

Monitorowanie stanu za pomocą inteligentnych napędów

Ewolucja **przemysłowych systemów automatyki**

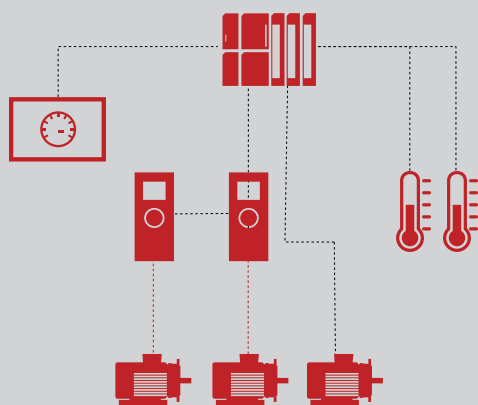
Na początku tego tysiąclecia byliśmy świadkami głębokiej zmiany w technologii, która zapoczątkowała zupełnie nowy sposób pracy w świecie cyfrowym. To czwarta rewolucja przemysłowa. Pierwsza rewolucja przemysłowa, która nastąpiła w 18-tym i 19-tym wieku, była rewolucją mechaniczną zapoczątkowaną przez wynalezienie silnika parowego. Pod koniec 19-tego i na początku 20-tego wieku rozwinęła się druga rewolucja przemysłowa w wyniku zaadaptowania masowej produkcji, elektryfikacji i zmian komunikacji. Okres ten jest znany również jako Rewolucja Elektryczna. Pod koniec 20-tego wieku nastąpiła trzecia rewolucja przemysłowa, która przyniosła korzyści z zastosowania półprzewodników, komputeryzacji i internetu. Okres ten jest znany również jako Rewolucja Cyfrowa.

Czwarta rewolucja przemysłowa nastąpiła w wyniku połączenia komputerów, ludzi i urządzeń z siecią w celu umożliwienia wymiany danych i uczenia maszynowego. Pomimo iż pojęcie „Przemysł 4.0” jest dość mgliste, można go zdefiniować jako inteligentne tworzenie sieci ludzi, urządzeń oraz integrowanie systemów poprzez wykorzystanie wszystkich możliwości cyfryzacji w całym łańcuchu.

Trendy w **Systemach automatyki Przemysłu 4.0**

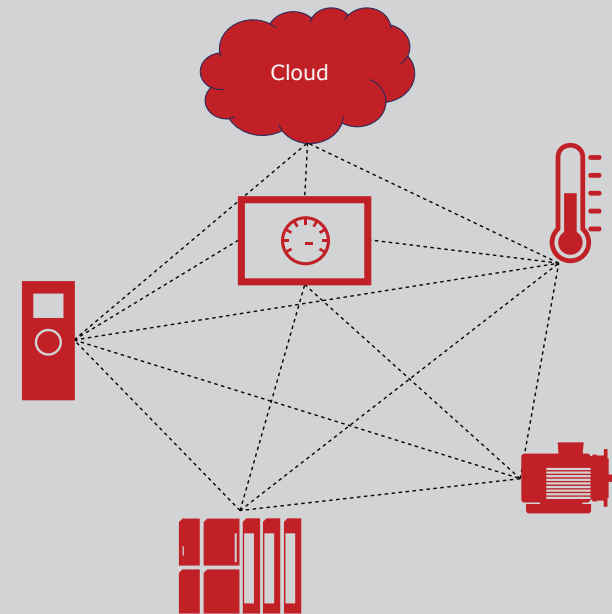
Wpływ Przemysłu 4.0 na systemy silników oznacza migrację z „piramidy automatyki” do „systemów sieciowych”. Oznacza to, że różnorodne elementy tego systemu, takie jak silniki, przetwornice, czujniki i elementy sterowania są połączone ze sobą i z chmurą — centrum danych, w którym dane są przechowywane, przetwarzane, analizowane i gdzie są podejmowane decyzje.

Ilustracja: Piramida automatyki





Ilustracja: Sieć automatyki



W sieci automatyki ilość danych jest wydatna. Ponieważ dane pochodzą głównie z czujników, liczba czujników w nowoczesnych systemach automatyki rośnie. Silniki i maszyny z napędem, takie jak wentylatory, pompy i przenośniki nie są najbardziej oczywistymi uczestnikami sieci danych. Dlatego konieczne są czujniki, aby pozyskać dane z tych maszyn. Czujniki te są połączone z siecią danych, która wykorzystuje te dane na różne sposoby. Dodatkowe koszty czujników i łączności są często postrzegane jako bariera przy wprowadzaniu systemu zaawansowanego monitoringu stanu.

