

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Plucińskiego
pt. „Opracowanie metody symulacji działania obwodów
elektromechanicznych serwozaworów i czujników położenia stosowanych
w aplikacjach lotniczych z uwzględnieniem wpływu obciążeń mechanicznych
oraz temperatury na ich wydajność”**

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Wojciecha Plucińskiego pt. *„Opracowanie metody symulacji działania obwodów elektromechanicznych serwozaworów i czujników położenia stosowanych w aplikacjach lotniczych z uwzględnieniem wpływu obciążeń mechanicznych oraz temperatury na ich wydajność”* została opracowana na podstawie zlecenia Pana prof. dr hab. inż. Zbigniewa Gronostajskiego, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Wrocławskiej z dnia 8 października 2025 r. na podstawie Uchwały nr 231/12/RDND07/2024-2028 Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna z dnia 7 października 2025 r.

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Wojciecha Plucińskiego została zrealizowana w ramach programu „Doktorat wdrożeniowy IV”.

Promotorem rozprawy doktorskiej jest dr hab. inż. Krzysztof Tomczuk, prof. uczelni.

2. Ocena wyboru tematu i celu pracy

Współczesne statki powietrzne, zarówno załogowe jak i bezzałogowe, są konstrukcjami charakteryzującymi się wysokim stopniem złożoności systemów odpowiedzialnych za ich prawidłową i bezpieczną pracę. Istotnym elementem tych systemów są elektrohydrauliczne systemy wykonawcze, w skład których wchodzi m.in. serwozawory i czujniki położenia.

Przetworniki elektrohydrauliczne stosowane w aplikacjach lotniczych narażone są na niekorzystne warunki pracy, w tym znaczące zmiany temperatury i obciążenia mechaniczne

(np. wibracje), które wpływają również na właściwości obwodów magnetycznych znajdujących się w przetwornikach. Wskazuje to, że analiza wpływu temperatury i naprężeń mechanicznych na właściwości obwodów magnetycznych przetworników elektrohydraulicznych jest nie tylko istotnym zagadnieniem naukowym, ale może mieć zasadniczy wpływ na ich prawidłowe działanie – co stanowi kluczowe zagadnienie inżynierskie w kontekście projektowania i budowy tych urządzeń.

Doktorant w ramach realizowanej rozprawy doktorskiej zaplanował opracowanie zintegrowanych modeli numerycznych uwzględniających wpływ temperatury oraz naprężeń mechanicznych na właściwości obwodów magnetycznych stosowanych w komponentach silników lotniczych, tj. indukcyjnych czujnikach położenia oraz silnikach momentowych serwowzorów, jak również ich weryfikację przy użyciu zbudowanych stanowisk badawczych.

Doktorant określił cel rozprawy jako:

„(...) opracowanie metody numerycznej umożliwiającej symulację działania obwodów elektromechanicznych serwowzorów oraz różnicowych indukcyjnych czujników położenia stosowanych w paliwowych systemach lotniczych. Metoda ta powinna uwzględniać wzajemne sprzężenia pomiędzy zjawiskami elektromagnetycznymi, elektrycznymi i mechanicznymi”

oraz sformułował następującą hipotezę główną:

„H0. Opracowanie wielofizycznej metody symulacji, uwzględniającej wpływ temperatury i naprężeń mechanicznych, umożliwi odwzorowanie działania obwodów elektromechanicznych serwowzorów i czujników położenia w warunkach eksploatacyjnych z błędem nieprzekraczającym $\pm 5\%$ w stosunku do wyników eksperymentalnych”

i hipotezy szczegółowe:

„H1. Zakłada się, że parametry modelu energetycznego według teorii Jiles–Athertona opisującego magnetyzację ferromagnetyka Fe–Ni zgodnego z normą ASTM A753 typ 2 wykazują liniową zależność od temperatury w zakresie roboczym -55 do 195 °C. Taka zależność powinna umożliwiać ilościowe przewidzenie zmian kształtu krzywych $B(H)$ w tym zakresie temperatur”,

„H2. Przyjmuje się hipotezę, że wpływ efektywnego naprężenia mechanicznego o wartości nieprzekraczającej 20 [MPa] na przenikalność magnetyczną stopu Fe–Ni spełniającego wymagania normy ASTM A753 (typ 2) może być ilościowo opisany poprzez wprowadzenie do wektorowego opisu charakterystyki $B(H)$ dodatkowego parametru $k(H)$, określającego wrażliwość magnetyczną materiału na naprężenie efektywne. Parametr ten może zostać wyznaczony na podstawie eksperymentalnych krzywych magnesowania”,

