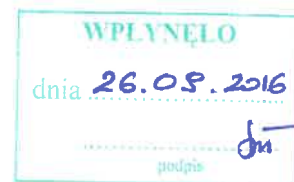


Prof. dr hab. inż. Ewa Dudek-Dyduch
Katedra Automatyki i Inżynierii Biomedycznej
Wydz. EAIiIB, AGH,
30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30



Kraków, 15. 09. 2016

Recenzja Rozprawy Doktorskiej

Prezentowana recenzja dotyczy rozprawy doktorskiej **mgr inż. Witolda Głowacza**, zatytułowanej "Metody analizy i rozpoznawania informacji zawartej w sygnałach prądowych i napięciowych silników elektrycznych dla diagnostyki stanów przedawaryjnych". Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz.

TEMATYKA I CEL PRACY

Praca związana jest z analizą sygnałów silników elektrycznych dla celów diagnostyki takich stanów, dla których istnieje możliwość wystąpienia w krótkim czasie awarii.

Teza pracy jest następująca: „zastosowanie wskazanych w pracy algorytmów rozpoznawania umożliwi użycie metod analizy sygnałów prądowych i napięciowych do efektywnej diagnostyki stanów przed awaryjnych silników elektrycznych”.

Cel pracy, wynikający z konieczności wykazania powyższej tezy, jest złożony i składa się z kilku celów pośrednich, mianowicie:

- zaproponowania sposobu badań sygnałów prądowych i napięciowych silników elektrycznych w stanach przed awaryjnych,
- opracowania projektu i zbudowanie stanowiska do badania tych sygnałów silników, mającego na celu identyfikację stanów przed awaryjnych wybranych silników
- przeprowadzenie analizy sygnałów prądowych i napięciowych silników elektrycznych w różnych stanach ich pracy, a zwłaszcza w stanach przed awaryjnych,
- opracowania projektu urządzenia monitorującego, dla potrzeb ostrzegania przed wystąpieniem awarii

Badania dotyczące identyfikacji stanów przed awaryjnych zarówno maszyn w systemach produkcyjnych, jak i ich głównych części, jakimi są bardzo często silniki elektryczne, należą obecnie do obszaru niezwykle intensywnie rozwijanego. Oczywistym jest stwierdzenie, że świadomość mającej zająć w krótkim czasie awarii maszyny pozwala istotnie zmniejszyć negatywne jej skutki, zatem automatyczne ostrzeganie jest bezcenne. Szczególne znaczenie badania te mają dla sterowania procesami, zarówno ciągłymi jak i dyskretnymi, gdzie nieprzewidziana awaria maszyny powoduje wielkie straty wynikłe nie tylko z przestojów produkcyjnych i strat materiałów w przypadku tzw. braków produkcyjnych ale też i kar z tytułu niedotrzymania terminów realizacji zamówień”. Dla potrzeb systemów klasy MES/MOM (Manufacturing Execution Systems/ Manufacturing Operation Management)

intensywnie rozwijane są metody i algorytmy, które na podstawie monitoringu dokonywanego przez te systemy są w stanie zdiagnozować stany maszyn grożące awarią.

Doktorant zajmuje się zagadnieniami identyfikacji zagrożeń dla , silników elektrycznych. Dla tej klasy maszyn, zmiany charakterystyki sygnałów prądowych czy napięciowych mogą posłużyć do wnioskowania o nieprawidłowym działaniu. Ten fakt stanowi podstawę badań Doktoranta.

Rozpatrując zatem tematykę pracy należy stwierdzić, że jest ona bardzo aktualna i równocześnie bardzo ważna z punktu widzenia zastosowań praktycznych

ZAWARTOŚĆ PRACY

Praca składa się ze wstępu, 6 rozdziałów, bibliografii oraz trzech dodatków

We **wstępie** podano tezę i cel pracy oraz przedstawiono uzasadnienie celowości badań opartych na analizie sygnałów prądowych i napięciowych, co jest proponowane w pracy.

