

Recenzja
Pracy doktorskiej mgr. inż. Wojciecha Iwanickiego
pt. „Sterowanie sprzęgła hydrokinetycznego przez zmianę natężenia przepływu cieczy
roboczej”

Recenzję opracowano na podstawie pisma Pana Prorektora ds. Rozwoju Kadry i Współpracy z Zagranicą Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu z dnia 30.10.2018 roku, prof. dr. hab. Sławomira Bukowskiego (nr pisma PK-042/79/82-2/st.dr-r/18)

1. Zasadność podjętego tematu rozprawy doktorskiej

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr. inż. Wojciecha Iwanickiego pt. „Sterowanie sprzęgła hydrokinetycznego przez zmianę natężenia przepływu cieczy roboczej” swoją treścią wpisuje się w zakres nauk o budowie i eksploatacji maszyn. Podjęta w niej tematyka badań eksperymentalnych i teoretycznych dotycząca sterowania sprzęgła hydrokinetycznego przez rozsuwanie wirników pompy i turbiny należy do nielicznych prac badawczych sygnalizowanych do układów napędowych elektrowni wiatrowych.

Rozpoznanie w trakcie badań i określenie wpływu na przenoszony moment obrotowy szczeliny między wirnikami, temperatury cieczy roboczej, stopnia napełnienia sprzęgła hydrokinetycznego oraz kierunku obrotów wirnika pompy, może pomóc w optymalizacji nie tylko układów napędowych elektrowni wiatrowych, ale także w każdym przypadku, w którym stosowane są podzespoły hydrokinetyczne. Podjęta problematyka pracy jest więc bardzo ważna z punktu widzenia zastosowań inżynierskich i warta rozważań o charakterze naukowo-badawczym.

2. Przedmiot rozprawy i jej zawartość

Rozprawa doktorska mgr. inż. Wojciecha Iwanickiego liczy 134 stron formatu A4. Całość została podzielona na cztery rozdziały. Układ pracy jest logiczny i przejrzysty. Zachowana została spójność pomiędzy rozdziałami, co ułatwia czytelnikowi zrozumienie analizowanych przez Doktoranta zagadnień. Analizowane zagadnienia, zarówno z literatury jak i z badań własnych Doktorant przedstawił w formie rysunków, których jest 102, tabel w liczbie 53 oraz 49 wzorów matematycznych. W bibliografii Doktorant zamieścił 93 pozycje literatury, na składają się wydawnictwa książkowe oraz czasopisma krajowe i zagraniczne, a także sprawozdania z prac badawczych, prace doktorskie i habilitacyjne o tematyce przekładni hydrokinetycznych, mające związek z recenzowaną rozprawą.

Przeglądając spis literatury można dokonać jej podziału na trzy grupy według kryterium czasu wydania. I tak, w grupie pierwszej lokuje się 33 pozycje literatury wydanej przed rokiem 2000. Grupę drugą tworzą 32 pozycje wydane w latach 2000 – 2010. W grupie trzeciej znajduje się literatura najnowsza w liczbie 28 pozycji, która została wydana w latach 2011 – 2018. W tak przedstawionym podziale literatury zauważa się, że w grupie pierwszej znajduje się najwięcej pozycji o charakterze teoretycznym i badań doświadczalnych z aplikacją eksploatacyjną. Odnotowano tu także jedną pracę poświęconą sterowaniu przekładni hydrokinetycznej za pomocą cieczy magnetoreologicznej opublikowaną w roku 1995. W grupie drugiej jest już wiele prac traktujących o szczegółach budowy przekładni hydrokinetycznych, ich sterowaniu z wykorzystaniem techniki komputerowej oraz cieczy magnetoreologicznych i elektoreologicznych. W grupie trzeciej przedstawionego podziału literatury prezentowane są prace dotyczące modelowania matematycznego i badań symulacyjnych przekładni hydrokinetycznych z uwzględnieniem charakterystyki geometrycznej kół łopatkowych.

W takim zestawieniu przedstawiona literatura dowodzi, że Doktorant w sposób dojrzały i gruntownie przemyślany dokonał jej wyboru. Występujące w trzech grupach czasowych pozycje literatury analizowane przez Doktoranta umiejętnie zostały powiązane z tematyką recenzowanej rozprawy.