„H3. Zakłada się, że konstrukcja przetwornika położenia typu LVDT o zakresie pomiarowym ± 1 [mm], z rdzeniem ferromagnetycznym ze stopu ASTM A753 Typ 2, zaprojektowana w sposób minimalizujący wpływ naprężeń osiowych ściskających w rdzeniu (0 – 50 [MPa]), pozwala utrzymać liniowość charakterystyki napięciowej w granicach ± 2 % pełnej skali sygnału wyjściowego (FSO) w całym zakresie pomiarowym. Stan odniesienia przyjęto jako temperaturę $20^\circ \pm 5$ °C oraz brak naprężeń mechanicznych i termicznych. Weryfikacja tej

właściwości będzie możliwa zarówno eksperymentalnie, jak i za pomocą symulacji numerycznych”.

Uważam, że tematyka badawcza rozpatrywana w pracy została przez Doktoranta jasno sformułowana i jest aktualna, a jej wybór jest istotny zarówno w kontekście rozważań naukowych (analiza wpływu naprężeń mechanicznych i temperatury na właściwości materiałów magnetycznych), jak też prac inżynierskich i wdrożeniowych (symulacja działania i projektowanie serwozaworów i czujników położenia stosowanych w aplikacjach lotniczych). Zdefiniowany cel pracy oraz sformułowane hipotezy są zbieżne z problematyką badawczą opisaną w punkcie 1.2. rozprawy: Definicja problemu badawczego, jak również z zakresem recenzowanej rozprawy doktorskiej.

3. Redakcja i zakres pracy

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Wojciecha Plucińskiego została wydana w postaci monografii, która liczy 165 stron i składa się z: podziękowania, streszczenia w języku polskim i angielskim, wykazu wybranych oznaczeń, 6 rozdziałów, załączników oraz wykazu ilustracji i tabel. Spis literatury, zamieszczony w rozdziale 6, obejmuje 108 pozycji, w tym 6 pozycji autorstwa lub współautorskich Doktoranta (2 publikacje naukowe i 4 zgłoszenia patentowe).

W Rozdziale 1, stanowiącym wprowadzenie do pracy, Doktorant przedstawił uzasadnienie wyboru tematu wskazując na rolę przetworników elektromechanicznych (tj. serwozaworów i indukcyjnych czujników położenia) w systemach wykonawczych stosowanych w lotnictwie; zdefiniował problem badawczy dotyczący wpływu środowiskowych warunków brzegowych (temperatury oraz naprężeń mechanicznych) na właściwości materiałów magnetycznych stosowanych w przetwornikach, a w konsekwencji na ich działanie; zdefiniował warunki pracy dla badanych przetworników (temperatura minimalna i maksymalna, odporność na drgania); oraz wskazał znaczenie zaplanowanych badań dla dyscypliny naukowej i przemysłu lotniczego.

W Rozdziale 2 Doktorant przedstawił aktualny stan wiedzy w zakresie zagadnień teoretycznych istotnych dla realizacji pracy doktorskiej, w tym: rozwój i charakterystykę napędów elektrohydraulicznych stosowanych w systemach lotniczych, ze szczególnym uwzględnieniem silnika momentowego serwozaworu i przetwornika położenia, stanowiących obiekty badawcze w pracy; opis zjawisk zachodzących w materiałach magnetycznych, m.in. właściwości i obszary zastosowań komercyjnych materiałów magnetycznie miękkich i twardych, makroskopowy opis procesu magnesowania materiału magnetycznego, wybrane modele opisujące zjawisko histerezy magnetycznej (Preisacha, Jiles-Athertona, Stonera-Wohlfartha, Chuy-Stromsmoe'a), wpływ temperatury oraz naprężeń mechanicznych na właściwości materiałów magnetycznych (teoria Blocha, efekt Villariego). W rozdziale Doktorant sformułował również hipotezy badawcze.

Rozdział 3 został poświęcony przedstawieniu metodyki realizacji badań. Doktorant opisał zastosowaną metodę badawczą opartą o analizę wielofizyczną problemów magneto-mechanicznych oraz założenia przyjęte w modelowaniu i symulacjach serwozaworu i czujnika położenia. Zaproponował modele dla silnika momentowego oraz przetwornika położenia, uwzględniające zjawiska mechaniczne i magnetyczne, a następnie przedstawił metodykę

numerycznego modelowania badanych przetworników wykorzystującą metodę elementów skończonych.

