

Dr hab. inż. Piotr Osiński, prof. uczelni
Politechnika Wroclawska
Wydział Mechaniczny
Katedra Eksploatacji Systemów Technicznych W10/K53
ul. Ign. Łukasiewicza 7/9
PL 50-371 Wrocław

tel. +48 71 320 45 98
fax. +48 71 3220 76 45
mail: piotr.osinski@pwr.edu.p

Wrocław, dn. 05.07.2021 r.

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Grzegorza Mędrka,
pt. „*Optymalizacja tarczowego sprzęgła wiskotycznego z cieczą
elektroreologiczną*”

Promotor rozprawy : dr hab. inż. Wojciech Żurowski, prof. UTH Radom
Promotor pomocniczy : dr Karol Osowski

Podstawa opracowania recenzji

Pismo Prof. dra hab. Sławomira I. Bukowskiego Rektora Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu z dnia 26 kwietnia 2021 r. (nr PK-042/8/21-2/dr-r/2021).

Merytoryczna ocena pracy

Geneza pracy. Przedłożona do oceny praca została wykonana jako część międzynarodowego projektu badawczego pod tytułem: *Innovative Application of Smart Fluid in Industrial Robot Gripper*. Projekt realizowano w latach 2016 - 2018 w ramach dwustronnej współpracy między Polską, a Tajwanem. Kooperantami w projekcie byli: ze strony polskiej Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu oraz Instytut Nowych Syntezy Chemicznych w Puławach, a ze strony tajwańskiej National Tsing Hua University oraz Industrial Technology Research Institute. Rolą autora niniejszej dysertacji w ramach projektu było opracowanie koncepcji budowy i przeprowadzenie optymalizacji sprzęgła wiskotycznego jako mechanizmu wykonawczego przeznaczonego do chwytaka robota przemysłowego.

Tematyka pracy porusza aktualne i istotne zagadnienie dotyczące optymalizacji sprzęgła wiskotycznego z elektroteologiczną cieczą roboczą. Z przeprowadzonej przez Doktoranta analizy istniejącego stanu wiedzy wynika m. in., że:

- 1) W dostępnej literaturze brak jest publikacji na temat optymalizacji sprzęgieł i hamulców z cieczą ER. Natomiast najczęściej optymalizowane są hamulce z cieczą MR przeznaczone do pojazdów.
- 2) W trakcie optymalizacji lub polioptymalizacji sprzęgieł i hamulców z cieczą MR nie jest uwzględniana wytrzymałość i sztywność części. Wynika to z faktu konieczności zapewnienia dużego przekroju elementów obwodu magnetycznego będących jednocześnie częścią obudowy, a tym samym dużej ich wytrzymałości i sztywności, w celu zmniejszenia oporu magnetycznego.
- 3) Podczas optymalizacji sprzęgieł i hamulców z cieczą ER nie można pomijać wytrzymałości i sztywności, gdyż stosowane elektrody mogą być stosunkowo cienkie.

Powyższe wnioski wskazują na aktualność i słuszność podjętej tematyki. Za aktualnością tematyki przemawia również obiekt badań i analiz. W pracy rozpatrywano możliwość zastosowania tarczowego sprzęgła w chwytaku robota przemysłowego. Przyjęta koncepcja ustalenia nacisku szczęk chwytaka na przenoszony przez chwytak obiekt poprzez dobór napięcia lub natężenia prądu elektrycznego umożliwia łatwe sterowanie wartością siły nacisku. Prostota sterowania jest warunkiem *sine qua non* zapewniającym rozwiązanie powszechne, przemysłowe zastosowanie w obszarze mechatroniki, automatyki i robotyki.

