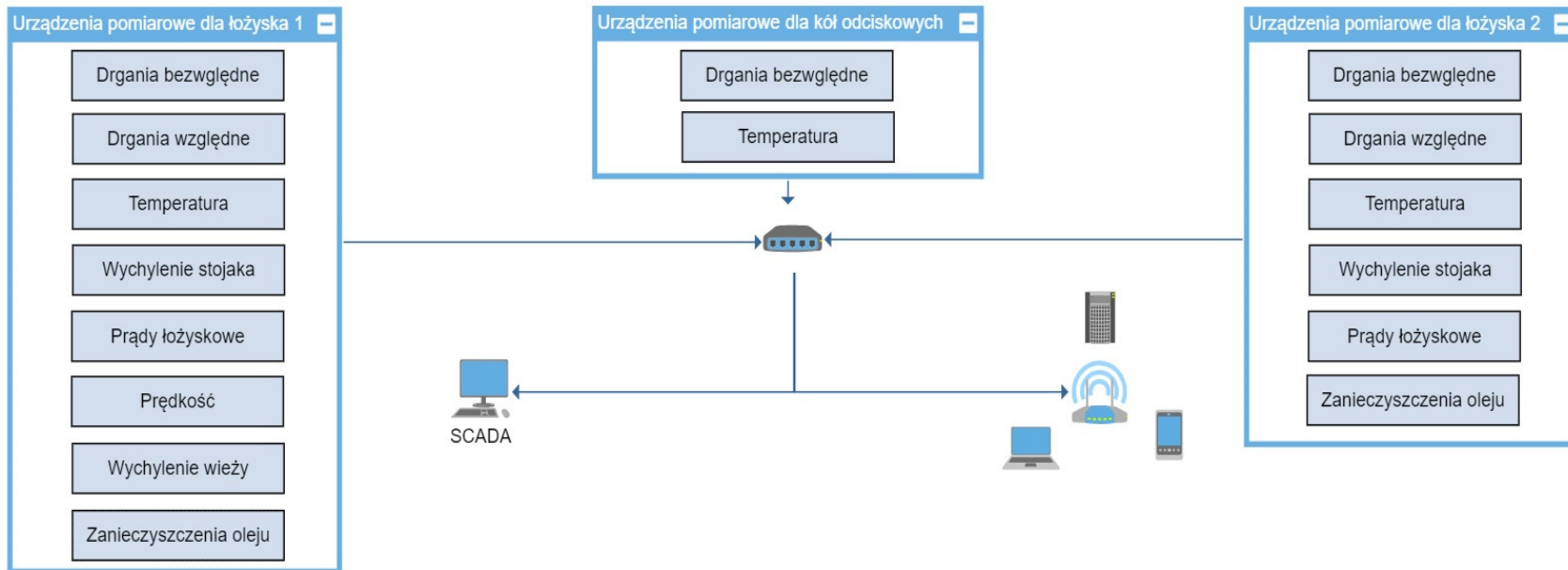
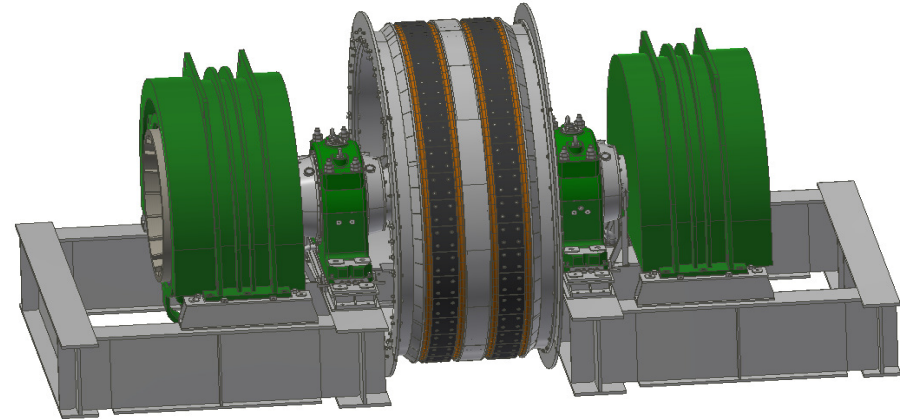
- Wykrywanie anomalii w pracy maszyny przed wystąpieniem uszkodzenia
- Minimalizacja ryzyka wystąpienia niespodziewanych awarii
- Planowanie terminu przeprowadzenia remontów i napraw oraz ich zakresu
- Weryfikacja poprawności zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych oraz jakości wykonania podzespołów i przeprowadzonych prac
- Dostosowanie parametrów ruchowych pozwalające na optymalizację warunków pracy i przedłużenie czasu życia maszyny
- Wydłużenie okresów międzyremontowych i minimalizacja magazynu części zamiennych