W Rozdziale 4 Doktorant przedstawił rezultaty zrealizowanych prac badawczych, w tym: opis opracowanego systemu pomiarowego do badania wpływu temperatury oraz naprężeń mechanicznych na krzywe magnesowania próbek pierścieniowych 50% Fe-Si; opis autorskiego stanowiska do pomiaru charakterystyki statycznej silnika momentowego wzmacniacza elektrohydraulicznego; wyniki estymacji parametrów modelu Jiles-Athertona dla temperatur w zakresie -55 do 195°C; metodę i wyniki estymacji współczynników $k(H)$, charakteryzujących magnetyczną wrażliwość materiału na naprężenia strukturalne w zakresie do 15,50 MPa; wyniki weryfikacji symulacji numerycznych (opartych o MES) dla silnika momentowego; wyniki weryfikacji analitycznych modeli opisujących wpływ temperatury i naprężeń mechanicznych (ok. 50 MPa) w rdzeniu na charakterystykę prototypowego przetwornika położenia LVDT. Na podstawie uzyskanych wyników badań Doktorant prawidłowo wskazał w podsumowaniu rozdziału, że uzyskana „*zgodność wyników eksperymentalnych z symulacją numeryczną stanowi potwierdzenie poprawności przyjętego modelu teoretycznego, który może służyć jako narzędzie predykcyjne do projektowania i optymalizacji przetworników LVDT*”.

W Rozdziale 5 Doktorant przedstawił innowacyjne produkty opracowane w firmie Collins Aerospace Wrocław w użyciu zaproponowanych modeli symulacyjnych przetworników magnetomechanicznych (zgłoszenia patentowe [100]-[103]), w tym przetwornik położenia dla systemu aktywnej kontroli luzu szczelinowego (ang. *Active Clearance Control*).

Rozdział 6 stanowi podsumowanie przeprowadzonych przez Doktoranta badań, w tym odniesienie się do sformułowanych hipotez badawczych. Doktorant przedstawił w rozdziale wyzwania związane z rozwojem multifizycznych metod projektowania oraz planowane kierunki dalszych badań, m.in. eksperymentalną weryfikację założeń dotyczących bilansu energetycznego dla zjawisk magneto-mechanicznych w materiałach magnetycznych (efekt Villariego) i weryfikację zaproponowanych metod symulacji dla innych materiałów magnetycznych. W rozdziale umieszczono również spis literatury (jako podrozdział 6.4), co w mojej opinii jest niewłaściwe, ponieważ Literatura powinna być zamieszczona w pracy jako osobny rozdział lub sekcja.

Stwierdzam, że treść oraz zakres rozprawy są zgodne z jej tytułem. Układ rozprawy jest czytelny, a kolejne rozdziały tworzą logiczną i spójną całość, przy czym – w mojej opinii – Literatura powinna stanowić osobny rozdział lub sekcję, a nie podrozdział Rozdziału 6. Rozprawa została napisana w sposób zrozumiały, z użyciem poprawnego języka technicznego, a jej redakcja jest na dobrym poziomie. Dobór i sposób cytowania w tekście rozprawy źródeł literaturowych jest prawidłowy i prezentuje aktualny stan wiedzy naukowej i technicznej, co świadczy o dobrym rozeznaniu Doktoranta w zagadnieniach analizowanych w rozprawie. Należy podkreślić, że informacje przedstawione w Rozdziale 6 potwierdzają wdrożeniowy charakter zrealizowanych przez Doktoranta badań.

4. Ocena wartości naukowej i wdrożeniowej

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Wojciecha Plucińskiego pt. „*Opracowanie metody symulacji działania obwodów elektromechanicznych serwozaworów i czujników położenia stosowanych w aplikacjach lotniczych z uwzględnieniem wpływu obciążeń mechanicznych oraz temperatury na ich wydajność*” dotyczy opracowania i weryfikacji metodyki uwzględnienia w symulacjach działania obwodów elektromechanicznych serwozaworów oraz czujników położenia zmian właściwości obwodów magnetycznych pod wpływem temperatury i naprężeń mechanicznych. Zastosowana przez Doktoranta metodyka badawcza obejmująca pomiary i modelowanie krzywych magnesowania dla stopu 50% Fe-Si typu ASTM-A753, symulacje numeryczne silnika momentowego i przetwornika położenia, jak również ich weryfikacja eksperymentalna na opracowanych stanowiskach badawczych jest spójna i adekwatna do rozwiązania zdefiniowanego problemu badawczego.