W ramach pracy doktorskiej autor wykonał badania stanowiskowe oraz przeprowadził rozważania teoretyczne. W trakcie badań stanowiskowych określił przebieg siły F chwytaka w funkcji prędkości obrotowej n_s oraz napięcia U . Wyznaczył również krzywe płynięcia cieczy ERF#6 dla różnych natężeń pola elektrycznego E . Analizę teoretyczną Pan Grzegorz Mędrak przeprowadził koncentrując się głównie na optymalizacji konstrukcji sprzęgła. Jako kryteria optymalizacji przyjął: moment obrotowy przenoszony przez sprzęgło, gabaryty sprzęgła oraz temperaturę jego pracy. Przeprowadzona optymalizacja konstrukcji miała za zadanie określenie wartości zmiennych, takich jak: prędkość kątowna wału wejściowego sprzęgła, liczba szczelin roboczych sprzęgła oraz wymiarów sprzęgła, dla których sprzęgło przenosi duży moment obrotowy przy zapewnieniu stosunkowo małych gabarytów oraz przy zachowaniu niskiej temperatury pracy. Obliczenia optymalizacyjne zostały przeprowadzone w trzech programach komputerowych napisanych przez Doktoranta. Kod źródłowy przygotowano w języku Turbo Pascal 7.0, którego algorytm zawierał uprzednio opracowane modele matematyczne. Program MC1 pozwala na obliczenie zależności stosunku O/M od temperatury T_z . Program MC2 służy do poszukiwania minimum funkcji celu $F1$ lub $F2$. Natomiast program AG1 był wykorzystywany do prowadzenia obliczeń optymalizacyjnych dla funkcjami celu $F1$ lub $F2$. Zaproponowana w pracy autorska metoda optymalizacji tarczowych sprzęgieł wiskotycznych z cieczą elektroteologiczną jest alternatywą i uzupełnieniem dla obecnie stosowanych metod projektowych. Utylitarny charakter poruszanego w pracy zagadnienia wskazuje na celowość podjętych badań stanowiskowych i teoretycznych.

Cel pracy przedstawiono opisowo we wstępie dysertacji i było nim przeprowadzenie optymalizacji konstrukcji tarczowego sprzęgła wiskotycznego z elektoreologiczną cieczą roboczą. Optymalizację wykonano w oparciu o wcześniej opracowane modele matematyczne cieczy ER oraz geometrię sprzęgła. Wytyczony cel pracy poprzedzony był obszerną analizą istniejącego stanu wiedzy w zakresie: budowy i zasady działania chwyteków, hamulców i sprzęgieł wiskotycznych z cieczą elektoreologiczną i magnetoreologiczną. Przedstawiono również liczne przykłady zastosowań mono i polioptymalizacji występujących w inżynierii mechanicznej. *Ad fontes.* Przeprowadzona analiza literatury, na którą składa się 138 pozycji, w tym 96 obcojęzycznych umożliwiła sformułowanie wniosków ogólnych oraz wniosków dotyczących bezpośrednio hamulców i sprzęgieł z cieczami ER i MR co w kolejnym etapie pozwoliło na merytoryczne uzasadnienie celowości podjętych przez Doktoranta rozważań.

