

Prof. dr hab. inż. Gabriel Kost, prof. zw. PŚl.
Katedra Automatykacji Procesów Technologicznych
i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Politechnika Śląska
44-100 Gliwice
ul. Konarskiego 18A
e-mail: gabriel.kost@polsl.pl
tel.: 32/237-16-09

Recenzja

dorobku naukowego i aktywności naukowej

dr Karola Łukasza OSOWSKIEGO

w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą opracowania niniejszej recenzji jest pismo Rektora Uniwersytetu Radomskiego im. Kazimierza Pułaskiego, prof. dr hab. Sławomira Bukowskiego, pismo nr PK-042/2/6-1/h-r/2024 z dnia 12. lutego 2024 r., informujące o decyzji Rady Doskonałości Naukowej z dnia 13. grudnia 2024 r. powołującej mnie na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dr. Karola Łukasza Osowskiego, wszczętym w dziedzinie nauk inżynierjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Recenzję opracowano na podstawie otrzymanej dokumentacji przewodu habilitacyjnego, a w szczególności (w wersji papierowej i elektronicznej):

- monografii habilitacyjnej pt.: „Chwytki robotów ze sprzęgłami z cieczą elektoreologiczną”, Uniwersytet Radomski im. Kazimierza Pułaskiego. Monografia nr 306, (Wydawnictwo 2023);
- autoreferatu Habilitanta,
- wykazu dorobku obejmującego zestawienie pozostałych osiągnięć naukowych.

2. Charakterystyka Habilitanta – życiorys zawodowy

Dr Karol Łukasz Osowski w 2009 roku ukończył Politechnikę Radomską im. Kazimierza Pułaskiego na kierunku Edukacja techniczno-informatyczna, w specjalności Nauczanie przedmiotów technicznych i informatyki i zdobył tytuł zawodowy licencjata. W roku 2011 na tym samym kierunku, na specjalności Nauczanie techniki i informatyki zdobył tytuł zawodowy magistra, zaś 2015 roku na Uniwersytecie Technologiczno-Humanistycznym im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, na Wydziale Mechanicznym uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie Budowa i eksploatacja maszyn. Tytuł rozprawy doktorskiej „Systemy

ekspertowe wspomagające proces konstruowania i eksploatacji przekładni hydrokinetycznej.”

Promotorem pracy doktorskiej był prof. dr hab. inż. Andrzej Kęsy.

W 2012 Habilitant został zatrudniony w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Sandomierzu na umowę zlecenie (do 2013), w celu uruchomienia Akademickiego Centrum Kształcenia. W latach:

- 2014-2015 na Uniwersytecie Techniczno-Humanistycznym w Radomiu odbywał praktykę zawodową realizowaną w ramach studiów doktoranckich;
- 2015-2016 w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Sandomierzu był zatrudniony jako starszy wykładowca w Instytucie Technicznym.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, w okresie od 2015 do 2016 pracował jako wykładowca w ramach umowy zlecenia na Uniwersytecie Techniczno-Humanistycznym w Radomiu. Na tymże Uniwersytecie, na pracował dalej na stanowisku adiunkta w latach:

- 2016 do 2019 w Zakładzie Komputerowych Metod Inżynierskich,
- 2019-2023 w Katedrze Komputerowego Projektowania Maszyn w grupie pracowników badawczo-dydaktycznych oraz od 2023 do nadal, w Katedrze Technologii i Projektowania Maszyn w grupie pracowników badawczo-dydaktycznych.

3. Ocena monografii habilitacyjnej

3.1. Tematyka badawcza rozprawy habilitacyjnej

Podstawą, zadeklarowaną przez Habilitanta, wszczęcia postępowania habilitacyjnego jest monografia habilitacyjna pt.: *„Chwyty robotów przemysłowych ze sprzęgłami z cieczą elektroteologiczną”* (Uniwersytet Radomski. Wydawnictwo 2023. Monografia nr 306). Jest ona tematycznie związana z zagadnieniami automatyzacji produkcji, a w bardziej szczegółowym zakresie z robotyzacją procesów produkcyjnych. We współczesnym przemyśle roboty przemysłowe najczęściej wykorzystywane są w zautomatyzowanych i zrobotyzowanych systemach produkcyjnych do prac manipulacyjnych, tzn. zadań typu uchwycić-trzymaj-odłóż (ang. *„Pick-and-Place”*). Natomiast w szerszym zakresie, w procesach technologicznych wykorzystuje się je również do zadań montażu, czyli spajania elementów w procesach: zgrzewania punktowego, spawania łukiem elektrycznym, cięcia plazmowego oraz klejenia. We wszystkich procesach manipulacyjnych polegających na trzymaniu i przenoszeniu przedmiotu manipulowanego w przestrzeni zadaniowej robota i ustaleniu jego orientacji przestrzennej w miejscu docelowym ruchu robota, problem kontaktu robota z przedmiotem manipulowanym jest jednoznacznie zdefiniowany przez proces trzymania, który nie podlega oddziaływaniom ze strony innych przedmiotów. Inaczej problem przedstawia się w przypadku realizacji przez robota technologicznych operacji