Nowoczesne przetwornice o zm. prędkości obr. otwierają nowe możliwości w sieci automatyki Przemysł 4.0. Tradycyjnie przetwornice były uważane za procesory mocy do sterowania prędkością obrotową silnika. Obecnie przetwornice również są częścią łańcucha informacyjnego, wykorzystując własną moc obliczeniową, zdolność magazynowania i interfejs komunikacyjny zintegrowany w przetwornicy.

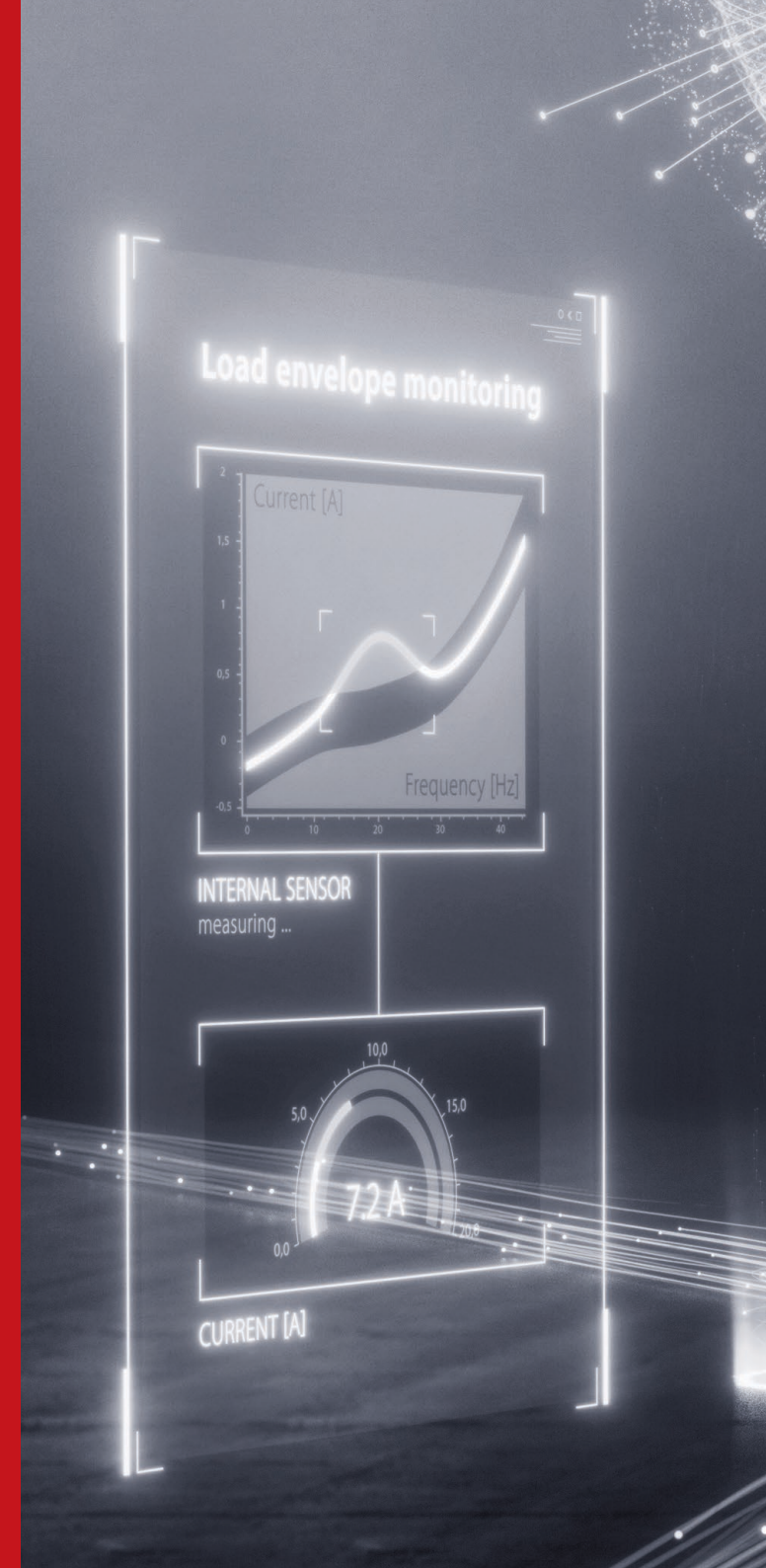
Co to jest inteligentna przetwornica?