Zakres pracy obejmował kilka etapów. Pierwszym z nich było przyjęcie założeń konstrukcyjnych dla prototypu sprzęgła wiskotycznego. Sprzęgło miało być zastosowane w chwytaku robota przemysłowego. Doktorant przyjął, że chwytak jest napędzany za pomocą silnika elektrycznego prądu zmiennego, którego wał jest połączony z częścią napędzającą przedmiotowe sprzęgło wiskotyczne. W rozwiązaniu tym, konwersja wartości siły nacisku F występującej w szczękach chwytaka na przenoszony obiekt może odbywać się przez zmianę wysokiego napięcia U aktywującego ciecz roboczą lub przez zmianę prędkości kątowej ω_1 wału wyjściowego silnika napędowego, a także w wyniku zmiany długości ramienia dźwigni r o stałą wartość po zatrzymaniu silnika napędowego. Ze względu na fakt, iż zmiana momentu obrotowego przenoszonego przez sprzęgło wiskotyczne z cieczą ER jest szybsza podczas zmiany wysokiego napięcia U niż podczas zmiany prędkości kątowej ω_1 , Autor w dalszej części pracy przyjął, że zmiana siły F nacisku szczęk chwytaka będzie odbywać się przez zmianę wartości wysokiego napięcia U . Dodatkowo Autor założył konstrukcję tarczową wykazując, że dla kryterium spełnienia takiej samej objętości sprzęgła suma powierzchni roboczych w sprzęgle tarczowym będzie większa od sumy powierzchni roboczych w sprzęgle cylindrycznym. Wynika to z faktu, że promienie szczelin pierścieniowych w sprzęgle cylindrycznym są coraz mniejsze. Powyższe założenia implikowały charakter pracy projektowanego sprzęgła wiskotycznego. Część napędzana sprzęgła z cieczą ER obraca się tylko podczas rozwierania i zaciskania szczęk. Natomiast podczas przenoszenia obiektu, sprzęgło wiskotyczne z cieczą ER pracuje jako hamulec, co skutkuje intensywnym wydzielaniem ciepła i wzrostem temperatury cieczy ER. Z kolei wzrost temperatury powoduje zmianę właściwości reologicznych cieczy roboczej. Stąd, słusznie przyjęta przez Doktoranta, konieczność uwzględnienia w modelowaniu matematycznym cieczy ER zmian właściwości reologicznych pod wpływem zmiany kluczowego parametru pracy jakim jest temperatury. Dodatkowo Autor w swym modelu uwzględnił wpływ innych istotnych wielkości, tj.: szybkości ścinania i wilgotności względnej powietrza. W modelu układu napędowego Doktorant dla uproszczenia modelu pominął bezwładność cieczy roboczej, sztywność wałów oraz momenty obrotowe tarcia w uszczelnieniach i łożyskach wałów, uznając wpływ tych parametrów w równaniach ruchu modelu matematycznego jako mało istotne.

W kolejnym etapie Doktorant przeprowadził optymalizację wielokryterialną przyjmując trzy kryteria: moment obrotowy M przenoszony przez sprzęgło wiskotyczne z cieczą ER, objętość O sprzęgła oraz ustaloną temperaturę pracy sprzęgła T_z . Następnie optymalizację wielokryterialną sprowadził do dwóch optymalizacji jednokryterialnych przez utworzenie dwóch funkcji celu F_1 oraz F_2 z trzech kryteriów z wykorzystaniem kolejno iloczynu oraz sumy ważonej dwóch stosunków utworzonych z kryteriów: T_z/T_o oraz O/M . Optymalizację przeprowadzono metodą Monte Carlo (rozdział 4) oraz z użyciem algorytmu genetycznego (rozdział 5). Porównując te dwie metody Autor pracy wykazał, że zastosowanie procedur obliczeniowych opartych o metodę algorytmu genetycznego pozwala na uzyskanie funkcji celu F_{1min} mniejszych o średnio 25% od funkcji celu F_{1min} uzyskanych za pomocą metody Monte Carlo. Dodatkowo, wyniki otrzymane dla obydwu metod są w podobny sposób uporządkowane, a uzyskane na ich podstawie zależności mają zbliżone przebiegi. Dla funkcji celu F_2 wyniki obliczeń opartych na metodzie algorytmu genetycznego są znacznie rozstrzelone w odniesieniu do obliczeń opartych na metodzie Monte Carlo. Dodatkowo najmniejsze wartości funkcji celów F_{2min} uzyskane metodą algorytmu genetycznego są o kilka rzędów większe od wartości funkcji celów F_{2min} uzyskanych metodą Monte Carlo. Na tej podstawie Autor dysertacji wysnuł wniosek, że optymalizacja dla funkcji celu F_{2min} przeprowadzona metodą Monte Carlo prowadzi do lepszych rezultatów niż zastosowanie metody algorytmu genetycznego.