obróbkowych, głównie szlifowania, lub usuwania nadlewów, wypływek itp. Tam proces manipulacji, polegający na trzymaniu narzędzia obróbkowego, jest zakłócany interakcją wynikającą z koniecznego kontaktu narzędzia obróbkowego (trzymanego przez robota) z powierzchnią przedmiotu obrabianego. Wymagania jakościowe w budowie maszyn wymuszają, by zadanie manipulacji było realizowane w sposób pewny. Oznacza to m.in., że uchwycenie i trzymanie przedmiotu nie może powodować jakiegokolwiek jego deformacji, uszkodzenia jego powierzchni często będącej ukształtowanej na wcześniejszym etapie obróbki. Wymagania te sprawiają, że jednym z kluczowych zadań robotyzacji procesów technologicznych, jest dobór chwytaka, ustalenie sposobu chwytania przedmiotu (miejsca, siły i sposobu chwytu) na poszczególnych etapach jego wytwarzania. Dobór chwytaka, czasami kilku chwytaków, do procesu technologicznego musi być skoordynowany z doбором robota, który ten chwytak będzie wykorzystywał (m.in. udźwig robota, wymagany i możliwy sposób automatycznego sterowania chwytakiem z jego programu itd.). Kryteria te muszą być jednoznacznie ustalone na etapie projektowania zrobotyzowanego systemu produkcyjnego i bezwarunkowo precyzyjnie dopasowane do realizowanego w nim procesu technologicznego. Aktualnie w zrobotyzowanych systemach produkcyjnych najczęściej wykorzystuje się chwytaki z napędem pneumatycznym i opartym na mechanizmach dźwigniowych układem przeniesienia napędu (wpływającym na siły uchwycenia i rodzaj ruchu elementów chwytanych (np. zwieranie/rozwieranie) mających bezpośredni kontakt z powierzchniami przedmiotu manipulowanego). Rzadziej wykorzystywane są elektryczne układy napędowe, których napęd stanowi elektryczny silnik krokowy, co stwarza możliwość automatycznego sterowania siłą chwytu, a przez to dopasowania jej do parametrów fizykalnych przedmiotu manipulowanego, geometrii i jakości powierzchni za którą jest on chwytny. Siłowniki pneumatyczne z oczywistych powodów nie dają takiej możliwości. Dodatkowo, we współczesnym przemyśle, rozwój rozwiązań automatycznego sterowania oparty jest na wskazaniach wynikających z idei przemysłu 4.0. Te zaś koncentrują się na rozwoju i zwiększeniu udziału procesów integracji informacyjnej opartej na pozyskiwaniu i przetwarzaniu danych pozyskiwanych w trakcie realizacji zautomatyzowanego/zrobotyzowanego procesu produkcyjnego i ich wykorzystaniu do bieżącego, dynamicznego sterowania tymi procesami, zwanych zintegrowanymi procesami produkcji. Jednym z kluczowych składników realizacji zautomatyzowanych procesów technologicznych jest robot przemysłowy. Przez realizację typowych dla siebie zadań transportowo-manipulacyjnych zapewnia przepływ strumienia materiałów przez zautomatyzowany zintegrowany system produkcyjny. Możliwość monitorowania stanu chwytaka jest jednym z czynników zapewniających spójność wszystkich procesów integrujących system produkcyjny. Jak już wspomniano, typowe dla robota chwytaki pneumatyczne nie dają takiej możliwości. Dlatego są one wyposażane w różnego rodzaju proste układy sensorowe, pozwalające w bardzo ograniczonym zakresie na diagnostykę

procesów manipulowania. W praktyce najczęściej pozwalają jedynie na stwierdzenie, czy w chwytaku znajduje się przedmiot, lub nie. Są to układy budowane indywidualnie dla konkretnych zadań manipulacyjnych i konkretnych chwytaków, gdyż w przemyśle stawia się na rozwiązania proste, skuteczne i niezawodne. Jednak takie podejście nie zawsze jest w pełni efektywne. Elementy te są bowiem dodatkowym komponentem układu manipulacyjnego robota, nie rzadko utrudniającym procesy manipulacji. Dodatkowo wymagają specjalnego układu sterującego i najczęściej pracują w układzie sterowania zero/jedynkowego (zwarłe/rozwarłe \equiv jest/nie ma). Dlatego też poszukiwanie skutecznych rozwiązań pozwalających na dynamiczne („inteligentne”) sterowanie narzędziami robotów przemysłowych w zakresie sterowania siłą chwytu, zakresem zwarcia/rozwarcia elementów chwytanych jest jednym z ważniejszych problemów współczesnej robotyki przemysłowej, dobrze wpisujących się w zagadnienie integracji procesów produkcyjnych, wspomagających zakres i jakość sterowania automatycznej produkcją. Chwytek robota stymulowany sygnałem elektrycznym daje potencjalnie duże szanse na precyzyjne sterowanie procesem chwytania i manipulacji. W ten obszar rozwoju robotyki wpisuje się problematyka omówiona w przedstawionej do recenzji monografii której celem, wg zamierzeń Habilitanta, jest spójne i całościowe przedstawienie zagadnień związanych z projektowaniem nowego typu chwytaków wykorzystujących sprzęgła z cieczą elektoreologiczną (ER). Rozwiązania takie powinny, w myśl idei przemysłu 4.0, poprawić skuteczność procesów sterowania chwytakami robotów przemysłowych i pozwolić na szerszą identyfikację procesu chwytania w stosunku do rozwiązań stosowanych obecnie przez przemysł.

Uwzględniając powyższe uważam, że tematyka podjęta przez Habilitanta i próba spójnego rozwiązania zagadnień z tym związanych jest aktualna i ważna nie tylko ze względów naukowych, ale również, a może przede wszystkim, ze względów użytkowych, przemysłowych. Tym samym stwierdzam, że Habilitant podjął się rozwiązania zadania, którego znaczenie jest ważne i ma znaczący potencjał naukowy i aplikacyjny.