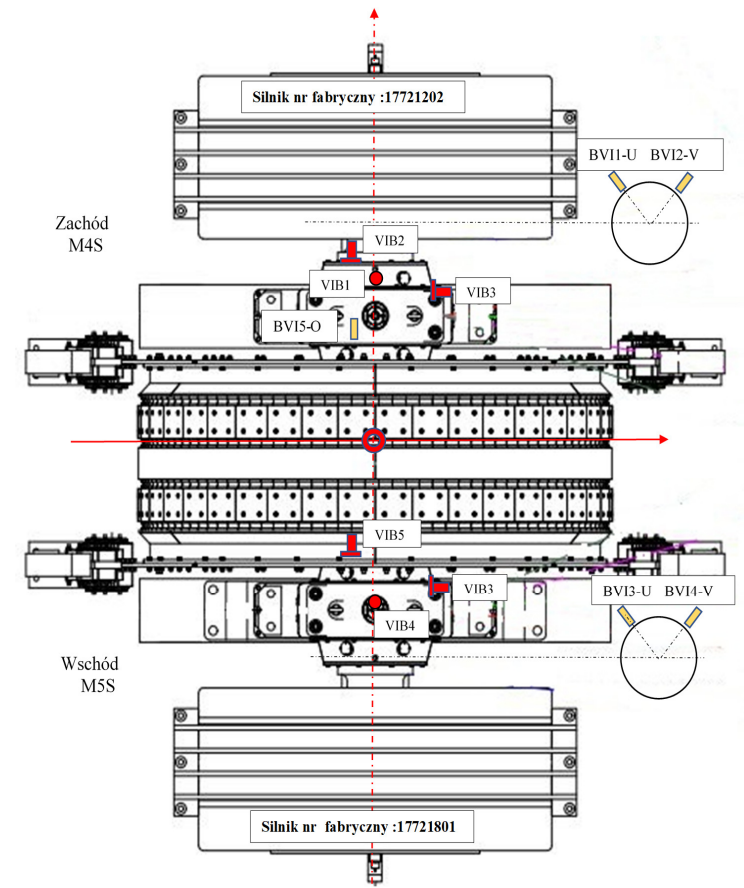
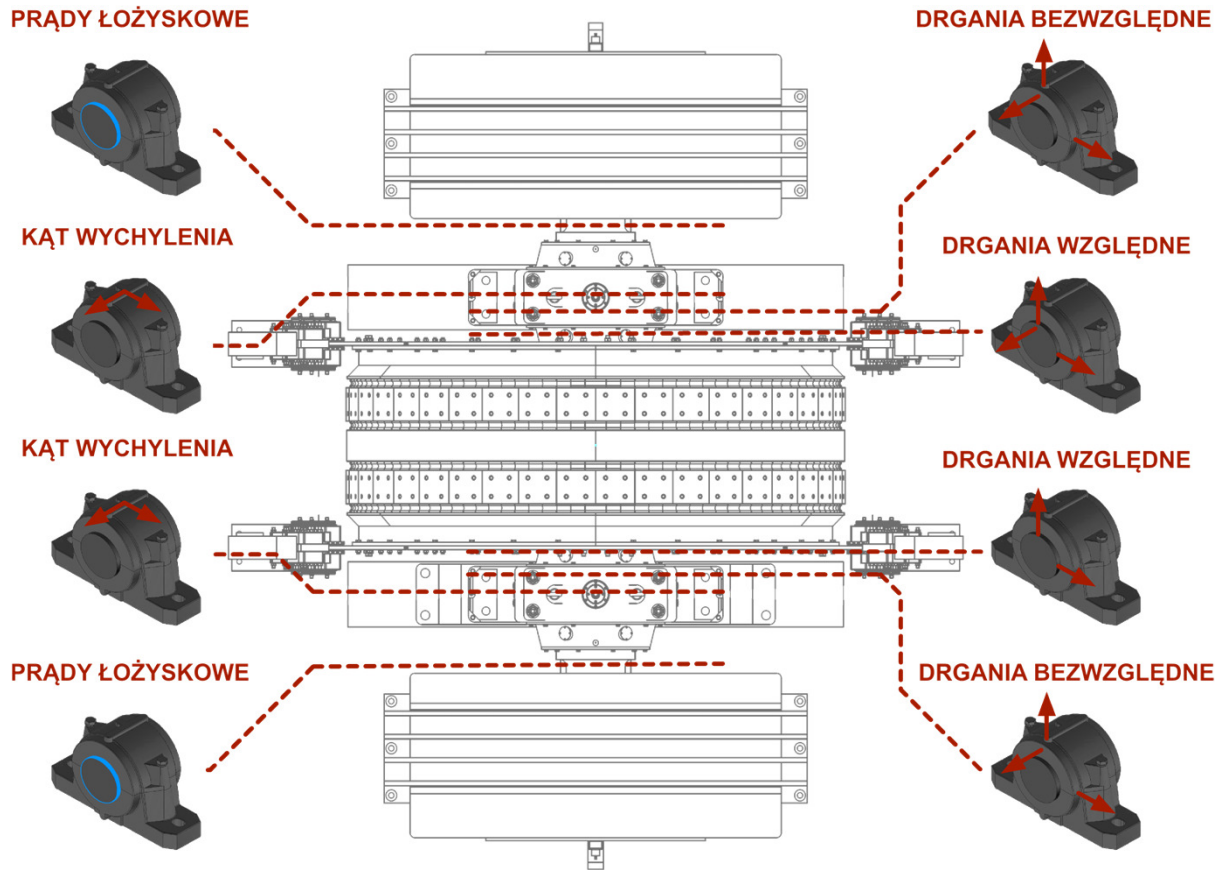
Wdrożenie systemu nadzoru stanu technicznego

- Identyfikacja podzespołów najczęściej ulegających awarii i krytycznych z punktu widzenia poprawności działania nadzorowanej maszyny.
- Wskazanie prawdopodobnych uszkodzeń oraz symptomów świadczących o ich wystąpieniu.
- Wybór narzędzi diagnostycznych.
- Określenie dla każdego badanego podzespołu najlepszej lokalizacji elementów pomiarowych (z uwzględnieniem liczby i kierunków).
- Instalacja i konfiguracja systemu.
- Przeprowadzenie pomiarów wstępnych z uwzględnieniem możliwych warunków pracy maszyny.
- Analiza uzyskanych wartości parametrów diagnostycznych w celu opracowania kryteriów oceny stanu technicznego podzespołów.
- Ostateczne uruchomienie systemu nadzoru technicznego.
- Przeprowadzenie szkoleń z zakresu obsługi systemu oraz metod oceny stanu technicznego i diagnostyki maszyny.

Zakres nadzoru stanu technicznego maszyny



Schemat instalacji czujników monitorujących stan maszyny



Zakres funkcji monitorowania

- **Poprawność łożyskowania**
 - niestabilność filmu olejowego
 - wir olejowy
 - tarcie oraz wir cierny
 - kawitacja
- **Stabilność dynamiczna w czasie pracy**
 - nierównomierność obciążenia linopędni
 - poprawność pracy silników
 - prędkości krytyczne (rezonanse)
 - niewyważenie i mimośrodowość
 - udary
 - drgania samowzbudne
- **Odchylenie stojaków łożyskowych i konstrukcji wieży od pionu**
 - określenie wzajemnego wpływu 2 maszyn wyciągowych umieszczonych na wieży,
 - określenie wpływu drgań wieży na pracę zespołu napędowego
 - kontrola ugięcia konstrukcji wsporczej stojaków łożyskowych spowodowanej zmianami obciążenia maszyny



Zakres funkcji monitorowania

- Nadzór nad stopniem zużycia oleju poprzez badanie zawartości cząstek metalicznych
- Monitorowanie temperatury łożysk
- Kontrola poprawności funkcjonowania systemu uziemienia wału eliminującego prądy łożyskowe
- Monitorowanie wartości prądów łożyskowych



