Wibrodiagnostyka w praktyce

Wibrodiagnostyka to podstawowa metoda badań maszyn zawierających elementy wirujące. Mogą to być różnego rodzaju urządzenia z obracającym się wałem, przekładnie, turbiny i wszelkiego rodzaju wirniki. Ocenie taką metodą podlegają także silniki elektryczne.

Tomasz Kurzacz

Do analizy bieżącego stanu maszyn i urządzeń często wykorzystuje się analizę sygnału drganiowego. Wymagania związane z pomiarami, metody pomiarowe oraz kryteria oceny zawarte są w kilku normach krajowych i międzynarodowych, przede wszystkim ISO 10816. Dzięki unormowaniu warunków, w jakich odbywa się pomiar, możliwe było sformułowanie uniwersalnych warunków dopuszczeń do pracy badanych maszyn. Poziomy graniczne drgań klasyfikują urządzenia do 4 klas: stan idealny, dopuszczone do ruchu bez ograniczeń, dopuszczone do ruchu z ograniczeniami, niedopuszczony.

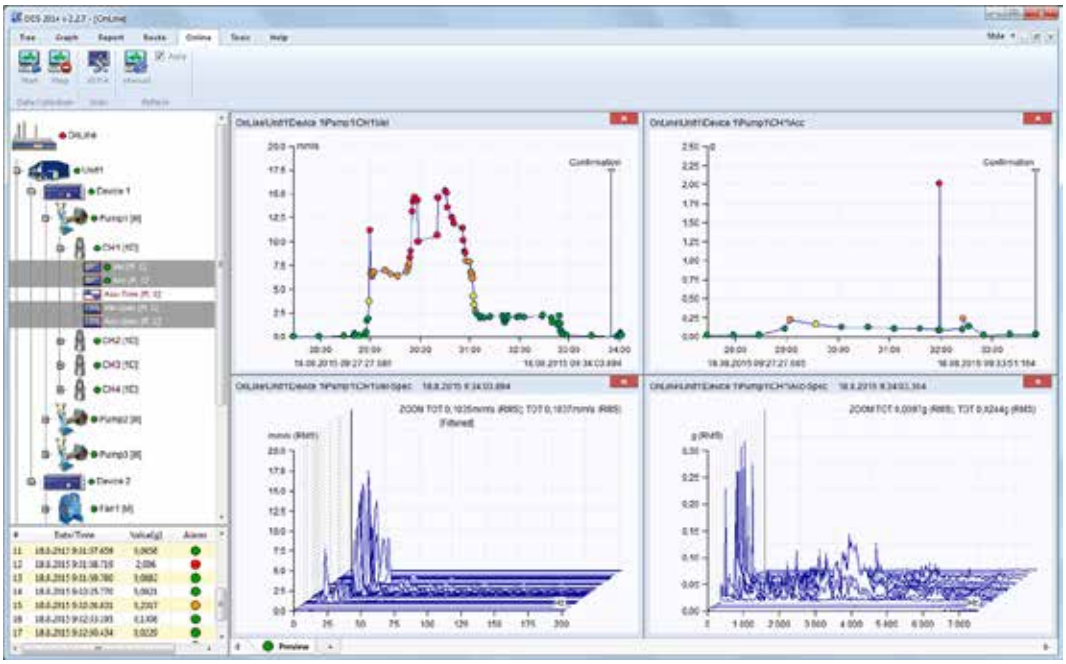
Do badań wibrodiagnostycznych stosuje się częstotliwościową analizę sygnału FFT (szybka transformacja Fouriera – FFT), która bazuje na analizie widma drgań. Jednak w praktyce pracownik służby utrzymania ruchu nie zastanawia się, jak skomplikowanych metod należy użyć, bowiem dysponuje odpowiednim miernikiem (wibrometrem) wyposażonym w sondy (czujniki) oraz odpowiednie oprogramowanie, które automatycznie wskazuje – zwykle na wykresie – poziom drgań oraz klasyfikuje je w zależności od ustawionych alarmów. Ale same urządzenie nawet z najlepszym oprogramowaniem nie wystarczy, jeśli zostanie użyte nieprawidłowo.

Wybór metody diagnostyki

W praktycznym zastosowaniu wibrodiagnostyki ważną sprawą jest dobór odpowiedniej metody diagnostycznej. Okazuje się bowiem, że metod takich jest kilka. Może to być metoda poziomu drgań, pomiar współczynnika szczytu, analiza widmowa, SPM, SEE, itd.