3.2. Charakterystyka monografii habilitacyjnej

W przedstawionej do oceny monografii habilitacyjnej, Autor zaproponował całościowe ujęcie problemu opracowania nowego typu chwytaków robotowych wykorzystujących w ich układach napędowych sprzęgła z cieczą ER. W swoim autoreferacie Autor podkreśla, że:

„Uzasadnieniem podejścia tak postawionego celu naukowego jest dynamicznie rozwijający się rynek robotów przemysłowych przeznaczonych dla przemysłu 4.0, które wyposażone są w cyfrowe układy sterowania nie tylko zwiększające precyzję działania chwytaka, ale również umożliwiające dwustronną komunikację z cyfrowymi systemami sterowania całym procesem wykonawczym robota.”

W zamyśle Habilitanta, idea rozwiązania konstrukcyjnego chwytaka ze sprzęgłem hydraulicznym wykorzystującym ciecz elektoreologiczną (ER) powinna umożliwić „uzyskanie” przez chwytak robota „zmysłu dotyku”, który pozwoli na dopasowanie procesu chwytania do potrzeb rzeczywistego przedmiotu, a w konsekwencji dzięki integracji procesów sterowania robotem z systemem sterowania nadrzędnego procesem produkcyjnym. Może również pozwolić na autonomiczną pracę chwytaków, co oznacza automatyczny dobór parametrów chwytu, oparty na samodzielnym i kontrolowanym „zmyśle dotyku” jaki, dzięki nowemu napędowi, będzie możliwy do uzyskania przez chwytak przez układ sterowania automatycznego zrobotyzowanym procesem.

Przedstawiona do recenzji monografia ma objętość 230 stron. Składa się z czterech obszernych rozdziałów, które poprzedzone są spisem treści w języku polskim i angielskim, krótkim wstępem oraz wykazem ważniejszych oznaczeń. Całość kończą wnioski oraz streszczenie opracowane również w j polskim i angielskim. Każdy rozdział kończy się wykazem literatury „do rozdziału”.

3.3. Ocena monografii

We wstępie, Autor w krótki sposób charakteryzuje problem wykorzystania robotów przemysłowych w „zautomatyzowanych centrach produkcyjnych”. Wskazuje na złożoność procesów manipulacji, ich różnorodność wynikającą z warunków pracy robota w zautomatyzowanych systemach produkcyjnych oraz podstawowe cechy konstrukcyjne pozwalające na „dopasowanie” chwytaka do wymagań technologicznych. Autor podkreśla, że oceniana monografia jest:

„[...] podsumowaniem wieloletnich prac teoretycznych i doświadczalnych realizowanych przez Autora w ramach prac badawczych.[...]... głównie trzyletniego międzynarodowego projektu badawczego [realizowanego] w ramach bilateralnej polsko-tajwańskiej współpracy badawczej nr PL-TW/III/6/2015 pt.: Innovative Application of Smart Fluid in Industrial Robot Gripper.”

W rozdziale pierwszym pt.: „Ciecze elektoreologiczne” dr Osowski w szczegółowy sposób przedstawia problem specyfiki cieczy elektoreologicznych (ER) . Omawia ich budowę, własności i rodzaje, wskazuje na różnice pomiędzy cieczami ER, a magnetoreologicznymi (MR), omawia ich własności eksploatacyjne, tryby pracy, mechanizmy działania i modele reologiczne, ale również metody badań, ich własności reologiczne, przyrządy pomiarowe i szczegółowo interpretuje charakterystyki materiałowe, reologiczne, elektryczne i trwałościowe tych cieczy. Ostatnia część rozdziału dotyczy wskazań i omówienia potencjalnych możliwości zastosowań cieczy ER w układach technicznych. Rozdział kończy wykaz pozycji do rozdziału, zawierająca 67 pozycji, w tym 5 pozycji współautorskich Habilitanta.

Rozdział nr 2, zawiera omówienie istniejących rozwiązań technicznych w zakresie sprzęgieł i hamulców hydraulicznych z cieczami ER. Przedstawiono podstawowe informacje dotyczące sprzęgieł i hamulców z cieczami ER. Podano różnice pomiędzy nimi, oraz ich rodzaje (wiskotyczne i hydrokinetyczne) oraz przykładowe rozwiązania konstrukcyjne tych urządzeń. Przedstawiono modele matematyczne cieczy ER, a na tej podstawie ich charakterystyki statyczne oraz zagadnienia dynamiki z charakterystykami dynamicznymi. W drugiej części rozdziału Autor koncertuje swoją uwagę na procesie skutecznego sterowania sprzęgłami i hamulcami z cieczami ER. Zwraca uwagę na rodzaje algorytmów regulacji stosowanych w tych układach oraz stosowane w nich rodzaje regulatorów. Dalej omawiany jest proces ich konstruowania, a w szczególności etapy tego procesu, parametry konstrukcyjne oraz zagadnienia optymalizacji konstrukcji zmierzające do ustalenia wymiarów projektowanego sprzęgła lub hamulca. Autor wskazuje na znaczenie zmiennych decyzyjnych, zdefiniowanej w oparciu o nie funkcji celu oraz wskazuje, że metodami stosowanymi w tym zadaniu są metody optymalizacji wielokryterialnej, głównie metoda „pareto” i „Monte Carlo”, a wyjątkowo metoda Nelder-Mead, Simplex, czy metody budowane indywidualnie w oparciu o rozwiązania proponowane np. w systemie ANSYS. Przedstawia parametry wejściowe do optymalizacji, którymi są przede wszystkim rodzaj wybranej cieczy oraz wymiary liniowe projektowanej konstrukcji, traktowane jako parametry optymalizacyjne oraz skrótowo przebieg tego procesu. Swoje rozważania Autor prowadzi głównie w oparciu o materiał literaturowy, wskazując wielokrotnie, że problem optymalizacji rozwiązań konstrukcyjnych sprzęgieł i hamulców wykorzystujących cieczy ER jest stosunkowo rzadko prezentowany w literaturze fachowej (głównie w literaturze o światowym zasięgu), w przeciwieństwie do rozwiązań z cieczami MR.