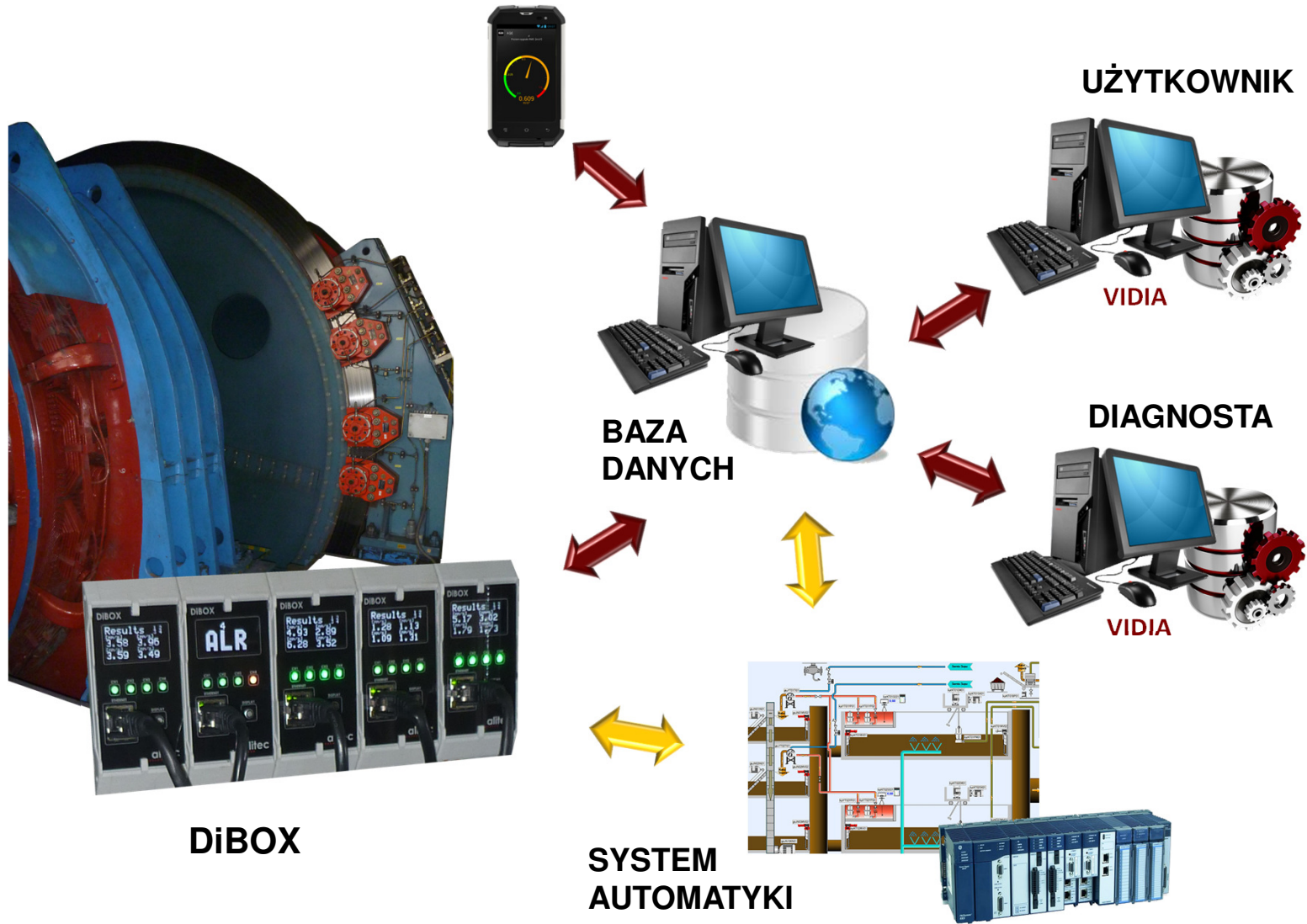
Zakres funkcji monitorowania



Zakres funkcji monitorowania

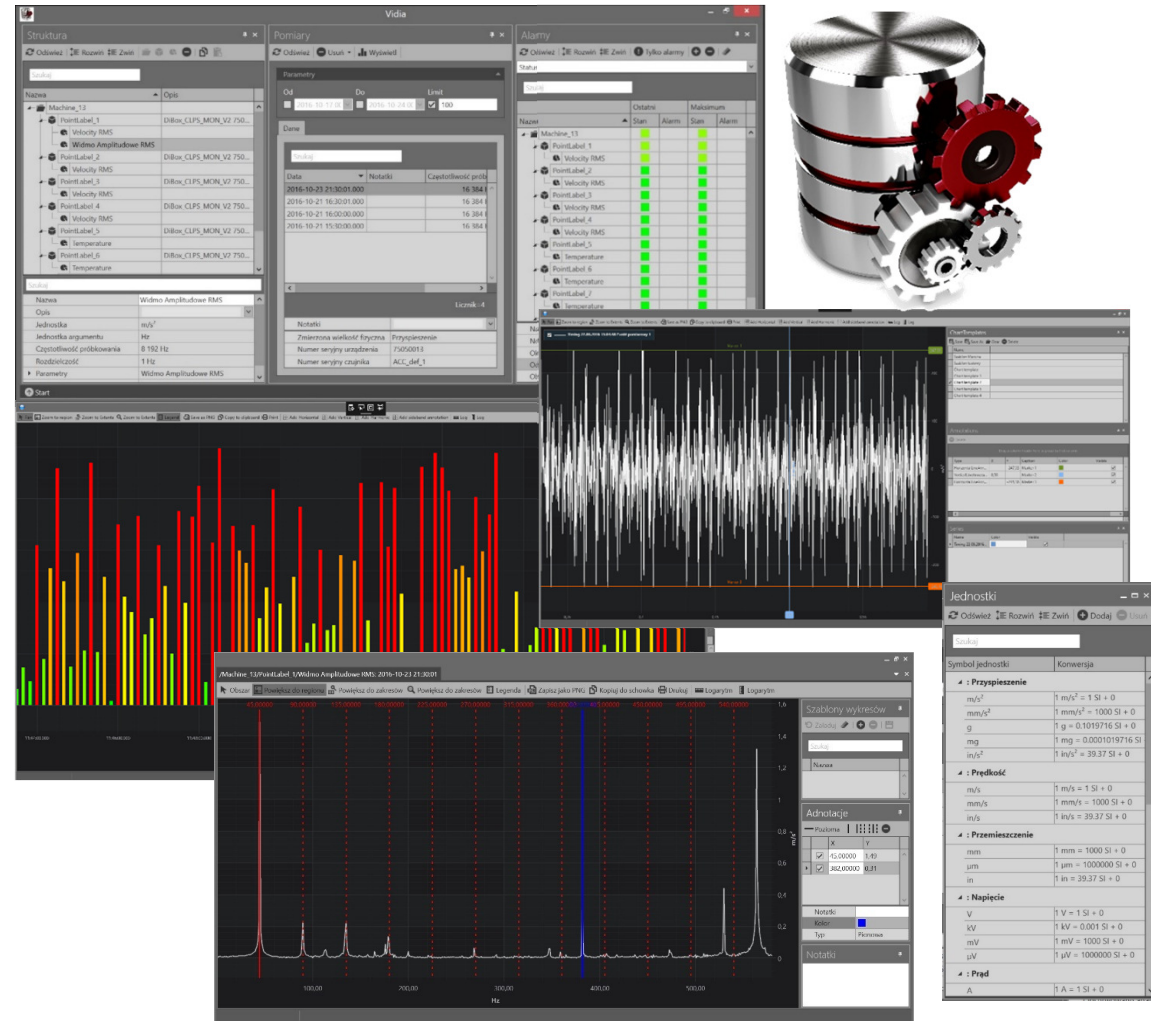


Rozproszony system utrzymania ruchu

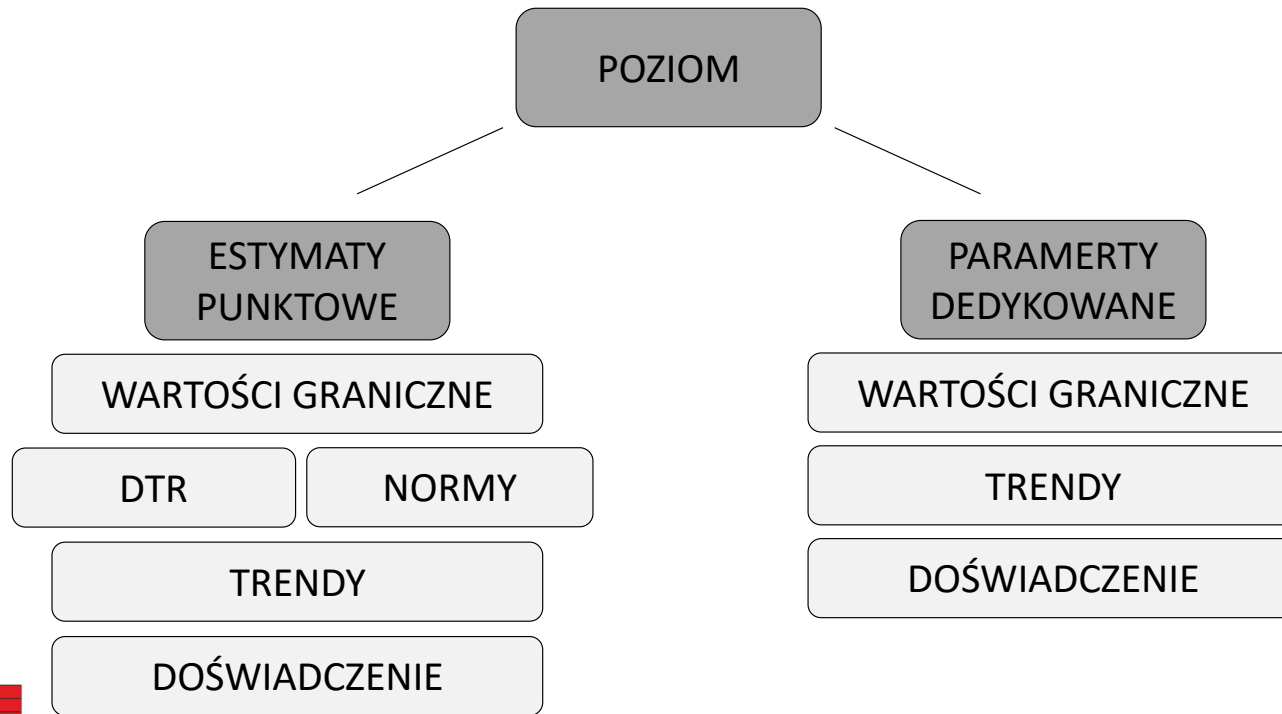


Oprogramowanie diagnostyczne VIDIA

- Podstawowe i zaawansowane analizy sygnału drgań.
- Dodawanie analiz dla pomiarów historycznych (zapis oryginalnych przebiegów czasowych).
- Zgodność z większością norm wibracyjnej oceny stanu technicznego maszyn.
- Analizy parametryczne uwzględniające warunki pracy maszyny.
