

Norma ISO 20958:2013

By kama3 kama3
cze 5, 2025

ISO 20958:2013 określa wytyczne dotyczące technik online zalecanych do celów monitorowania stanu i diagnostyki maszyn, w oparciu o analizę sygnatury elektrycznej. ISO 20958:2013 ma zastosowanie do trójfazowych silników indukcyjnych.

ISO 20958:2013 Tekst EN

New text

Tekst EN

ISO 20958:2013 Tekst PL

4.2 Analiza prądu stojana

Analiza prądu stojana odnosi się do pomiarów prądu stojana. Jednakże, ponieważ na prąd stojana wpływają również strumienie szczeliny powietrznej i prąd wirnika, analiza prądu stojana jest w stanie wykryć problemy w wirniku i napędzanym sprzęcie.

4.2.2 Analiza widmowa

Analiza sygnatury prądu (CSA) umożliwia wykrywanie następujących problemów w silnikach indukcyjnych klatkowych i pierścieniowych, w stosownych przypadkach:

- pęknięte pręty wirnika;
- odlewane uzwojenia wirnika z dużymi pustkami wewnętrznymi;
- uszkodzone połączenia pręta z pierścieniem zwarciovym;
- pęknięte pierścienie zwarciove;
- nadmierna ekscentryczność szczeliny powietrznej;
- wady łożysk tocznych;
- rozbieżność sprzęgieł;

4.2.3 Wady klatki wirnika

Monitorowanie CSA zrewolucjonizowało wykrywanie uszkodzonych prętów wirnika i pękniętych pierścieni zwarciovych w wirnikach silników indukcyjnych klatkowych (SCI). Określone częstotliwości prądu wskazują na obecność wadliwych uzwojeń wirnika podczas normalnej pracy silnika. Wykrycie uszkodzonych prętów wirnika przez CSA można czasami potwierdzić również analizą drgań łożysk. Prąd płynący w uzwojeniu stojana nie tylko zależy od zasilania i impedancji uzwojenia stojana, ale obejmuje również prąd indukowany w uzwojeniu stojana przez pole magnetyczne z wirnika. Innymi słowy, uzwojenie stojana jest sondą lub „przetwornikiem” problemów w wirniku. Kluczową kwestią jest oddzielenie prądów, które płyną przez stojan,

aby napędzać wirnik, od prądów, które wirnik indukuje z powrotem do stojana, jeśli występuje problem. To oddzielenie jest osiągane poprzez pomiar składowych prądu na częstotliwościach innych niż częstotliwość sieciowa, przy użyciu analizatora widma częstotliwości o wysokiej rozdzielczości.

4.2.4 Monitorowanie mimośrodowości szczeliny powietrznej

Mimośrodowość szczeliny powietrznej można wykryć, identyfikując charakterystyczny wzór sygnatury prądu wynikający z nieprawidłowych poziomów mimośrodowości szczeliny powietrznej.

Doświadczenie pokazało, że częstotliwości przechodzące przez szczeliny wirnika można łatwiej wykryć w trójfazowych silnikach indukcyjnych, które nie mają skośnych szczelin wirnika. Wynika to z faktu, że skośne szczeliny wirnika zmniejszają wielkość składowych strumienia częstotliwości przechodzących przez szczeliny wirnika, a zatem siły elektromagnetyczne, co skutkuje zmniejszeniem drgań rdzenia stojana i hałasu akustycznego. Za pomocą przyrządu o szybkiej analizie Fouriera i wystarczającej rozdzielczości można wykryć te składowe częstotliwości przechodzących przez szczeliny wirnika i ich pasma boczne, a także zmierzyć ich wielkości.

4.2.5 Wykrywanie zwartych zwojów uzwojenia stojana

Wykazano, że zwarte zwoje w uzwojeniach stojana niskiego napięcia generują szereg harmonicznych prądu.

4.2.6 Monitorowanie łożysk

Łożyska toczne wytwarzają składowe prądu stojana o unikalnym zestawie częstotliwości dla konkretnego defektu. Częstotliwości te są funkcją rozmiaru łożyska oraz rodzaju i lokalizacji defektu. Częstotliwości te można monitorować pod kątem defektów w bieżni zewnętrznej łożyska, bieżni wewnętrznej łożyska i elementach tocznych.

4.2.7 Wykrywanie innych problemów mechanicznych

Zmiany w mimośrodowości szczeliny powietrznej powodują zmiany w przebiegu strumienia szczeliny powietrznej. W przypadku mimośrodowości dynamicznej położenie wirnika może się zmieniać, a wszelkie oscylacje w promieniowej długości szczeliny powietrznej powodują zmiany w strumieniu szczeliny powietrznej.