Metoda pomiaru poziomu drgań polega na analizie zmiany poziomu drgań w szerokim zakresie częstotliwości – od 0,5 do 10 kHz. Współczynnik szczytu to stosunek wartości szczytowej sygnału drganiowego do jego wartości skutecznej w danym przedziale częstotliwości drgań.

SPM, czyli Shock Pulse Method pozwala na ocenę zgrubnego stanu łożyska jak i szczegółowego obrazu łożyska. Dzięki specjalnie opracowanym przetwornikom, z wysoką czułością na sygnały o wysokiej częstotliwości nie ma problemu z pomiarem nawet przy większej odległości czujnika od łożyska.



Źródło: VIMS

Metoda SEE (Spectral Emitted Energy) jest połączeniem metody pomiarów drgań o wysokiej częstotliwości i analizy obwiedni.

To oczywiście nie wszystkie metody badania związane z drganiami. Ponieważ większość drgań występuje w węzłach łożyskowych można stosować np. metodę BCU (Bearing Condition Unit).

Aby prawidłowo wykonywać pomiary drganiowe oraz interpretować wyniki i oceniać stan maszyny należy przede wszystkim odpowiednio zaklasyfikować maszynę według normy ISO 10816, bowiem każda maszyna i urządzenie może mieć różne dopuszczalne poziomy drgań. Następnie należy prawidłowo wyznaczyć punkty pomiarowe, aby wyniki były miarodajne. Warto także mieć określony harmonogram takich badań okresowych dla zapewnienia prawdiłowej eksploatacji maszyny.

Jak mówi Marek Rzepiela z firmy Polidiag, metoda diagnostyczna będzie uzależniona np. od prędkości obrotowej maszyny, złożoności (wiele łożysk w jednej obudowie). – *Stosowanie kilku metod dla jednej sesji pomiarowej pozwala na eliminację błędu w diagnozie. Pozwala na jej potwierdzenie. Np. trendowanie, stosowanie analizy obwiedni, analizy widmowej, pomiaru współczynnika szczytu, pomiaru temperatury oraz obsłuchiwanie stetoskopem, przy uszkodzonym łożysku w dużym stopniu potwierdzi jego uszkodzenie.*

Wojciech Pozłutko, Inżynier sprzedaży w firmie VIMS mówi: – *Każda z wybranych metod diagnostycznych prowadzi do oceny maszyny pod kątem występowanie niesprawności maszyn. Wśród typowych problemów, w prostych maszynach, jak wentylatory, pompy, silniki, przekładnie można wyróżnić: niewyważenie wirnika, niewspółosiowość, luzy, pęknięcia strukturalne i problemy z fundamentowaniem, uszkodzenia łożysk*

Źródło: VIMS

tocznych i stan ich smarowania. W maszynach o bardziej złożonej kinematyce występują problemy związane z konkretnymi typami maszyn, jak kawitacja w pompach, zaburzenia trajektorii pracy rzeszota w przesiewaczu, podbijanie wodzika z kompresorach tłokowych, czy szereg problemów w turbinach parowych. Dla typowych niesprawności wystarczy zastosować podstawową zasadę: niewyważenie wirnika, luzy, niewspółosiowość zaobserwujemy korzystając z podstawowego parametru – wartości skutecznej prędkości drgań Vrms. Problemy z łożyskami i smarowaniem lepiej obrazowane są w wartościach szczytowych g0-pk lub międzyszczytowych przyspieszenia gpk-pk , w wyższym paśmie częstotliwości. Aby łatwiej rozpoznać uszkodzenia łożysk tocznych niemal każdy z producentów stosuje firmową technikę, polegająca w głównej mierze na demodulowaniu sygnału przyspieszenia, co daje bardziej czytelny obraz niesprawności.

Wybór punktów pomiarowych

– *Pomiary drgań bezwzględnych maszyn wykonuje się na oprawach łożysk, a jeżeli to niemożliwe na tarczach*

Grupy ważności maszyn w zakładach

Maszyny użytkowane w zakładzie należą do różnych grup ważności i od tego zależy sposób w jaki będziemy je badać.

Maszyny krytyczne (tzn. takie, które nie mają rezerwowania, ich koszt inwestycyjny był wysoki oraz wpływają w sposób istotny na wynik ekonomiczny działania zakładu) .