- Bezpośredni i pośrednia komunikacja z urządzeniami pomiarowymi systemów stacjonarnych i przenośnymi rejestratorami sygnału.
- Rozproszona architektura klient-serwer z możliwością instalacji zarówno na serwerze jak i komputerze klasy PC.
- Baza danych MSSQL.

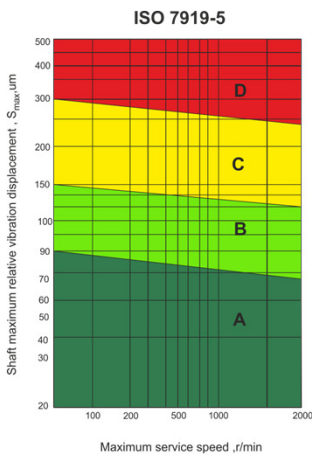


Przyjęte strategie nadzoru stanu technicznego obiektu – ocena ogólnego stanu maszyny

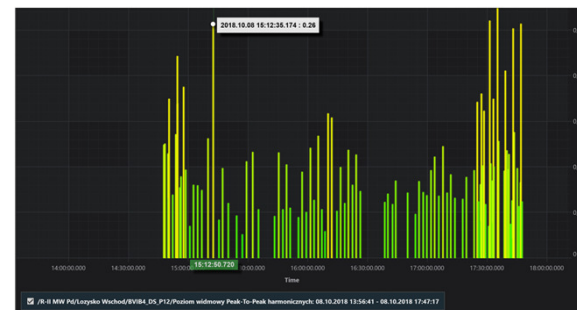


Najprostszą metodą ogólnej oceny stanu technicznego poszczególnych podzespołów maszyny jest wyznaczenie wartości odpowiednio dobranych parametrów sygnału drgań (estymat) i odniesienie ich do przyjętych kryteriów.

