Diagnostyka przekładni zębatych

Od diagnostyki oczekuje się możliwości zgromadzenia danych pozwalających określić działania korygujące. Tym sposobem nie tylko eliminuje się zagrożenia ale i określa zakres prac oraz potrzebne części zamienne. Wszystko po to aby wyeliminować awarie a co za tym idzie przestoje linii produkcyjnych.

Damian Żabicki

Najczęstsze usterki, jakie mogą wystąpić w przekładni zębatej, to przede wszystkim nieszczelności. Bardzo często dochodzi do nich w efekcie uszkodzenia pierścieni uszczelniających, awarii sprzęgła, uszkodzenia łożysk tocznych, pęknięć i zużyć wałów, a także pęknięć i wyłamań zębów. Diagnostyka przekładni obejmuje przede wszystkim zbieranie i analizę sygnałów drganiowych, pomiar temperatury oraz analizę produktów powstających w efekcie tarcia i uszkodzenia, gromadzących się w oleju przekładniowym.

Przed rozpoczęciem prac związanych z diagnostyką przekładni zębatej należy w pierwszej kolejności zgromadzić informacje na jej temat. Chodzi tu przede wszystkim o dokumentację techniczną, łącznie ze schematem kinematycznym napędu.

Ważna jest liczba zębów w odniesieniu do poszczególnych stopni przekładni oraz typ łożysk zastosowanych na wałach przekładniowych. Istotną rolę odgrywają informacje o zastosowanych sprzęgłach. Należy również sprawdzić parametry takie jak prędkość obrotowa wejścia lub wyjścia przekładni.

Analiza cząstek metalicznych w oleju przekładniowym

Analizując cząstki metaliczne znajdujące się w oleju można ocenić zużycie elementów przekładni zębatej. Ważna jest tutaj spektroskopia będąca techniką jakościową i ilościową oceny cząstek w oleju. Tym sposobem można wykryć niewłaściwy wzrost cząstek metali jakie pochodzą ze zużycia, uszkodzenia czy rozlegulowania łożysk ślizgowych wraz z ich elementami mocującymi. Diagnozuje się wszelkie tarcia i zużycia w przekładni.

Diagnostyka drganiowa

Diagnostyka drganiowa jest dobrym narzędziem do wykrywania przyczyn wysokich wartości wibracji. Ponadto określa się czas w jakim przekładnia przez jaki przekładnia może być bezpiecznie eksploatowana.

Diagnostykę drganiową bardzo często stosuje się na potrzeby wykrywania usterek przekładni zębatych poprzez analizę widma drgań. Jest ono przetworzeniem przebiegu czasowego wibracji w spektrum częstotliwości. W efekcie sygnał jaki wytwarza maszyna dzielony jest na poszczególne elementy składowe. Uwzględniając budowę maszyny wraz z jej podstawowymi parametrami ruchowymi można przypisać poszczególne elementy do składowych widma drgań.

W odniesieniu do przekładni zębatych mierzy się przyspieszenie drgań, a także ich prędkość oraz przebiegi czasowe wibracji. Na etapie ogólnej oceny stanu technicznego przekładni zwraca się uwagę na wartość skuteczną (RMS) prędkości drgań. To właśnie ten parametr pozwala ocenić energię niszczącą.

Przyrządy diagnostyczne używane do diagnostyki drganiowej obejmują zarówno proste testery jak i kompleksowe mierniki z funkcjami analitycznymi. Prostsze przyrządy najczęściej znajdują zastosowanie przy szybkim sprawdzaniu maszyn wirujących. Ważna jest ich łatwa obsługa i ergonomia pracy. W wielu testerach przewidziano funkcję automatycznego porównywania wyników pomiarów z wymaganiami wynikającymi z odpowiednich norm technicznych. Użytkownik ma do dyspozycji duży, czytelny wyświetlacz. Istotną rolę odgrywa możliwość pomiaru obwiedni przyspieszenia oraz pomiar temperatury.

