

WPŁYNEŁO DNIA 12.11.2024 r. data
..... Kierownik administracyjny nr pisma wydziału podpis

Prof. dr hab. inż. Jarosław Stryczek
Prof. zw. Politechniki Wrocławskiej
ul. Ołtaszyńska 89A
53-034 Wrocław

Wrocław 31 października 2024
mgr Kamila Czerniak

RECENZJA

pracy doktorskiej Pana mgr inż. Arkadiusza Jakubowskiego pt. „Analiza i badania liniowo-obrotowego elektrohydraulicznego zespołu napędowego.

1. Wybór tematu, sformułowanie celów i tezy pracy doktorskiej

W rozdziałach 1 i 2 doktorant dokonał szczegółowego przeglądu literatury w zakresie serwonapędów elektrohydraulicznych z siłownikiem (napęd liniowy) lub silnikiem hydraulicznym (napęd obrotowy). Po przestudiowaniu ponad stu publikacji doszedł On do wniosku, że „nie napotkano prac w których została podjęta problematyka równoczesnego sterowania napędem obrotowym i liniowym a w szczególności sterowania elektrohydraulicznego”. Doktorant podjął zatem temat „Analiza i badania liniowo-obrotowego elektrohydraulicznego zespołu napędowego”. Napęd obrotowy realizowany za pomocą silnika hydraulicznego pozwala osiągnąć duże przemieszczenia obiektu za pomocą liny nawijanej na bęben zaś napęd liniowy realizowany za pomocą siłownika zapewnia precyzyjne usytuowanie obiektu.

W tym świetle temat pracy uważam za uzasadniony i wartościowy z punktu widzenia naukowego i technicznego. Jest to temat oryginalny. Należy zaliczyć go do dziedziny Nauk Technicznych i dyscypliny Inżynieria Mechaniczna (dawniej dyscyplina Budowa i Eksploatacja Maszyn i specjalność Napęd Hydrauliczny).

W ramach wybranej tematyki, w rozdziale 3 postawiono pięć celów, które zacytowano poniżej :

- zbudowanie elektrohydraulicznego liniowo - obrotowego zespołu napędowego oraz stanowiska do jego badań,
- opracowanie metody sterowania zespołem napędowym,
- zbudowanie modelu teoretycznego i symulacyjnego serwonapędu,
- zaproponowanie metod równoczesnego sterowania dwoma napędami,
- przeprowadzenie badań symulacyjnych i doświadczalnych zespołu napędowego.

Następnie postawiono tezę, którą także zacytowano poniżej :

„Zespół serwonapędowy, składający się z elektrohydraulicznego serwonapędu obrotowego i liniowego, może pozycjonować element zawieszony na linie, z taką samą dokładnością jak dokładność pozycjonowania napędu liniowego oraz uzyskać krótkodystansowo prędkości ruchu mniejsze i większe od prędkości uzyskiwanych przez napęd liniowy oraz obrotowy.”

Wydaje się, że w pracy doktorskiej z zakresu Inżynieria mechaniczna, postawienie celów jest konieczne ale stawianie tezy jest już niekonieczne.

Przedstawione cele pracy wynikają z przyjętego przez Doktoranta obszaru badawczego i wyznaczono je prawidłowo. Wydaje się jednak, że przedstawiono je w nieodpowiedniej kolejności oraz jest ich zbyt dużo. Postępując zgodnie z zasadami metodologii należałoby najpierw sformułować cele teoretyczne a później badawcze a ilość celów zredukować do niezbędnej. Wydaje się że cele należało by sformułować w następujący sposób:

- opracowanie modelu teoretycznego i symulacyjnego serwonapędów obrotowego, liniowego i obrotowo – liniowego oraz ich badania symulacyjne,
- budowa napędu obrotowo – liniowego,
- budowa stanowiska i przeprowadzenie badań eksperymentalnych napędu obrotowo liniowego.

Cytowana wyżej teza jest sztuczna, zawikłana i trudna do zrozumienia. Zrozumiałem ją w ten sposób, że zespół obrotowo - liniowy może zapewnić taką samą dokładność pozycjonowania jak samodzielnie pracujące zespoły obrotowy lub silnikowy a jednocześnie może on pracować w szerszym zakresie prędkości. Jednak czy takie stwierdzenia mogą stanowić tezę pracy naukowej? Wydaje mi się że taka teza jest zbędna.

Podsumowując ten fragment pracy stwierdzam, że obszar badawczy jest dobrze wybrany lecz cele sformułowane zostały nieprecyzyjnie a zawikłana teza nie jest potrzebna.

2. Struktura i zawartość merytoryczna pracy

Praca ma typową strukturę stosowaną dla prac doktorskich. Składa się z kolejnych rozdziałów dotyczących przeglądu literatury, celów i tezy, analiz teoretycznych i symulacyjnych, badań doświadczalnych, wniosków oraz spisu literatury. Jest to prawidłowa struktura. Podczas analizy poszczególnych rozdziałów pojawiają się jednak uwagi polemiczne.

