PUBLIKACJA SPECJALISTYCZNA

UTRZYMANIE RUCHU

ISSN 2083-6651

4/2019

Elamed MEDIA GROUP

DODATEK SPECJALNY

MECHANIKA

ULTRADŹWIĘKOWA DIAGNOSTYKA INSTALACJI SPRĘŻONEGO POWIETRZA

s. 48

PARTNERZY: industrystock.pl Vitillo hydraulic components VOLZ Volz Gruppe www.volz.pl Made in Germany

PRZEMYSŁOWE METODY IDENTYFIKACJI

niesprawności pracy napędów elektrycznych

Zapewnienie ciągłości pracy silników elektrycznych decyduje o wynikach produkcji zakładów przemysłowych. Napędy elektryczne znajdują zastosowanie w liniach technologicznych, maszynach, wózkach samojezdnych, agregatach hydraulicznych, sprężarkach, narzędziach ręcznych oraz wielu innych urządzeniach technologicznych i wspomagających produkcję. W wielu przypadkach przyczynami awarii są elementy niezwiązane bezpośrednio z ustrojem elektrycznym silnika, ale z nieprawidłową konfiguracją całego układu napędowego. W artykule przedstawiono krótkie omówienie metod diagnozy silników elektrycznych oraz typowe podejścia możliwe do zastosowania w przypadkach detekcji awarii.

dr inż. Mariusz Hetmańczyk, prof. nadzw. Pol. Śl.
EMT Systems Sp. z o.o., Politechnika Śląska

Wśród niesprawności silników elektrycznych należy wyróżnić czynniki zagrażające bezpieczeństwu, życiu operatorów maszyn, jakości produktu oraz ciągłości produkcji. Nieprawidłowości występujące w fazie użytkowania zespołów napędowych można podzielić na elementy eksploatacyjne oraz proceduralne. Same awarie przyjmują charakter mechaniczny lub elektryczny. Służby utrzymania ruchu natrafiają jednak na trudności związane ze znalezieniem przyczyny na podstawie charakterystycznych objawów, co nie zawsze stanowi proste zadanie. Pierwszą istotną przeszkodą jest określenie parametrów branych pod uwagę w fazie diagnozy. Drugą jest analiza danych, która powinna doprowadzić do jednoznacznych wniosków.

Przegląd metod diagnozy silników elektrycznych

Istnieje wiele metod stosowanych do diagnostyki silników elektrycznych. Z drugiej strony diagnoza samego silnika jest rozwiązaniem połowicznym, ponieważ większość awarii jest bezpośrednim skutkiem nieprawidłowości pracy urządzeń napędzanych. Szczególnie istotne są: przeciążenia (powodujące zablokowanie elementów ruchomych napędu), rozosiowanie (prowadzące do zginania wałów wirników oraz degradacji łożysk) oraz niewyważenie elementów ruchomych.

Urządzenia rozruchowe, zabezpieczenia elektryczne oraz przetwornice częstotliwości poprawiły znacznie wskaźniki awaryjności samych silników, doprowadzając jednocześnie do dominacji awarii o charakterze mechanicznym.

Wykaz dostępnych metod, zasad oraz parametrów oceny stanu maszyn elektrycznych zawiera zbiór norm IEC 60034-(1÷31). Wymagania proceduralne związane z odpowiednim oznakowaniem maszyn elektrycznych oraz ze zgodnością zabudowy z dokumentacją są pośrednio związane z awariami (występującymi zwłaszcza w fazach uruchomienia, remontów, obsługi lub wymian osprzętu), ale stanowią niezwykle ważny czynnik. Wymogi eksploatacyjne odnoszą się do kilku grup elementów [1]:

- przewodów zasilających – kontrola poprawności zasilania faz, identyfikacja zagięć, pęknięć, przetarć izolacji,
- obudowy silnika – kompletność, zabrudzenia, pęknięcia, wycieki środków smarnych, kompletność elementów złącznych korpusu, śrub łap lub kołnierza mocującego, kontrola uszczelnień wału silnika oraz drożności otworów przewietrzników,

- osprzętu (samego silnika oraz całego układu napędowego), w szczególności wyłączników ruchu układu napędowego,
- przetwornic częstotliwości, softstarterów, układów bezpośredniego rozruchu lub przełączników gwiazda-trójkąt,
- warunków smarowania ruchomych elementów napędzanych.