Oferowane na rynku przyrządy używane w diagnostyce drganiowej cechują się przede wszystkim elastycznością. Stąd też jest możliwa praca przy użyciu standardowych akcelerometrów 100 mV/g ICP. Jednak w razie potrzeby można zastosować czujniki zewnętrzne, co szczególnie sprawdzi się w miejscach o ograniczonym dostępie. Specjalne przyrządy są oferowane pod kątem pracy w miejscach narażonych na działanie trudnych warunków środowiskowych.

Termowizja

Diagnostyka termowizyjna jest bardzo często stosowana przy ocenie stanu technicznego mechanizmów napędowych. Kontroli poddaje się chociażby stan zazębienia zębów przekładni otwartej. Termogram zębów zębnika i wieńca zębatego napędu stanowi dobre źródło informacji o miejscach, gdzie występują podwyższone naciski lub zwiększone poślizgi. Jak wiadomo w takim przypadku dochodzi do przyspieszonego zużycia zębów w efekcie nadmiernych naprężeń kontaktowych. Skutkiem może być również ścieranie się powierzchni elementów, które współpracują.

Przeprowadzając badanie termograficzne należy pamiętać, że część rejestrowanych temperatur to

tzw. pozorna temperatura odbita. Odbicia mogą być przyczyną błędnej oceny temperatury. Dla prawidłowej oceny temperatury jest konieczne zdefiniowanie odniesienia do wzorców emisyjności i odbicia. Wynika to z tego, że obie te wartości nie są obliczane w sposób automatyczny. Najczęściej jako ciało o znanej emisyjności zastosowanie znajduje czarna taśma samoprzylepna, natomiast odbicie określa się na podstawie błyszczącej folii aluminiowej. Definiując parametry w tym zakresie warto sięgnąć do normy ISO 18434-1.

Do wstępnej analizy termowizyjnej nie potrzeba wyrafinowanych narzędzi – wystarczą miniaturowe kamery – przystawki do smartfonów lub kamery kwalifikowane jako kieszonkowe (np. FLIR C2 lub C3).

Niesprawności przekładni zębatych

O stanie technicznym przekładni zębatej decyduje przynajmniej kilka czynników. Jest to przede wszystkim jakość zastosowanych materiałów, cechy konstrukcyjne, a także precyzja montażu i sposób użytkowania przekładni. Wszystkie te grupy czynników składają się na ewentualne uszkodzenia poszczególnych elementów konstrukcyjnych przekładni, czyli łożysk, sprzęgieł, kół zębatych czy środka smarnego. Należy pamiętać, że w przypadku uszkodzeń kół zębatych duży wpływ mają procesy trybologiczne powstające przy toczeniu z poślizgiem. Dochodzi zatem do zjawisk takich zużycie zmęczeniowe, zużycie ścierne, a także zacieranie czy zużycie odkształceniowe. Tarcie stanowi częstą przyczynę uszkodzeń uszczelnień wałów przekładni. Prowadzi do wycieków oraz przedostawania się zanieczyszczeń do wnętrza przekładni.

Projektowanie ścieżki diagnostycznej

Ścieżki kontroli powinny być opracowane z myślą o konkretnej maszynie i określonej metodzie diagnostycznej. Np. w przypadku wibrodiagnostyki w pierwszej kolejności należy ustalić zakres czynności przygotowawczych. Przede wszystkim obejmują one analizę techniczną urządzeń, a także przygotowanie odpowiedniej bazy komputerowej. Kluczowe miejsce zajmuje przystosowanie i przygotowanie właściwych urządzeń pomiarowych. Przed rozpoczęciem pomiarów analizuje się dokumentację techniczną badanej maszyny. Jeżeli diagnostyce poddaje się kilka urządzeń to trzeba podzielić je na grupy uwzględniając typ i odpowiedzialność maszyny. Ważne jest aby poszczególnym urządzeniom przypisać charakterystyki techniczne w oparciu o dokumentację i oględziny. Np. w przypadku diagnostyki wykorzystującej analizę drgań trzeba zdefiniować zakres pomiaru (np. sumaryczny pomiar drgań łożysk, parametry stanu łożyska tocznego, współczynnik kawitacji, obroty, temperaturę, itp.) oraz progowe wartości kwalifikujące stan techniczny urządzenia. Nie można zapomnieć o opracowaniu mapy punktów pomiarowych oraz wyznaczeniu optymalnych ścieżek diagnostycznych. Bardzo często tworzy się bazę komputerową zawierającą mapę urządzeń i punktów pomiarowych wraz z charakterystykami technicznymi obejmującymi m. in. obroty, oznaczenia katalogowe łożysk, liczby zębów przekładni, liczby łopatek pomp i wentylatorów itp.