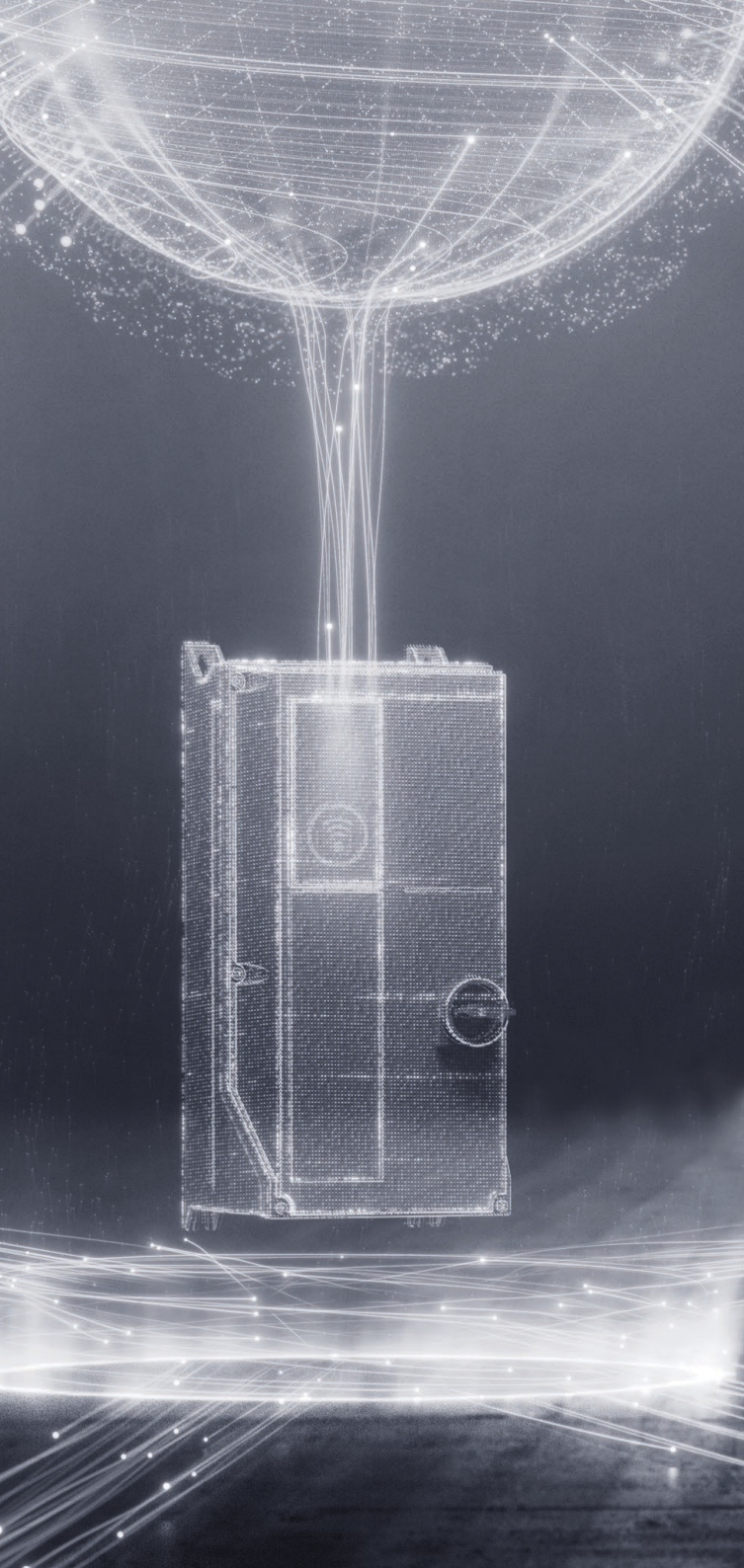
W sieci Przemysł 4.0 przetwornica odgrywa ważną rolę i pozwala na stosowanie następujących funkcji:

- **Bezpieczna łączność:** Przetwornica ta może się łączyć z innymi elementami w sposób bezpieczny. Inne elementy w tej sieci mogą obejmować przetwornice, sterowniki PLC, czujniki i chmurę.
- **Inteligentna przetwornica pełni rolę czujnika:** Przetwornica wykorzystuje analizę prądu silnika i sygnatury napięcia w celu wykrycia wydajności silnika i aplikacji.
- **Inteligentna przetwornica pełni rolę koncentratora czujnika:** Przetwornica pobiera dane z czujników zewnętrznych powiązanych z procesem, który jest przez nią kontrolowany.
- **Inteligentna przetwornica pełni rolę sterownika:** Przetwornica może zastąpić sterownik PLC, jeżeli pozwalają na to ograniczenia związane z aplikacją.
- **Koncepcja korzystania z własnego urządzenia:** Bezpośrednia łączność z urządzeniami przenośnymi (smartfon, tablet).

Informacje z przetwornicy można zidentyfikować w następujący sposób:

- **Sygnały chwilowe:** Sygnały, które są bezpośrednio mierzone przez przetwornicę za pomocą wbudowanych czujników. Dane takie jak prąd silnika, napięcie, temperatura przetwornicy i ich pochodne, takie jak moc uzyskana poprzez pomnożenie prądu przez napięcie lub moment obrotowy silnika. Co więcej przetwornica ta może pełnić rolę koncentratora, do którego można podłączyć czujniki zewnętrzne dostarczające sygnały chwilowe.
- **Sygnały przetwarzane:** Sygnały, które są wyliczane na podstawie sygnałów chwilowych. Na przykład rozkład statystyczny (wartości maksymalna, minimalna, średnia i odchylenie standardowe), analiza domeny częstotliwościowej lub wskaźniki profilu misji.
- **Sygnały analityki:** Sygnały, które mogą dostarczyć wskaźników dotyczących stanu przetwornicy, silnika i aplikacji. Sygnały te służą do inicjowania konserwacji lub prowadzą do usprawnień projektowych systemu.





Techniki analizy sygnatury prądu silnika pozwalają tej przetwornicy monitorować stan silnika i aplikacji. Technika ta pozwala na potencjalne wyeliminowanie czujników fizycznych lub pozyskanie wczesnych sygnatur usterki, których wykrycie mogło być niemożliwe. Na przykład przy użyciu tej techniki możliwe jest wcześniejsze wykrycie usterek uzwojenia lub niewspółśrodkowości obciążenia mechanicznego.

Koncepcja przetwornicy pełniącej rolę koncentratora czujników umożliwia podłączenie czujników zewnętrznych do przetwornicy, dzięki czemu nie jest potrzebna bramka do podłączenia czujnika fizycznego do sieci danych. Do tej przetwornicy można na przykład podłączyć czujniki wibracji, ciśnienia i temperatury. Korzyść wynikająca z tej koncepcji jest związana nie tylko z kosztami, ale również umożliwia korelację danych czujnika z różnymi typami danych występujących w tej przetwornicy. Oczywistym przykładem jest korelacja poziomu wibracji z czujnika zewnętrznego z prędkością obrotową silnika, ponieważ wibracje są zależne od prędkości.

Konserwacja **bazująca na ocenie stanu**

Poniżej przedstawiono różne rodzaje strategii konserwacji:

- **Konserwacja korygująca:** Produkt jest wymieniany po usterce.
- **Konserwacja zapobiegawcza:** Produkt jest wymieniany przed wystąpieniem usterki, ale żadne powiadomienia nie są odbierane z produktu.
- **Konserwacja bazująca na ocenie stanu:** Produkt przesyła ostrzeżenie, gdy aktualna żywotność produktu różni się od oczekiwanej oraz są identyfikowane możliwe przyczyny źródłowe.
- **Konserwacja predyktywna:** Produkt przesyła ostrzeżenie zanim osiągnie swoją projektową ilość godzin pracy, aby zainicjować działanie serwisowe.