W końcowej części rozdziału Autor omawia problemy związane z badaniem sprzęgieł i hamulców z cieczami ER oraz zagadnienia eksploatacyjne: trwałość, parametry użytkowe i czynniki wpływające na ich wartości. Rozdział kończy wykaz literatury zawierający 88 pozycji w tym 11 współautorstwa Habilitanta.

W rozdziale czwartym, pt.: „*Optymalizacja sprzęgła hydraulicznego z cieczą ER przeznaczonego do chwytaka*”, Habilitant koncertuje się na szczegółowym omówieniu procesu optymalizacyjnego sprzęgła hydraulicznego z cieczą ER skonturowanego dla przykładowego chwytaka robota. Autor nawiązuje do rozdziału 1-szego, w którym omawiając specyfikę cieczy ER wskazał również na problematykę przyjmowanych do ich analizy modeli matematycznych: modelu niutonowskiego dla cieczy nie będącej pod wpływem pola elektrycznego i modelu Bingham dla cieczy ER będącej po działaniu takiego pola. Teraz nawiązując do tych rozważań, Autor dokonuje parametryzacji tych modeli, wprowadzając do ich równań parametry – współczynniki związane z warunkami fizykalnymi w jakich pracuje układ sprzęgła. A są to: wielkość natężenia pola elektrycznego E , temperatura pracy T , szybkość ścinania $\dot{\gamma}$, wilgotność powietrza w .

Wykorzystując tak sparametryzowane modele, Autor ustalił wartości tych współczynników dla wybranych przez siebie rodzajów cieczy ER (LID3354, ERF#6 i ERF3-S-I), w wyniku czego otrzymał ich teoretyczne charakterystyki elektroteologiczne, a w konsekwencji dla przyjętych modeli geometrycznych sprzęgła hydraulicznego (trzy sprzęgła wiskotycznego i jeden sprzęgła hydrokinetycznego) uzyskał związek modelu optymalizacyjnego sprzęgła z jego wymiarami konstrukcyjnymi. To pozwoliło na ustalenia parametrów pracy sprzęgła: momentu obrotowego, i temperatury pracy. W konsekwencji uzyskano parametry napięciowe pola elektrycznego pozwalające na efektywne sterowanie sprzęgłem z zachowaniem jego wymaganych parametrów eksploatacyjnych. W końcowej części rozdziału podano sposób prowadzenia optymalizacji rozwiązań konstrukcyjnych sprzęgieł z cieczami ER przeznaczonych dla chwytaków robotów przemysłowych. Omówiono:

- zasady wyboru kryteriów optymalizacyjnych, jako parametrów o wartościach minimalnych, przy interpretacji, że sprzęgło jest rodzajem szybko działającego hamulca „o zwartej budowie”,
- wybór zmiennych decyzyjnych, jakimi są wymiary liniowe związane z konstrukcją sprzęgła, przy założeniu, że wykorzystuje się efekt skalowania wymiarów konstrukcyjnych uzyskanego rozwiązania,
- zasady ustalania ograniczeń uzyskiwanych rozwiązań optymalizacyjnych, wyboru i definiowania funkcji celu procesu optymalizacji,
- sposób przeprowadzenia procesu optymalizacyjnego w którym wykorzystano metodę Monte Carlo, algorytmu genetycznego dla którego podano przyjęty algorytm postępowania,
- otrzymane wyniki optymalizacji dla zastosowanych metod optymalizacji i modeli geometrycznych analizowanych sprzęgieł.

Rozdział kończy wykaz pozycji literaturowych liczący 34 pozycje, w tym 8 współautorskich Habilitanta.

W pierwszej części rozdziału czwartego pt.: „*Chwytki robotów przemysłowych z cieczą ER*”, Autor dokonuje dość szczegółowego omówienia powszechnie znanych w tym zakresie rozwiązań. I tak, omawia zadania chwytaków, zasady ich budowy, sposoby chwytania, rodzaje końcówek chwytanych, specyfikę procesu chwytania i trudności jakie zachodzą w trakcie jego realizacji i wpływ chwytaka na przedmiot manipulowany. W dalszej części rozdziału Autor omawia koncepcję konstrukcyjną proponowanego rozwiązania napędu chwytaka ze sprzęgłem z cieczą ER. Omawia problemy związane z taką konstrukcją, wskazuje i uzasadnia przyjęty model sprzęgła z cieczą ER i wytyczne do ustalenia parametrów konstrukcyjnych. W kolejnym kroku Habilitant zaprezentował szczegółowe rozwiązanie konstrukcyjne sprzęgła chwytaka z cieczą ER, jako konstrukcji sprzęgła tarczowego wiskotycznego z cieczą ERF#6. Omówiono szczegółowo jego budowę (konstrukcję) oraz elementy sensorowe przeznaczone do diagnostyki chwytaka:

- termometr masowy kontrolujący temperaturę cieczy ER w układzie sprzęgła,
- przetwornik wilgotności przeznaczony do pomiaru wilgotności względnej powietrza wokół sprzęgła (ma wpływ na własności cieczy ER, rozdz. 1),
- enkoder przeznaczony do kontroli prędkości kątowej tarcz sprzęgła.