W oparciu o przeprowadzoną optymalizację zbudowano prototyp sprzęgła wiskotycznego z cieczą ER dla współczynnika skali $s=2$ oraz liczby szczelin roboczych $n = 12$ oraz początkowo przyjętej grubości szczeliny $h = 1$ mm. Jednak w trakcie badań wstępnych okazało się, że ze względu na występowanie przebiegów elektrycznych uzyskane maksymalne napięcie U wynosiło 2 kV, co wymusiło zwiększenie grubości szczeliny do 1,25 mm, dla której maksymalne napięcie zwiększyło się do poziomu $U=2,5$ kV. Na podkreślenie zasługuje tutaj fakt, że wstępny prototyp został zweryfikowany doświadczalnie w oparciu o zebrane dane pomiarowe. Weryfikację wstępnego prototypu Doktorant zakończył oceną zakresu działania, prawidłowo rozpoznał zachodzące zjawiska fizyczne i na tej podstawie zaproponował zmodernizowaną konstrukcję, której zakres działania mógł zostać rozszerzony. Kolejne badania stanowiskowe zostały przeprowadzone dla już zmodernizowanej konstrukcji i to dla niej została przeprowadzona ocena poprawności modeli matematycznych użytych w optymalizacji. Poprawność zweryfikowano na podstawie porównania krzywych płynięcia otrzymanych na podstawie modelu matematycznego cieczy ER opisanego wzorem (3.22) z krzywymi płynięcia sporządzonymi dla prototypowego sprzęgła wiskotycznego z cieczą ER, którego geometrię ustalono w oparciu o matematyczny model geometryczny sprzęgła. Dodatkowo, walidację przeprowadzono dla sprzęgła wiskotycznego napełnionego cieczą ERF#6, gdyż, jak się okazało podczas badań wstępnych, rzeczywiste wartości naprężeń stycznych dla cieczy ERF3-S-I były znacznie niższe od deklarowanych przez producenta i niższe od wartości naprężeń stycznych dla cieczy ERF#6.

Wykonane badania stanowiskowe pozwoliły na wyciągnięcie następujących wniosków:

- 1) W trakcie pracy sprzęgła układu regulacji siły nacisku szczęk chwytaka, prawidłowo reagował na różnego rodzaju zakłócenia, w tym na zmianę właściwości cieczy ER

spowodowaną zmianą struktury łańcuchów przestrzennych utworzonych z cząstek stałych.

- 2) Zmiany siły nacisku F w czasie dla ustalonych warunków pracy sprzęgła nie przekraczały zazwyczaj 5%.
- 3) Długi czas regulacji wynika z ograniczenia wysokiego napięcia U na zasilaczu do wartości 2,5kV
- 4) Różnice między krzywymi płynięcia cieczy ERF#6 sporządzonymi na podstawie modelu matematycznego cieczy ER i zmierzonymi podczas badań sprzęgła wiskotycznego z cieczą ERF#6 mieszczą się w zakresie dopuszczalnego błędu. Średni błąd względny dla trzech wartości natężenia pola elektrycznego: 0 kV/mm, 1 kV/mm, 2 kV/mm oraz dla prędkości kątowej 100 rad/s, przy której sprzęgło będzie docelowo pracowało, wynosi 12%.

Powyższa analiza wyników badań eksperymentalnych wskazuje na słusność przyjętych przez Doktoranta założeń. Z badań eksperymentalnych wynika, że prototypowe sprzęgło wiskotyczne z cieczą ERF#6, opracowane na podstawie wykonanej optymalizacji, pracuje zgodnie z wcześniejszymi założeniami, a przyjęte w modelach matematycznych uproszczenia nie są przyczyną istotnych rozbieżności, gdyż błędy modelowania nie przekraczają 15%. Błędy na tym poziomie są w pełni akceptowalne w obliczeniach i zastosowaniach inżynierskich.