Pierwsze trzy rozdziały dotyczące przeglądu literatury, celów pracy i tezy omówiono powyżej.

W rozdziale czwartym przedstawiono modele matematyczne i symulacyjne trzech rodzajów serwonapędów tzn. serwonapędu obrotowego, liniowego i obrotowo-liniowego. Modelom matematycznym towarzyszą schematy ideowe (konstrukcyjne) a modelom symulacyjnym

schematy blokowe w programie Matlab-Simulink oraz wykresy stanowiące rezultat symulacji komputerowych. Nie mam zastrzeżeń do równań ani modelowania. Mam jednak zastrzeżenia co do sposobu prezentacji materiału w tym rozdziale. Opracowując model matematyczny Doktorant przedstawia schemat ideowy serwonapędu, następnie kilkanaście równań bez ściślejszego powiązania z tym schematem i odpowiednich wyjaśnień. Przykładowo dotyczy to schematu ideowego pokazanego na rys.4.1 i równań 4.2 – 4.11. Kolejno prezentuje On równania służące do opracowania modeli symulacyjnych, same modele symulacyjne oraz wybiórcze wyniki symulacji. W związku z tym brak jest wyjaśnień w jaki sposób przechodzi się od modelu matematycznego do symulacyjnego jaki jest program badań symulacyjnych oraz jakie wyniki planuje się osiągnąć przeprowadzając symulacje. Przykładowo dotyczy to równań 4.12 – 4.30 i modeli pokazanych na rysunkach 4.4 i 4.3. oraz charakterystyk pokazanych na rys.4.4. Ostatnia część tego rozdziału dotyczy badań symulacyjnych trzech wymienionych wyżej serwonapędów rozbudowanych o dodatkowe regulatory. Również i w tym przypadku nie kwestionuję wyników badań ale sugeruję, że należałoby lepiej uzasadnić powody rozbudowy napędu i bardziej wyczerpująco skomentować wyniki badań symulacyjnych. Dotyczy to charakterystyk pokazanych na rys.4.10, 4.12, 4.14. Wykorzystując te charakterystyki symulacyjne należało porównać je ze sobą i wykazać ewentualne korzyści z zastosowania poszczególnych serwonapędów w tym przede wszystkim napędu obrotowo liniowego.

Podsumowując rozdział dotyczący budowy i analizy modeli matematycznych i symulacyjnych stwierdzam, że Doktorant wykazał się biegłością w tym obszarze a otrzymane rezultaty są prawidłowe. Brak jest jednak głębszych wyjaśnień i interpretacji wyników.

Rozdział piąty dotyczący badań doświadczalnych jest najciekawszy. Stanowi on oryginalny dorobek Doktoranta, który wykazał znaczną wiedzę i umiejętności jako projektant i eksperymentator. Opisano w nim budowę i zasadę działania stanowiska badawczego oraz bogate wyniki badań trzech rozważanych wyżej rodzajów serwonapędów. Wynikami były charakterystyki dotyczące: odpowiedzi na wymuszenie skokowe oraz charakterystyki pozycjonowania obciążnika podnoszonego i opuszczanego za pomocą serwonapędu. Wyniki badań są wiarygodne. Jednak i w tym przypadku pojawiają się uwagi polemiczne. Przede wszystkim brak jest klarownego programu badań eksperymentalnych, który powinien korespondować z programem badań symulacyjnych którego też nie przedstawiono. Brak jest wyjaśnień dotyczących strategii doboru współczynników wzmocnienia K_p , K_i , K_d wpływających istotnie na kształt charakterystyk „odpowiedzi skokowej” serwonapędu (patrz przykładowo rys.5.9). Brak jest również głębszej dyskusji i oceny wyników eksperymentalnych

jako całości oraz porównania ich z wynikami otrzymanymi metodą symulacyjną. Taka dyskusja powinna stanowić odrębny rozdział w pracy.

Podsumowując ten fragment pracy stwierdzam, że Doktorant wykonał solidną pracę badawczą lecz nie do końca wiedział jak przedstawić i zinterpretować wyniki badań szczególnie z punktu widzenia praktyki technicznej i powiązać je z działaniem serwonapędów na stanowisku badawczym.

W rozdziale szóstym przedstawiono bardzo krótkie wnioski. Są to trzy wnioski, które można sformułować w następujący sposób :

- zrealizowano cele pracy,
- potwierdzono tezę,
- eksperyment potwierdza poprawność modelu symulacyjnego.

Podsumowując stwierdza się że wnioski te są słabo uzasadnione. Brak jest głębszej dyskusji i przywołania dowodów które uzasadniały by tak sformułowane wnioski. Przykładowo brak jest rozdziału dotyczącego dyskusji i porównań wyników symulacyjnych i eksperymentalnych co uzasadniało by wniosek trzeci.