Omówiono przydatność wytypowanych przez Autora cieczy (ERF#6 i ERF#-S-I) przeznaczonych do zastosowania w opracowanym rozwiązaniu sprzęgła hydraulicznego chwytaka robotowego.

W kolejnym kroku Autor omawia procedurę weryfikacji uzyskanego rozwiązania. W tym celu przedstawiono dedykowane stanowisko badawcze: konfigurację sprzętową i parametry zastosowanych komponentów. Zwrócono uwagę, że ze względu na wykorzystanie w konstrukcji chwytaka trzech układów pomiarowych generujących dane o jego aktualnym stanie (temperatura, wilgotność, prędkość kątową tarcz sprzęgła), a także układu sprzężenia zwrotnego służącego do kontroli parametrów pracy chwytaka (przemieszczenie elementów chwytnych) oraz sterowania wykorzystanym w układzie napędowym, silnikiem elektrycznym prądu stałego typu serwo, transmisja danych sterujących i diagnostycznych metodą sygnałową jest niewystarczająca. Dlatego wykorzystano komunikację opartą na sieci Profibus dla PLC oraz SM-Profinet.

Szczegółowo omówiono problemy z uruchomieniem chwytaka wyposażonego w opracowane sprzęgło, jakimi okazały się przebicia występujące pomiędzy tarczami sprzęgła na skutek skokowej zmiany wartości napięcia impulsu sterującego cieczą ER. Po ich usunięciu, przez korektę konstrukcji (separacja pomiędzy tarczami sprzęgła), dla różnych parametrów napięciowych sprawdzono rozkład temperatury cieczy ER w układzie sprzęgła, co doprowadziło do kolejnej zmiany konstrukcyjnej polegającej na zmianie lokalizacji czujnika temperaturowego. Zwrócono również uwagę na konieczność bardziej skutecznego odprowadzania ciepła powstającego w cieczy w trakcie pracy chwytaka. Zaproponowano zastosowanie specjalnego układu chłodzenia cieczy ER w postaci opaski zapewniającej przepływ wody chłodzącej, co w konsekwencji doprowadziło do ustabilizowania temperatury cieczy, a przez to również parametrów mechanicznych (opory ruchu i tarcia) oraz elektrycznych (opór i pojemność) sprzęgła i pozwoliło na przeprowadzenie stosownych testów, pozwalających na sprawdzenie/wyznaczenie: siły chwytu szczęk chwytaka w funkcji zmiany napięcia U generowanego przez zasilacz w układzie cieczy ER i prędkości kątowej silnika (obrót tarcz sprzęgła), jako dwóch parametrów pozwalających na dynamiczną zmianę siły chwytu. Ten rodzaj badań przeprowadzono dla obu wytypowanych cieczy.

Do sterowania, stabilizacji i kontroli siły zwierania szczęk chwytaka wykorzystano typową pętlę sprzężenia zwrotnego z regulatorem PID z inercją, dającą możliwość dowolnego wyboru algorytmu regulacji (PID/PI/PD). Wspomniana inercja jest efektem zwłoki czasowej reakcji sprzęgła na skokową zmianę napięcia, podawaną do układu w celu wywołania pola potencjałowego pomiędzy tarczami sprzęgła i odpowiedniej reakcji cieczy ER. Jest to efektem, jak podaje Autor,

bezwładności wirujących tarcz sprzęgła oraz efektu polaryzacji i depolaryzacji magnetycznej cząstek cieczy ER wywołanych zmianą podawanego napięcia. Układ ten został zaprojektowany i zweryfikowany w programie Matlab Simulink. W sposób doświadczalny, wg metody Zieglera–Nicholsa wyznaczono parametry regulatora. Przeprowadzone testy procesu sterowania pozwoliły na wyznaczenie przebiegów zmienności siły F zwierania szczęk chwytaka ww. funkcji czasu dla różnych wartości wymuszenia napięciowego (napięcie sterujące).

W końcowej części rozdziału podano wytyczne dotyczące trwałości opracowanego rozwiązania chwytaka z cieczą ER. W tym celu dokonano demontażu chwytaka po 200 godz. pracy i przeprowadzono oględziny poszczególnych elementów konstrukcyjnych. Omawianie zagadnień związanych z budową i weryfikacją konstrukcji chwytaka z cieczą ER, kończy dyskusja Autora nad wytycznymi dotyczącymi stosowania materiałów konstrukcyjnych przeznaczonych do budowy sprzęgieł hydraulicznych z cieczami ER.

Rozdział kończy wykaz pozycji literaturowych zawierający 54 pozycje, w tym jedną pozycję współautorstwa Habilitanta.

