

Prof. dr hab. inż. Mikołaj Karpiński
Kierownik Katedry Informatyki i Automatyki
Wydział Budowy Maszyn i Informatyki
Akademia Techniczno-Humanistyczna
w Bielsku-Białej

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Marcina Tomczyka
pt. „Wykrywanie i identyfikacja uszkodzeń złożonego układu
elektromechanicznego w ich początkowej fazie powstawania metodami falkowo-
neuronowymi”**

Promotor: dr hab. inż. Mieczysław Zając

Podstawą sporządzenia recenzji było pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki Pana prof. dra hab. inż. Adama St. Jagiello z dnia 28.09.2018 r. (znak E-0/4/362/2018).

1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Aktualność tematyki recenzowanej rozprawy jest określona wysiłkiem zmierzającym do skrócenia czasu wykrycia i lokalizacji uszkodzeń i innych zdarzeń destrukcyjnych systemów elektromechanicznych. Warunkiem decydującym dla rozwiązania tego zagadnienia współczesnej inżynierii elektrycznej jest zbudowanie własnych struktur falkowo–neuronowych wraz ich testowaniem pozwalających na opracowanie algorytmów diagnostycznych złożonego nieliniowego układu elektromechanicznego, uwzględniając szczegółowo modelowanie uszkodzeń ww. układu w ich początkowej fazie powstawania oraz zaproponowanie systemu wspomagania decyzji diagnostycznej, co stanowi *cel pracy mgr inż. Marcina Tomczyka*.

W tym kontekście dobór tematu rozprawy uważam za w pełni uzasadniony wobec zapotrzebowani rynku elektromechanicznego i dziedzin pokrewnych, ale również ze względu na znaczenie poznawcze.

Recenzowana rozprawa doktorska – podzielona na 7 rozdziałów i zawarta na 194 stronach wraz ze 29 rysunkami i 40 tabelami.

Nazwy poszczególnych rozdziałów i ich treści stanowią zwartą całość logiczną. Na początku rozprawy przedstawione zostały szczegółowy spis treści, spisy rysunków

i tabeli oraz wykaz ważniejszych symboli i oznaczeń, zaś na końcu podano literaturę obejmującą 118 pozycji bibliograficznych stanowiących wyczerpujący przegląd stanu wiedzy w skali kraju i na świecie z omawianego zakresu.

Użyte w rozprawie terminy techniczne są poprawne i zgodne z aktualnie obowiązującym słownictwem.

W rozdziale 1 zatytułowanym jako „Wstęp”, przedstawiono w skrócie genezę problemu, syntetyczną charakterystykę pracy, sformułowano cel i tezę rozprawy (str. 13-31).

Po przyjęciu w rozdziale 1 głównych założeń wraz ze sformułowanymi zagadnieniami rozwiązywanymi w rozprawie, Autor w rozdziale 2 omawia zasady tworzenia metodologii modelowania układu elektromechanicznego ze zmieniającymi się wartościami parametrów opisujących nieliniowości. Do badań został wybrany model silnika indukcyjnego zrealizowany w środowisku MATLAB/Simulink. Wyjaśnia opracowane odpowiednie metodologie identyfikacji wybranych parametrów układu elektromechanicznego wraz z określeniem rzędu i poziomu dekompozycji falkowej dla badanej zmiennej (str. 32-41).

Rozdział 3 zawiera szczegółową analizę wrażliwości układu elektromechanicznego na skokowe zmiany rezystancji stojana silnika indukcyjnego. Dalsza część rozdziału poświęcona jest aspektom stosowania i wynikom symulacji algorytmu wykorzystującego metody falkowo-neuronowe w identyfikacji zakresu ww. zmian (str. 42-57).

W rozdziale 4 przedstawiono badania skalogramów falkowych dla współczynników rozwinięć falkowych pięciu wielkości fizycznych i ich analizę w diagnostyce szerokości strefy luzu złożonego układu elektromechanicznego (str. 58-79).