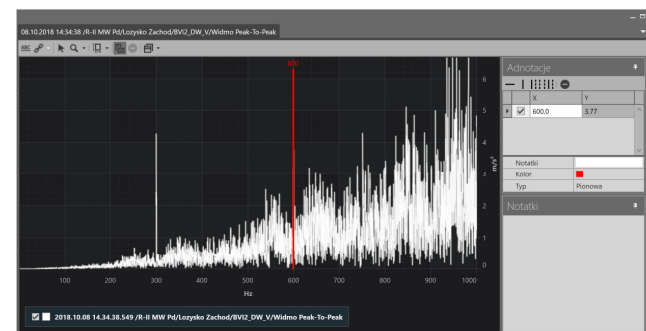
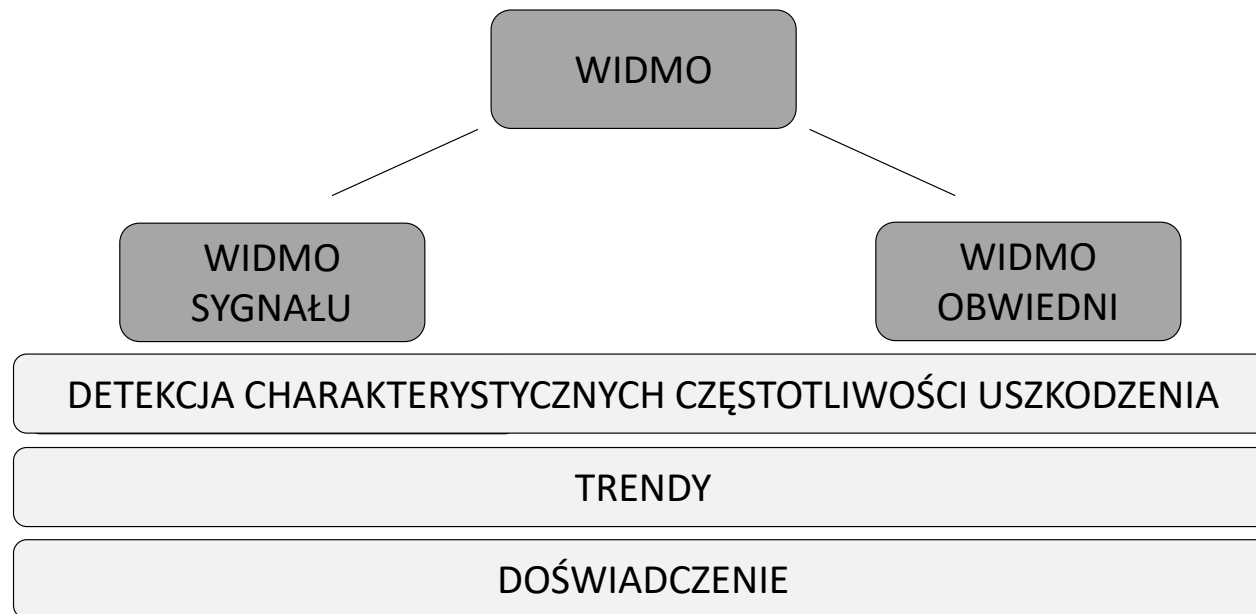
Proces kwalifikacji ogólnego stanu technicznego wybranych podzespołów jest realizowany w pełni automatycznie.



ISO 10816					
Machine	Class I small machines		Class II medium machines	Class III large rigid foundation	Class IV large soft foundation
	in/s	mm/s			
Vibration Velocity Vrms	0.01	0.28			
	0.02	0.45			
	0.03	0.71		good	
	0.04	1.12			
	0.07	1.80			
	0.11	2.80		satisfactory	
	0.18	4.50			
	0.28	7.10		unsatisfactory	
	0.44	11.2			
	0.70	18.0			
	0.71	28.0		unacceptable	
	1.10	45.0			

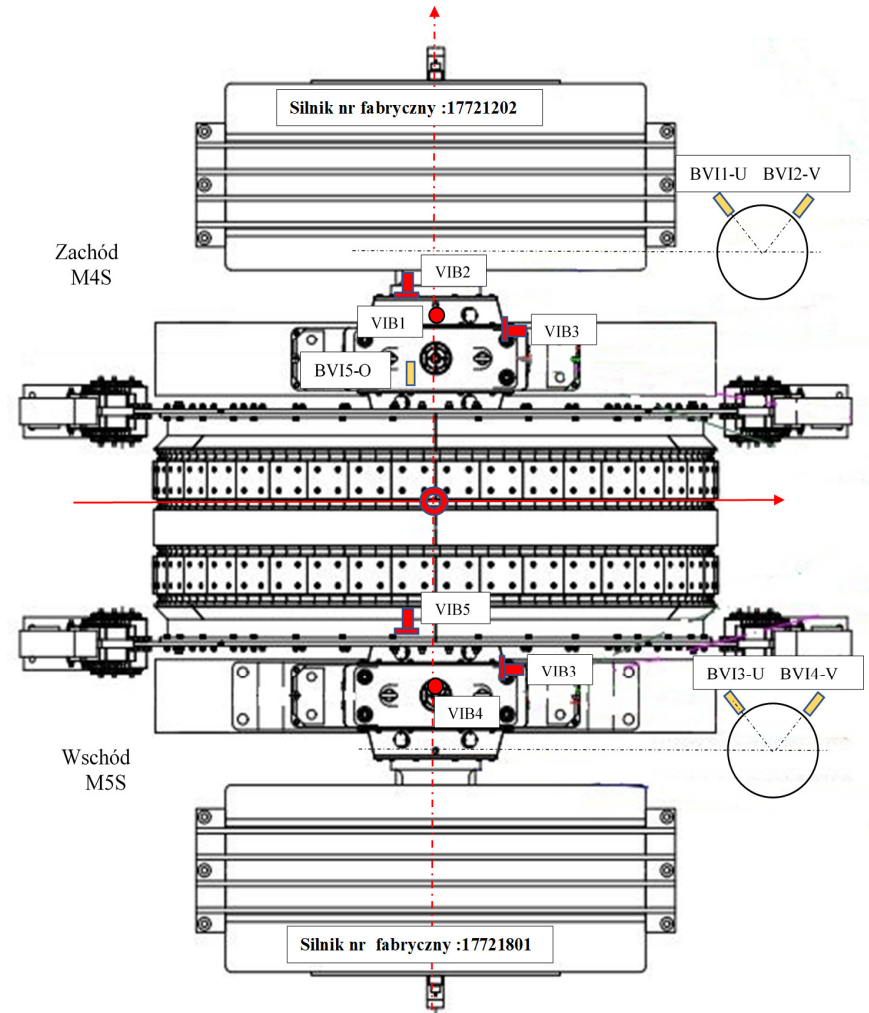
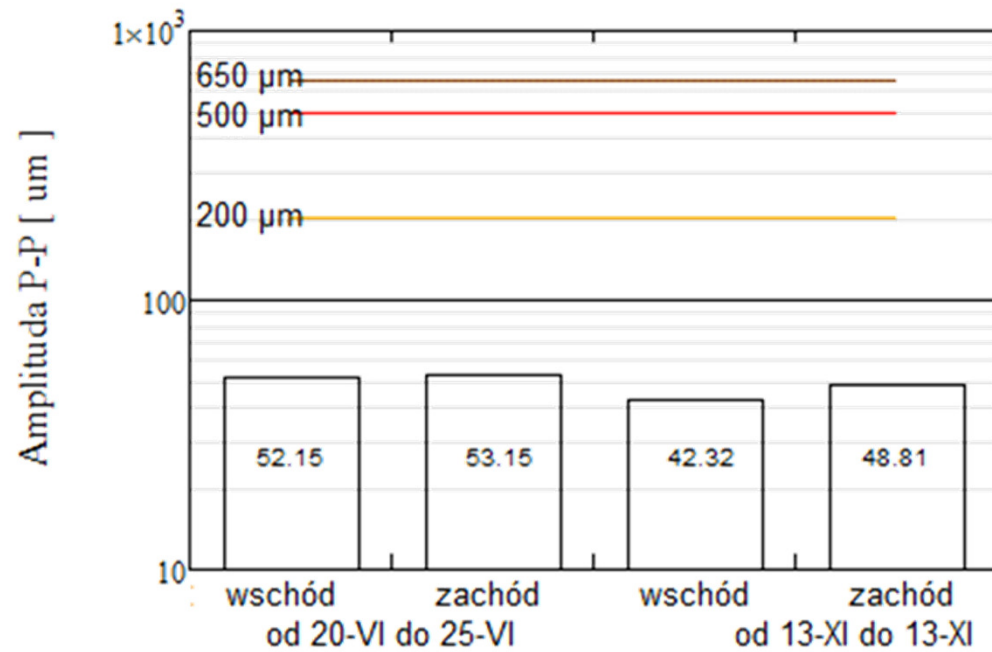