Realizacja pracy w dyscyplinie *Inżynieria mechaniczna* o tak szerokim zakresie i poruszającej zagadnienia będące na styku z dyscyplinami: *Informatyka techniczna i telekomunikacja*, *Matematyka* oraz *Automatyka, elektronika i elektrotechnika* nie budzi zastrzeżeń, nasuwa natomiast kilka spostrzeżeń skłaniających do głębszych dociekań i merytorycznej polemiki:

- 1) Po jakim okresie czasu następuje stabilizacja właściwości fizykochemicznych cieczy ER w wyniku zmiany wilgotności względnej powietrza w ? Po jakim czasie stabilizuje się zawartość wody w higroskopijnej cieczy ER w wyniku zmiany wilgotności względnej powietrza w ?
- 2) Jaki jest według literatury przedział wartości temperatury odniesienia T_{od} występującej we wzorze (3.24) opisującym funkcję celu F2? Autor w trakcie optymalizacji sprzęgła prototypowego przyjął $T_{od}=30^{\circ}C$ (str. 90 dysertacji).
- 3) Jak przebiega zależność stosunku O/M od temperatury T_z dla różnych napięć U oraz dla różnych szerokości szczelin roboczych h ? W pracy zaprezentowano wyniki dla $h=1\text{mm}$ (np. rys. 4.12 na str. 73 dysertacji). Czy występuje wpływ materiału, z którego wykonuje się tarcze sprzęgła na minimalną, dopuszczalną wartość szczeliny roboczej h ? Czy można określić minimalną grubość szczeliny h , przy której nie występują przebicia elektryczne na podstawie rodzaju cieczy ER i jej właściwości fizykochemicznych?
- 4) Czy podjęto starania zmierzające do pozyskania praw wyłącznych (np. wzoru użytkowego) na zoptymalizowaną konstrukcję sprzęgła? Czy przeprowadzono rozpoznanie patentowe?

Oryginalność naukowa pracy doktorskiej polega na:

- 1) Opracowanie modelu matematycznego cieczy ER uwzględniający wpływ: temperatury, szybkości ścinania i wilgotności względnej powietrza.
- 2) Opracowanie modelu układu napędowego ze sprzęgłem wiskotycznym z cieczą ER.
- 3) Przeprowadzenie optymalizacji i ustalenie optymalnych gabarytów sprzęgła wiskotycznego z cieczą ER.
- 4) Opracowanie autorskiej metodologii projektowania sprzęgieł tarczowych.
- 5) Opracowanie koncepcji budowy sprzęgła wiskotycznego.
- 6) Badania stanowiskowe pracy prototypu sprzęgła wiskotycznego.
- 7) Walidacja modeli matematycznych sprzęgła i cieczy ER.

Metodyka badań, użyta w pracy, zarówno analitycznych, symulacyjnych jak i stanowiskowych jest przekonująca i w pełni poprawna, zwłaszcza w świetle otrzymanych wyników. Autor samodzielnie zweryfikował opracowane modele matematyczne: prototypowego sprzęgła i cieczy ER oraz dokonał ich porównania z badaniami doświadczalnymi. Przeprowadzona walidacja wykazała zgodność przyjętych modeli matematycznych z wynikami badań stanowiskowych na poziomie 12%. Tym samym została potwierdzona słuszność przyjętych uproszczeń, otrzymana zgodność jest w pełni wystarczająca w zastosowaniach inżynierskich. Zatem potwierdza to, że zastosowane metody umożliwiły kompleksowe zrealizowanie celu i zakresu pracy.

Stopień rozwiązania zagadnienia w tym ujęciu tematu i celu pracy jest zrealizowany w pełni.

