

Katedra Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych

Wydział Elektryczny

Politechnika Wrocławska

Streszczenie rozprawy doktorskiej pt.

Analiza stabilności wybranych estymatorów prędkości silnika indukcyjnego w różnych stanach pracy napędu

W niniejszej pracy doktorskiej podjęto problematykę dotyczącą estymacji prędkości silnika indukcyjnego z wykorzystaniem estymatorów typu MRAS. Przedmiotem szczegółowych rozważań są prądowe estymatory prędkości: AFO, MRAS^{CC} i MRAS^{CV}, dla których przeprowadzona została dokładna analiza stabilności, zaproponowano metody poprawy stabilności oraz wykonano szeroki zakres badań teoretycznych, symulacyjnych i eksperymentalnych. Ponadto przedstawiona została analiza wpływu błędnej identyfikacji parametrów silnika indukcyjnego na klasyczne i zmodyfikowane wersje prądowych estymatorów prędkości typu MRAS. Dodatkowo, ze względu na współczesną, mikroprocesorową realizację układu sterowania przeprowadzona została analiza porównawcza wpływu czterech metod całkowania numerycznego na stabilność i jakość estymacji wybranego prądowego estymatora prędkości, MRAS^{CC}. Na podstawie powyższego porównania, w celu analizy zachowania wszystkich właściwości (w tym stabilności) wynikających z badań przeprowadzonych dla postaci ciągłych, przedstawione zostały wyniki badań dla dyskretnych postaci zmodyfikowanych wersji estymatora MRAS^{CC}. Rozprawa składa się z wykazu oznaczeń i skrótów stosowanych w pracy, 7 rozdziałów, spisu literatury (101 pozycji) oraz pięciu załączników.

W pierwszym rozdziale przedstawiony został przegląd metod estymacji prędkości silnika indukcyjnego wykorzystywanych w bezczujnikowych układach napędowych. Główna uwaga została poświęcona najbardziej rozpowszechnionej w literaturze grupie, czyli estymatorom wykorzystującym technikę układów adaptacyjnych, tj. estymatorom typu MRAS. Zasadnicza część tego rozdziału dotyczy prądowych estymatorów prędkości: AFO, MRAS^{CC} i MRAS^{CV}, dla których szczegółowo przedstawiono światową literaturę związaną z analizą stabilności, proponowanymi metodami poprawy stabilności i analizą wrażliwości parametrycznej wspomnianych estymatorów. Druga część tego rozdziału

poświęcona została analizie literatury dotyczącej metod dyskretyzacji, a w szczególności zagadnieniu cyfrowej realizacji estymatorów zmiennych stanu. Na podstawie przeprowadzonej w tym rozdziale analizy literatury i problemów związanych z estymatorami zmiennych stanu, przedstawione zostały: cel, tezy i zakres rozprawy.

Kolejny rozdział opisuje ideę estymatorów typu MRAS, na bazie której z wykorzystaniem teorii stabilności Lapunowa przedstawiony został szczegółowy algorytm wyznaczania mechanizmu adaptacji oraz funkcji błędu wykorzystywanej w tym mechanizmie.

W rozdziale trzecim przedstawiono zunifikowane podejście do zapisu modelu matematycznego silnika indukcyjnego i prądowych estymatorów prędkości typu MRAS.

W kolejnym rozdziale przedstawiona została analiza stabilności prądowych estymatorów prędkości typu MRAS. Pierwsza część tego rozdziału dotyczy przedstawienia krok po kroku, ogólnego algorytmu analizy stabilności estymatorów prędkości. Następnie przedstawiona została szczegółowa analiza stabilności estymatorów AFO, MRAS^{CC} i MRAS^{CV}. W kolejnej części zaprezentowane zostały szczegółowe wyprowadzenia trzech metod poprawy stabilności dla estymatorów AFO i MRAS^{CC}. Czwarta część tego rozdziału została poświęcona przedstawieniu szerokiego zakresu badań symulacyjnych i eksperymentalnych dla klasycznych i zmodyfikowanych wersji prądowych estymatorów prędkości typu MRAS, współpracujących z wektorową strukturą sterowania DRFOC w układzie otwartym i zamkniętym, w silnikowym i generatorowym zakresie pracy. Powyższa analiza podlegała nie tylko ocenie jakościowej, lecz także ilościowej (wykorzystane zostało całkowite kryterium regulacji ITAE). Ostatnia część tego rozdziału zawiera analizę literatury światowej dotyczącej stabilności pozostałych estymatorów typu MRAS. Cały rozdział zakończony został krótkim podsumowaniem.

Rozdział piąty dotyczy szczegółowej analizy wpływu błędnej identyfikacji trzech podstawowych parametrów silnika indukcyjnego: rezystancji stojana, rezystancji wirnika oraz indukcyjności głównej na stabilność i jakość estymacji klasycznych i zmodyfikowanych prądowych estymatorów prędkości typu MRAS. Zaprezentowane zostały szczegółowe badania symulacyjne, które zostały przeprowadzone zarówno w zakresie pracy silnikowej, jak i generatorowej. Dla każdego z estymatorów przedstawiono szczegółową dyskusję dotyczącą zaprezentowanych wykresów. Rozdział ten zakończony został analizą wpływu błędnej identyfikacji parametrów na pozostałe estymatory typu MRAS i krótkim podsumowaniem.

W rozdziale szóstym szczególną uwagę poświęcono cyfrowej realizacji estymatora MRAS^{CC} i jego modyfikacjom. W pierwszej części rozdziału przedstawiono dwa podejścia do dyskretyzacji oraz szczegółową analizę czterech metod całkowania numerycznego. Metody te zostały szczegółowo porównane na podstawie pracy dyskretnego estymatora MRAS^{CC}. Na bazie przedstawionego

porównania wybrano dwie stosunkowo proste w implementacji metody, dla których przeprowadzono analizę właściwości zaprojektowanych wcześniej w postaci ciągłej, dyskretnych wersji zmodyfikowanych estymatorów prędkości MRAS^{CC}.

W rozdziale siódmym przedstawione zostały uwagi i wnioski wynikające z przeprowadzonych badań, odnoszące się do wcześniej zaproponowanych tez i zakresu rozprawy. W załącznikach przedstawione zostały: parametry silnika indukcyjnego, jednostki bazowe, modele matematycznych pozostałych estymatorów typu MRAS, wykorzystana podczas badań struktura sterowania DRFOC oraz szczegółowy opis stanowiska laboratoryjnego.

Mateusz Korzonek