Omówiony szczegółowo w monografii habilitacyjnej problem projektowania chwytaków robotowych wyposażonych w sprzęgła hydrauliczne z cieczami ER dotyczy zagadnienia ważnego przede wszystkim ze względów praktycznych. W ogólnym zarysie został on przedstawiony poprawnie, choć uważam, że w niektórych momentach zbyt szczegółowo, szczególnie w zakresie omawiania podstawowych zagadnień z zakresu cieczy ER. Pomysł wykorzystania cieczy ER w układzie napędowym chwytaków, a może w szerszym zakresie narzędzi technologicznych robotów przemysłowych, wydaje się ciekawy i potencjalnie możliwy do stosowania w zrobotyzowanych systemach produkcyjnych przynajmniej w ujęciu teoretycznym. Ze względów praktycznych, przedstawiony problem budzi jednak pewne wątpliwości, przynajmniej ze względu na skuteczność wdrażania takich rozwiązań w przemyśle. Habilitant zaprezentował bardzo szczegółowo zagadnienia, z zakresu konstrukcji, w tym konkretnym przypadku chwytaków robotowych, w sposób ogólny prezentując wszystkie istotne aspekty z punktu widzenia teoretycznych zasad konstruowania części maszyn. Moim zdaniem brakuje tu podsumowania prowadzonych prac, które pozwalałyby na ukierunkowanie prezentowanego zagadnienia na aspekty praktyczne (użyteczne). Wartość wszystkich teoretycznych metod, czy sposobów rozwiązujących jakiegokolwiek zagadnienie naukowe jest tym większa, im bardziej pozwala na praktyczne wykorzystanie wyników takich rozważań poprzez umiejętne ich uogólnienie, podanie wskazówek, zasad ich stosowania, czy ich modyfikację. Moim zdaniem znacznie podkreśliłoby to użyteczny charakter omawianych przez Habilitanta rozważań. Niedosyt tych zaleceń jest tym większy, że tytuł ocenianej monografii, będącej z założenia podsumowaniem wieloletniego dorobku naukowego Autora, dotyczy chwytaków robotów ze sprzęgłami z cieczą elektreologiczną. Oznacza to, że potencjalny

czytelnik poszukuje w analizowanym materiale nie pojedynczego przypadku (być może wyjątkowego, nietypowego, jednostkowego, czy dedykowanego jedynie do ściśle konkretnego zastosowania), a pewnych charakterystyk uogólniających, wskazujących na ogólną typową specyfikę problemu. Jedno zaprezentowane rozwiązanie nie pozwala bowiem Czytelnikowi tej pracy dokonać szerszych uogólnień co do typowości takich rozwiązań (a w każdym razie znacząco je utrudnia) i możliwego zakresu ich zastosowania itd. Autor tych problemów nie wyjaśnia, a przecież to potrzeba dyktuje rodzaj zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych, sposób i zakres ich aplikacji. Niedostatek ten podkreśla również fakt, że Habilitant omawiając aktualny stan wiedzy i istniejące rozwiązania w tym zakresie, w rozdziale 2, podaje „Schemat konstrukcyjny sprzęgła wiskotycznego tarczowego z cieczą ER” (rys. 2.3, str. 75) nie powołuje się na żadną z pozycji literaturowych przypisanych do tego rozdziału (str. 114-120). „Schemat” tego rozwiązania jest „bliźniaczy” (z niewielkimi zmianami dotyczącymi np. ułożyskowania wału sprzęgła) w stosunku do autorskiego opracowania takiego sprzęgła omawianego w rozdz. 4 (rys. 4.9, str. 181). A zatem przypadek? A może istnieje tylko jedno takie rozwiązanie? Brakuje na to odpowiedzi, stąd też moje wątpliwości wynikające z braku jakichkolwiek uogólnień w tym zakresie. Dodatkowo Autor nie podaje potencjalnego zakresu stosowania tego typu rozwiązań, a wynika on m.in. z:

- wielkości takich układów konstrukcyjnych (wymiary) i ich masy (udźwig robota jest jednym z podstawowych parametrów wpływających na zakres jego zastosowania: masa chwytaka plus masa przedmiotu manipulowanego); z wykresów pokazanych na rys. 4.18÷4.21 (str. 193-194) siłą chwytu prezentowanego autorskiego rozwiązania chwytaka z cieczą ER, siła chwytu osiąga maksymalnie wartość maks. ok. 19 [N] (rys. 4.19/str. 193). Jest to siła chwytu przedmiotu w chwytaku. Jednak potencjalna maks. masa manipulowanego przedmiotu wynika nie tylko z siły chwytu, ale również z oddziaływań dynamicznych wynikających z ruchu robota (siła ciężenia, siły odśrodkowe). Można się wobec tego domyślać, że przedstawione rozwiązanie chwytaka potencjalnie pozwalałoby na jego zastosowanie w procesach manipulacji jedynie przedmiotów drobnych, kilku/kilkunasto-gramowych, może co najwyżej kilkusetgramowych. I rodzą się kolejne pytania: czy jest to typowe dla takich rozwiązań? czy takie parametry wynikają tylko z rozwiązania konstrukcyjnego prezentowanego w pracy (rozdz. 4-ty). A co z wymiarami maksymalnymi sprzęgła? Też ich nie podano, a są parametrami optymalizacyjnymi jego konstrukcji. W praktyce wymiary chwytaka decydują m.in. o możliwości dostępu robota do wskazanych miejsc związanych z manipulacją przedmiotu, a zakres ruchu elementów chwytanych (zwarcie/rozwarcie) decyduje o możliwości uchwycenia przedmiotu manipulowanego. Należy również pamiętać, że rozwiązania konstrukcyjne chwytaków robotów przemysłowych muszą być wyposażone w przyłącze (tzw. interfejs mechaniczny) spełniające

konkretne wymagania, zgodne z normą (PN-EN ISO 9409-1: Roboty przemysłowe. Interfejsy mechaniczne. Płyty (kształt A)), zależne od udźwigu robota i wymiarów chwytaka.

- potencjalnego oddziaływania pola elektrycznego generowanego w sprzęgle na manipulowany obiekt (wzbudzenie odbywa się impulsem o potencjale kilku KV), lub braku takiego oddziaływania; jeżeli istnieje takie oddziaływanie, to w jakim zakresie i jak ono wpływa na przedmioty wykonane z materiałów metalowych?

