

prof. dr hab. inż. Jerzy Małachowski
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Wojskowa Akademia Techniczna
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2
00-908 Warszawa
Tel.: +48 261 839 140
E-mail: jerzy.malachowski@wat.edu.pl

Warszawa, dn. 23.09.2022 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Juliana Malaki

pt. „Modelowanie przekładni pasowej synchronicznej w kontekście automatycznej diagnostyki i optymalizacji działania ciągła z użyciem symulacji komputerowej”

1. Podstawa opracowania

Podstawę opracowania stanowi pismo (sygn. RDIMe.11.2022) Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Śląskiej sygnowane przez Panią Przewodniczącą prof. dr hab. inż. EWE MAJCHRZAK i dołączona do niego rozprawa doktorska mgr. inż. JULIANA MALAKI pt. *„Modelowanie przekładni pasowej synchronicznej w kontekście automatycznej diagnostyki i optymalizacji działania ciągła z użyciem symulacji komputerowej”*. Promotorem rozprawy doktorskiej jest dr hab. inż. MARIUSZ HETMAŃCZYK, prof. uczelni, a promotorem pomocniczym dr inż. PIOTR OCIEPKA.

2. Omówienie pracy

Recenzowana rozprawa doktorska została napisana w języku polskim, łącznie na 128 stronach maszynopisu formatu A4. Składa się ona z następujących rozdziałów: (1) Wprowadzenie; (2) System automatycznej identyfikacji i regulacji poziomu napięcia ciągła; (3) Modelowanie badanego układu zorientowane na wsparcie eksploatacji i diagnostyki przekładni; (4) Badanie korelacji zjawisk mechanicznych w utworzonym systemie; (5) Podsumowanie oraz spis ilustracji i bibliografii (89 pozycji literaturowych i odwołań do stron internetowych).

Podstawą podjętych przez Doktoranta badań była analiza identyfikacji oraz redukcji (eliminacji) wybranych anomalii (pewnego rodzaju imperfekcji konstrukcyjno-funkcjonalnych) w działaniu przekładni ciągłych. Autor po dokonaniu przeglądu literaturowego skupił się na wyselekcjonowaniu parametrów, które dotychczas nie podlegały analizie, by móc finalnie odnaleźć zależności między nimi. W ramach podjętych działań opracował charakterystyki ukazujące relacje kinematyczne kół pasowych występujące na różnych etapach sterowania i konfiguracji instalacyjnej napędu. Niewątpliwie stanowi to podstawę do dalszych szczegółowych prac w zakresie rozwijania modeli eksploatacyjnych, na bazie których jest możliwość identyfikacji

powstających zaburzeń (anomali) w działaniu maszyny (układu napędowego) stosując relatywnie mało skomplikowane techniki monitorowania pozycji kątowej. Rozważania Autora doprowadziły do opracowania koncepcji układu automatycznej regulacji poziomu naciągu pasa zębatego. Przeprowadzone badania pozwoliły stwierdzić, że zaproponowane rozwiązanie jest skuteczną odpowiedzią na problem zmian w oddziaływaniach siłowych na cięgno, a w konsekwencji na łożyska oraz inne elementy mechanizmu napędowego. Autor dysertacji w swoim procesie badawczym zaprogramował tak integrację ze środowiskiem komputerowym, aby móc dokonywać analizę pracy układu przekładni w czasie rzeczywistym i jednocześnie wprowadzać stosowne korekty w jej działaniu. Doktorant wprowadził w wyniku zrealizowanych testów symulacyjnych, redukcję zakresu tych badań do tych kilku najważniejszych wielkości, mając na względzie ich niski stopień złożoności i zarazem możliwość uzyskania wyników bez istotnej zwłoki czasowej. Takie ujęcie jest istotne, gdyż w razie drastycznego przekroczenia monitorowanych wartości pozwala dokonywać nagłej zmiany nastaw lub zatrzymania napędu w celu uniknięcia awarii. Jest to bardzo słuszne biorąc po uwagę wysokie prawdopodobieństwo uszkodzenia elementów przekładni, a co w konsekwencji przekłada się pozytywnie na ogólny stan bezawaryjnego funkcjonowania danego układu. Na bazie przyjętych standardów konstrukcyjnych, technologicznych, programistycznych, obliczeniowych oraz komunikacyjnych tworzy się zintegrowany system zautomatyzowanego monitorowania i sterowania napędem. Zaproponowane środowisko charakteryzuje się szeregiem autorskich rozwiązań, które znalazły swoje odzwierciedlenie w opracowanych skryptach oraz programach zapewniających realizację części analitycznej badań w sprzężeniu z układem sterowania.