Rozdział **pierwszy** poświęcono problematyce diagnostyki stanów przed awaryjnych maszyn elektrycznych. W sposób uporządkowany przedstawiono podstawowe techniki badań stanów przed awaryjnych, wskazano na znaczenie diagnostyki opartej o sygnały napięciowe i prądowe jednocześnie podkreślając trudny dostęp do tych sygnałów. Omówiono też praktyczne sposoby przeciwdziałania awariom maszyn . Rozdział ten świadczy o dokładnej znajomości zagadnień leżących u podstaw prezentowanych badań.

W rozdziale **drugim** przedstawiono przyjęte założenia oraz opisano zaproponowaną przez Doktoranta metodologię diagnostyki stanów przed awaryjnych, opartą o analizę sygnałów prądowych i napięciowych, składającą się z kilku etapów.

W kolejnych podrozdziałach omówiono poszczególnych etapy, i ostatecznie zaproponowano tzw. uszczegółowiony plan badań sygnałów akustycznych dla celów diagnostyki, który stanowi bazę dla zaprojektowania stanowiska badawczego. W części planu badawczego dotyczącego bezpośredniej klasyfikacji, wyróżniono dwa istotne etapy: tworzenie wzorców do rozpoznawania oraz identyfikacji. W każdym z nich wyszczególniono szereg możliwych wariantów realizacji.

W rozdziale **trzecim** opisano projekt stanowiska badawczego do diagnozowania stanów silników elektrycznych przeznaczonego do eksperymentów opartych na szczegółowym, wariantowym planie badań z rozdziału drugiego.

Przedstawiono założenia, strukturę wraz z wyposażeniem technicznym i informatycznym oraz szczegółowy projekt informatyczny systemu i zaimplementowanego oprogramowania realizującego funkcje Systemu Automatycznego Rozpoznawania Sygnałów Prądowych i Napięciowych.

Rozdział **czwarty**, najbardziej obszerny, poświęcono eksperymentalnej części pracy. W pierwszej części zaproponowano koncepcję logicznie uporządkowanego zestawu badań eksperymentalnych, mających na celu określenie najlepszego wariantu metod rozpoznawania oraz właściwej konfiguracji parametrów dla metod.

Dodatkowym celem eksperymentów było potwierdzenie prawidłowości działania stworzonego przez Doktoranta stanowiska badawczego.

Zaproponowane eksperymenty dotyczyły silników elektrycznych dwóch rodzajów: indukcyjnych klatkowych prądu rzemiennego oraz prądu stałego obcowzbudnego. Eksperymenty dotyczące każdej z tych klas oddzielnie podzielono na szereg dalszych grup.

W dalszej części tego rozdziału przedstawiono dokładny opis poszczególnych eksperymentów oraz uzyskane z każdego z nich wyniki.

W rozdziale **piątym** opisano opracowany przez Doktoranta projekt układu monitorującego silnik w ruchu. Projekt obejmuje powiązanie przedstawionych wcześniej algorytmów ze sprzętem. W konsekwencji, opis projektu składa się z dwóch głównych części: projektu dotyczącego sprzętu oraz projektu implementacji algorytmów.

Rozdział **szósty** stanowi podsumowanie pracy, przedstawia wnioski końcowe oraz propozycje dalszych badań.

NAJISTOTNIEJSZE OSIĄGNIĘCIA AUTORA PRZEDSTAWIONE W PRACY

Do najistotniejszych osiągnięć Doktoranta zaliczam:

- zaproponowanie nowej, wieloetapowej i wielowariantowej metody automatycznego rozpoznawania stanów bezpośrednio poprzedzających ewentualne awarie silników elektrycznych, opartej o analizę sygnałów prądowych i napięciowych,
- zaproponowanie i przeanalizowanie szeregu metod analizy informacji zawartych w sygnałach prądowych i napięciowych, mających na celu identyfikację stanów przed awaryjnych silników; metody różnią się zastosowanymi rozwiązaniami na poszczególnych etapach,
- opracowanie projektu i stworzenie na jego podstawie środowiska badawczego dla przetestowania i ustalenia najlepszych parametrów i wariantów poszczególnych technik (metod) rozpoznawania
- zaproponowanie i zrealizowanie szeregu eksperymentów, przeprowadzenie ich analiz, w wyniku których określony został najlepszy wariant metod rozpoznawania oraz właściwe konfiguracje parametrów tych metod; ponadto została potwierdzona prawidłowość działania stworzonego przez Doktoranta stanowiska badawczego,
- opracowania projektu urządzenia służącego do monitorowania stanów silników elektrycznych

Są to osiągnięcia znaczące, na nich więc opieram generalnie pozytywną ocenę pracy

Na uwagę zasługuje również fakt, że autor sformułował dalsze, ciekawe problemy badawcze związane z tematyką pracy, które w przyszłości zamierza rozwiązać. Świadczą one o jego dogłębnej znajomości tematu i gruntownych przemyśleniach.

