

Szczecin 19.02.2024

Dr hab. inż. Piotr Pawełko prof. ZUT
Katedra Mechatroniki
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Al. Piastów 19
70-310 Szczecin



RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała Zielinskiego.pt.

**Wolnoobrotowa promieniowa pompa tłokowa
o zmiennej wydajności właściwej – budowa i badania**

Promotor rozprawy doktorskiej: Pan dr hab. inż. Andrzej Gessner.

Promotor pomocniczy: Pan dr inż. Adam Myszkowski

Podstawa opracowania recenzji: pismo DIM.075.43.2024 z dnia 30.01.2024 Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania, Politechniki Poznańskiej dr hab. inż. Olafa Ciszaka prof. PP

1. Przedmiot recenzji

Rozprawa doktorska Pana mgra inż. Michała Zielinskiego pt. "Wolnoobrotowa promieniowa pompa tłokowa o zmiennej wydajności właściwej – budowa i badania", o objętości 145 stron tekstu. Praca składa się z 7 rozdziałów, w tym wprowadzenia, części zasadniczej i wniosków. Na początku rozprawy zamieszczono, Streszczenie rozprawy w języku polskim i streszczenie w języku angielskim. Na końcu rozprawy została umieszczona Bibliografia. W Bibliografii podano spis 92 publikacji źródłowych, w tym 2 patenty, 2 raporty, 11 źródeł internetowych., pozostałe to referaty z materiałów konferencyjnych, artykuły naukowe oraz pozycje książkowe. Wśród publikacji zamieszczonych w Bibliografii są 2 artykuły naukowe oraz dwa zgłoszenia patentowe, których współautorem jest mgr inż. Michał Zielinski. Do recenzji dostarczony został wydrukowany oryginał rozprawy.

2. Tematyka rozprawy

Pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych stanowi obecnie istotny trend w rozwoju techniki. Podjęta przez autora tematyka zaprojektowania pompy hydraulicznej wolnoobrotowej o zmiennej wydajności stanowi bezpośrednią odpowiedź na potrzeby rynku. Stosowanie układów o wysokich sprawnościach, dużych gęstościach mocy, o wysokim stopniu niezawodności, trwałych, łatwych i potencjalnie tanich w obsłudze wpisuje się naturalnie w specyfikę układów hydraulicznych, tym samym podjętą przez autora tematykę.

W tą koncepcję wpisuje się ciągły rozwój konstrukcji przekładni hydraulicznych, w tym hydrostatycznych, zmierzających do efektywnej poprawy właściwości eksploatacyjnych takich napędów. O ile sama idea stosowania przekładni hydraulicznych jest ogólnie znana i ugruntowana, to ich rozwój, szczególnie w zakresie nowych konstrukcji przekładni umożliwiających automatyczną regulację wydajności, wpisuje się w światowe trendy w tej dziedzinie. Przykładami takich układów są np. pompy typu LS (Load Sens). Odchodzi się więc w nowoczesnych napędowych układach hydraulicznych na od pomp o stałym wydatku, na rzecz pomp o regulowanej wydajności, co umożliwia płynne sterowanie mocą układu, zarówno po stronie zasilania jak i odbioru mocy. W tej dokładnie tematyce i trendach rozwojowych porusza się autor rozprawy, podejmując zagadnienia związane w projektowaniem, badaniem parametrów hydraulicznych wolnoobrotowej promieniowej pompy tłokowej o zmiennej wydajności. Tematyka tej rozprawy mieści się w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych i obejmuje zagadnienia z dyscypliny inżynieria mechaniczna, a także wybrane problemy z pogranicza zastosowań obliczeniowych metod numerycznych.

3. Przedmiot rozprawy, tezy, jej cele i struktura

Podstawowym zagadnieniem naukowym rozpatrywanym w recenzowanej rozprawie jest opracowanie modelu teoretycznego wolnoobrotowej promieniowej pompy tłokowej oraz jego weryfikacja doświadczalna na zaprojektowanym i zbudowanym prototypie. Autor szczególny nacisk kładzie na konstrukcję i sterowanie systemem sterowania wydajnością właściwą (jednostkową) zaprojektowanej pompy.