Systemy monitorowania i zabezpieczeń: są to z reguły systemy działające w trybie On-Line. Stosowanie systemów On-Line jest wymagane w stosunku do wszystkich tych maszyn krytycznych i quasi krytycznych). System monitorowania prowadzi stałą akwizycję danych zarówno w stanach ustalonych jak i w trakcie rozruchów i wybiegów maszyn, a także w stanach awaryjnych. Dla maszyn krytycznych pomiary off-line drgań bezwzględnych są jedynie pomiarami uzupełniającymi, punktów nie objętych systemem On-Line.

Maszyny quasi-krytyczne (tzn. takie, które na ogół nie posiadają rezerwowania i mimo, że ich koszt inwestycyjny nie jest tak znaczący jak w przypadku maszyn krytycznych to ich awaria wpływa na prace maszyn krytycznych i w konsekwencji rzutuje na osiągany wynik ekonomiczny Zakładzie).

Systemy monitorowania (bez wykorzystywania funkcji zabezpieczeń): mogą to być systemy działające w trybie On-Line lub w przypadku maszyn, które podlegają powolnej zmianę stanu technicznego (do takich maszyn należą z reguły maszyny łożyskowane tocznie) możliwe jest stosowanie systemów typu skaningowego. Obchodowe systemy monitorowania stanu (zwane na ogół systemami Off-Line).

Maszyny pomocnicze (tzn. takie, które mają rezerwę, a ich koszt inwestycyjny jest niewielki w porównaniu z maszynami krytycznymi.

Obchodowe systemy monitorowania stanu (zwane na ogół systemami Off-Line).

Częstotliwość wykonywania pomiaru uzgodniona z właścicielem maszyn oraz oparta na wytycznych producenta. Często ujęta w przepisach wewnętrznych zakładu. Wystarczające z mojej praktyki, dla maszyn niekrytycznych są pomiary w okresie miesięcznym

Marek Rzepiela
POLIDIAG

Źródło: BT Automatyka

łożyskowych albo kadłubie maszyn w trzech wzajemnie prostopadłych kierunkach: w płaszczyźnie prostopadłej do osi wału w kierunku poziomym i pionowym oraz wzdłuż osi wału na wysokości osi, możliwie jak najbliżej wału – mówi Marek Rzepiela. – *W przypadkach koniecznych wykonuje się pomiary w innych punktach np. na łapach maszyny, z odnotowaniem tego w protokole pomiarowym.*

Dla różnych urządzeń punkty pomiarowe mogą być różne. Istotne jest, aby ich wzajemne położenie gwarantowało jak najlepsze wyniki przeprowadzone w każdej osi, a z czysto praktycznej strony – aby czujniki można było zamocować w prawidłowy sposób na urządzeniu. Nie można np. mocować czujników na elementach zamocowanych do maszyny nie w sposób sztywny (np. na blaszanych obudowach i osłonach).

Źródło: VIMS

Wybór i mocowanie czujników

Po wyborze metody pomiaru trzeba zastanowić się nad tym, jakich użyć czujników do konkretnego pomiaru i jak je zamocować.

– *Do pomiarów drgań bezwzględnych dopuszcza się stosowanie przetworników przyspieszenia (akcelerometrów) w szerokim zakresie częstotliwości drgań jeżeli aparatura wyposażona jest w pojedynczy i podwójny układ całkujący* – mówi Marek Rzepiela. – *Sygnał wyjściowy takiego przetwornika jest proporcjonalny do przyspieszenia drgań. Dla zakresu częstotliwości od ok. 10 Hz do ok. 1,5 kHz można wybrać elektrodynamiczny przetwornik prędkości drgań, którego sygnał wyjściowy jest proporcjonalny do prędkości drgań.*

Ważną sprawą jest także uwzględnienie samego zakresu pomiarowego częstotliwości czujnika, jego rezonas, czułość, a także zakres pomiarowy miernika.