3. Uwagi krytyczne do rozprawy

Recenzja w tej części zawiera uwagi krytyczne odnoszące się do wstępu oraz do poszczególnych rozdziałów. Całość rozprawy składa się z czterech rozdziałów, a każdy rozdział kończy się odpowiednio sformułowanymi wnioskami.

We wstępie Doktorant przedstawił ogólne wiadomości o hydraulicznych układach napędowych, kładąc szczególny akcent na sprzęgło hydrokinetyczne, będące przedmiotem recenzowanej rozprawy. Także we wstępie zawarto cel pracy oraz krótką charakterystykę poszczególnych rozdziałów. Na stronie 5 opisując sposób sterowania sprzęgła hydrokinetycznego jednym zbyt długim zdaniem (5 wierszy), nie uniknął Doktorant niejasności wyrażenia myśli i niepoprawnego stylu. Moim zdaniem cel pracy nie powinien być zapisany we wstępie, a w rozdziale pierwszym tworząc podrozdział „Stan problemu, cel i zakres pracy”.

3.1. Rozdział I. Przegląd literatury

Doktorant w rozdziale tym dokonuje przeglądu i analizy literatury z zakresu budowy, sterowania, modelowania matematycznego i badań doświadczalnych elementów i zespołów hydraulicznych. W sposób szczególny prezentuje tu przekładnie hydrokinetyczne oraz sprzęgła hydrokinetyczne z cieczą magnetoreologiczną i elektoreologiczną. Opisując możliwości sterowania Doktorant przedstawia wzór (1.1) na stronie 13 wyrażający moment obrotowy na kołach łopatkowych. W miejscu tym powinien być zamieszczony rysunek przekroju merydionalnego, na którym byłyby pokazane parametry geometryczne występujące w tym wzorze. I tu jeszcze mała uwaga do oznaczenia literą F przekroju w opisie, a we wzorze jest F_n (n w indeksie). Na stronie 14 na rysunku 1.7 przedstawiono wpływ prędkości

kątowej na charakterystykę sprzęgła hydrokinetycznego. Krzywe 1, 2, 3 na tym rysunku powinny być odpowiednio opisane. Na stronie 14 i 15, gdzie wymieniona jest przekładnia CVT, brakuje rozwinięcia tego skrótu. Na stronie 18 w tekście występuje moment obrotowy oznaczony M , natomiast na rysunku 1.16 na osi rzędnych oznaczono M_p . Szkoda, że Doktorant nie opisał szerzej stanowiska badawczego przedstawionego na rysunku 1.38, a szczególnie masy bezwładnościowej obciążającej z dwóch stron badane sprzęgło hydrokinetyczne. Inne błędy w postaci zapisów w nieodpowiednim przypadku, kropki, przecinki, zaznaczono kolorem czerwonym bezpośrednio w tekście rozprawy dostarczonej Doktorantowi.

Przedstawione wnioski na końcu rozdziału są bardzo ogólne. Jedynie wniosek nr 5, w którym Doktorant stwierdza, że sterowanie sprzęgła hydrokinetycznego przez zmianę natężenia przepływu wywołaną rozsunięciem wirników pompy i turbiny nie jest w literaturze opisane ma wartość inspiracji dla Doktoranta w prowadzeniu badań własnych w tym zakresie.

3.2. Rozdział II. Badania eksperymentalne

W rozdziale tym Doktorant przedstawia budowę oraz badania eksperymentalne sprzęgła hydrokinetycznego sterowanego zmianą natężenia przepływu cieczy.. Należy podkreślić to, że Doktorant wykonując ramę stanowiska badawczego nie stosuje połączeń spawanych, a połączenia śrubowe. Unika przez to odkształceń cieplnych oraz ułatwia montaż urządzeń stanowiących kompletne wyposażenie stanowiska badawczego, w pełni zdatnego do prowadzenia badań. Doktorant prowadził badania w zakresie wpływu na przenoszony moment obrotowy następujących parametrów:

- prędkości obrotowej koła łopatkowego pompy,
- temperatury cieczy roboczej,
- stopnia napełnienia,
- szczeliny między wirnikami.