W rozprawie Autor nie sformułował w sposób jawny tezy pracy, co nie wpisuje się w typowe ramy polskich rozpraw doktorskich, lecz dosyć powszechnie występuje w pracach realizowanych za granicą. Jasno natomiast sformułował cel: **Celem rozprawy jest opracowanie modelu teoretycznego i przeprowadzenie badań symulacyjnych, a także zbudowanie prototypu i przeprowadzenie badań doświadczalnych wolnoobrotowej**

promieniowej pompy tłokowej z nowym, energooszczędnym sposobem sterowania wydajnością właściwą.

Zakres rozprawy, przedstawiony przez mgr. inż. Michała Zielinskiego obejmuje w swoim zakresie przegląd rozwiązań promieniowych pomp tłokowych, przedstawienie koncepcji wolnoobrotowej promieniowej pompy tłokowej o zmiennej wydajności właściwej (jednostkowej), opracowanie jej modelu teoretycznego, wykonanie badań symulacyjnych zarówno pompy tłokowej oraz jej podzespołów ssąco-tłoczących. Po tych pracach autor przewidział opracowanie konstrukcji oraz budowę prototypu podmiotowego układu. Naturalną kolejną rzeczą jest późniejsza budowa stanowiska pomiarowego oraz opracowanie planu i przeprowadzenie badań eksperymentalnych. Uzyskane wyniki winny być poddane analizie w kontekście wyników z badań symulacyjnych. Jest to typowe, ugruntowane i sprawdzone w pracach badawczych podejście, służące opracowaniu nowych rozwiązań konstrukcyjnych.

Recenzowana rozprawa doktorska ma charakter badawczo-projektowy. Jej struktura jest prawidłowa i typowa dla tego rodzaju prac. W części pierwszej Wprowadzenie przedstawiono ogólnie problematykę rozprawy oraz źródło inspiracji do jego podjęcia. Rozdział 1. zawiera opis potencjału aplikacyjnego, rozdział 2 autor poświęcił na przegląd wiedzy z zakresu pomp hydraulicznych hydrostatycznych, a więc dziedziny, w której będzie się w dalszych rozdziałach poruszał. W rozdziale 3 pracy Autor przedstawił cel i zakres pracy wprowadzając wstępnie czytelnika w koncepcję zaproponowanego przez siebie rozwiązania oraz przewidywanych problematycznych zagadnień zarówno w konstrukcji, eksploatacji oraz technologii. W rozdziale 4 zatytułowanym „Budowa, model teoretyczny oraz wyniki badań symulacyjnych pompy”, autor bardzo szeroko analizuje układ mechanizmu do zmiany wydajności pompy, co stanowi istotne zagadnienie dla rozpatrywanego przypadku. Analizie poddał model kinematyczny pompy o zmiennej wydajności, przekładając go na jej parametry hydrauliczne. Należy wspomnieć w tym miejscu, iż autor zastosował jako hydrauliczne układy wykonawcze siłowniki dwustronnego działania, gdzie komory tłokowe i tłoczyskowe w każdym z siłowników wykonywały pracę tłoczenia przy naturalnej konstrukcyjnej asymetrii wydajności, co generowało dodatkowe zagadnienia do analizy wydajności. Rozdział 5 ogniskuje się wokół przygotowań do badań doświadczalnych, a dokładnie dotyczy rozwiązań konstrukcyjnych stanowiska badawczego oraz planu badań. Badania doświadczalne zaprezentowane w Rozdziale 6 służyły eksperymentalnej walidacji charakterystyk pracy

wolnoobrotowej pompy. Otrzymane wyniki umożliwiły również uwzględnienie wpływu osprzętu stanowiska na uzyskiwane wyniki pracującej pompy. Z tego też względu autor finalnie rozdzielił w rozprawie badania na wstępne i właściwe, wprowadzając czytelnika w problematykę. Z punktu widzenia aplikacyjnego, istotne jest przedstawienie przez autora trudności w prowadzeniu badań i interpretacji wyników, których nie był do końca świadomy budując model teoretyczny i konstruując stanowisko badawcze. W rozdziale zostało zawarte szereg charakterystyk badanej pompy dla różnych zestawów danych wejściowych. Autor przedstawił zatem metodę i program badań, po czym na specjalnym stanowisku badawczym, dokonał kompleksowej weryfikacji doświadczalnej poczynionych założeń we wcześniejszych rozdziałach – wpływu nastaw mimośrodowo, ciśnienia roboczego, ciśnienia ssania, prędkości obrotowych wału napędowego na działanie pompy.