Dorobek użyteczny pracy jest znaczący i bardzo wartościowy bowiem otrzymano **prototyp** tarczowego sprzęgła wiskotycznego zoptymalizowanego w oparciu o autorski model matematyczny cieczy ER oraz geometrii tarczowego sprzęgła wiskotycznego. Jako kryteria optymalizacji uznano objętość sprzęgła, przenoszony moment obrotowy oraz temperaturę pracy sprzęgła. W trakcie optymalizacji poszukiwano takich wartości zmiennych decyzyjnych, dla których sprzęgło przenosi duży moment obrotowy przy możliwie małych gabarytach i możliwie niskiej temperaturze pracy.

Zoptymalizowana konstrukcja cechuje się wysokim potencjałem aplikacyjnym w maszynach i urządzeniach sterowanych elektrycznie. Przedstawione w dysertacji rozważania są przykładem badań stosownych i rozwojowych ukierunkowanych na wdrożenie konstrukcji na skalę przemysłową.

Samodzielności opracowania nie budzi żadnych wątpliwości zarówno w obszarze rozważań teoretycznych jak i też badań doświadczalnych. Należy tu, podkreślić pracowitość Doktoranta, który musiał wykazać się wiedzą projektowo-konstrukcyjną, opanować szereg nowych zagadnień, rozpoznać rozległą literaturę przedmiotu oraz nabyć umiejętność programowania, zwłaszcza w przypadku tworzenia programów od podstaw, przygotować stanowisko oraz zaplanować eksperyment z użyciem nowoczesnego sprzętu. Rozprawa doktorska mgr inż. Grzegorza Mędrka potwierdza Jego przygotowanie do samodzielnego prowadzenia badań.

Układ, struktura podziału treści i opracowanie redakcyjne w swej merytorycznej wymowie nie budzą zastrzeżeń. Doktorant opanował technikę pisania prac naukowych. Rozprawa spełnia kryterium logicznej poprawności, przedstawiona do oceny praca stanowi bowiem opracowanie o układzie redakcyjnym charakterystycznym dla dysertacji naukowej, tj.: przegląd literatury, wyciągnięcie wniosków z przeprowadzonej analizy literatury, określenie na podstawie badań literaturowych nowego nie rozważanego do tej pory kierunku badań w tym zdefiniowanie celu i zakresu pracy, przeprowadzenie badań modelowych oraz ich walidacja z badaniami stanowiskowymi na prototypie. Całość pracy zamyka podsumowanie i wnioski końcowe. Dodatkowo dysertacja posiada streszczenie, wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń, załączniki jak również liczne odsyłacze do literatury. Zauważone błędy pisarskie, stylistyczne i edytorskie, tzw. „literówki”, wskazałem bezpośrednio Doktorantowi oraz zostały zamieszczone w Załączniku I dołączonym do recenzji. Pewną konfuzję budzi tutaj brak konsekwencji i wynikającej stąd brak jednoznaczności w przyjętych oznaczeniach, ale *errare humanum est*.

Dobór literatury cytowanej w pracy jest trafny. Przytaczane publikacje są aktualne, znaczna część literatury (blisko 45%) została opublikowana w ciągu ostatnich 10 lat.