W pracy przedstawiono również plany Doktoranta dotyczące dalszych badań .Są one obiecujące i pokazują że tematyka nie jest wyczerpana a wręcz przeciwnie widoczne są możliwości znacznego rozwoju np. przez wprowadzenie sztucznych sieci neuronowych do sterowania serwonapędami.

3. Uwagi szczegółowe

W trakcie czytania pracy nasunęły się następujące uwagi szczegółowe :

- str.8, wiersz 17g - „wysoka dynamika” - to żargon techniczny,
- str.16, wiersz 3g - „w celu osiągnięcia dobrych parametrów sterowania” - żargon techniczny, nie wiadomo jak rozumieć „dobre parametry”,
- str.16 - błędny numer pod rys.2.8 - powinno być 2.6,
- str.23, rys.2.13 - stanowisko badawcze z silnikiem hydraulicznym - gdzie jest silnik hydrauliczny ?
- str.25, rys.2.16 - na rysunku oznaczono małymi literami współczynniki k_p , k_i , k_d a dalej w pracy dużymi literami K_p , K_i , K_d - nieporządek,
- str.36, rys.3.1 - na rysunku zaznaczono numery elementów stanowiska 1 - 6, w podpisie pod rysunkiem brak objaśnień tych numerów,

- w rozdziale 4 pomyłono numerację wzorów - najpierw w podrozdziale 4.2 występują numery 4.1 - 4.30 a dalej w rozdziale 4.3 występują numery 4.22 - 4.38 czyli numery się pokrywają,
- str.47, rys.4.5 - na rysunku przedstawiono wolnoobrotowy, wysokomomentowy silnik typu ORBIT a nie gerotor; numery części podane na rysunku nie są opisane pod rysunkiem w podpisie,
- str.48, wiersz 10g - „To ciśnienie jest źródłem siły obracającej silnik” - niezgrabne sformułowanie, raczej ciśnienie i przepływ powodują obrót wału silnika,
- str.86, wiersz 5g - „potwierdziły uzyskanie części tezy” - niezręczne sformułowanie, „część tezy”,
- str.93, wiersz 9d - „pozwała na poprawę dynamiki ...” - znowu żargon techniczny „poprawa dynamiki”,
- w rozdziale 5 rysunki począwszy od rysunku 5.13 są małych wymiarów a opis na tych rysunkach wykonany jest drobnym drukiem, utrudnia to analizę rysunków,
- w całej pracy wykresy mają nieopisane osie co utrudnia ich analizę.

4. Osiągnięcia Doktoranta

Do osiągnięć Doktoranta zaliczam :

- wybór oryginalnej tematyki dotyczącej hydraulicznego serwonapędu obrotowo - liniowego, w którym zespół obrotowy (silnik hydrauliczny) zapewnia duże przemieszczenia obiektu a zespół linowy (siłownik) precyzyjne jego usytuowanie,
- opracowanie podstaw teoretycznych serwonapędu obrotowo – liniowego,
- opracowanie modeli symulacyjnych serwonapędu umożliwiających prognozowanie jego pracy,
- zbudowanie prototypu serwonapędu i przeprowadzenie jego badań eksperymentalnych potwierdzających prawidłowość rozwiązania konstrukcyjnego i funkcjonowania.

Należy docenić fakt, że Doktorant z powodzeniem połączył prace teoretyczne i komputerowe z konstrukcyjnymi i eksperymentalnymi. Jest to trudne i pracochłonne. Współcześni badacze coraz częściej uciekają w wygodny świat teorii a eksperymenty przeprowadzają co najwyżej w formie komputerowej. Inżynieria mechaniczna wymaga jednak rzeczywistych obiektów i eksperymentów. Na tym tle Doktorant wykonał dobrą robotę.

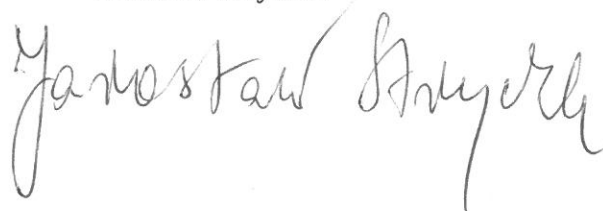
Zgłoszone wyżej uwagi i zastrzeżenia dotyczące struktury pracy i sposobu ujęcia tematyki mają charakter polemiczny. Należy je traktować jako element przewodu doktorskiego i zachętę

do podjęcia dyskusji naukowej mającej na celu doskonalenie warsztatu Doktoranta i uczynienia jego pióra „lżejszym”.

5. Wniosek końcowy

Uwzględniając osiągnięcia wymienione w punkcie czwartym recenzji stwierdzam, że praca doktorska Pana mgra inż. Arkadiusza Jakubowskiego pt. „Analiza i badania liniowo - obrotowego elektrohydraulicznego zespołu napędowego” odpowiada warunkom stawianym pracom doktorskim w dziedzinie Nauk Technicznych i dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna i stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Jarosław Stryczek

A handwritten signature in black ink, written in a cursive style, that reads "Jarosław Stryczek". The signature is positioned below the printed name.