W rezultacie problemy takie jak niewspółosiowość wału/sprzęgła, zużycie łożysk ślizgowych i inne problemy mechaniczne (w tym występujące w urządzeniach napędzanych), które potencjalnie mogą skutkować zaburzeniami dynamiki wirnika, można wykryć, analizując widmo prądu.

4.2.8 Podejście wektorowe Parka

Wektor Parka to matematyczne podejście do przedstawienia trzech faz jako dwóch faz ortogonalnych, co pozwala na znacznie prostszą analizę. Może być ono wykorzystane do monitorowania prądów zasilania silnika indukcyjnego przy użyciu metody podanej w Załączniku A. To nieinwazyjne podejście zostało pomyślnie zastosowane w środowiskach przemysłowych do diagnozowania usterek trójfazowego silnika indukcyjnego, takich jak niezrównoważone napięcia zasilania, mimośrodowość szczeliny powietrznej, błędy międzyzwojowe uzwojenia stojana, rozbieżności mechaniczne, przerwy w uzwojeniu wirnika w silnikach z wirnikiem uzwojonym oraz zerwane pręty wirnika lub pierścienie końcowe w silnikach klatkowych.

Zaawansowana implementacja podejścia wektorowego Parka, znana jako rozszerzone podejście wektorowe Parka (EPVA), dodatkowo poprawia diagnostykę usterek online w eksploatacji trójfazowych silników indukcyjnych. Ta technika ma zastosowanie do silników bezpośrednio podłączonych do zasilania głównego lub zasilanych z falowników i jest również zdolna do diagnozowania usterek trójfazowych silników indukcyjnych,

gdy występują pojedynczo lub w połączeniu.

Aby odróżnić wpływ uszkodzeń wirnika od wpływu związanego z napędzaniem obciążeń zmieniających się w czasie, można zastosować podejście Parka wykorzystujące układ odniesienia synchronicznego.

4.3 Analiza prądu elektrycznego, napięcia i mocy

4.3.1 Ogólne

Oprócz prądu zasilania silnika, napięcie zasilania jest również łatwo dostępne i może dostarczyć dodatkowych informacji, które są niezbędne do analizy stanu silnika. Moc elektryczna, będąc wielkością bezpośrednio związaną z prądem i napięciem, nabiera w tym kontekście szczególnego znaczenia. Monitorowanie prądów trójfazowych, napięć zasilania fazowego i mocy pobieranej z wyłącznika obwodu silnika lub centrali sterowania silnikiem (MCC) podczas pracy i rozruchu może umożliwić wczesną identyfikację usterek związanych z uzwojeniem stojana i wirnika silnika.

4.3.2 Uruchamianie testów

Do testów wykonawczych zalicza się:

- Niezrównoważone prądy spowodowane nierównowagą impedancji lub nierównym napięciem zasilania: Ogólnie rzecz biorąc, niewielka nierównowaga napięć fazowych powoduje znacznie większą nierównowagę prądów fazowych. Wpływ niesymetrycznych napięć na wielofazowe silniki indukcyjne jest równoważny wprowadzeniu „napięcia o kolejności ujemnej” mającego obrót przeciwny do tego, który występuje w przypadku zrównoważonych napięć fazowych.
- Nierównomierne napięcie zasilania spowodowane nierównomiernym obciążeniem układu zasilania lub połączeniami o dużej rezystancji: Jak wskazano powyżej, niewielkie nierównomierne napięcie może powodować znacznie większe nierównomierne natężenie prądu.
- Monitorowanie mocy wejściowej silnika: Wzrost zużycia energii przez silnik w czasie zazwyczaj wskazuje na zmniejszenie się wydajności układu napędowego na skutek degradacji podzespołów silnika lub napędzanego sprzętu.
- Analiza harmoniczných napięć: Identyfikuje obecność harmoniczných w napięciu zasilania silnika z innych urządzeń, takich jak napędy silników o zmiennej prędkości typu przekształtnikowego. Takie harmoniczne mogą być przyczyną dodatkowych strat w silniku, które zwiększają temperaturę roboczą uzwojenia stojana.

4.3.3 Rozpoczęcie testów

Rozpoczęcie testów obejmuje następujące etapy.

- Zwiększenie czasu rozruchu silnika wskazuje na możliwe przerwy w uzwojeniu klatki wirnika i/lub zwiększa w napędzanym sprzęcie moment obrotowy spowodowany degradacją podzespołów.
- Pomiary początkowe pierwszych kilku cykli prądu i prądu aż do osiągnięcia znamionowej prędkości silnika mogą potwierdzić obecność wysokiego prądu przejściowego spowodowanego niską reaktancją podprzejściową w silnikach o wysokiej sprawności i innymi przyczynami zadziałania zabezpieczeń silnika.