Kontrola wizualna urządzeń elektrycznych należy do najczęściej stosowanych metod identyfikacji niesprawności. Służy jednak do wykrycia widocznych wad, które stanowią raczej znaczne zaniedbania w procesie eksploatacji, a ich wynik jest zazwyczaj nieodwracalny.

Metody pomiarów stykowych oraz bezstykowych temperatury są także powszechne i nie wymagają szerszego opisu. Dostępność wielu narzędzi oraz wysoka skuteczność detekcji, nawet wczesnych źródeł awarii, stanowią o wysokim stopniu użyteczności metod diagnostyki termicznej.

Pomiar drgań napędów to kolejna metoda identyfikacji oraz monitoringu rozwoju nieprawidłowości pracy silników elektrycznych, która używana może być do wykrywania niesprawności o charakterze mechanicznym, jak i elektrycznym [5].

We wszystkich przypadkach jakość i trafność diagnozy [2] zależą od czynników planowania, które powinno obejmować:

- określenie mierzonych parametrów,
- ustalenie częstotliwości pomiarów,
- określenie ścieżki pomiarowej,
- ustalenie progów do oceny stanu.

Kolejnym elementem przydatnym w fazie oceny stanu układów napędowych są pomiary parametrów elektrycznych silników napędowych.

Integracja narzędzi diagnostycznych

Automatyzacja zakładów produkcyjnych otworzyła nowe możliwości w zakresie diagnozy silników elektrycznych oraz ogólnie pojętych układów napędowych. Zastosowanie systemów rozproszonych, z centralnym sterowaniem oraz bazami danych, prowadzi do uzyskania systemów, które możemy zaklasyfikować do typu Big Data. Duża liczba dostępnych parametrów nie ułatwia przebiegu procesu diagnozy. Dlatego automatyzacji podlegają także procedury diagnostyczne, co prowadzi do powstania zintegrowanych systemów diagnostycznych umożliwiających szybkie opracowanie modelu maszyny lub linii, progów alarmowych (m.in.: silników, łożysk, wirników, przekładni zębatych, przekładni pasowych, pomp oraz wielu innych urządzeń) [3-5]. Takie podejście nie ogranicza diagnozy i prognozy stanów jedynie do samego silnika elektrycznego, ale rozszerza proces wnioskowania na cały układ napędowy oraz elementy napędzane.

Integracja obejmuje kilka podstawowych narzędzi diagnostycznych, m.in. [6]:

- doraźną analizę drgań,
- ciągłe monitorowanie maszyn i urządzeń,
- analizę drgań opartą na sieciach bezprzewodowych,
- analizę smarowania,
- termografię,
- diagnostykę parametrów elektrycznych silników,
- czynności związane z korekcją parametrów mechanicznych (tj. osiowanie laserowe oraz wyważanie dynamiczne).

Diagnostyka awarii o charakterze elektrycznym silników jest skupiona obecnie na wykrywaniu nieprawidłowości, które najszybciej dają wynik odnośnie do stanu eksploatacyjnego. Pomiary oparte są jednak na dodatkowych czujnikach strumienia pola elektromagnetycznego oraz prądu. Wśród grupy czynników rozpoznawanych w tej metodzie znajdują się: uszkodzenia prętów wirników, identyfikacja połączeń o wysokich wartościach oporności, wykrywanie pustek w wirnikach aluminiowych oraz pęknięte pierścienie końcowe spinające pręty wirnika w indukcyjnych silnikach klatkowych, brak symetrii napięcia zasilającego oraz wirnika, kontrola strumienia magnetycznego stojana i wirnika, pomiar przebiegów czasowych napięć fazowych oraz natężeń prądów zasilających. Dodatkowymi elementami systemów są możliwości wykrycia niesprawności stojanów, m.in. zwarć doziemnych uzwojeń stojana, międzyzwojowych, międzycewkowych itp.