Wojciech Pozłutko podkreśla, że należy użyć urządzenia odpowiedniej klasy. – *Warto pominąć najtańsze pozycje, które najczęściej posiadają uproszczony tor pomiarowy i nie dają możliwości większej ilości analiz. Za kilkanaście tysięcy złotych można nabyć bardzo funkcjonalne urządzenia z pamięcią pomiarów z analizą widmową i dedykowanym oprogramowaniem DDS, np. Adash A4900 Vibrio MS z darmowym oprogramowaniem DDS. W wyższych pułapach cenowych pojawiają się bardziej zaawansowane przyrządy, 2-, 3-, 4-kanałowe i z możliwością wyważania np. A4300 VA3 i A4400 VA4.*

Bartosz Tyszer z firmy BT Automatyka dodaje: – *Aby uzyskać najlepsze wyniki pomiarów szczególnie przy wysokich częstotliwościach, akcelerometr oraz badany obiekt powinien być czysty, płaski, gładki, bez uszkodzeń, rys, zadziorów na powierzchni. Sztywne mechaniczne połączenie pomiędzy sensorem a badanym obiektem jest bardzo ważne. Blachy lub części z tworzywa sztucznego i inne cienkie, elastyczne elementy nie nadają się. Ważne jest także zwrócenie uwagi na przewód czujnika, nie powinien on wisieć luźno gdyż może zakłócić pomiar tłumiąc lub powodując dodatkowe wibracje. Innym błędem jest dobór zbyt ciężkiego czujnika względem badanego obiektu, co też może mieć wpływ na zmianę wartości odczytywanych.*

Opcją idealną jest kontrola w 3 osiach co określa norma maszynowa dotycząca drgań ISO10816. Monitoring taki można zrealizować stosując np. wyłączniki wibracyjne firmy MMF. Są to urządzenia pomiarowe mierzące zgodnie ze wspomnianą normą ISO 10816. Mają wbudowany przekaźnik programowalny, który w przypadku przekroczenia wartości wibracji może uruchomić alarm świetlny, dźwiękowy lub odłączyć zasilanie maszyny by nie dopuścić do jej zniszczenia. Opcją najczęściej stosowaną w przemyśle są przetworniki prędkości wibracji z wyjściem pętli prądowej i możliwością zakupu z certyfikatem ATEX do II strefy zagrożenia wybuchem serii KSI8X. Urządzenia generują proporcjonalny sygnał 4...20 mA i są dostępne w 4 wersjach: dwie o zakresie do 20 mm/s i zakresie częstotliwości f (3 dB)1,5 do1000 Hz lub 10 do 1000 Hz oraz zakresie do 40 mm/s i tych samych zakresach częstotliwości. Czujniki tego typu wpinane są w istniejącą infrastrukturę pomiarową. Bardziej zaawansowanym rozwiązaniem jest użycie czujników trójosiowych połączonych z monitorem wibracji M12, który pełni rolę przetwornika pętli prądowej. Daje możliwość ustawienia monitorowanej i przetwarzanej wartości prędkości, przyspieszenia lub przemieszczenia wibracyjnego.

Istotny jest także sam styk czujnika z powierzchnią. Nie może być ona zabrudzona, nie można mocować czujnika na złuszczającej się warstwie farby. – *Należy zadbać o to, aby mocowanie przetwornika na powierzchni maszyny było zgodne z instrukcją producenta przetwornika tak, by nie zakłócał on warunków pomiarów drgań badanej maszyny* – dodaje Marek Rzepiela. – *Jest istotne, aby docisk i masa przetwornika nie miały znaczącego wpływu na drgania maszyny. Przyjmuje się, że ciężar akcelerometru nie powinien przewyższać 1/10 dynamicznej masy drgającej części, do której czujnik jest przymocowany. Masa akcelerometrów waha się od 0,4 g do 500 g.Mocowanie czujnika ma wpływ na zakres pomiarowy, ze względu na rezonans czujnika. Stosowane są filtry w miernikach o dolnej przepustowości nie większej niż fgr= 1/3 f rez.*

Przetworniki mogą być mocowane :

- przez przyłożenie ręczne,
- za pomocą magnesu,
- przez przyklejenie,
- za pomocą śrub.

Pomiary drgań względnych wałów wykonuje się przede wszystkim dla wirników podpartych na łożyskach ślizgowych, które często są wyposażone w bezdotykowe przetworniki przemieszczeń. Są to dwa bezdotykowe czujniki przemieszczeń umieszczone najczęściej w pobliżu lub w obudowie łożyska w płaszczyźnie promieniowej w kierunkach prostopadłych do siebie. Kierunki osi przetworników często tworzą z płaszczyzną poziomą kąt 45 stopni.

Źródło: VIMS

Jak prawidłowo przeprowadzić pomiar?

W zależności od ważności urządzenia dla produkcji maszyny można diagnozować w różny sposób i w różnych odstępach czasowych. Niektóre będą wymagały ciągłego monitorowania on-line, gdyż ich nieplanowany przestój grozić będzie dużymi stratami.

