prof. dr hab. inż. Aleksander OLEJNIK
Instytut Techniki Lotniczej
Wydział Mechatroniki i Lotnictwa
Wojskowa Akademia Techniczna

Warszawa, dn. 15.10.2016 r.

RECENZJA
pracy doktorskiej
mgr. inż. Adama ROSIAKOWSKIEGO
p.t.: „Badania zastosowania przekładni z cieczą magnetoreologiczną do sterowania prędkością obrotową zespołu napędowego"

1. Podstawa opracowania

Zlecenie Dziekana Wydziału Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej, prof. dr hab. inż. Franciszka Tomaszewskiego z dnia 29.07.2016r – umowa nr 05/59/2016/18Z.

2. Wstęp

W pracy przedstawiono wyniki badań zastosowania sprzęgła z cieczą magnetoreologiczną pracującego jako przekładnia regulująca prędkość obrotową zespołu napędowego. Opisano zachowanie się cieczy reologicznych w urządzeniach przenoszących ruch obrotowy. Badania prowadzono eksperymentalnie oraz na modelach fizycznych i matematycznych w środowisku MATLAB – SIMULINK. Od wielu lat w laboratoriach prowadzone są badania nad zastosowaniem cieczy magnetoreologicznych w przemyśle samochodowym i lotniczym oraz w budownictwie. Głównie chodzi o tłumienie drgań podwozi, mostów i wysokich budowli.

Praca liczy 111 stron, składa się z 7 rozdziałów w tym zestawienie ważniejszych oznaczeń, wstęp i wnioski. Spis literatury zawiera 113 pozycji literatury wraz z licznymi odwołaniami do informacji zamieszczonych w internecie. Wykazane w spisie literatury pozycje tematycznie wiążą się z pracą. Wśród nich są książki: stanowiące klasykę podstaw konstrukcji maszyn i mechanizmów, reologii teoretycznej, mechatroniki, kilkanaście najnowszych artykułów o tej tematyce, patenty i aplikacje patentowe, prace doktorskie, materiały informacyjne, katalogi i instrukcje.

W Rozdziałach „*Wstęp*" i „*Dotychczasowy stan wiedzy*" podjęto próbę opisania właściwości i zachowania się cieczy magnetoreologicznych w warunkach praktycznego

ich zastosowania. Ze względu na prostotę zapisu jak i jednocześnie dobre odzwierciedlenie ich właściwości, doktorant zastosował do dalszych analiz teoretycznych model Binghama. Część rozdziału drugiego dotyczy literaturowego przeglądu zastosowań cieczy magnetoreologicznej oraz konstrukcji w których tę ciecz zastosowano i zasad działania urządzeń obrotowych z cieczą magnetoreologiczną. W rozdziale tym Doktorant nie powołuje się na żaden artykuł który byłby Jego autorstwa z przeszłości. Podobnie ma się sprawa z zamieszczonymi w tym rozdziale rysunkami. Nasuwa mi się pytanie czy rys. 2.9 i 2.10 przedstawiające ideę konstrukcji tarczowego i walcowego sprzęgła są autorstwa doktoranta. Rozdział ten kończy „*Podsumowanie*" w którym zawarto ocenę zastosowań cieczy magnetoreologiczynych w układach sprzęgłowych z regulacją prędkości obrotowej. Jak stwierdza doktorant, jedynymi praktycznymi i komercyjnymi zastosowaniami sprzęgieł magnetoreologicznych są protezy kończyn ludzkich, oraz regulacja prędkości obrotowej wentylatora silnika spalinowego samochodu ciężarowego (mam wątpliwości czy tak rzeczywiście jest). Są to układy w których sprzęgło jest jednocześnie przekładnią o płynnie regulowanym przełożeniu sterowanego za pomocą sygnału elektrycznego.

Rozdział trzeci, zatytułowany „*Sprecyzowanie tematu pracy*" podzielono na trzy podrozdziały w których przedstawiono istotę różnego rodzaju sprzęgieł a, których funkcja sprowadza się do sztywnego łączenia wałów, samonastawnego i podatnego (włączalnego) łączenia wałów, jednym urządzeniem – przekładnią magnetoreologiczną. Dzięki jego zastosowaniu (tego sprzęgła), nastąpępuje nie tylko zastąpienie trzech urządzeń jednym ale istnieje możliwość poprawy parametrów związanych z regulacją prędkości wału napędowego.

Dalej doktorant przedstawił teoretyczne przebiegi opisujące:

- wpływ natężenia pola magnetycznego H na wartość przenoszonego przez przekładnię magnetoreologiczną momentu;
- teoretyczne przebiegi podczas regulacji prędkości obrotowej poprzez przekładnie magnetoreologiczną.

W rozdziale tym doktorant przedstawił cel pracy oraz jej tezę która brzmi: „*Zastosowanie przekładni magnetoreologicznej pomiędzy elementem napędowym, a obciążeniem pozwala na regulację prędkości obrotowej elementu napędzanego w warunkach wystąpienia obciążenia*".

W rozdziale czwartym zostały wyprowadzone zależności opisujące przekładnię z cieczą magnetoreologiczną. Ponieważ doktorant dysponował przekładnią MR o

konstrukcji walcowej to dalsze Jego prace badawcze w tym budowa stanowiska laboratoryjnego i wyprowadzone zależności matematyczne uwzględniały parametry geometryczne i masowe tej przekładni. Zachowanie cieczy MR opisane zostało za pomocą modelu Binghama. Po szeregu przekształceniach doktorant wyprowadził zależności (4.24), przedstawiające równanie wiążące całkowity moment M z pozostałymi parametrami układu. W celu potwierdzenia zależności (4.24) doktorant przeprowadził eksperyment na stanowisku badawczym (sądzę zaprojektowanym i zbudowanym przez Niego).