Do najważniejszych osiągnięć naukowych Doktoranta należy zaliczyć:

- a) opracowanie stanowisk badawczych do pomiarów krzywych magnesowania na próbkach toroidalnych, umożliwiające badanie właściwości materiałowych w obecności naprężeń mechanicznych i temperatury,
- b) estymację parametrów modelu histerezy Jiles-Athertona w szerokim zakresie temperatur oraz wykazanie, że parametry α i c mają wartości stałe w analizowanym zakresie zmian temperatury, natomiast parametry a , k i M_S są liniowo zależne od temperatury,
- c) zaproponowanie pośredniej metody oceny ilościowej wpływu naprężenia efektywnego na krzywą magnesowania stopu 50% Fe-Ni poprzez wyznaczenie współczynnika $k(H)$, opisującego magnetyczną wrażliwość materiału na naprężenia strukturalne σ_{ef} ,
- d) uwzględnienie w symulacjach numerycznych działania obwodów elektromechanicznych serwozaworów i czujników położenia zależności opisujących wpływ temperatury oraz naprężeń mechanicznych na właściwości magnetyczne rdzenia,
- e) opracowanie autorskiego stanowiska do pomiaru charakterystyki statycznej silnika momentowego wzmacniacza elektrohydraulicznego,
- f) weryfikację eksperymentalną zaproponowanej metody symulacji numerycznej działania obwodów elektromechanicznych serwozaworów i czujników położenia stosowanych w aplikacjach lotniczych, uwzględniającej wpływ naprężeń mechanicznych i temperatury na ich wydajność.

Uzyskane przez Doktoranta wyniki badań potwierdzają, że możliwe jest uwzględnienie w symulacjach działania obwodów elektromechanicznych serwozaworów oraz indukcyjnych czujników położenia zmian właściwości obwodów magnetycznych przetworników pod wpływem środowiskowych czynników zewnętrznych, tj. temperatury oraz naprężeń mechanicznych. Tym samym Pan mgr inż. Wojciech Pluciński osiągnął zaplanowany cel rozprawy doktorskiej.

Wykorzystanie uzyskanych wyników badań do opracowania innowacyjnych produktów na rzecz firmy Collins Aerospace Wrocław, m.in. prototypowego czujnika indukcyjnego typu LVDT do monitorowania położenia siłownika w zaworze elektryczno-paliwowym w systemie ACC (ang. *Active Clearance Control System*), jak również zgłoszenie opracowanych rozwiązań do ochrony patentowej potwierdzają wysoki potencjał wdrożeniowy badań.

Uważam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Wojciecha Plucińskiego wnosi istotny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, a zwłaszcza w jej obszar dotyczący modelowania i symulacji pracy przetworników elektromechanicznych stosowanych w aplikacjach lotniczych.