Dlaczego **potrzebna jest konserwacja bazująca na ocenie stanu?**

Konserwacja korygująca i zapobiegawcza są oparte na usterce (zdarzeniu) lub czasie. Z tego względu konserwacja jest wykonywana w razie usterki(ek) (korygująca) lub po upływie ustalonej liczby godzin pracy (zapobiegawcza). Te typy konserwacji nie korzystają z żadnej informacji zwrotnej z rzeczywistej aplikacji.

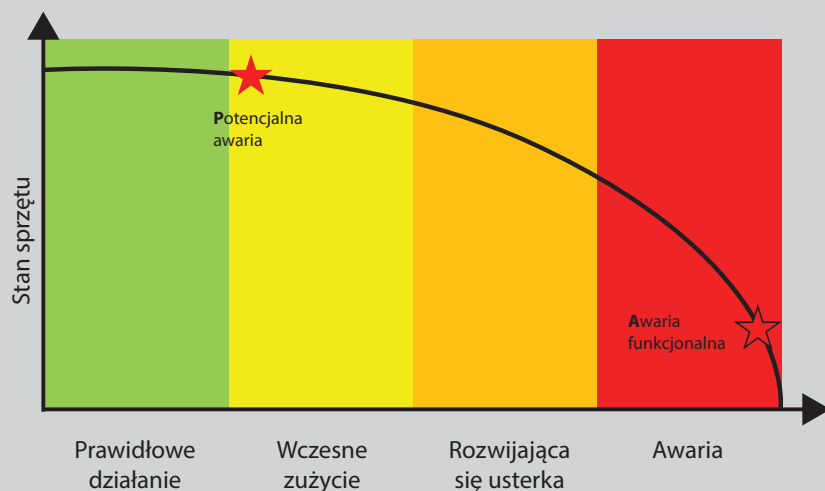
Dzięki wprowadzeniu Przemysłu 4.0 i dostępności danych z czujnika, możliwa jest teraz konserwacja bazująca na ocenie stanu i predyktywna. Takie strategie konserwacji wykorzystują bieżące dane z czujnika do określenia stanu sprzętu będącego w eksploatacji (konserwacja bazująca na ocenie stanu) lub do przewidywania przyszłych usterek (konserwacja predyktywna).

Konserwacja bazująca na ocenie stanu

Omówienie oraz korzyści

Konserwacja bazująca na ocenie stanu to najłatwiejsza i najbardziej intuicyjna technika konserwacji w oparciu o dane z rzeczywistej aplikacji. Pozyskane dane są używane do monitorowania stanu sprzętu będącego w eksploatacji. Do tego celu wybierane są kluczowe parametry, które pełnią rolę wskaźników pozwalających identyfikować tworzące się usterki. Stan sprzętu na ogół degraduje się wraz z upływem czasu. Jest to zilustrowane na wykresie P-f, który pokazuje typowy wzorec degradacji. Awaria funkcjonalna ma miejsce, gdy sprzęt nie jest w stanie wykonać funkcji, do której jest przeznaczony. Ideą konserwacji bazującej na ocenie stanu jest wykrywanie potencjalnej usterki zanim ona nastąpi.

Ilustracja: Wykres P-f przedstawiający typowy wzorec degradacji



W takim przypadku planowanie działań konserwacyjnych zapewnia wiele korzyści, takich jak:

- Ograniczenie przestoju
- Eliminacja nieoczekiwanych przerw produkcji
- Optymalizacja konserwacji
- Zredukowanie magazynu części zamiennych



Funkcje monitorowania stanu dla przetwornic o zmiennej prędkości

Integralną częścią konserwacji bazującej na ocenie stanu jest monitoring stanu sprzętu. W aplikacjach o zmiennej prędkości stan aplikacji często zależy od prędkości. Na przykład poziomy wibracji są wyższe przy większych prędkościach, jednakże ta zależność nie jest liniowa. Co więcej, przy pewnych prędkościach mogą wystąpić drgania rezonansowe, które następnie zanikają po zwiększeniu prędkości.

Użycie niezależnego systemu do monitorowania stanu aplikacji o zmiennej prędkości jest skomplikowane, ponieważ wymaga znajomości prędkości i zestawienia wartości monitorowanej z prędkością. Użycie przetwornic do monitorowania stanu („przetwornicy jako czujnika” lub „przetwornicy jako koncentratora czujnika”) jest rozwiązaniem korzystnym, ponieważ informacja na temat prędkości aplikacji jest już dostępna w tej przetwornicy. Dodatkowo w tej przetwornicy są dostępne informacje dotyczące obciążenia/momentu obrotowego silnika oraz przyspieszenia.