Zaletami systemów zintegrowanych oraz zaawansowanych narzędzi diagnostycznych są:

- łatwość konfiguracji,
- możliwy jednoczesny dostęp do danych przez wielu użytkowników w jednym czasie,
- czytelne i przystępne narzędzia do diagnostyki silników,
- możliwość integracji z systemami CMMS,
- możliwość opracowania historii przebiegu pracy oraz raportowania,
- generowanie czynności korekcyjnych oraz planu napraw,
- dostępność zaawansowanych narzędzi diagnostycznych (m.in.: wykresów kaskadowych, obliczenia autokorelacji, nagrywania plików audio ▷

- oraz wideo, analiza wykresów typu Orbita, analiza charakterystyk amplitudowo-fazowych oraz widmowych).

Opisane systemy cechują się także istotnymi wadami w postaci wysokich kosztów uruchomienia, a także koniecznością zmian w sposobie myślenia pracowników. Na etapach wdrażania oraz konfiguracji wymagana jest także wiedza dotycząca klasyfikacji maszyn oraz analizy minimalnego zbioru parametrów niezbędnych do realizacji procesu diagnozy.

Pomiary i diagnostyka stanu silników elektrycznych w przypadku braku systemów zintegrowanych

W odniesieniu do silników elektrycznych powstało wiele metod pomiaru ich parametrów elektrycznych pozwalających na określenie stanu eksploatacyjnego (tab. 1) [3, 5]. Przedstawione procedury są możliwe do wykonania w stanie wyłączenia maszyn elektrycznych z ruchu lub w stanie normalnej eksploatacji. Najczęściej sposób pomiaru ma charakter okresowy, co odpowiada metodzie eksploatacji z nadzorem diagnostycznym maszyn istotnych oraz ogólnego przeznaczenia. Z drugiej strony podejście nie obejmuje procesu raportowania. Zastosowanie urządzeń pomiarowych wymaga opracowania procedur składowania danych pomiarowych w celu ciągłego budowania historii pracy maszyny.

Szybka identyfikacja niesprawności pociąga za sobą konieczność posiadania specjalistycznej wiedzy. Żadna z zaawansowanych metod pomiarowych nie działa bez odpowiedniego zaplecza w postaci doświadczenia diagnosty. ❑

Piśmiennictwo dostępne w redakcji.

Typ procedury badania silnika	Typ silnika elektrycznego		
	synchroniczny	asynchroniczny	prądu stałego
Kontrola wizualna			
Kontrola stopnia ochrony silnika			
Pomiar rezystancji uzwojeń natężeniem prądu stałego			
Wyznaczenie charakterystyk biegu jałowego			
Próba nagrzewania silnika			
Wyznaczenie charakterystyki zewnętrznej i znamionowej wartości natężenia prądu wzbudzenia			
Wyznaczenie charakterystyki mechanicznej silnika			
Sprawdzenie zasobu wzbudzenia			
Próba przeciążalności natężeniem prądu lub momentem			
Próba komutacji			
Wyznaczenie poziomu strat i sprawności			
Próba wytrzymałości mechanicznej			
Próba izolacji zwojowej silnika			
Próba izolacji głównej uzwojeń silnika			
Pomiar poziomu zakłóceń			
Pomiar wartości znamionowego napięcia wirnika silników pierścieniowych			
Pomiar natężenia prądu i wartości momentu rozruchowego			
Pomiar strat w stanie zwarcia silnika			
Wyznaczenie poziomu strat, sprawności i wartości współczynnika mocy			
Wyznaczenie reaktancji zastępczych i stałych czasowych silnika			
Wyznaczenie charakterystyki zwarcia w stanie ustalonym			
Wyznaczenie charakterystyki regulacji i obciążenia			
Wyznaczenie wartości strat obciążeniowych			
Próba wytrzymałości uzwojeń na zwarcie udarowe			

Tab. 1. Typy procedur do badania stanu napędów elektrycznych (■ – stosowane pomiary, ■ – pomiary niewykonywane)