5. Uwagi krytyczne i kwestie dyskusyjne

5.1. Uwagi merytoryczne i kwestie dyskusyjne

1. w sformułowanym przez Doktoranta celu pracy „(...) opracowanie metody numerycznej umożliwiającej symulację działania obwodów elektromechanicznych serwozaworów oraz różnicowych indukcyjnych czujników położenia stosowanych w paliwowych systemach lotniczych. Metoda ta powinna uwzględniać wzajemne sprzężenia pomiędzy zjawiskami elektromagnetycznymi, elektrycznymi i mechanicznymi” należałoby uwzględnić również oddziaływania temperaturowe, które stanowią istotny obszar badań zdefiniowany w celach szczegółowych pracy,
2. na stronie 29 w rozdziale 2.2. Określenie luki badawczej Doktorant napisał „Dodatkowym luką jest ograniczony dostęp do danych materiałowych definiujących właściwości magnetyczne i charakterystyki magnesowania miękkich magnetyków, wykorzystywanych jako rdzenie. Brak wiarygodnych źródeł danych znacząco utrudnia wykonanie dokładnych symulacji, co w konsekwencji ogranicza możliwość efektywnego projektowania nowej generacji przetworników i serwozaworów działających w ekstremalnych warunkach środowiskowych”. Pierwsze zdanie w przytoczonym fragmencie pracy jest nieprawdziwe, ponieważ istnieje szeroki dostęp do danych opisujących właściwości materiałowe i charakterystyki magnesowania materiałów magnetycznie miękkich zarówno w postaci danych katalogowych producentów materiałów lub gotowych rdzeni magnetycznych, jak również licznych artykułów naukowych. Czy Doktorant formułując to zdanie miał na myśli ograniczony dostęp do danych materiałowych w zdefiniowanym przez niego zakresie temperatur i naprężeń mechanicznych?
3. na stronie 91 Doktorant napisał „W badanych przypadkach wpływ temperatury (T [°C]) na magnesowanie można odtworzyć, używając 3 z 5 parametrów podstawowego modelu J-A; parametry te to: a , k , M_s . Stałe c i α pozostają statystycznie niezmiennie lub ich zmienność jest niższa od czułości układu pomiarowego”. Zdanie to stanowi zbytnie uproszczenie, ponieważ aby odtworzyć krzywą magnesowania dla różnych temperatur niezbędne są wszystkie parametry modelu Jiles-Athertona, również α i c – pomimo iż ich wartości są niezależne od temperatury. Wskazuje na to sam Doktorant na stronie 98 pisząc „Należy zauważyć, że parametry modelu powinny być rozpatrywane łącznie”,
4. na stronie 102 Doktorant zamieścił formułę opisującą zależność pomiędzy naprężeniem a bezhisterezową krzywą magnesowania (wynikająca z teorii Jiles-Athertona) w postaci:

$$M(H) = M_S \left(\frac{\int_0^\pi e^{\frac{(4.6)+(4.7)}{2} \cdot \sin\theta \cdot \cos\theta} d\theta}{\int_0^\pi e^{\frac{(4.6)+(4.7)}{2} \cdot \sin\theta} d\theta} \right), \quad (4.5)$$

w którym wyrażenia (4.6) i (4.7) oznaczają zależności opisane równaniami odpowiednio (4.6) i (4.7). W mojej opinii taki zapis jest mylący i nieprawidłowy (nie spotkałem się z takim sposobem zapisu równań w literaturze naukowej). Jeżeli Autor rozprawy nie chciał do powyższej formuły wprowadzać bezpośrednio zależności opisanych równaniami (4.6) i (4.7) – co jest uzasadnione ze względu na ich złożoność – to powinien zdefiniować i wprowadzić do formuły nowe zmienne – np. analogicznie jak w cytowanej pracy [71]: $E(1)$ i $E(2)$, a wtedy przyjęłaby ona postać:

$$M(H) = M_S \left(\frac{\int_0^\pi e^{\frac{E(1)+E(2)}{2} \cdot \sin\theta \cdot \cos\theta} d\theta}{\int_0^\pi e^{\frac{E(1)+E(2)}{2} \cdot \sin\theta} d\theta} \right), \quad (4.5)$$

gdzie:

$$E(1) = \frac{H_e}{a} \cos\theta - \frac{E_\sigma}{M_S \cdot \mu_0 \cdot a} \sin^2(\varphi - 0), \quad (4.6)$$

$$E(2) = \frac{H_e}{a} \cos\theta - \frac{E_\sigma}{M_S \cdot \mu_0 \cdot a} \sin^2(\varphi + 0). \quad (4.7)$$

Dyskusyjna jest również poprawność zależności (4.6) i (4.7), ponieważ $\varphi - 0 = \varphi$ oraz $\varphi + 0 = \varphi$, a zatem zależności (4.6) i (4.7) są tożsame. Zakładam, że Doktorant popełnił tutaj błąd edytorski, a poprawna postać zależności (4.6) i (4.7) to:

$$E(1) = \frac{H_e}{a} \cos\theta - \frac{E_\sigma}{M_S \cdot \mu_0 \cdot a} \sin^2(\varphi - \theta), \quad (4.6)$$

$$E(2) = \frac{H_e}{a} \cos\theta - \frac{E_\sigma}{M_S \cdot \mu_0 \cdot a} \sin^2(\varphi + \theta). \quad (4.7)$$

Niemniej jednak, Doktorant powinien wykazać się większą uwagą przy pisaniu pracy.