Metody oceny stanu technicznego – diagnostyka wybranych uszkodzeń



Ocena ogólnego stanu technicznego elementów maszyny wyciągowej

PN-ISO 7919-5
 (pomiar drgań względnych – czujniki wibroprądowe, kierunek U i V)



Ogólna ocena stanu technicznego elementów maszyny wyciągowej

PN-ISO 10816-1 (grupa III maszyn – pomiar drgań bezwzględnych czujniki VIB1 – VIB6)

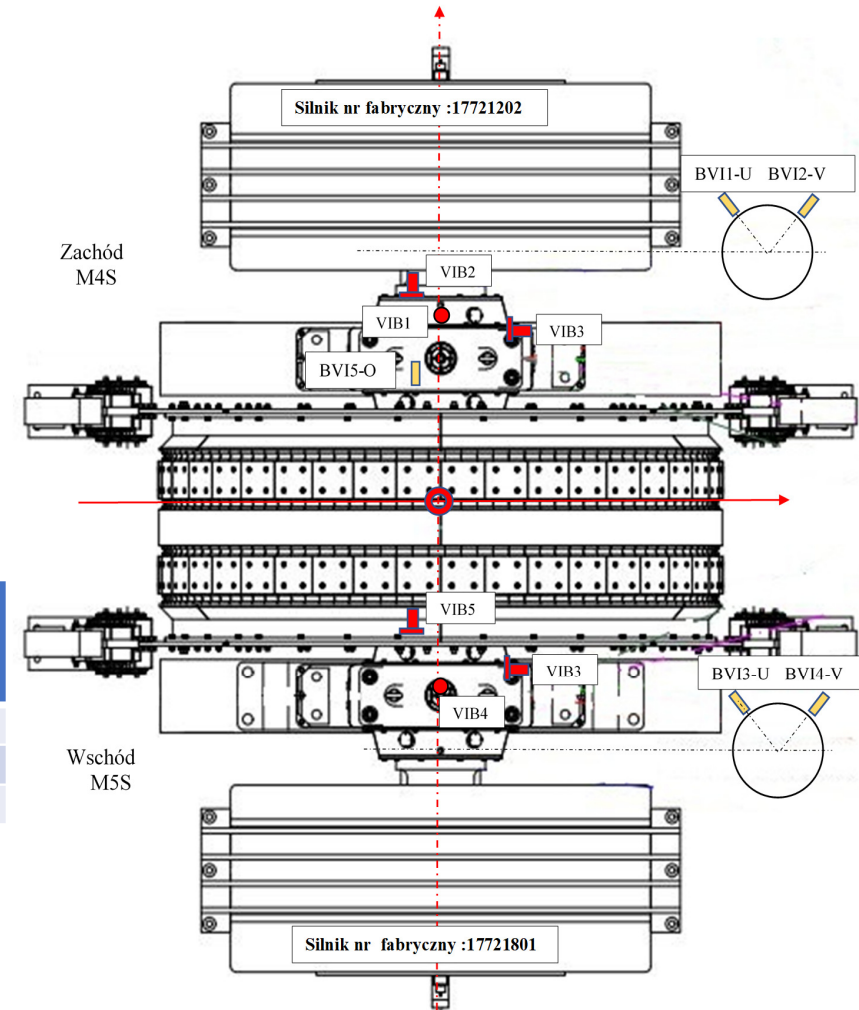
Progi diagnostyczne:

A-B – 1,8 mm/s- eksploatacja bez ograniczeń

B-C – 4,5 mm/s – stan ostrzeżenia

C-D – 11,2 mm/s. – stan alarmu

Łożysko	Wschód			Zachód			Data pomiaru
Oznaczenie czujnika	VIB 4	VIB 5	VIB 6	VIB 1	VIB 2	VIB 3	
V_{RMS} [mm/s]	0,25	0,51	0,50	0,38	0,57	0,43	20-25 VI
V_{RMS} [mm/s]	0,28	0,66	0,33	0,39	0,29	0,45	13 XI
Ocena	b. dobry	b. dobry	b. dobry	b. dobry	b. dobry	b. dobry	



Przykład szczegółowej analizy stanu technicznego silnika

1 SCR	2 SCR	1 X	2 X	1 LF	2 LF	3 LF	4 LF	5 LF	W.B.	1 harm. żłobkowa	
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	Usterka uziemienia
1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	Błąd wzbudzenia
1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	Luźne złącza
1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	Utrata fazy
1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	Kołysanie silnika
1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	Luźne kliny