Wnioski z przeprowadzonych prac, porównania analiz teoretycznych z wynikami badań doświadczalnych, zarówno szczegółowe jak i ogólne, oraz dalsze kierunki badań autor przedstawił w ostatnim 7 rozdziale swojej rozprawy.

4. Merytoryczna ocena rozprawy

Rozwój inżynierii mechanicznej, a zwłaszcza współczesnych systemów służących pozyskiwaniu zielonej energii, nadaje hydraulice siłowej nowy wymiar zastosowań. Już nie tylko przemysł ciężki, lecz również układy wykonawcze sterowania turbinami łopat elektrowni wiatrowych, systemy hamowania, bezpieczeństwa, wysokowydajne przekładnie o dużym przełożeniu, napędy bezpośrednie stają się nową domeną hydrauliki siłowej. W kontrze stoi zastosowanie oleju hydraulicznego jako pochodnej ropy naftowej, wycieki, ograniczona trwałość fizyko-chemiczna, z drugiej bardzo wysoka sprawność takich układów, niespotykana nigdzie indziej tzw. gęstość mocy, rozwój inżynierii materiałowej w dziedzinie zarówno uszczelnień jak i ekwiwalentnych cieczy dla oleju hydraulicznego, uwidaczniają ponowne silne zainteresowanie tą dziedziną techniki.

Jednym z takich trendów, jest dążenie do eliminacji przekładni mechanicznych w układach napędowych i konstruowania tzw. napędów bezpośrednich. Powoduje to zwiększenie sprawności układów napędowych przy jednoczesnym zwiększeniu niezawodności. Oczywistym jest, iż nie wszędzie takie rozwiązania są możliwe do wdrożenia szczególnie w konstrukcjach bieżąco eksploatowanych, lecz dla nowoprojektowanych stanowią ciekawą alternatywę. Autor podjął bardzo ciekawą tematykę pomp wyporowych hydrostatycznych niskoobrotowych o zmiennych wydajnościach, do zastosowań w małych

elektrowniach wodnych. W recenzowanej pracy podjęto problematykę zaprojektowania pompy wyporowej hydrostatycznej o zmiennej wydajności przeznaczony pod konkretne zastosowanie oraz o ściśle założonej funkcjonalności.

Na ogół problem sterowania wydajnością przy zmiennych parametrach źródła zasilającego rozwiązywany jest za pomocą elektronicznych układów sprzężenia zwrotnego, co dla założenia prostych i bezobsługowych układów, komplikuje obsługę i serwis. Autor rozprawy podjął się zadania, dotyczącego zaprojektowania układu hydrauliczno-mechanicznego realizującego postawione mu cele.

4.1. Czy analizę źródeł przeprowadzono w rozprawie w sposób właściwy?

Rozdział pierwszy poświęcony został przez autora na opis środowiska pracy i wymagań stawianych dla układów pozyskiwania energii przez małe elektrownie wodne. Prowadzona analiza wskazała potrzebę i celowość podejmowania prac nad takimi układami w kontekście generacji zielonej energii i zrównoważonego rozwoju. Autor rozpoznał tematykę w zakresie stosowanych konstrukcji, wielkości oraz mocy użytecznych takich elektrowni. W rozdziale drugim rozprawy, jej Autor przeprowadził gruntowną (13 stron) analizę stanu wiedzy w zakresie niezbędnym z punktu widzenia tematyki pracy. Wymierna część pracy poświęcona jest pompom hydrostatycznym promieniowym, o zmiennych wydajnościach – których szczególne rozwiązanie konstrukcyjne jest podmiotem niniejszej rozprawy. Autor skoncentrował się na rozwiązaniach konstrukcyjnych tego typu pomp, pozyskał dane o ograniczeniach konstrukcyjnych, sterowaniu, parametrach hydraulicznych.

Analizę źródeł przywołanych w obu rozdziałach rozprawy oceniam pozytywnie. Została ona przeprowadzona szeroko i w sposób kompetentny, świadczący o dobrej orientacji Autora w podjętej problematyce, zarówno od strony naukowej jak i aplikacyjnej.