5.2. Uwagi redakcyjne

Rozprawa doktorska została zredagowana poprawnie, z właściwym użyciem języka technicznego, aczkolwiek zawiera uchybienia redakcyjne, które wymieniono poniżej:

1. rysunek (skan) umieszczony na stronie 17 i opisany „Rys. 1.4. Kategoryzacja osprzętu lotniczego ...” jest tabelą zawierającą dane, co również wskazuje zamieszczony na nim opis „Table 8-1 Categorization and Vibration Tests by Aircraft Types and Equipment Locations”. Skan powinien więc zostać zamieszczony w pracy jako tabela, a nie rysunek (dodatkowo, tabela ta nie jest zbyt skomplikowana i powinna zostać wykonana przez Autora zamiast zamieszczania skany, co poprawiłoby estetykę pracy),
2. niewłaściwy i niespójny zapis symboli użytych w tekście i równaniach: w tekście pracy powinno się stosować zapis symboli analogicznie jak w równaniach, tzn. symbole oznaczające zmienne fizyczne powinny być pisane kursywą, oznaczenia powinny być zapisane jako indeksy czcionką prostą. Ponadto, operatory działań i funkcji matematycznych powinno się zapisywać czcionką prostą, przykładowo:
 - „ μ_0 ” (str. 40) – powinno być „ μ_0 ” (jak w równaniu 2.2),
 - „ lim ” (str. 40, formuła 2.3) – powinno być „ lim ”,
 - „ M_S ” (str. 42, 45) – powinno być „ M_S ” (jak w równaniu 2.5),
 - „ dV ” (str. 73, formuła 3.39 i 3.40) – powinno być „ dV ”,

- „ J_{scr} ” (str. 79) - powinno być „ J_{scr} ” (jak w równaniu 3.55),
 - „sin”, „cos” (str. 100, formuły 4.5 – 4.7) – powinno być „sin”, „cos”,
3. pozostawianie tytułu podpunktu na końcu strony, podczas gdy treść podpunktu znajduje się na następnej stronie („Warunki brzegowe i niejednoznaczność”, str. 72 i 73),
 4. brak ujednolicenia zapisu w miejscu poprzedzającym występowanie równania/formuły w zdaniu, tj. bez znaku interpunkcyjnego (np. równanie 3.37, str. 73), lub ze znakiem interpunkcyjnym „,” (np. równanie 3.38, str. 73), lub ze znakiem interpunkcyjnym „:” (np. równanie 3.39, str. 73),
 5. uchybienia stylistyczne oraz nieprecyzyjne/niefortunne sformułowania, przykładowo:
 - „pozyskanej wiedzy w przy opracowaniu” (str. 12),
 - „Dodatkowym luką jest” (str. 29),
 - „jako: (μ_r)” (str. 40), powinno być „jako μ_r :”,
 - zamienne stosowanie formy zapisu wyrażenia „gdzie” poprzedzającego wymienianie i objaśnienia symboli użytych w równaniach w równaniach, tj. „gdzie” (np. str. 69, 35, 42, 102, 128) lub „gdzie:” (np. str. 42, 43, 102).

Należy podkreślić, że wskazane uchybienia redakcyjne nie wpływają w istotny sposób na ocenę merytoryczną rozprawy.

6. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, sformułowanego jako opracowanie metody badania oraz symulacji działania obwodów elektromechanicznych serwozaworów i czujników położenia stosowanych w napędach elektrohydraulicznych w aplikacjach lotniczych, z uwzględnieniem wpływu temperatury oraz naprężeń mechanicznych na właściwości komponentów magnetycznych tych przetworników.

Tematyka pracy ma charakter interdyscyplinarny, który wpisuje się w dyscyplinę naukową Inżynieria Mechaniczna ze względu na modelowanie i symulacje pracy przetworników elektromechanicznych stosowanych w aplikacjach lotniczych. Wyniki badań zrealizowanych przez Doktoranta zostały wykorzystane w firmie Collins Aerospace Wrocław do opracowania innowacyjnych produktów, zgłoszonych do ochrony patentowej (pozycje [100]-[103] w spisie literatury), co potwierdza wdrożeniowy charakter badań.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Wojciecha Plucińskiego pt. *„Opracowanie metody symulacji działania obwodów elektromechanicznych serwozaworów i czujników położenia stosowanych w aplikacjach lotniczych z uwzględnieniem wpływu obciążeń mechanicznych oraz temperatury na ich wydajność”* spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim i określonymi w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 poz. 1571) i **wniosuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony.**



 /dr hab. inż. Mariusz Najgebauer, prof. PCz/