„1” – przekroczony poziom ostrzeżenia lub alarmu

„0” – poziom składowej poniżej poziomu ostrzeżenia

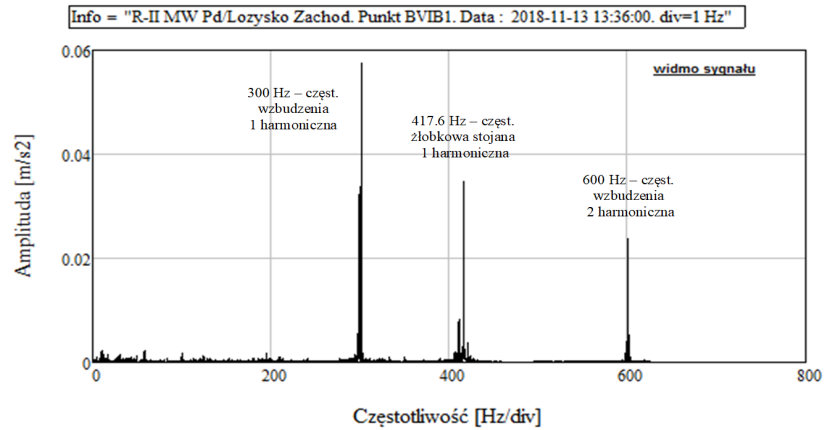
„1X” – pierwsza (i kolejne) harmoniczna częstotliwości obrotowej wału silnika

„1 SCR” – pierwsza (i kolejne) harmoniczna prostowania prądu zasilającego silnik (równa 6 x LF)

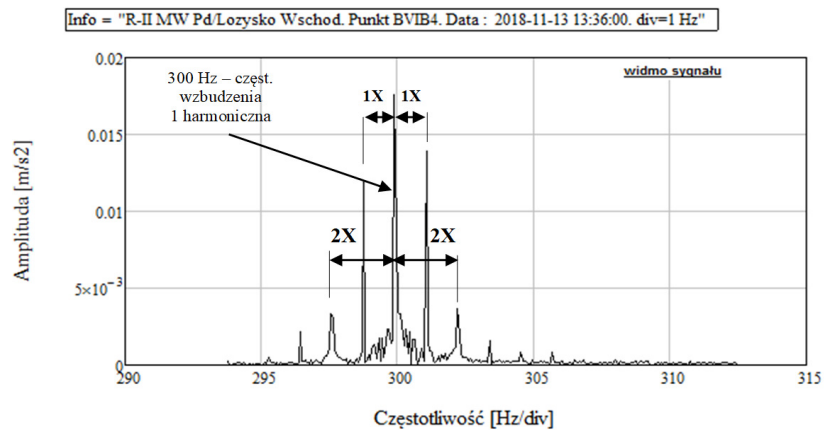
„LF” – częstotliwość prądu przemiennego zasilającego silnik

„W.B.” – wstęgi boczne wokół pierwszej harmonicznej prądu wzbudzenia

Analiza poprawności pracy silników



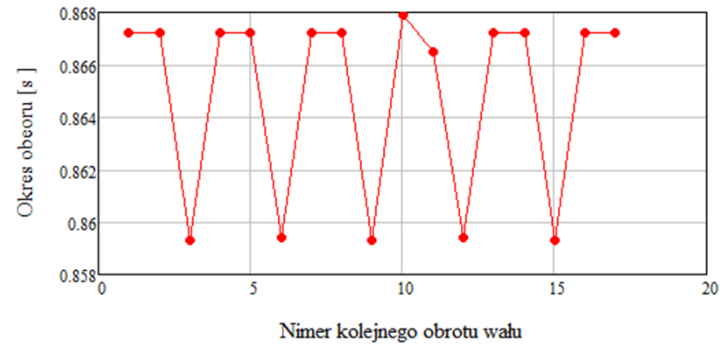
Widmo przyspieszenia wyznaczone dla łożyska zachodniego



Wstęgi boczne wokół pierwszej harmonicznej wzbudzenia

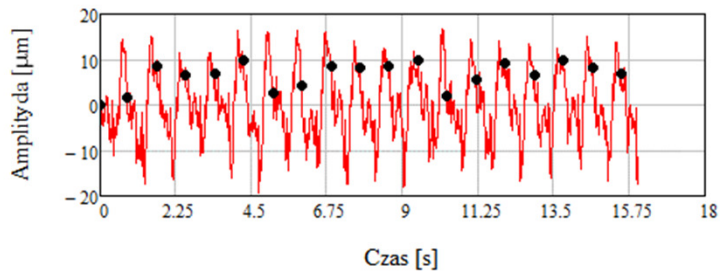
Niesymetria prądów wzbudzenia silników

Analiza stabilności hydrodynamicznej łożysk ślizgowych



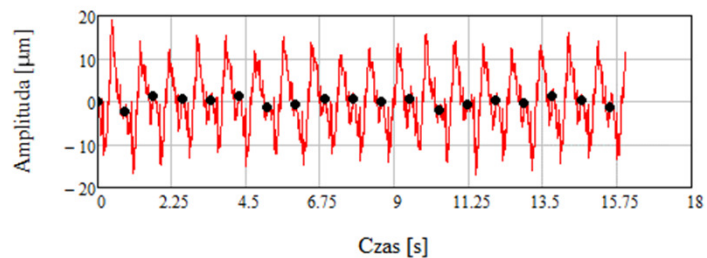
Okresy 16 kolejnych obrotów wału maszyny

Info_v = ("R-II MW Pd/Łozysko Wschod. Punkt : BVI4. Data : 2018-11-13 13:36:00"
"Sygnał czasowy po filtracji dolnoprzepustowej. Pasma odcięcia :40 Hz")



Przebiegi czasowe przemieszczeń względnych dla punktu BVI3 i BVI4 z zaznaczonymi znacznikami początku obrotu wału

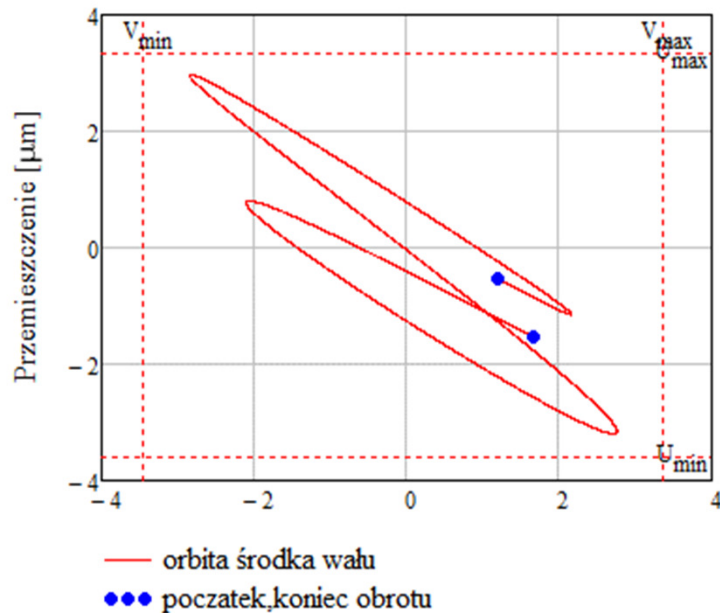
Info_u = ("R-II MW Pd/Łozysko Wschod. Punkt : BVI3. Data : 2018-11-13 13:36:00"
"Sygnał czasowy po filtracji dolnoprzepustowej. Pasma odcięcia :40 Hz")