Jak mówi Wojciech Pozłutko: – *Zakłady przemysłowe o najwyższej kulturze technicznej stosują metodę podziału maszyn na: krytyczne, ważne i pozostałe. Według tego podziału dostosowane są sposoby zabezpieczenia przed awariami. Maszyny krytyczne warto zabezpieczyć stosując systemy diagnostyczne on-line (ciągłe) współpracujące z oprogramowaniem diagnostycznym, jak A3716 + oprogramowanie DDS. Maszyny ważne można objąć systemami monitorowania samodzielnie wypracowującymi sygnały alarmowe jak*

Prawidłowy montaż czujników podstawą wiarygodnych pomiarów

Z jednej strony wibrodiagnostyka stała się powszechna i w dzisiejszych czasach, w każdym szanującym się zakładzie, pomiary związane z diagnostyką drganiową są znane i stosowane. Jednocześnie rozwiązania do diagnostyki, dzięki taniejącej elektronice i rozwijającemu się rynkowi stają się bardziej przystępne cenowo. Obecnie porządny przyrząd w komplecie walizkowym, z analizą widmową, pamięcią pomiarów i oprogramowaniem analitycznym można nabyć już za kilkanaście tysięcy złotych, np. Adash A4900 Vibrio MS kit.

Z drugiej strony konieczna jest podstawowa wiedza związana z analizą drgań, ale jest coś ważniejszego, bez względu na wybrany analizator drgań, czy system monitorowania. Chodzi o montaż akcelerometru na maszynie. Nie można wykonać oceny stanu maszyny, nie zachowując podstawowych zaleceń dotyczących montażu akcelerometru. Najczęściej dokonując pomiarów diagnostycznych korzystamy z podstawki magnetycznej. Musimy jednak wiedzieć, że montaż magnetyczny istotnie ogranicza pasmo mierzonych częstotliwości.

W wielu pomiarach diagnostycznych należy zabudować czujniki na stałe na maszynie, zapewniając dostęp do właściwego punktu pomiarowego i uzyskać określone pasmo mierzonych częstotliwości. Montując czujniki na maszynie musimy pamiętać o kilku podstawowych wymaganiach:

- Pomiary drgań wykonuje się na obudowach łożysk, podporach łożyskowych korpusach lub innych sztywnych elementach maszyny, możliwie blisko łożyska.
- Należy unikać pomiarów na blaszanych obudowach, wiotkich elementach, osłonach przewietrzników silników elektrycznych itp.
- Należy upewnić się czy otoczenie nie wnosi istotnego wkładu do obserwowanych drgań maszyny – może okazać się konieczny pomiar drgań otoczenia przy wyłączonej maszynie.
- Bardzo ważny jest prawidłowy montaż czujników – sposób montażu wpływa bezpośrednio na wskazania przyrządów pomiarowych.
- Należy zapewnić prawidłowy kontakt powierzchni czołowej czujnika w miejscu montażowym poprzez: przygotowanie płaskiej powierzchni montażowej i oczyszczenie z powłoki lakierniczej i zanieczyszczeń.
- Kable czujnikowe należy prowadzić z dala od urządzeń zakłócających, szczególnie kabli energetycznych wysokich mocy oraz falowników.

Wojciech Pozłutko
Inżynier sprzedaży VIMS

VIMS VS-4 lub z wyjściem podstawowych parametrów drganiowych, np. moduły dwuwyjściowe, które z jednego kanału czujnikowego udostępniają 2 sygnały do układu DCS/PLC/SCADA (Vrms oraz stan łożysk gE). Maszyny pozostałe objęte są pomiarami obchodowymi – raz na miesiąc, raz na kwartał.

Co ważne, jak podkreśla Wojciech Pozłutko, *wbrew pozorom system monitorowania on-line może okazać się tańszy niż pomiary obchodowe. Pamiętajmy, że pomiary obchodowe wykonuje człowiek, który musi posiadać odpowiedni sprzęt, szkolenia i poświecić na nie czas. Dodatkowo wiele analiz w prawidłowo skonfigurowanym systemie odbywa się automatycznie. Niebagatelne znaczenie ma również kwestia bezpieczeństwa – diagnosta porusza się po instalacjach, wśród maszyn o mocach nierzadko przekraczających 1 MW, a jego paca polega na przykładaniu czujnika do opraw łożyskowych tych maszyn, bezpośrednio przy elementach wirujących, a awarie katastrofalne czasem się zdarzają.*

Jakie mierniki warto stosować?