Mgr inż. Julian Malaka jest autorem i współautorem 10 publikacji (na dzień wykonywania recenzji) zawartych w bazie Scopus. Jest to publikacyjność na poziomie przekraczającym wymagania stosownej ustawy przy składaniu rozprawy doktorskiej.

3. Pytania merytoryczne oraz uwagi dyskusyjne

Po zapoznaniu się z treścią całej rozprawy Recenzent chciałby otrzymać odpowiedzi/wyjaśnienia na następujące kwestie:

- 1) Autor w tytule rozprawy użył słowa sformułowania „*optymalizacja działania*”. Użycie w dysertacji słowa „*optymalizacja*” jest w pewnym sensie, w opinii Recenzenta, użyciem na wyrost, gdyż jest to metoda matematyczna pozwalająca wyznaczyć najlepsze (optymalne) rozwiązanie (poszukiwanie ekstremum funkcji) z punktu widzenia określonego kryterium i może ona mieć charakter jedno lub wielokryterialny. Autor nie prowadził tego typu analiz, a jego badania miały jedynie za cel określenie wpływu zmiany (korekty) pewnych parametrów w trakcie jego

działania w celu wydłużenia funkcjonowania badanego układu napędowego. Stąd w tym kontekście lepiej brzmiałoby sformułowanie „poprawa działania” lub „poprawa funkcjonowania”.

- 2) Przegląd literatury zrealizowany w rozprawie nie powinien prezentować finalnych (pojedynczych) stwierdzeń, do których załączany jest szereg publikacji typu: *„Jest ono potęgowane w sytuacji nierównomiernego rozłożenia sił, wynikającego z kąowego lub liniowego odsunięcia od siebie płaszczyzn kół, a symptomem tej nieprawidłowości może być nadmierny niesymetryczny obytok materiału ciągną [1÷12, 66÷76].”* Jest to zbyt ogólne sformułowanie i nie niesie za sobą szczegółowych informacji.
- 3) Na szeregu wykresach (np. rys. 2.12-2.20 lub 4.9-4.23) występuje efekt tzw. lokalnego „rozrzutu” rejestrowanych wielkości. Czy w analizie danych pomiarowych stosowano ich filtrację? Czy jest to efekt błędów pomiarowych? Proszę o interpretację.
- 4) W rozdziale „3. Modelowanie badanego układu zorientowane na wsparcie eksploatacji i diagnostyki przekładni” Recenzent dostrzega szereg kwestii dyskusyjnych lub aspektów pominiętych:
 - a. Badając układ fizyczny celowym byłoby oprócz określenia jego danych geometrycznych, zawarcie danych dotyczących właściwości mechanicznych materiałów, z których jest on zbudowany.
 - b. Celowym oprócz wymienienia metod badań numerycznych byłoby zaprezentowanie stosownych układów równań równowagi dynamicznej z zaznaczeniem, które z członów tych równań odpowiadają za poszczególne efekty i procesy (np. odkształcalność, drgania, tłumienie).
 - c. W badaniach modelowych nie zawarto informacji dotyczących wielkości analizowanych czterech modeli (np. liczby stopni swobody), opisu zjawiska tarcia w każdej z proponowanych metod lub informacji związanych z przyjętym modelem tłumienia. Te elementy (i nie tylko) w sposób znaczący wpływają na jakość uzyskiwanych wyników, a co za tym idzie także na czas prowadzonych analiz. Autor w tym aspekcie nie przedstawił stosownych porównań. Podobne porównania i wizualizacje wskazane są także do opisu sposobu realizacji warunków początkowo-brzegowych. Recenzent zauważa pobieżne potraktowanie zagadnienia.
 - d. Modelując badany układ napędowy brak jest informacji, w jaki sposób Doktorant uwzględnił wstępne napięcie w pasie transmisyjnym.

- e. Co Autor miał na myśli w stwierdzeniu użytym na str. 45 „*Cały proces symulacji przeprowadzono w środowisku komputerowym Siemens NX, z zastosowaniem niezbędnej w przypadku tak wysokich odkształceń metody nieliniowej (przy użyciu narzędzia NX Nastran).*” W których miejscach dochodziło to tzw. „wysokich odkształceń” i co było ich przyczyną? Samo stwierdzenie „wysokich” bez dokonywania jakichkolwiek porównań z pewnością nie znajduje uzasadnienia.
 - f. Co Autor miał na myśli używając zwrotu „*skrajne elementy cięgna zostały unieruchomione we wszystkich 6 osiach*”?
 - g. W opisie modelu MBS Autor wspomina o procesach iteracyjnych. Czy można prosić o szerszą informację w tej kwestii, a mianowicie, jakie zostały użyte metody i jakie związane były z nimi kryteria?
- 5) Prezentując wyniki z badań eksperymentalnych dla różnych prędkości obrotowych w postaci graficznej (rys. 4.9-4.29) w punkcie 4.2 dysertacji celowym byłoby zamieszczanie ich opisu przed grafiką wraz z dołączeniem stosownej ich interpretacji. Autor dokonał transformacji wyników z dziedziny czasu do dziedziny częstotliwości. Co jest jak najbardziej celowym zabiegiem i dającym możliwość bardziej dogłębny analiz. Niestety, Autor uczynił to tylko w postaci jednostronicowego podsumowania (punkt 4.3), co, w opinii Recenzenta, jest zbyt uproszczeniem i nie pozwala na bardziej szczegółowe wyjaśnienie i dogłębną analizę naukową badanego układu.