Monitorowanie stanu wykorzystuje **procedurę składającą się z trzech kroków:**

1. Ustanowienie wartości bazowej
2. Zdefiniowanie wartości granicznych
3. Wykonanie monitoringu

Ustanowienie **wartości bazowej**

Pierwszym ważnym krokiem do uzyskania efektywnego systemu monitoringu jest określenie i zdefiniowanie normalnych warunków roboczych. Ustanowienie wartości bazowej oznacza zdefiniowanie normalnego stanu roboczego dla danej aplikacji, który jest zwany wartością bazową. Istnieje kilka sposobów na określenie wartości bazowych.

Ręczna wartość bazowa: Gdy wartości bazowe są definiowane na podstawie wcześniejszego doświadczenia i znane wartości są programowane w przetwornicy.

Bieg wartości bazowej: Wartość bazowa jest określana podczas uruchomienia. W tej metodzie wykonywane jest przeszukiwanie prędkości w użytecznym zakresie prędkości w celu określenia stanu w każdym punkcie prędkości. Jednakże w niektórych przypadkach podczas uruchomienia możliwe jest, że aplikacja nie będzie pracowała z pełną wydajnością lub będzie konieczny okres docierania. W takich przypadkach bieg wartości bazowej musi zostać wykonany po okresie docierania w celu odnotowania stanu roboczego, który jest możliwie najbardziej zbliżony do normalnej pracy.

Wartość bazowa online: Jest to zaawansowana metoda, która przechwytyje dane wartości bazowych podczas normalnej pracy. Jest to przydatne w sytuacjach, gdy nie da się wykonać biegu wartości bazowej, ponieważ dana aplikacja nie pozwala na sprawdzenie całego zakresu prędkości.

Po wyznaczeniu wartości bazowej, w kolejnym kroku należy określić wartości graniczne dla ostrzeżeń i alarmów. Te wartości graniczne wskazują stan aplikacji, o którym musi być powiadomiony użytkownik. Są różne sposoby na wskazywanie stanu sprzętu, a najpopularniejszym w tej branży jest status świateł ulicznych z czterema kolorami, który został opisany w specyfikacji **VDMA 24582 Neutralny punkt odniesienia magistrali komunikacyjnej dla monitoringu stanu w automatyce przemysłowej.**





Znaczenie kolorów jest następujące:

- Zielony:** Wskazuje, że sprzęt jest w dobrym stanie i pracuje efektywnie.
- Żółty:** Wskazuje ostrzeżenie stopnia 1 i oznacza, że została przekroczona pierwsza wartość graniczna. Personel konserwacji może zaplanować działania konserwacyjne.
- Pomarańczowy:** Wskazuje ostrzeżenie stopnia 2 lub stan krytyczny i oznacza, że została przekroczona druga wartość graniczna. Natychmiastowe działanie konserwacyjne musi zostać wykonane przez personel konserwacyjny.
- Czerwony:** Wskazuje alarm i oznacza, że maszyna zatrzyma się i będzie wymagała konserwacji korekcyjnej.