4.2. Czy Autor rozwiązał postawione zagadnienie i zrealizował cele rozprawy?

Merytoryczna ocena recenzowanej rozprawy doktorskiej dotyczy przede wszystkim rozdziałów od trzeciego do szóstego. W rozdziale 3 przedstawiono koncepcję wolnoobrotowej promieniowej pompy tłokowej o zmiennej wydajności oraz postawiono cel i zakres pracy. Przyjmując już na wstępie badawczo-aplikacyjny charakter pracy Autor zapoznaje wstępnie czytelnika z koncepcją nowego rozwiązania pompy oraz przewidywanych problematycznych zagadnień zarówno w konstrukcji jak i jej eksploatacji. Poświęca uwagę na wskazanie nieoczywistych problemów związanych z projektowaniem tego typu zespołów roboczych. W rozdziale 4 prezentuje już model obliczeniowy przedstawiając opracowane

dwa podzadania: projekt układu hydrostatycznego oraz projekt mechanizmu do zmiany wydajności, które umożliwiają poprawne działanie pompy w założonych warunkach. Przedstawione są tu wyniki prowadzonych badań symulacyjnych wpływu parametrów hydraulicznych oraz mechanicznych (kinematycznych) na uzyskiwane teoretyczne charakterystyki wydajności pompy.

W rozdziale 5 *Stanowisko badawcze i metodyka badań* Autor niestety dość skromnie zaprezentował konstrukcyjną realizację prototypu pompy, opracowanego stanowiska badawczego oraz planowaną metodykę badań. Przywołuje oprogramowanie CATMAN do prowadzenia rejestracji pomiarów, niestety nie przedstawił analizy zdolności pomiarowej systemu pomiarowego .

Metoda badawcza oraz program badań zaprezentowany w Rozdziale 6 służyły weryfikacji poczynionych w poprzednich rozdziałach kroków mających na celu zaprojektowanie i wykonanie działającej pompy o zmiennej wydajności. Autor zrealizował to zadanie na stanowisku badawczym, dokonał kompleksowej wielopłaszczyznowej weryfikacji doświadczalnej poczynionych założeń we wcześniejszych rozdziałach – wpływu parametrów hydraulicznych, kinematycznych układu napędowego, nastaw mimośrodowo układu regulacji wydajności na działanie pompy i uzyskiwane charakterystyki jej wydajności. Ponadto autor dokonał oceny sprawności dla kombinacji tychże parametrów, zaprojektowanej i przebadanej konstrukcji, wyznaczając graficznie obszary pracy o zmiennych sprawnościach.

Rozdział 7 oraz ostatni punkt rozdziału 6 stanowią podsumowanie pracy autora i zawierają komplementarne szczegółowe i ogólne wnioski z przeprowadzonych prac oraz dalsze planowane kierunki badań. Wskazują one, na praktyczną przydatność proponowanego rozwiązania konstrukcji przekładni. Warto zauważyć stronę aplikacyjną rozwiązania, czego dowodem są złożone dwa wnioski patentowe na uzyskaną konstrukcję

Podsumowując, mgr Michał Zielinski w rozprawie przedstawił skuteczne rozwiązanie zagadnienia polegającego na zaprojektowaniu nowego typu niskoobrotowej promieniowej pompy hydrostatycznej o zmiennej wydajności i zrealizował wszystkie cele rozprawy doktorskiej. **Merytoryczną część rozprawy oceniam pozytywnie.** Szczególnie cenne jest to, że Autor rozprawy był świadomy wielu istniejących ograniczeń. Starał się aktywnie korzystać z dostępnej wiedzy dotyczącej istniejących algorytmów i oprogramowania, mimo wspomnianych wcześniej ograniczeń, dążąc do realizacji celu.

4.3. Na czym polega oryginalność rozprawy?

Oryginalny wkład Autora rozprawy doktorskiej do nauki polega na:

- Przeprowadzeniu analizy geometrycznej, kinematycznej i hydraulicznej nowoprojektowanej pompy wolnoobrotowej o zmiennej wydajności uwzględniających opracowane kryteria projektowe,
- Dokonaniu symulacyjnej weryfikacji przyjętego modelu kinematycznego pompy promieniowej z mimośrodowym mechanicznym układem regulacji wydajności,
- Opracowaniu konstrukcji prototypu umożliwiającego przeprowadzenie rozszerzonych badań doświadczalnych wolnoobrotowej pompy promieniowej w różnych wariantach obciążenia hydraulicznego i nastaw mimośrodowego układu regulacji wydajności,
- Zrealizowaniu stanowiska badawczego oraz przeprowadzeniu kompleksowych badań doświadczalnych na prototypie pompy.