Wyniki badań zostały zilustrowane przejrzysto na rysunkach 2.17 – 2.33. Bezpośrednio z wykresów przedstawionych na tych rysunkach wynikają wnioski, jakie Doktorant sformułował na końcu rozdziału. Czy Doktorant przeprowadził wystarczającą ilość badań, aby można było stwierdzić we wniosku nr 7, że pomiary momentu obrotowego obarczone są błędem około 10%.

3.3. Rozdział III. Modelowanie matematyczne sprzęgła hydrokinetycznego

Rozdział ten Doktorant poświęcił budowie modeli matematycznych, które będą wykorzystane w dalszych badaniach numerycznych. W kolejnych podstawieniach i przekształceniach wzorów matematycznych Doktorant otrzymuje równanie kwadratowe (wzór 3.30 na stronie 72), w którym niewiadomą jest δ , natomiast z tekstu wynika, że niewiadomą jest parametr σ . Doktorant we wzorze na obliczanie hydraulicznego momentu obrotowego uwzględnił trudny do wyznaczenia na drodze analitycznej współczynnik zmniejszenia natężenia przepływu ϵ , stąd też słusznie wyznacza go na drodze badań eksperymentalnych. Warto podkreślić, że Doktorant dokonał weryfikacji modelu matematycznego sprzęgła hydrokinetycznego, wyznaczając eksperymentalnie współczynnik strat tarcia ϕ w zależności od przełożenia

kinematycznego, a także współczynnik zmniejszenia natężenia przepływu ε w zależności od szczeliny między wirnikami pompy i turbiny oraz od przełożenia kinematycznego. Przedstawione wartości współczynnika zmniejszenia natężenia przepływu w tabelach 3.12 do 3.15 zostały oznaczone literą E, a w podpisie tabel występuje litera ε .

Doktorant przeprowadził ocenę poprawności zbudowanego modelu matematycznego badanego sprzęgła hydrokinetycznego na drodze porównania wyników obliczeń numerycznych z wynikami badań doświadczalnych. Za kryterium oceny przyjął odchyłki względne wyrażone w procentach i bezwzględne w Nm. We wnioskach dotyczących weryfikacji modelu matematycznego na podstawie wyników zawartych w tabelach 3.17 do 3.34 zostały zapisane odpowiednie relacje odchyłek względnych i bezwzględnych dla prędkości obrotowej wirnika pompy 600, 800, 1000, 1200 min^{-1} . W tej tak dużej liczbie wyników byłoby dobrze gdyby Doktorant wyjaśnił dlaczego tak dużo odstający błąd od pozostałych występuje na rysunku 3.14 i 3.15 przy prędkości obrotowej wirnika pompy 1000 min^{-1} i odpowiednio przełożeniu kinematycznym 0.89 i 0.92. W tekście na stronie 88 i 90 wywołującym rysunek 3.14 i 3.15 jest zapis:.....dla wybranej prędkości kątowej, a powinno być:.....dla wybranej prędkości obrotowej.

3.4. Rozdział IV. Badania teoretyczne

W rozdziale tym Doktorant przedstawił wyniki obliczeń numerycznych momentu obrotowego sprzęgła hydrokinetycznego przy wykorzystaniu własnego modelu matematycznego i programu komputerowego. Obliczenia symulujące pracę sprzęgła hydrokinetycznego odnosi do układu napędowego elektrowni wiatrowej. W tabelach 4.3 do 4.10 zawarto liczne wyniki obliczeń, a wybrane z nich z nich odnoszące się do prędkości obrotowej wirnika turbiny 1500 min^{-1} zilustrowano dodatkowo wykresami przedstawionymi na rysunkach 4.7 do 4.14. W podpisie rysunku 4.1 i 4.2 liczbowy współczynnik strat tarcia oznaczono literą ϕ , natomiast obok rysunku temu samemu parametrowi przyporządkowano literę Φ , która zwykle jest używana jako symbol w oznaczeniach średnicy otworów i wałków.