Określanie wartości granicznych dla **ostrzeżeń i alarmów**

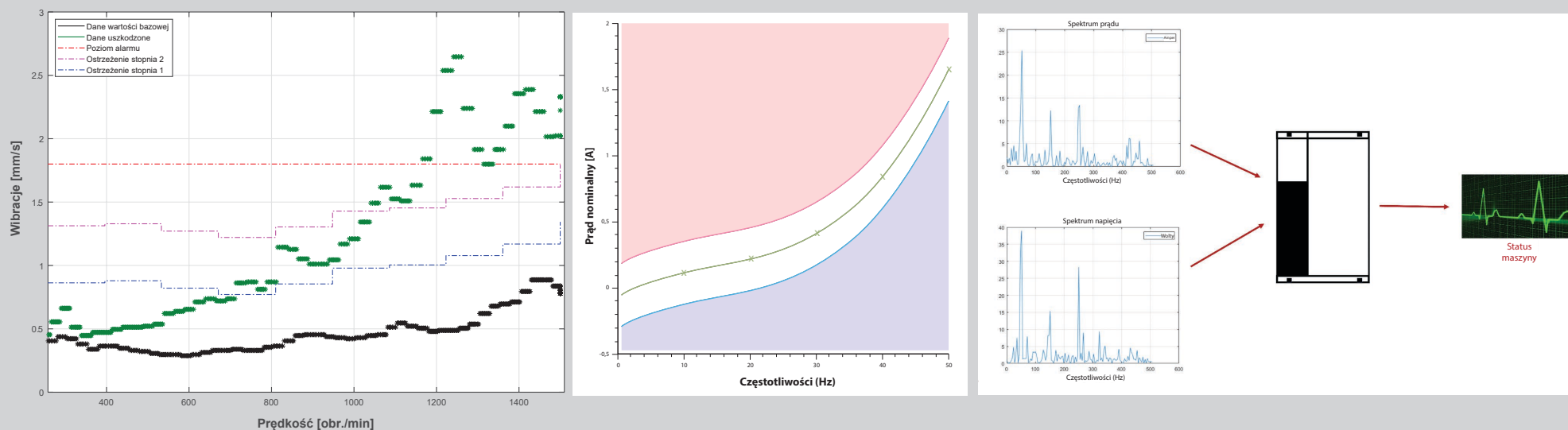
Poniższe metody są używane do określania wartości granicznych:

- Bezwzględne:** Jest to powszechna metoda, gdy wartości danego sprzętu są już znane. Ta wartość graniczna jest stała i nie zależy od zmierzonej wartości bazowej. Na przykład operator zna bezwzględną wartość graniczną dla danego sprzętu i jest ona ustawiana jako próg alarmu. W przypadku monitoringu wibracji, wartości graniczne określone w normie, takiej jak ISO 10816/20816 mogą być użyte jako bezwzględne wartości dla progów alarmowych.
- Przesunięcie:** Ta metoda ustawiania wartości granicznych wymaga zrozumienia aplikacji i wartości bazowych. Taka wartość graniczna jest zależna od wartości bazowej, dla której użytkownik wybiera przesunięcie. Ryzyko w takim przypadku wiąże się z ustawieniem bardzo niskiej lub bardzo wysokiej wartości, co prowadzi do wyników fałszywie pozytywnych. Niewłaściwe ustawienia mogą powodować niereagujący monitoring, nawet w razie usterek.
- Współczynnik:** Ta metoda jest łatwiejsza w użyciu niż przesunięcie, ponieważ nie wymaga aż takiego zrozumienia aplikacji. Wartość graniczna jest zależna od wartości bazowej, która jest mnożona przez współczynnik. Na przykład wartość graniczna może wynosić 150% wartości bazowej. Ryzyko w takim przypadku wiąże się z ustawieniem bardzo wysokiej wartości granicznej.