Ważnym atutem rozprawy doktorskiej mgra inż. Michała Zielinskiego jest innowacyjny (złożone dwa wnioski patentowe) charakter proponowanych rozwiązań. Autor rozprawy wykazuje się biegłością w wykorzystaniu algorytmów i metod analizy dotyczących projektowania pomp dla układów hydrostatycznych. Wykazał się też znajomością zagadnień dotyczących zarówno projektowania geometrii, analiz kinematycznych i prowadzenia badań doświadczalnych. **Oryginalność, innowacyjność i poziom naukowy wymienionych osiągnięć oceniam pozytywnie.**

4.4. Czy wyniki rozprawy są przedstawione w sposób jasny i przekonujący?

Podstawowe zagadnienia i problemy poruszone w rozprawie doktorskiej mgra inż. Michała Zielinskiego oraz uzyskane wyniki są w większości przypadków przedstawione zwięźle, jasno i przekonująco. Do tego przyczyniają się zarówno językowe umiejętności autora, jak i klarowność przedstawionych zależności matematycznych, opisy stosowanych algorytmów, tabele, ilustracje i wykresy. Niemniej jednak, w recenzowanej rozprawie zdarzają się sytuacje – na szczęście sporadyczne – w których czytelnik nie zawsze ma dostęp do bardziej szczegółowych, wyczerpujących informacji umożliwiających lepsze zrozumienie przekazu autora. Autor czasem opisuje uzyskane wyniki bez odwoływania się do oznaczeń, schematów działania czy parametrów, co stanowi pewien dysonans w pracy.

Autor niekiedy używa terminów, akronimów oraz symboli bez ich objaśniania przed pierwszym użyciem. Zakłada zapewne, że są one znane czytelnikowi lub też przyjmuje, że

informacje te czytelnik może znaleźć w cytowanych w rozprawie materiałach źródłowych, na przykład, na str. 20 przekładnia planetarna precesyjna typu K-H-V, na str. 21 CVT bez wytłumaczenia - ang. *Continuously Variable Transmission*.

Ponadto:

1. Na str. 24 autor używa nazwy „wydajność właściwa” q (pompy), w branży hydrauliki siłowej dla pomp używa się sformułowania wydajność jednostkowa, a dopiero na stronie 29 autor wyjaśnia jej definicję.
2. Na str. 29 autor nie umieścił w tekście oznaczenia literowego skoku tłoczka „h”, używając go we wzorze bez wyjaśnienia.
3. Na str. 31 autor nie umieścił w tekście oznaczenia literowego współczynnika nierównomierności „ δ ”, używając go we wzorze bez wyjaśnienia.
4. Autor dla jednej zmiennej „e” używa w pracy dwóch nazw: korba oraz mimośród (np. str. 46, 56, 133).
5. Na str. 56 rys. 25 zawiera błąd w opisie rys. 25a dotyczy wahacza, a rys. 25b łącznika.
6. Na wykresach wydajności całkowitej Q uzyskanych z badań doświadczalnych przydałaby się linia teoretycznej wydajności wynikającej z ustawienia mimośrodu przy braku zmienności wydajności (tabela 3 str. 60) tzn. wydajności jednostkowej pomnożonej przez liczbę obrotów, co poniekąd ułatwiłoby interpretację uzyskanych wyników.
7. Dla zmiennej: pozycja kątowa (θ), oprócz opisu, przydałby się rysunek wyjaśniający dokładnie o jaką pozycję kątową pomiędzy wałem a tarczą chodzi Autorowi, jak jest obliczana i/lub ustawiana i weryfikowana (str. 9 oraz 66).
8. Uwaga ogólna dla jednostek. Pomimo, iż narzuca się obecnie konieczność stosowania jednostek z układu SI lub ich pochodnych, niemniej w branży hydrauliki siłowej (olejowej, technicznej) ciśnienie podaje się w barach [bar] lub megapaskalach [MPa], objętości w litrach [l] lub centymetrach sześciennych [cm³], a nawet kroplach [dpm] w zależności od kontekstu opisu (np. Leakage is often specified in units of drops per minute). Autor czasem sam stosuje jednostki dopasowane do kontekstu np. prędkość obrotowa n [obr/min], a nie [obr/s], [dm³/min].
9. Określenie przez Autora sprawności prototypu pompy (od str.106) należy traktować bardziej jakościowo niż ilościowo. Autor na pewno wie, że sprawność układu hydraulicznego można obliczyć/wyznaczyć na wiele sposobów, również pośrednio przez pomiar energii cieplnej dostarczanej do czynnika roboczego. Znając zatem ciepło