Doktorant rozważa także wykorzystanie sprzęgła hydrokinetycznego jako hamulca elektrowni wiatrowej. Wyniki obliczeń symulacyjnych momentu hamowania przedstawił w tabeli 4.11 i 4.12, a na wykresach rysunków 4.15 i 4.16 spadek momentu hamowania wirnika turbiny wiatrowej w funkcji wzrostu szczeliny między wirnikiem pompy i turbiny. Dyskusja wyników obliczeń symulacyjnych, jaką Doktorant przeprowadził wynika wprost z zamieszczonych tabel i rysunków.

Na końcu rozdziału czwartego Doktorant zamieścił 7 wniosków wynikających z badań symulacyjnych (numerycznych). W pięciu z nich główny przedmiot badań jakim jest sprzęgło hydrokinetyczne występuje odniesienie do elektrowni wiatrowej. Spostrzeżenia te są słuszne, ale wiele z podanych zależności występuje także w mobilnych maszynach roboczych, mających w swoim układzie napędowym przekładnie hydrokinetyczne.

4. Ocena wniosków ogólnych

Po przeprowadzeniu badań doświadczalnych i badań symulacyjnych Doktorant sformułował 5 wniosków ogólnych. Wnioski nr 1 i 2 odnoszą się do parametrów konstrukcyjnych sprzęgła

hydrokinetycznego, a ściśle do wirników pompy i turbiny. W tych wnioskach jest zapis o regulowanej szczelinie pomiędzy wirnikiem pompy i turbiny. Moim zdaniem powinno tu być uściślenie przez podanie, który z wirników jest w stałym położeniu, a który jest przesuwany w celu uzyskania żądanej szczeliny. Wnioski nr 3 i 4 wynikają bezpośrednio z wykonanych przez Doktoranta badań i nie wnoszę tu uwag. Wniosek nr 5 jest wnioskiem o charakterze futurologicznym i życzę Doktorantowi dużo zapału, sił i wytrwałości do jego realizacji w przedmiocie przekładni hydrokinetycznych stosowanych w układach napędowych mobilnych maszyn roboczych.

5. Podsumowanie i wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa jako całość jest czytelna i zrozumiała dla odbiorcy. Literatura z jakiej korzystał Doktorant została dobrze i w sposób przemyślany dobrana. Cel pracy, chociaż mógł być zapisany w innym miejscu według spisu treści został jasno sformułowany. Problematyka badawcza, zarówno doświadczalna jak i numeryczna została właściwie ujęta i zrealizowana. Liczność rysunków i tabel oraz wzorów matematycznych dobrze odzwierciedlają przeprowadzone badania i analizy.

W całej pracy spotyka się błędy literowe, stylistyczne i w niektórych zdaniach brak jasności sformułowanych myśli. Nie będą one jednak tu wyliczane, gdyż nie stanowią znaczącego uchybienia co do wartości merytorycznej rozprawy.

W podsumowaniu mojej oceny stwierdzam, że Doktorant przeprowadził szeroki zakres badań na przygotowanym przez siebie stanowisku badawczym oraz wykorzystał swój model matematyczny oraz program komputerowy, przez co osiągnął założony cel pracy. Czytając tekst pracy i zapoznając się z wynikami badań doświadczalnych i badań symulacyjnych według własnego modelu matematycznego i programu komputerowego, warto zauważyć i podkreślić, że Doktorant swobodnie posługuje się wieloma technikami badawczymi oraz umiejętnie wiąże wyniki uzyskane z wymienionych badań w spójną i logiczną całość.

Biorąc powyższe pod uwagę wnioskuję do Rady Wydziału Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu o wyróżnienie pracy doktorskiej Wojciecha Iwanickiego pt. "Sterowanie sprzęgła hydrokinetycznego przez zmianę natężenia przepływu cieczy roboczej". Korzystając z wyników badań zawartych w rozprawie powinno powstać co najmniej dwie publikacje kwalifikujące się na liście A.

Równocześnie stwierdzam, że opiniowana praca spełnia kryteria Ustawy o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. z 2003 roku Nr 65, poz. 595; z 2005 roku Nr 164, poz. 1365; z 2010 roku Nr 96, poz. 620 i Nr 182, poz. 1228, z 2011 roku Nr 84, poz. 455) i na tej podstawie wnioskuję do Rady Wydziału UTH o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