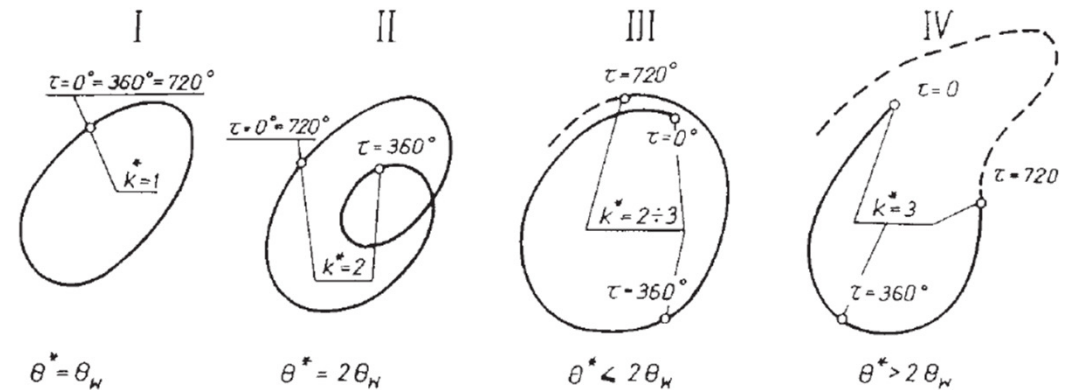
Na podstawie wyznaczonych charakterystyk czasowych przemieszczeń względnych można określić orbity przemieszczenia środka wału w czasie określonej liczby obrotów

Analiza stabilności hydrodynamicznej łożysk ślizgowych

Info_o = ("Orbita. Łożysko Zachod. Punkty : BVII. BVI2"
 "pr. obr. = 69.6 r.p.m II. obr.= 1 Filtr dolnoprz. Pasmo 2.55 Hz")



Orbita środka wału dla łożyska wschodniego dla dwóch harmonicznych obrotów wału (1X, 2X)

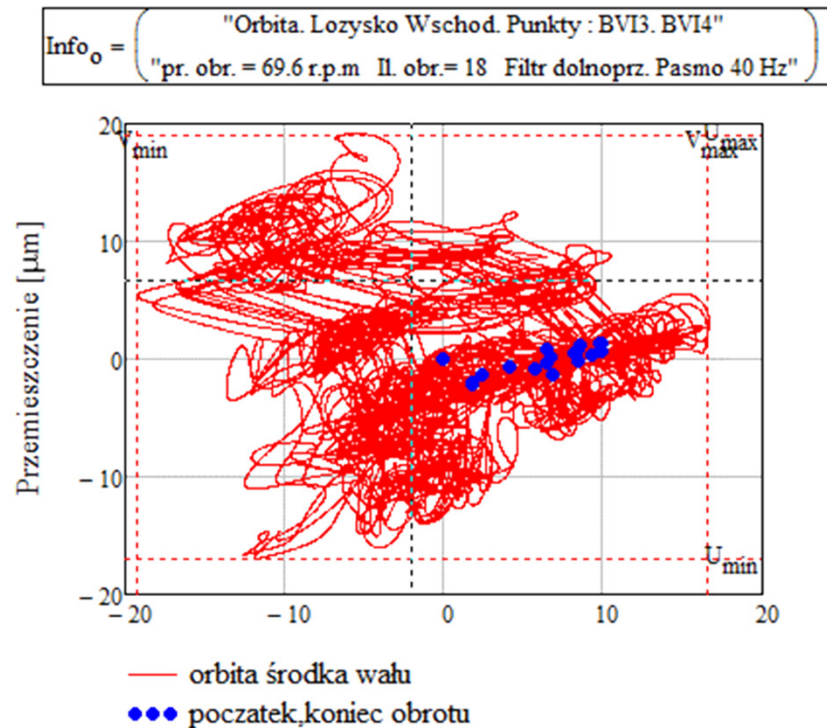


Występuje III rodzaj niestabilności hydrodynamicznej.

Niestabilna prędkość obrotowa silnika

Nieznaczące przekoszenie osi wału w stosunku do osi panwi łożyska

Analiza stabilności hydrodynamicznej łożysk ślizgowych



Orbity przemieszczeń środka wału w łożysku wschodnim dla 18 obrotów dla średniej prędkości obrotowej równej 69,6 obr./min.

Zakres przemieszczeń nie przekracza progu granicznego 200 µm wyznaczonego przez normę PN-ISO 7919-5

Dla łożyska wschodniego wynosi 19 µm

Dla łożyska zachodniego wynosi 11 µm

Podsumowanie

- Poziom amplitud przemieszczeń względnych Peak-Peak nie przekracza poziomu linii granicznej strefy A-B wg normy ISO-7919-5 , co wskazuje na dobrą pracę łożysk wschodniego i zachodniego bez jakichkolwiek ograniczeń.
- Poziom wartości skutecznej prędkości drgań wyznaczany wg normy PN-ISO-10816 mierzony czujnikami piezoelektrycznymi, nie przekracza strefy A-B normy (dopuszczony do eksploatacji bez ograniczeń).
- Łożysko hydrodynamiczne wschodnie i zachodnie nie wykazują podczas pracy wirów olejowych.
- Łożysko zachodnie wykazuje nieznaczne przekoszenie wału w stosunku do panewki, jednakże niewielkie przekoszenie ma korzystny wpływ na poprawę stabilności pracy łożyska.
- Obydwa łożyska wykazują nieznaczną niestabilność hydrodynamiczną spowodowaną oddziaływaniem czynników zewnętrznych tj. niestabilnymi obrotami wału, zmianą amplitudy drgań względnych w czasie kolejnego obrotu wału. Oddziaływania te nie powodują wzrostu przemieszczeń w stosunku do granicy przemieszczeń limitujących poprawną pracę łożysk bez ograniczeń.
- Analiza widma drgań bezwzględnych wykazuje niewielką niesymetrię w prądach wzbudzenia silników.
- Wdrożenie systemu nadzoru technicznego umożliwia wykrywanie symptomów świadczących o zbliżających się uszkodzeniach bądź awariach, pozwala na minimalizację ryzyka wystąpienia niespodziewanych awarii. Weryfikuje poprawności zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych oraz jakości wykonania podzespołów i przeprowadzonych prac. Ułatwia planowanie terminu przeprowadzenia remontów i napraw oraz ich zakresu.