właściwe oleju, jego objętość w układzie oraz jego temperaturę początkową i końcową próby, przy założonym czasie jej trwania, można obliczyć moc zużytą na podgrzanie oleju. Ponadto jak już wspomniano, bez analizy zdolności pomiarowej układu nie wiadomo w granicy jakiego błędu są szacowane przez Autora wartości sprawności, bazujące na uzyskanych pomiarach. Sam proces wnioskowania i zestawiania wyników nie budzi wątpliwości, lecz podawanie sprawności np. 93,38% (str.113) bez błędu jest niewskazane w tego typu rozprawie i może mocno odbiegać od tychże wartości.

10. W pracy (jak dla prac ukierunkowanych na hydraulikę siłową) brakuje podstawowych obliczeń dla przepływów, potwierdzających lub nie, czy mamy do czynienia z przepływem laminarnym dla którego Autor przedstawia wzory teoretyczne.
11. Niedosytem w pracy jest brak informacji o zastosowanym zespole ssąco-tłoczącym, jego geometrii, zastosowanych uszczelniaczy i rodzaju prowadzenia, odporności ciśnieniowej i podciśnieniowej, rodzajach przewodów elastycznych (ilość oplotów, ciśnienie robocze, rozmiar).
12. Wnioskowanie o wpływie podatności ramy stanowiska (str. 124) wstępnie tłumaczące różnicę między charakterystykami doświadczalnymi a teoretycznymi, są wydaje się dość łatwe do wstępnego zweryfikowania. Pomiar maksymalnego ugięcia ramy w miejscu mocowania zespołu ssąco-tłoczącego w czasie pracy układu, umożliwiłoby naniesienie korekt w modelu kinematycznym pompy (modyfikacja np. skoku, mimośrod). Tym samym zaistniałaby możliwość nałożenia rodziny dodatkowych krzywych teoretycznych na wykres doświadczalny i wnioskowanie jakościowe.
13. Nasuwa się także pytanie, jaki wpływ na uzyskiwane wyniki ma rodzaj uszczelnień i rodzaj prowadzeń tłoka i tłoczyska w zastosowanych sekcjach ssąco-tłoczących, czy zastosowane uszczelnienia przystosowane były do podciśnień uzyskiwanych w komorach roboczych.

4.5. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Słabsze strony i drobne wady recenzowanej rozprawy nie są znaczące. Są one związane przede wszystkim z jej stroną redakcyjną i przedstawione zostały w poprzednim punkcie niniejszej recenzji. Nie wpływają one w sposób istotny na moją **pozytywną ocenę merytorycznej strony recenzowanej rozprawy doktorskiej.**

4.6. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk inżynieryjno-technicznych?

W rozprawie doktorskiej mgr inż. Michała Zielinskiego przedstawiono oryginalną metodę projektowania wolnoobrotowej pompy promieniowej o zmiennej wydajności. Metoda ta została potwierdzona przez autora w sposób jednoznaczny, wykonanie działającego prototypu oraz przez dwa zgłoszenia patentowe. Można żywić zatem nadzieję, że zarówno metodyka projektowania jak i nowo zaprojektowany typ pompy zostanie dostrzeżony przez środowisko naukowe i przemysł i będzie dalej skutecznie rozwijana. Dlatego, moim zdaniem, **przydatność rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała Zielinskiego dla nauk inżynieryjno-technicznych nie budzi żadnych wątpliwości.**

W końcowej części rozprawy doktorskiej zamieszczono rozdział 7 Podsumowanie, wnioski i kierunki dalszych badań. Uważam, że w tym rozdziale Autor rozprawy prawidłowo podsumował wyniki swojej pracy, dokonując ich podziału dla ułatwienia odbioru, na wnioski szczegółowe i ogólne. Zaprezentował także obszernie kierunki dalszych badań, co wskazuje na potencjał naukowy i aplikacyjny rozważanego przypadku.