Do uwag natury edycyjnej poprawiających interpretację wyników, Recenzent pragnie zaliczyć następujące elementy:

- 1) W dysertacji występują wzory matematyczne, do których nie dołączono źródeł (np. 3.1-3.12 lub 4.1-4.12).
- 2) Na rys. 3.23-3.26 celowym byłoby np. wrysowanie schematu analizowanego układu wraz z zaznaczeniem miejsca odczytu danej wielkości. Znacznie poprawiłoby to czytelność i zrozumienie, a tym samym ułatwiło interpretację uzyskanego wyniku.
- 3) Wskazany jest poprawa czytelności szeregu wyników, które zaprezentowane są w postaci „zrzutu” z ekranu (np. 3.19, 3.22, i inne).

Recenzent pragnie zauważyć, iż w dysertacji występują inne drobne błędy edycyjne (np. brakujące litery w słowach), ale one nie mają wpływu na jakość merytoryczną recenzowanej rozprawy. Recenzent w przedstawionych uwagach widzi także podstawę do wytyczenia i rozwijania nowych wątków, które jeszcze bardziej udokładniłyby wyniki osiągnięte na etapie fazy badawczej i mogłyby nadać im także szerszy (głębszy) sens fizyczny oraz pozwolić na lepsze

rozumienie funkcjonowania badanego układu napędowego w warunkach odbiegających od założonych standardów eksploatacyjnych.

4. Ocena końcowa przedłożonej rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska charakteryzuje się przede wszystkim istotnym aspektem aplikacyjnym dającym bardzo szerokie możliwości do wdrożenia w praktyce przemysłowej. Opracowane i przebadane eksperymentalnie koncepcje zaprezentowane w rozprawie stanowią bez wątpienia oryginalny wkład Autora i mogą służyć implementacji w szeregu innych współczesnych systemach produkcyjnych, zapewniając tym samym znacznie dłuższy okres ich eksploatacji spowodowany korektą warunków funkcjonowania. Autor wykazał, iż jest to możliwe pod warunkiem sprzężenia szeregu środowisk i systemów (projektowania konstrukcji, realizujących nadzór technologiczny, systemów programistycznych i obliczeniowych oraz rozwiązań komunikacyjnych tworzących zintegrowany system zautomatyzowanego monitorowania i sterowania napędu). Jest to jeden z niewątpliwych atutów tej dysertacji, przy realizacji której sam Doktorant musiał się wykazać szeregiem wspomnianych umiejętności.

Opracowany zakres prac i analiz pozwolił Doktorantowi osiągnąć postawiony cel badawczo-aplikacyjny dysertacji oraz wytyczyć dalsze kierunki rozwoju w celu doskonalenia modeli diagnostycznych i zarazem rozwijania rozwiązania w postaci profesjonalnego systemu eksperckiego realizującego równoległe funkcję monitorująco-sterowniczą.

Ważnym aspektem, który wytycza kolejne etapy, a podniesionym także przez Autor rozprawy, jest potrzeba włączenie w opracowany system obiegu danych sztucznej inteligencji, w której programy automatycznie modyfikują swoją wiedzę i procedury w celu poprawy swojej wydajności. Uczenie maszynowe daje możliwość w oparciu o środowisko komputerowe radzić sobie z nowymi sytuacjami dzięki analizie w sposób równoległy otrzymywanych danych i na tej bazie prowadzić formę samokształcenia. Pozwala to bez wątpienia rozwijać nowe scenariusze działania układów (maszyn) i dostosowywać strategię ich funkcjonowania w celu osiągnięcia postawionego celu.

5. Wniosek końcowy

Recenzent stwierdza, że przedstawiona dysertacja doktorska spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim przez stosowną Ustawę i stawia wniosek o dopuszczenie do publicznej obrony rozprawy doktorskiej mgr. inż. JULIANA MALAKI.