Oczywiście, podanie w pracy konkretnych, szczegółowych parametrów może nie jest najważniejsze z punktu widzenia szeroko omawianego problemu, jednak pozwalałoby lepiej zrozumieć skalę problemu, wskazać możliwości i ograniczenia aplikacyjne proponowanego rozwiązania, gdyż zakres problemowy omawiany w monografii ukierunkowany jest przede wszystkim na rozwiązania mogące mieć istotne znaczenie praktyczne, co Autor podkreśla i co moim zdaniem wynika z tytułu monografii. Zatem uogólnienia konstrukcyjne dla proponowanej nowej, co trzeba podkreślić, klasy rozwiązań z zakresu robotyzacja procesów technologicznych, byłyby bardzo wartościowe i znacząco wpłynęłyby na podniesienie wartości omawianej monografii.

Zwracam również uwagę, że przystępując do prac rozwojowych, tak to chyba można ocenić, z zakresu konturowania, Autor nie zdefiniował również żadnych założeń, ani ograniczeń wskazujących obszar prowadzonych prac badawczych. Podobnie nie zdefiniował precyzyjnie celu swoich badań, wskazując jedynie na potrzeby, czy potencjalne możliwości wpisujące się w obszar rozwiązań związanych z przemysłem 4.0. Nie uzasadnił również wyboru regulatora (pkt. 4.7) w układzie sterowania chwytakiem, a w punkcie 2.4, wskazuje na różne rozwiązania istniejące w tym zakresie.

Uważam również, że w kontekście wskazanych przeze mnie uwag bardziej odpowiadającym zawartości merytorycznej ocenianej monografii byłby tytuł podkreślający *możliwości zastosowania cieczy ER w napędach chwytaków robotów przemysłowych*.

Uważam jednak, że prezentowana monografia, jako podstawa prowadzenie procesu habilitacyjnego dr Karola Łukasza Osowskiego, jest w swoim wywodzie merytorycznym spójna i konsekwentna i mimo wskazanych braków spełnia wymogi stawiane tego typu pracom.

Podsumowując stwierdzam, że wkład naukowy Habilitanta w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna wynikający z :

1. **umiejętnego poszukiwania nowych rozwiązań konstrukcyjnych w zakresie robotyki, a dokładniej robotyzacji procesów technologicznych, które mogą znacząco wpływać na lepszą jakość procesów sterowania i integracji produkcji tym bardziej, że stosowane obecnie rozwiązania w większości przypadków są pozbawione takich możliwości;**

2. **szczegółowego, metodycznie uporządkowanego prowadzenia złożonego procesu badawczo-rozwojowego w zakresie prac konstrukcyjnych dotyczących nowej klasy napędów chwytaków robotów przemysłowych (konstrukcja, optymalizacja, diagnostyka rozwiązania itd.) wykorzystujących sprzęgła hydrauliczne z cieczą ER, jest wystarczający, a zaprezentowaną monografię oceniam pozytywnie.**

Dodatkowo stwierdzam, że monografia autorstwa dr Karola Łukasza Osowskiego, jest przygotowana starannie, edycja pracy na dobrym poziomie, język poprawny. Autor nie ustrzegł się jednak drobnych błędów formalnych, powtórzeń i literówek, które nie wpływają na jakość pracy. Drobne błędy, które moim zdaniem również nie mają wpływu na wartość merytoryczną ocenianej monografii, dotyczą m.in.:

- znaczenia pojęcia „*zautomatyzowane przemysłowe centra produkcyjne*” (Wstęp, str. 13) – chyba powinno być wg stosowanego formalnie w automatyzacji produkcji nazewnictwa: *zautomatyzowane przemysłowe systemy produkcyjne* (nazwa *centrum przemysłowe* dotyczy pewnej klasy zautomatyzowanych maszyn o szerokich możliwościach technologicznych, sterowanych numerycznie w wielu osiach, przeznaczonych do produkcji przedmiotów produkcji wykazujących duże podobieństwo konstrukcyjno-technologiczne); kilka linijek dalej Autor wskazuje o możliwości zastosowania robotów na liniach produkcyjnych
- znaczenie wymiarów oznaczonych jako g na rys. 3.2 a i b/str. 125-126 (podobnie autoreferat : rys. 2 a i b/str. 7-8).
- w wielu miejscach, szczególnie dotyczy to rysunków i wzorów, Autor nie podaje źródeł literaturowych.

4. Ocena dorobku naukowego

Jako swoje główne osiągnięcie naukowe dr K.Ł. Osowski wskazał monografię habilitacyjną. Moim zdaniem osiągnięcie to, mimo braku wskazań we wniosku Habilitanta, uzupełnia pozostały dorobek publikacyjny i naukowy przedstawiony przez Habilitanta.

Został on podzielony na dwa główne okresy związane z rozwojem naukowym dr Osowskiego.

a) Pierwszy dotyczy okresu przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora nauk technicznych.

Obejmuje on w sumie 6 publikacji z czego:

- 2, to publikacje będące rozdziałami w monografiach, obie polskojęzyczne,
- 4, to publikacje w czasopismach naukowych: dwie opublikowane w czasopismach zagranicznych i dwie w czasopismach polskich.

Wszystkie publikacje z tego okresu są autorstwa Habilitanta. Są to publikacje niskopunktowane wg wykazu MEiN z tego okresu. Dr Osowski brał również udział w 6-ciu konferencjach naukowych: 3 razy w zagranicznych i 3 w polskich.

- b) Drugi okres, to okres pomiędzy uzyskaniem stopnia naukowego doktora nauk technicznych, a złożeniem wniosku o wszczęcie procesu habilitacyjnego. Są to lata 2015-2023. W tym okresie Autor opublikował łącznie 21 publikacji, z których:
- 17 artykułów opublikował w zagranicznych czasopismach naukowych, recenzowanych i wykazujących Impact Factor,
 - 4 artykuły w czasopismach polskich.