5. Inne uwagi

Rozprawa doktorska mgr inż. Michała Zielinskiego jest dobrze przygotowana pod względem edytorskim oraz starannie pod względem językowym. Mimo złożoności i branżowości tematyki jest napisana w sposób zrozumiały. W tekście rozprawy, rzadko zdarzają się drobne nieścisłości, praktycznie nie występują błędy redakcyjne i literowe oraz sformułowania wywołujące wątpliwości.

Niezależnie od tego, że moja ocena rozprawy jest pozytywna, u czytelnika pracy, a zwłaszcza u recenzenta, mają prawo pojawić się wątpliwości, pytania, sugestie oraz uwagi dyskusyjne zawarte w pkt.4.4.

6. Ocena końcowa rozprawy doktorskiej zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, zgodnie z art. 187.

6.1 Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej.

TAK

6.2 Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne.

TAK

6.3 Rozprawę doktorską może stanowić praca pisemna, w tym monografia naukowa, zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, praca projektowa, konstrukcyjna, technologiczna, wdrożeniowa lub artystyczna, a także samodzielna i wyodrębniona część pracy zbiorowej.

Jest to praca pisemna, teoretyczno-doświadczalna, zawierająca rozwiązania konstrukcyjne oraz wdrożeniowe (aplikacyjne)

6.4 Do rozprawy doktorskiej dołącza się streszczenie w języku angielskim, a do rozprawy doktorskiej przygotowanej w języku obcym również streszczenie w języku polskim. W przypadku gdy rozprawa doktorska nie jest pracą pisemną, dołącza się opis w językach polskim i angielskim

Praca zawiera streszczenie w języku angielskim

Rozprawa doktorska mgr inż. Michała Zielinskiego dotyczy projektowania pomp hydraulicznych promieniowych, hydrostatycznych, wolnoobrotowych o zmiennej (nastawnej) wydajności z uwzględnieniem aspektów badań doświadczalnych tego typu układów. Celem aplikacyjnym badań zrealizowanych w recenzowanej rozprawie było opracowanie konstrukcji pompy do zastosowań w małych elektrowniach wodnych o założonych parametrach pracy i źródła zasilania.

Ważnym elementem przy ocenie rozprawy doktorskiej jest jej związek z procesami poznania oraz stosowaniem odpowiedniej metodyki badań, co bezpośrednio lub pośrednio wpływa na poszerzenie stanu wiedzy. W przypadku rozprawy mgr inż. Michała Zielinskiego warunek ten został spełniony. Rozprawa jest prawidłowo wykonana pod względem metodologii badań, a jej Autor jest dobrze przygotowany do prowadzenia samodzielnej pracy naukowej. Doktorant znacznie poszerzył swoją wiedzę dotyczącą stosowania metod i narzędzi badawczych, wirtualnych i rzeczywistych.

Badania przeprowadzone przez Autora rozprawy mają dużą wartość poznawczą i potencjał aplikacyjny. Mieszczą się one w głównym nurcie nowoczesnych prac badawczych ukierunkowanych na rozwiązanie ważnych problemów współczesnej inżynierii mechanicznej.

Wszystko to wskazuje na dobre interdyscyplinarne przygotowanie Autora rozprawy do pracy naukowej, a także na Jego szeroką wiedzę, inwencję i potencjał twórczy. Podsumowując moją ocenę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska:

- zawiera oryginalne, autorskie rozwiązanie ważnego zagadnienia naukowego,
- wskazuje na gruntowną i szeroką wiedzę Autora w uprawianej dyscyplinie,
- świadczy o umiejętności Autora samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Na podstawie dokonanej analizy i oceny rozprawy doktorskiej mgra inż. Michała Zielinskiego pt. „Wolnoobrotowa promieniowa pompa tłokowa o zmiennej wydajności właściwej – budowa i badania” stwierdzam, że spełnia ona wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w obowiązującej ustawie. Wnioskuje zatem o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgra inż. Michała Zielinskiego do publicznej obrony.