Wniosek końcowy

Przechodząc do **ogólnej oceny** pracy stwierdzam, że Autor wykazał się umiejętnością prowadzenia prac naukowych. Świadczy o tym samodzielne zrealizowanie celu pracy. Za najbardziej wartościową część pracy uważam opracowanie modelu matematycznego tarczowego sprzęgła wiskotycznego oraz opracowanie modelu matematycznego cieczy ER uwzględniającego zarówno wpływ prądu, opisanego za pomocą gęstości prądu upływu i_g , jak i zmiennych warunków pracy urządzenia, takich jak temperatura cieczy T_z oraz wilgotność względna powietrza w . Równie istotne jest wykonanie przez Autora dysertacji badań stanowiskowych dla prototypowego sprzęgła wiskotyczne z cieczą ERF#6, skonstruowanego na podstawie wcześniej przeprowadzonej optymalizacji. Wykonanie prototypu sprzęgła oraz badania stanowiskowe, zamykają tym samym cykl opracowania konstrukcji oraz pozwoliły na przeprowadzenie walidacji przyjętych modeli matematycznych. Zestawienie wyników badań eksperymentalnych z obliczeniami symulacyjnymi wykazało, że przyjęte modele matematyczne są poprawne, a błędy spowodowane uproszczeniami nie przekraczają 15% wartości zmierzonych. Tego rzędu dokładności są w pełni wystarczające w zastosowaniach inżynierskich. Tym samym, została opracowana autorska metodologia projektowania i optymalizacji tarczowych sprzęgieł wiskotycznych z cieczą elektoreologiczną, a wykonana prototypowa konstrukcja może przejść do dalszego etapu, tj. do wdrożenia w przemyśle.

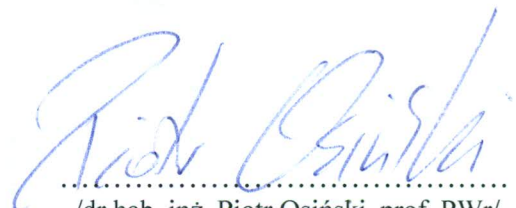
Z przedstawionej oceny dysertacji wynika, że podjęte w niej zagadnienia, o istotnym znaczeniu poznawczym i praktycznym, zostały zrealizowane na wystarczająco wysokim poziomie, a przeprowadzone przez Doktoranta analizy i rozważania wskazują na duży zasób wiedzy. W moim przekonaniu powyższe fakty świadczą o wystarczających kompetencjach Doktoranta

do samodzielnego ustalania tematyki i prowadzenia badań naukowych oraz wskazują na jego dużą wiedzę interdyscyplinarną i umiejętności praktyczne w dyscyplinie naukowej *Inżynieria mechaniczna*.

Reasumując wyrażam opinię, że przedłożona dysertacja spełnia wszystkie wymogi zwyczajowe i ustawowe dotyczące rozpraw doktorskich. Zatem, wnoszę o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgra inż. Grzegorza Mędrka pt.: „*Optymalizacja tarczowego sprzęgła wiskotycznego z cieczą elektoreologiczną*” do publicznej obrony.

Ad extremum. Uważam, że praca zasługuje na wyróżnienie i stosowny wniosek zamierzam złożyć w dniu obrony, po wysłuchaniu i ocenie Rady Wydziału.

Wrocław, dn. 05.07.2021 r.



.....
/dr hab. inż. Piotr Osiński, prof. PWr/

Załącznik:

- 1) Uwagi edytorskie

Załącznik I – Uwagi edytorskie

- str. 4. Wskazane rozszerzenie wykazu ważniejszych oznaczeń o wielkość geometryczną g_r , wilgotność względną powietrza w , powierzchnię sprzęgła S_z , współczynnik skali s .
- str. 13. Zamiast „Rys. 2.7. Schemat budowy tarczowego sprzęgła wiskotycznego ...”, powinno być „Rys. 2.7. Schemat budowy cylindrycznego sprzęgła wiskotycznego ...”.
- str. 44. Zamiast „...którego oś...” powinno być „...którego wał...”.
- str. 50. Brak w opisie rysunku 3.10 oznaczenia płaszczyzny „2”.
- str. 51. Brak pod wzorem (3.17) opisu zmiennych i_c – prąd upływu i i_g – gęstość prądu upływu.
- str. 52. Opis rys. 3.12. Czy zamiast „ T ” nie powinno być „ T_z ” lub „ T_0 ”?
- str. 53. Opis rys. 3.12. Czy zamiast „ T ” nie powinno być „ T_z ” lub „ T_0 ”?
- str. 57. Zamiast „... modelu Bingham μ_0, τ_0 od napięcia $U...$ ”, powinno być „... modelu Bingham μ_p, τ_0 od napięcia $U...$ ”.
- str. 57. Czy zamiast „ T ” nie powinno być „ T_z ” lub „ T_0 ”? (x7).
- str. 58. Czy zamiast „ T ” nie powinno być „ T_z ” lub „ T_0 ”? (x6).
- str. 58. Tabela 3.7. Zamiast „A” powinno być „a”.
- str. 58. Tabela 3.7. Zamiast „ μ_0 ” powinno być „ μ_p ”.
- str. 58. Tabela 3.7. Współczynniki a_1, a_2 i a_3 powinny być bezwymiarowe po podstawieniu zmiennych.
- str. 58. Rys. 3.18. Zamiast „ kV/mm^2 ” powinno być „ kV/mm ” (x3).
- str. 59. Rys 3.19. Opis odciętej zamiast „ kV/mm^2 ” powinno być „ kV/mm ”
- str. 59. Rys 3.20. Zamiast „ kV/mm^2 ” powinno być „ kV/mm ” (x3).
- str. 59. Czy zamiast „ T ” nie powinno być „ T_z ” lub „ T_0 ”? (x6).
- str. 59. Tabela 3.8. Zamiast „ μ_0 ” powinno być „ μ_p ”.
- str. 59. Tabela 3.8. Współczynniki a_1, a_2 i a_3 powinny być bezwymiarowe po podstawieniu zmiennych.
- str. 60. Tabela 3.9. Zamiast „ $h = 0,1$ ” powinno być „ $h = 1$ ”.
- str. 60. Zamiast „... szerokość sprzęgła g_z ...” powinno być „... szerokość sprzęgła g_c ...”.
- str. 60. Tabela 3.10. Zamiast „ g_z ” powinno być „ g_c ”.
- str. 60. Tabela 3.10. Zamiast „ S ” powinno być „ S_z ”.
- str. 61. Tabela 3.11. zamiast „ g_z ” powinno być „ g_c ”.
- str. 64. Tabela 4.1. Przyspieszenie a_d zamiast „ rad/s^2 ” powinno być „ m/s^2 ”.
- str. 75. Rys. 4.16. Zamiast „ T ” powinno być „ T_0 ”. (x3)
- str. 75. Tabela. 4.11. Zamiast „ T ” powinno być „ T_0 ”.
- str. 76. Tabela. 4.12. Zamiast „ T_c ” powinno być „ T_z ”.
- str. 95. Uwzględniając poprzednie oznaczenia, konsekwentnie zamiast „ S_0 ” powinno być „ S_z ”. (x2)
- str. 96. Również j.w. zamiast „ S_0 ” powinno być „ S_z ”. (x2)
- str. 96. Uwzględniając poprzednie oznaczenia, konsekwentnie zamiast „ r ” powinno być „ r_z ”. (x6)
- str. 96. Uwzględniając poprzednie oznaczenia, konsekwentnie zamiast „ b ” powinno być „ g_c ”. (x6)
- str. 99. Tabela. 7.1. Zamiast $h = 1$ mm, powinno być 1,25 mm (patrz tekst powyżej tabeli).
- str. 99. Tabela. 7.1. Zamiast „ s_z ” powinno być „ S_z ”.
- str. 99. Rys. 7.1. Na rysunku konstrukcyjnym brak naniesionego wymiaru r_z .
- str. 99. Rys. 7.1. Na rysunku konstrukcyjnym brak naniesionego wymiaru h .
- str. 106. Opis rys. 7.10. Czy zamiast „ T ” nie powinno być „ T_z ” lub „ T_0 ”?
- str. 106. Opis rys. 7.11. Czy zamiast „ T ” nie powinno być „ T_z ” lub „ T_0 ”?
- str. 107. Opis rys. 7.12. Czy zamiast „ T ” nie powinno być „ T_z ” lub „ T_0 ”?