W rozdziale 5 Autor szczegółowo omawia identyfikację szerokości strefy luzu w układzie elektromechanicznym zawierającym szумы, zwracając uwagę na nieliniową charakterystykę tłumienia maszyny roboczej, ustosunkowuje się także do metod sieci neuronowych z uwzględnieniem współczynników rozwinięć falkowych dwóch przyspieszeń liniowych w przeprowadzonych badaniach (str. 80-107).

Rozdział 6 opisuje badania identyfikacyjne wrażliwości układu elektromechanicznego przy skokowych zmianach momentu bezwładności, skupiając się na zastosowaniu metod czasowo-częstotliwościowych z wielostopniową dekompozycją sygnału czy też sieci neuronowej trójwarstwowej uczonej za pomocą algorytmu wstecznej propagacji błędów jako skutecznym narzędziem badawczym. Potwierdzono wpływ doboru falki podstawowej do charakteru analizowanego przebiegu, a także wyboru częstotliwości środkowej falki do pasma częstotliwości sygnału skojarzonego z uszkodzeniem na powstanie trudności w identyfikacji stanu (str. 108-143).

Rozdział 7 przedstawia wyniki przeprowadzonych przez Autora badań identyfikacyjnych momentu bezwładności przy zmianach szerokości strefy luzu w układzie elektromechanicznym zawierającym tarcie lepkie. Zwrócono przy tym uwagę na wydatne zwiększenie efektywności analizy sygnałów niestacjonarnych poprzez zastosowanie metody falkowo-neuronowej i połączenie analizy falkowej z analizą obrazu. Ten rozdział rozprawy jest najistotniejszym z punktu widzenia otrzymanych wniosków z wyników badań własnych (str. 144-180).

Wnioski z prowadzonych badań stwierdzają, że osiągnięto cel pracy.

Rozprawa zawiera obszerny materiał badawczy przedstawiony przejrzysto na rysunkach i w tablicach. Analiza wyników badań została przeprowadzona poprawnie. Autor przedstawiła możliwości ich praktycznego zastosowania i nakreśliła kierunki dalszych badań.

2. Ocena merytoryczna rozprawy

W recenzowanej pracy podjęto problem diagnostyki sygnałowej złożonego układu elektromechanicznego ze zmieniającymi parametrami nieliniowymi. W szczególności rozpatrzono możliwości i uwarunkowania zastosowania wypracowanych algorytmów diagnostycznych opracowanych oraz przetestowanych w tym celu przez Doktoranta własnych struktur falkowo – neuronowych. Uważam, że przyjęty przez Autora cel rozprawy został sformułowany poprawnie.

Autor sformułował tezę, że „... istnieje możliwość efektywnej diagnostyki uszkodzeń złożonego, nieliniowego układu elektromechanicznego ...” bazując na uzyskanych wynikach badań identyfikacyjnych przeprowadzonych na podstawie algorytmów falkowo – neuronowych i metodach eksploracji danych stosowanych do analizy obrazów skalogramów falkowych. Tezę tą można uznać za oryginalną i dobrze skorelowaną z problemem naukowym przedstawionym przez Doktoranta, a jej udowodnienie ma duże znaczenie naukowe i użytkowe. Teza posiada znamiona nowatorstwa w świecie dostępnych źródeł bibliograficznych, biorąc pod uwagę szczegółowe wyniki badań eksperymentalnych.

Badania podjęte przez Autora służące weryfikacji tezy objęły kompleksowo temat modelowania uszkodzeń złożonego układu elektromechanicznego w ich początkowej fazie powstawania, łącznie z zaproponowaniem systemu wspomagania decyzji diagnostycznej.

