

Modelowanie i diagnostyka łożysk tocznych stosowanych w silnikach synchronicznych z magnesami trwałymi (PMSM)

Silniki synchroniczne z magnesami trwałymi (ang. Permanent Magnet Synchronous Motors, PMSM) są aktualnie jednymi z najczęściej stosowanych silników elektrycznych ze względu na wysoką sprawność, dynamikę, niezawodność, czy niewielkie wymiary. Niestety, jak każde urządzenie mechaniczne może ulec uszkodzeniu, a uszkodzenie takie może spowodować zatrzymanie całego procesu przemysłowego i w związku z tym znaczne straty. Uszkodzenia łożysk tocznych wykorzystywanych w silnikach elektrycznych to jeden z najczęstszych defektów występujących podczas eksploatacji tych maszyn. Łożyska, zapewniające stabilną pracę silnika, umożliwiają przenoszenie siły mechanicznej wytworzonej w silniku do maszyny roboczej, pozwalają na prawidłowe funkcjonowanie elementów napędowych. Defekt tych elementów może prowadzić do wielu problemów, tj. zwiększonego hałasu, wibracji, obniżenia wydajności, a nawet poważnej awarii silnika. Ocena wspomnianych zjawisk jest możliwa dzięki analizie sygnałów diagnostycznych, jak również modelom symulacyjnym bazującym na złożonym opisie matematycznym.

Badania symulacyjne są obecnie popularnym i skutecznym narzędziem służącym analizie złożonych problemów w nauce i technice. Główną korzyścią wynikającą z ich zastosowania jest wysoka dokładność uzyskiwanych wyników oraz możliwość dynamicznej zmiany parametrów fizycznych danego modelu lub warunków pracy, bez potrzeby ponownego konstruowania modelu analizowanego zjawiska lub obiektu. Przykładami praktycznego zastosowania modelowania za pomocą metod matematycznych są problemy związane z projektowaniem maszyn elektrycznych, analizą elektromagnetyczną, jak również projekty dotyczące analizy konstrukcji w budownictwie lub mechanice. Zaprojektowane modele bazujące na metodzie elementów skończonych (MES) mogą również dostarczyć informacji o charakterystycznych cechach, które mogą być wykorzystywane w badaniach analizy uszkodzeń. Poprzez porównanie wyników modelowania i analizy wyników eksperymentalnych można uzyskać zależność pomiędzy odpowiedziami systemu a parametrami modelu, co pozwala zrozumieć mechanizm powstawania awarii. Duże znaczenie ma zatem opracowanie wiarygodnego modelu matematycznego łożyska w celu dokładnej analizy różnych rodzajów uszkodzeń i analizy przyczyn ich powstawania. Wykonanie obliczeń dla tak precyzyjnych modeli symulacyjnych wiąże się z dużymi nakładami obliczeniowymi, przewyższającymi często zdolności obliczeniowe standardowych komputerów osobistych. Z drugiej jednak strony proste modele analityczne odtwarzające jedynie przybliżone rozwiązanie układów fizycznych, mogą być obarczone błędem. Z tego powodu stosowanie informacji diagnostycznej do użytku praktycznego może przyczynić się do wydłużenia czasu wykrywania uszkodzeń lub uniemożliwić detekcję, co może prowadzić do przerw w pracy maszyn elektrycznych.

Celem projektu badawczego jest opracowanie, weryfikacja (symulacyjna i eksperymentalna), analiza działania i udoskonalenie modeli łożysk tocznych, które dostarczą bazę symptomów na potrzeby metod diagnostyki uszkodzeń PMSM. W ramach niniejszego projektu zakłada się opracowanie fizycznych modeli wybranych uszkodzeń (bieżni wewnętrznej, bieżni zewnętrznej, elementu tocznego oraz koszyka), jak również modeli komputerowych uwzględniających symulowanie uszkodzeń z wykorzystaniem modelowania analitycznego oraz modelowania 2D i 3D bazujących na metodzie elementów skończonych. Perspektywa zastosowania modeli MES na potrzeby diagnozowania uszkodzeń łożysk tocznych w silniku niesie ze sobą liczne korzyści, między innymi utworzenie modeli pozwalających na identyfikację problemów z łożyskami tocznymi na bardzo wczesnym etapie (stopniowanie uszkodzenia), co może pomóc w zaplanowaniu przestojów i wyeliminowaniu kosztownych napraw. Ponadto, rozbudowane modele pomogą w zapobieganiu przyszłym awariom, pozwalając na monitorowanie w czasie rzeczywistym pracy łożysk tocznych w silniku.

Zakres prac badawczych obejmuje analizę układu napędowego oraz sprawdzenie możliwości detekcji uszkodzeń, bazując na sygnałach pochodzących ze struktury sterowania. W tym celu wykorzystane zostaną modele numeryczne w podejściu co-symulacyjnym (równoległa praca modelu silnika wraz z uszkodzonym łożyskiem oraz modelu układu sterowania). Tak otrzymane wyniki porównane zostaną z wynikami otrzymanymi na modelach fizycznych. Kolejnym krokiem jest opracowanie systemów diagnostycznych korzystając wyłącznie z informacji otrzymanych z modeli symulacyjnych. Takie podejście umożliwi dostarczenie precyzyjnej informacji dotyczącej symptomów uszkodzeń do systemu diagnostycznego oraz daje możliwość rezygnacji z celowego uszkodzenia maszyn w celu opracowania wspomnianych symptomów diagnostycznych. Wykorzystanie modeli MES do diagnozowania uszkodzeń łożysk tocznych w silniku może przynieść wiele korzyści. Może ono pozwolić na opracowanie szybkich i skutecznych metod diagnostycznych, pozwalających uniknąć destrukcyjnych awarii maszyny i przestojów produkcyjnych.