Następny etap obejmuje przygotowanie urządzeń poprzez zapewnienie właściwych warunków pomiaru i ich powtarzalności w poszczególnych punktach. Ma to wpływ na wiarygodność uzyskiwanych wyników pomiarów i ich analizowanie.

Wynikiem przeprowadzenia niemal każdej ścieżki diagnostycznej jest podjęcie działań korygujących. Dane wejściowe do ich zaprojektowania powinny określić stanu urządzenia oraz przyczyny powstałych nieprawidłowości. W przypadku diagnostyki drganiowej uzyskuje się to poprzez rozszerzony pomiar oraz analizę drgań i wykonanie pomiarów dodatkowych w postaci kontroli: krzywizn wałów, bicia wirników, luzów, naciągów pokryw, szczelin dylatacyjnych łożysk tocznych, luzów między elementami stałymi i ruchomymi. Dodatkowo wykonuje się laserowo-optyczne centrowanie sprzęgieł. Warto pamiętać, że odpowiedni zestaw pomiarów jest dobierany w zależności od potrzeb konkretnej aplikacji. Przykładowe działania korygujące to poprawa naciągów pokryw łożyskowych, centrowanie sprzęgieł, wyważanie układów wirujących w łożyskach własnych, przesunięcie geometryczne elementów dla usunięcia przycierania, wymiana łożysk, montaż nowych wirników, konieczność wykonania generalnego remontu.

Prace związane z diagnostyką powinno kończyć sprawozdanie zawierające wszystkie wyniki pomiarów i analiz, a także opis podejmowanych działań korygujących. Warto podsumować efekty uzyskane dzięki diagnostyce, ocenić stan poszczególnych urządzeń wraz z odpowiednimi wnioskami i zaleceniami.

Podsumowanie

Przeprowadzając diagnostykę w oparciu o pomiar drgań ważne jest aby drgania były mierzone np. na obudowie łożysk, czyli sztywnym fragmencie przekładni. Pomiaru drgań nie należy wykonywać na elementach odpowiadających za podpieranie łożysk. Ważne jest aby pomiary wykonywać w oparciu o trzy wzajemnie prostopadłe kierunki. Dwa z nich powinny znajdować się w płaszczyźnie najlepiej prostopadłej do osi obrotu kół zębatych. Ponadto pomiary wykonuje się uwzględniając wszystkie miejsca łożyskowania przekładni.

Cenną informacją o przekładni zębatej jest jej temperatura. Pomiar temperatury odbywa się przy użyciu pirometrów lub kamer termowizyjnych. Jeżeli mierzona jest temperatura punktu lub małej powierzchni to najczęściej wykorzystuje się do tego pirometry. Trzeba pamiętać, że badanie za pomocą pirometru może być czasochłonne bowiem trzeba przeprowadzić dużą liczbę pomiarów. Wygodniejsza przy tego typu pomiarach jest kamera termowizyjna dzięki której można wykonać dużą liczbę pomiarów przy użyciu jednego przycisku. Wynikiem takiej analizy jest termogram obejmujący rozkład temperatury z naniesionymi punktami gorącymi i zimnymi. ■

Diagnostyka termowizyjna jest bardzo często stosowana przy ocenie stanu technicznego mechanizmów napędowych