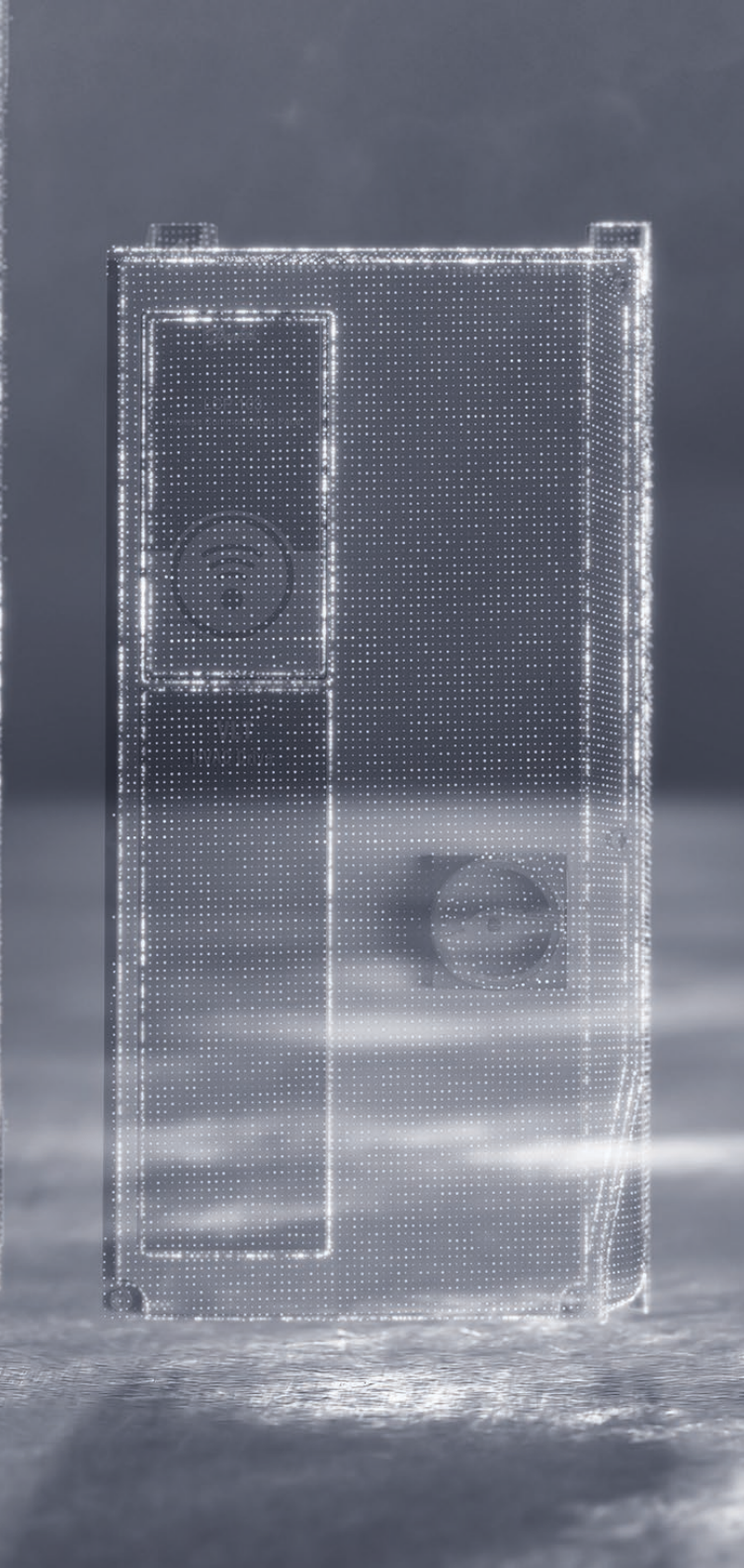
Monitorowanie

Monitorowanie jest realizowane poprzez ciągłe porównywanie z wartościami granicznymi. Podczas normalnej pracy aktualne wartości są porównywane z wartością graniczną. Gdy monitorowane parametry będą przekraczały wartość graniczną przez wstępnie zdefiniowany okres czasu, zostanie aktywowane ostrzeżenie lub alarm. Timer pełni rolę filtra, tak aby krótkotrwałe przekroczenia nie powodowały aktywacji ostrzeżeń lub alarmów.

Ilustracja: Techniki monitorowania bazującego na ocenie stanu



Rzeczywiste wartości monitorowane mogą być odczytywane przez przetwornice za pośrednictwem LCP, magistrali komunikacyjnej lub komunikacji IoT. Dodatkowo można skonfigurować wyjścia cyfrowe, tak aby reagowały na określone ostrzeżenia i alarmy. Niektóre przetwornice mają wbudowany serwer internetowy, który może również być używany do odczytywania stanu.



Wnioski

Obecnie przetwornice są więcej niż tylko prostym procesorem mocy. Dzięki możliwości pracy w roli czujników i koncentratorów czujników w celu przetwarzania, magazynowania i analizowania danych oraz możliwości komunikacji, przetwornice są kluczowym elementem nowoczesnych systemów automatyki.

Przetwornice często są już obecne w instalacjach automatyki i z tego powodu stanowią doskonałą możliwość modernizacji do Przemysłu 4.0.

Pozwala to na nowe sposoby realizowania konserwacji, takie jak konserwacja bazująca na ocenie stanu. Te funkcje są już dostępne w niektórych przetwornicach i osoby lubiące wszelkie nowinki technologiczne już zaczęły używać przetwornicy jako czujnika.

Aby dowiedzieć się więcej, odwiedź stronę **danfoss.pl**