W rozdziale piątym modelowano przekładnię MR wykorzystując środowisko Matlab – Simulink. Modele zostały zbudowane na podstawie zależności wyprowadzonych w rozdziale czwartym (wzory (4.24) i (4.27)). Dalej zbudowano model stanowiska symulującego pracę przekładni MR w warunkach obciążenia. Model wykonano dla układu w którym przekładnia łączy napęd z wirnikiem hamulca (obciążenie). Dla wszystkich elementów składowych symulacyjnego stanowiska badawczego podano w pracy ich parametry geometryczne i bezwładnościowe. Wyprowadzono równania ruchu układu badawczego w postaci równowagi momentów , a następnie przekształcono je do postaci operatorowej wygodnej do modelowania w środowisku Matlab – Simulink. Jako źródło momentu obrotowego zastosowano silnik indukcyjny zasilany z falownika. Badania symulacyjne dotyczyły:

- pracy przekładni MR w roli bezpiecznika mechanicznego w układzie napęd – obciążenie;
- sprawdzenie możliwości regulacji prędkości obrotowej zespołu napędowego przez przekładnię MR;
- wpływ zmian prędkości na wale wejściowym na proces regulacji prędkości obrotowej wału wyjściowego.

W rozdziale szóstym Doktorant przedstawił główny cel pracy, a mianowicie: budowę stanowiska badawczego oraz wykonane badania doświadczalne. Podstawowe elementy stanowiska to: napęd, przekładnia z cieczą MR oraz obciążenie. Napęd stanowił trójfazowy silnik o mocy 370W. Silnik zasilany był za pośrednictwem falownika MX2 firmy Omron umożliwiający łagodny rozruch i odpowiednie regulacje. Przekładnia została zbudowana na bazie sprzęgła proszkowego. Po usunięciu proszku sprzęgło wypełniono cieczą magnetoreologiczną. Obciążenie na stanowisku realizowane było poprzez hamulec proszkowy typ P3HR. Pozostałe elementy wyposażenia stanowiska badawczego szczegółowo doktorant opisał w rozprawie. Dalsza część rozdziału poświęcona jest

eksperymentalnym badaniom regulacji prędkości obrotowej zespołu napędowego za pośrednictwem przekładni MR.

Podsumowanie i wnioski kończą rozprawę doktorską.

3. Ocena pracy

Na podstawie literatury cytowanej w pracy i własnych doświadczeń, choć nie udokumentowanych w postaci artykułów zamieszczonych w spisie literatury, doktorant zrealizował cel pracy, który w punktach można streścić następująco:

- opracowanie modelu teoretycznego i symulacyjnego przekładni magnetoreologicznej;
- przeprowadzenie badań symulacyjnych regulacji prędkości obrotowej zespołu napędowego;
- zbudowanie stanowiska badawczego umożliwiającego wykonanie eksperymentów;
- wykonanie badań doświadczalnych stwierdzających możliwość stosowania przekładni magnetoreologicznej jako sprzęgła z możliwością regulacji prędkości obrotowej zespołu napędowego dla różnych warunków obciążenia

Praca ma charakter aplikacyjny o dużym znaczeniu praktycznym. Istotą jej jest to, iż składa się z części teoretycznej opracowanej na podstawie literatury i własnych doświadczeń. Doktorant poszukiwał rozwiązań zagadnień praktycznych o dużym znaczeniu poznawczym mających zastosowanie w przemyśle samochodowym, lotniczym, maszynowym, budowlanym i medycynie. Prezentowane w pracy metody badawcze mają bardzo bogate odniesienie w literaturze. Natomiast mniej jest odniesień w literaturze do kompleksowych badań dotyczących urządzeń z cieczą magnetoreologiczną przenoszących ruch obrotowy w układzie napęd obciążenie. Podjęty przez doktoranta problem badania przekładni z cieczą magnetoreologiczną jest zagadnieniem złożonym z punktu widzenia naukowo – badawczego i niezwykle ważnym ze względów utylitarnych.

Wyniki badań przedstawione w rozprawie mogą być wykorzystane przez konstruktorów jaki i inżynierów nadzorujących eksploatację urządzeń z cieczami magnetoreologicznymi.

Zastosowanie nowoczesnych technik pomiarowych do badania cieczy magnetoreologicznych, budowa stanowisk badawczych i prowadzenie badań układów sprzęgłowych z cieczą MR podkreśla duże umiejętności doktoranta w zakresie budowy maszyn i mechatroniki.

Wyniki pracy są wartościowe z punktu widzenia zastosowań inżynierskich w nowoczesnych przekładniach przenoszących moc i prędkość obrotową którymi można

sterować w sposób elektryczny. Rozprawa napisana jest bardzo starannie i czytelnie oraz wskazuje na duży zasób wiedzy doktoranta w zakresie teorii i badań eksperymentalnych nad cieczami magnetoreologicznymi stosowanymi w przemyśle.

4. Wnioski

Biorąc pod uwagę wartości poznawcze i użytkowe uzyskanych rezultatów badań, dojrzałość merytoryczną mgr. inż. Adama Rosiakowskiego w zakresie badania zastosowań przekładni z cieczą magnetoreologiczną do sterowania prędkością obrotową zespołów napędowych, recenzowaną rozprawę oceniam wysoko. Praca spełnia wymagania stawiane przez ustawę z dnia 14 marca 2003 roku „o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki" i może stanowić podstawę dopuszczenia do egzaminu i publicznej obrony.