Na szczególne podkreślenie zasługują następujące nowatorskie dokonania Doktoranta:

1. Opracowanie algorytmów i metodologii:

- 1.1) modelowania złożonego układu elektromechanicznego zawierającego nieliniowości do identyfikacji sektywnych parametrów;

- 1.2) dignostycznej identyfikacji uszkodzenia przy na skokowych zmianach rezystancji stojana silnika indukcyjnego;
 - 1.3) dignostycznej identyfikacji szerokości strefy luzu złożonego układu elektromechanicznego;
 - 1.4) identyfikacji wartości momentu bezwładności przy zmianach szerokości strefy luzu w układzie elektromechanicznym zawierającym tarcie lepkie.
2. Stworzenie specjalizowanych narzędzi diagnostycznych do wspierania operatora w procesie nadzoru i w podejmowaniu decyzji podczas występowania pierwszych symptomów uszkodzeń w złożonym układzie elektromechanicznym.

Powyższe dokonania świadczą o niewątpliwym, twórczym wkładzie Autora w rozwój metodologii wykrywania i identyfikacji uszkodzeń złożonego układu elektromechanicznego w ich początkowej fazie powstawania.

Należy podkreślić, że wyniki recenzowanej rozprawy zostały wystarczająco opublikowane w czasopiśmie naukowych i materiałach konferencyjnych.

3. Uwagi krytyczne

1. Str. 108-143 i str. 144-180. Rozdziały 6 i 7 pt.: „Identyfikacja szerokości strefy luzu przy zmianach momentu bezwładności w układzie elektromechanicznym” i „Identyfikacja wartości momentu bezwładności przy zmianach szerokości strefy luzu w układzie elektromechanicznym zawierającym tarcie lepkie” wydają się zbyt obszerne (73 strony) w stosunku do całości rozprawy (194 strony) obejmującej 7 rozdziałów. Wprawdzie napisane są w sposób przejrzysty i rzeczowy, mają więc znaczenie dydaktyczne, ale w rozprawie naukowej nie stosuje się tak szerokich opisów o charakterze podręcznikowym.

2. Str. 44. Autor pisze: „... najkorzystniejsze wyniki przeprowadzonych testów uzyskano dla ilości próbek znajdujących się w przedziale pomiędzy 700 a 800”. Proszę o wyjaśnienie, jakie kryteria stanowiły podstawę oceny ww. „najkorzystniejszych wyników”.

3. Str. 81. Nie podano, czy wzór (5.1) został wyprowadzony przez Autora czy zapożyczony.

4. Str. 83. Do eliminacji szumów zastosowano usunięcie „detali odpowiadających częstotliwościom zakłócających impulsów”. Czy rozważał Autor jeszcze inny sposób usunięcia szumów?

Typowych błędów edytorskich jest pomijalnie mało, można zaliczyć np. zdania „zastosowanie skokowych zmianach” (str. 17, pierwszy wiersz górny), „... na rysunku 10 ...” (str. 52, ostatni akapit).

Wyszczególnione uwagi krytyczne zasadniczo mają wyłącznie charakter dyskusyjno-redakcyjny i nie obniżają w żaden sposób wartości merytorycznej recenzowanej rozprawy jako całości.

5. Wnioski końcowe

Stwierdzam, że cel postawiony w pracy został osiągnięty. Rozprawę doktorską mgra inż. Marcina Tomczyka oceniam bardzo pozytywnie. Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego, a w szczególności nowe opracowanie teoretyczno-eksperymentalnych metodologii diagnostyki uszkodzeń złożonego układu elektromechanicznego w ich początkowej fazie powstawania.

Opiniowana rozprawa świadczy o dużej wiedzy teoretyczno-implementacyjnej Doktoranta oraz wykazuje Jego znaczące umiejętności planowania i prowadzenia badań, a także posługiwania się współczesnymi narzędziami badawczymi.

Rezultaty badań zamieszczone w rozprawie mają istotną wartość poznawczą i praktyczną. Są one związane z bezpośrednim zastosowaniem w różnych dziedzinach przemysłowych.

Na tej podstawie stwierdzam, że rozprawa doktorska mgra inż. Marcina Tomczyka nt. „Wykrywanie i identyfikacja uszkodzeń złożonego układu elektromechanicznego w ich początkowej fazie powstawania metodami falkowo-neuronowymi” spełnia wymagania stosowane do stopni naukowych oraz wnioskuję o dopuszczenie Kandydata do publicznej obrony recenzowanej rozprawy.