UWAGI POLEMICZNE I PYTANIA

Zwyczajowo recenzja powinna zawierać uwagi dyskusyjne. Z przyjemnością stwierdzam, że analizując pracę pod względem zarówno merytorycznym jak i formalnym nie stwierdziłam żadnych istotnych uchybień.

Jednakże pewien niedosyt informacji pozostawia stwierdzenie doktoranta (str 90), że skuteczność rozpoznawania w warunkach przemysłowych będzie gorsza niż w warunkach laboratoryjnych. Powstaje pytanie czy da się oszacować o ile może być gorsza (przynajmniej w prostych sytuacjach) i czy pogorszenie to pozwoli na zastosowanie metody w praktyce przemysłowej? Czy zawarte w podsumowaniu dotyczące tego zagadnienia pewne uwagi wyczerpują odpowiedź na to pytanie, czy też problem ten może być dalej drążony?

Kolejne pytanie dotyczy możliwości adaptacji przedstawionej metody do identyfikacji stanów grożących awarią dla innych niż silniki elektryczne części maszyn, wykorzystujących również przepływ prądu?

Uwaga szczegółowa edycyjna:

Na str 56 napisano: Eksperyment MS został podzielony na 3 eksperymenty : MSAF –SA, LPC-SA, LPCC-SA.

Powinno chyba być: Eksperyment SI został podzielony na 3 eksperymenty : MSAF –SI, LPC-SI, LPCC-SI.

PODSUMOWANIE I KOŃCOWA OCENA

Moja ocena recenzowanej rozprawy jest wysoka. Uzasadnieniem tej oceny jest fakt, że Doktorant rozwiązując postawiony problem wykazał się inwencją twórczą, zaś uzyskane w pracy wyniki mają zarówno duże znaczenie teoretyczne, jak i praktyczne.

Opiniowana praca jest napisana bardzo starannie i bardzo dobrze zredagowana. Na podkreślenie zasługuje też spójny tok wywodów i uporządkowany sposób przedstawiania zawartości pracy. Kolejność przedstawiania zarówno rozważań teoretycznych jak i wykonanych eksperymentów tworzy bardzo logiczną całość.

W pracy niewątpliwie postawiono i rozwiązano ważne zagadnienie. Dokonano tego z wykorzystaniem poprawnej metodyki. Stwierdzam zatem, że opiniowana rozprawa spełnia wszystkie wymagania przewidziane dla rozpraw doktorskich w aktualnie obowiązującej Ustawie o Stopniach Naukowych i o Tytule Naukowym i **wnoszę o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej autora do publicznej obrony.**

Równocześnie wnoszę o wyróżnienie pracy. Propozycję wyróżnienia uzasadniam dodatkowo następującymi faktami:

- Doktorant rozwiązał postawiony problem kompleksowo, poczynając od postawienia hipotezy, przez propozycję wielowariantowego, wieloetapowego schematu metody rozwiązania, eksperymentalny wybór ostatecznej postaci metody oraz jej parametrów, aż do projektu urządzenia, które mogłoby być wykorzystywane w praktyce przemysłowej,

- zaproponowane i zrealizowane przez Niego eksperymenty dostarczyły bardzo obszerny materiał, który może być wykorzystany przez innych badaczy,

- Doktorant jest autorem bardzo dużej ilości publikacji (ponad 50, w tym niektórych w czasopiśmie z tzw. Listy Filadelfijskiej), związanych z tematem doktoratu, co świadczy o jego inwencji badawczej w tym obszarze i głębokiej wiedzy.