4.3.4 Modelowe układy napięcia i prądu

4.4 Analiza strumienia magnetycznego

4.5 Analiza wyłączeń niezupelných

4.5.1 Zasady dotyczące wyłączeń niezupelných

4.5.2 Pomiar PD online za pomocą sprzęgaczy pojemnościowych

4.5.3 Monitorowanie wyłączeń niezupelných online za pomocą transformatorów częstotliwości radiowej

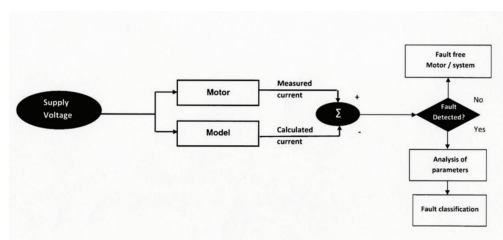
4.5.4 Wady izolacji, które można wykryć za pomocą wyłączeń niezupelných

4.6 Badanie zakłóceń elektromagnetycznych

4.7 Analiza prądu wirnika

4.8 Analiza napięcia wału

[Read more](#)



Rysunek 6 — System monitorowania napięcia i prądu oparty na modelu

4.3.4 Modelowe układy napięcia i prądu

Jest to technika wykorzystująca informacje dostępne z sygnałów prądu i napięcia we wszystkich trzech fazach jednocześnie. Systemy oparte na modelach są w stanie zidentyfikować wiele takich samych zjawisk, jakie można zaobserwować również za pomocą bardziej konwencjonalnych technik, obejmujących obszary elektryczne, mechaniczne i operacyjne.

Systemy oparte na modelach działają na liniach pokazanych na poniższym rysunku 6 i mierzą zarówno prąd, jak i napięcie, gdy silnik jest w ruchu, a następnie automatycznie tworzą matematyczny model zależności między prądem a napięciem. Poprzez zastosowanie tego modelu do zmierzonego napięcia obliczany jest modelowany prąd, który jest porównywany z rzeczywistym zmierzonym prądem. Odchylenia między zmierzonym prądem a modelowanym prądem reprezentują niedoskonałości w silniku i systemie napędzanego sprzętu, które można analizować, używając kombinacji wektora Parka w celu uproszczenia prądów trójfazowych do dwóch faz ortogonalnych (D&Q), analizy Fouriera w celu uzyskania wykresu gęstości widmowej mocy oraz algorytmicznej oceny powstałego widma w celu zidentyfikowania określonych usterek lub trybów awarii.

Te systemy są przeznaczone do stałej instalacji jako rozwiązanie do monitorowania stanu, a nie jako krótkoterminowe urządzenie pomiarowe diagnostyczne, a ich wyjścia można zintegrować z normalnymi systemami zakładu. Będąc trwale połączonymi, trendy historyczne są automatycznie rejestrowane.

Rodzaje wyników, jakie mogą tworzyć tego typu urządzenia, obejmują pojedynczy ekran, wyświetlacze świateł drogowych pokazujące ogólną pracę sprzętu, wraz z diagnozą szeregu problemów mechanicznych, elektrycznych i operacyjnych oraz wykresy trendów pokazujące, jak te parametry zmieniają się w czasie. Koncepcja tego typu urządzenia polega na tym, że może być ono używane przez zwykłych operatorów i konserwatorów zakładów bez potrzeby specjalistycznej interpretacji widm, chociaż podstawowe wykresy widmowe są dostępne, jeśli jest to wymagane.

Rodzaje usterek, które można wykryć, obejmują szereg problemów mechanicznych, takich jak niewyważenie, niewspółosiowość i problemy z łożyskami w silniku i napędzanym sprzęcie, a także problemy elektryczne, w tym awarie izolacji, luźne uzwojenia stojana, problemy z rowkami wirnika, niewyważenie prądu lub napięcia i zniekształcenia harmoniczne. Ponieważ systemy te mierzą zarówno prąd, jak i napięcie, monitorują również moc i są w stanie identyfikować problemy spowodowane nietypowymi warunkami pracy oraz identyfikować przyczyny utraty wydajności.

Ponieważ systemy oparte na modelach badają wyłącznie różnice między prądami rzeczywistymi i prognozowanymi, skutecznie filtrują wszystkie normalne sygnały elektryczne, które są tak oczywiste w konwencjonalnej analizie widmowej prądu (CSA), pozostawiając do analizy znacznie prostszy zestaw sygnałów.

Ponieważ te systemy opierają się na relacji między napięciem a prądem, dobrze radzą sobie z systemami napędzanymi falownikiem, w których napięcie wejściowe może mieć zmienną częstotliwość i może występować zaszumiony przebieg o wysokiej zawartości składowych harmonicznych. Systemy oparte na modelach skutecznie filtrują cały ten szum w sygnale napięcia z wynikowego sygnału prądu, pozostawiając jedynie podstawowe niedoskonałości.

Łatwość użytkowania i niski koszt tego typu sprzętu sprawiają, że nadaje się on do tańszego sprzętu o niższym znaczeniu.