– *Wskazane jest aby oprzyrządowanie, czujniki, monitory i oprogramowania były wyprodukowane przez jednego producenta lub były kompatybilne oraz miały podobne możliwości i niezawodność działania* – twierdzi Marek Rzepiela. – *Sprzęt pomiarowy powinien zapewniać pomiar wartości skutecznej drgań w szerokim paśmie z płaską charakterystyką w zakresie częstotliwości od przynajmniej 10 Hz do 1000 Hz. Jednakże dla maszyn o prędkościach obrotowych wału zbliżonych do 600 obr/min lub mniejszych od 600 obr./min dolna granica charakterystyki częstotliwości o płaskim przebiegu, nie powinna być większa od 2 Hz. Dla maszyn wysokoobrotowych oraz na których występują wyższe częstotliwości drgań, łopatkowe i zazębienia górna granica częstotliwości nie powinna być mniejsza od 2500 Hz.*

Źródło: VIMS

Źródło: BT Automatyka

Samodzielnie czy w outsourcingu?

Pomiary drgań można wykonywać przez przeszkolony personel zakładowy lub zlecić to wyspecjalizowanej firmie. Każda z tych opcji ma wady i zalety. Z pewnością dostępnosć własnego pracownika jest większa niż pracownika z firmy usługowej, z drugiej strony tego typu pomiary wykonuje się zgodnie z założonym harmonogramem, a nie ad hoc.

– *Pomiarów można nauczyć się samodzielnie, ale może to być długotrwała droga, okupiona wieloma błędami* – mówi Wojciech Pozłutko. – *Najlepiej skorzystać z fachowych szkoleń diagnostycznych, a jeszcze lepiej korzystać z wymiany doświadczeń z innymi diagnostami. Wyspecjalizowane firmy, świadczące pomiary diagnostyczne, są rozwiązaniem problemu pomiarów w zakładach. Trzeba jednak pamiętać, aby korzystać z usług jedynie faktycznie wyspecjalizowanych firm, które w raporcie diagnostycznym wskażą na podstawie zarejestrowanych pomiarów faktyczny stan maszyny i zalecenia co do ich eksploatacji. Człowiek z miernikiem drgań zakupionym w sklepie internetowym nie jest jeszcze diagnostą. Spotyka się takie „firmy" które przedstawiają raport ze stwierdzeniem „drgania są niskie" lub „drgania są wysokie". Diagnosta jest trochę jak lekarz – samo wykonanie pomiarów, to jak zrobienie pacjentowi EKG, a interpretacja zarejestrowanych pomiarów to jak diagnoza o stanie pacjenta i zalecenia.*

Jest wiele firm na rynku oferujących przyrządy pomiarowe oraz oprogramowanie do akwizycji danych, współpracujące z przenośnymi miernikami do pomiarów drgań, programy do wizualizacji drgań, do analizy. Są także firmy świadczące usługi pomiarowe na rzecz zakładów. Ofertę związaną z usługami, miernikami oraz czujnikami mają firmy takie jak: Albeco, Alitec, AMC VIBRO, Bilfinger Industrial Services, Brüel & Kjær Polska, BT-AUTOMATYKA, EC Systems, ELTUR-SERWIS, EMT-Systems, ENVIBRA, Hansford Sensors, I-care, KAMTRO, MARAT, MBJ electronics, Partner Serwis, POLIDIAG, PRUFTECHNIK WIBREM, SENSOR, TEROLLING POLSKA, VIBROPOMIAR , ViDiSY, VIMS, Wibroakustyka Maszyn, Zakład Diagnostyki Wibracyjnej i Wyrównoważania Wirników DIAGMAK, Zakład Obsługi Technicznej Hydromech, ZEC DIAGPOM. ■

alitec
drgania.com.pl

mVIBE

CZUJNIK DRGAŃ

Kompaktowy i bezprzewodowy

9 wysokiej klasy czujników

Bezprzewodowa komunikacja **WIFI**

Klasa ochrony **IP65**

Pojemny akumulator **do 8 godzin** ciągłej pracy

Mocowanie złączem **M6** magnetyczne i przez dotyk

Pomiar drgań elemntów maszyn i konstrukcji budowlanych
Wbudowany kreator oceny stanu maszyn w oparciu o normy
Prezentacja poziomu przebiegu czasowego i widma drgań
Zapis wyników w plikach tekstowych i graficznych

oprogramowanie dostępne w Google play