Parametry bibliograficzne Habilitanta – stan na dzień: 27.09.2023

- Łączny *Impact Factor*, zgodnie z rokiem wydania wynosi **26,69**;
- Liczba cytowań publikacji Habilitanta:
 - *Web of Science (WoS)*: wszystkie: **67** (bez autocytowań: **46**);
 - *Scopus*: **93**;
- *Indeks Hirscha*:
 - *Web of Science*: **5**
 - *Scopus*: **6**.

Publikacje z tego okresu są współautorstwa Habilitanta, w których występuje On jako drugi lub kolejny współautor. Kolejność Autorów publikacji nie zawsze wynika z kolejności alfabetycznej. Chyba należy się domyślać, że kolejność ta jest związana z udziałem merytorycznym Autora w tworzeniu prezentowanej publikacji. To zaś oznacza, że nie we wszystkich Habilitant odgrywał znaczącą rolę, a określenie Jego udziału jest trudne, wręcz niemożliwe tym bardziej, że nie dołączył zalecanego w ustawie z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2022 r. poz. 574, z późn. zm.; art. 219) oświadczenia o swoim udziale w poszczególnych wieloautorskich pracach naukowych.

W tym okresie aktywnie brał udział w 3 konferencjach naukowych: 1 międzynarodowej i dwóch krajowych.

Dorobek publikacyjny Habilitanta uzupełnia dorobek wynikający z udziału w zespołach badawczych realizujących projekty naukowo-badawcze. I tak, przed uzyskaniem stopnia doktora, brał udział jako członek zespołu badawczego-główny wykonawca w dwóch krajowych projektach, a także jako członek zespołu badawczego realizującego projekt systemowy Samorządu Województwa Mazowieckiego i w projekcie realizowanym w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki. Działanie 4.3, realizowanego w ramach projektów europejskich. W tym okresie brał również udział w międzynarodowym projekcie badawczym finansowanym w ramach programu polsko-indyjskiej wymiany osobowej.

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, uczestniczył w roli głównego wykonawcy w trzech projektach krajowych (jeden to kontynuacja projektu rozpoczętego przed doktoratem), w jednym projekcie międzynarodowym finansowanym w ramach współpracy polsko-tajwańskiej oraz w jednym projekcie finansowanym z środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

W latach 2014-2020 był ekspertem w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Małopolskiego. Specjalizacja: elektrotechnika i przemysł maszynowy.

Jego aktywność naukową uzupełnia współpraca z sektorem gospodarczym w roli:

- a) doradcy, konsultanta i współautora metody drukowania wirników przekładni hydrokinetycznej o złożonym kształcie, z Radomskim Centrum Innowacji i Technologii w Radomiu oraz w zakresie oceny technologii wykonania i badań wirników wykonanych metoda druku 3D z proszków metali (LiuGong Machinery Poland sp. z o.o.;
- b) członka zespołu biorącego udział w działaniach inicjatywnych mających na celu nawiązanie współpracy z KGHM CUPRUM Sp. z o.o.;
- c) propagatora nowych technologii na spotkaniach zrzeszenia firm branży metalowej w regionie radomskim.

Współpracował również w ramach współpracy badawczej z: Instytutem Nowych Syntezy Chemicznych w Puławach, Celsa Huta Ostrowiec oraz z APEX PRO Sp. z o.o. i Pracownią Elektroniki Roman Pomianowski.

Jest również współautorem 5-ciu patentów (Pat.243518, Pat.242664, Pat.238834, Pat.238445 i Pat.237525) i 4-ch zgłoszeń patentowych (P.434203, P434202, P.434205 i P439940) związanych z rozwiązaniami dotyczącymi układów hydraulicznych, w tym przekładni hydrokinetycznej

Analiza dostarczonego materiału wskazuje, że wszystkie publikacje oraz działalność organizacyjna i przemysłowa Habilitanta koncentruje się na problemach związanych napędami hydraulicznymi i ich technologią, w tym na projektowaniu i zastosowaniu m.in. przekładni hydraulicznych i cieczy ER.

Wartości parametrów bibliograficznych Habilitanta uważam za dobre i wystarczające na reprezentowanym przez Niego etapie rozwoju naukowego.

Uwzględniając powyższą charakterystykę aktywności naukowej i dorobku publikacyjnego Habilitanta, szczególnie po uzyskaniu stopnia doktora oraz zakres i tematykę prowadzonych prac i badań oceniam ją jako spójną i wystarczającą.

5. Podsumowanie

Przedstawiony dorobek naukowy i organizacyjny Habilitanta, w tym współprace z otoczeniem gospodarczym i udział w projektach badawczo rozwojowych oceniam jako dobry. Na pozytywną

ocenę zasługuje (pkt. 3. recenzji), mimo wskazanych wyżej braków, monografia habilitacyjna i uzupełniająca ją dorobek publikatorski, szczególnie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych. Moim zdaniem Autor wykazał, że potrafi postępując metodycznie, rozwiązywać trudne i złożone merytorycznie problemy. Tematyka prowadzonych przez Habilitanta badań oceniam jako aktualną i nowatorską.

Spośród wszystkich elementów dorobku naukowego najsłabszym, moim zdaniem, jest doświadczenie wynikające z kontaktów zagranicznych. Kandydat wskazuje, że:

- odbył staż na University of Stellenbosch (RPA): przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora; nie podaje jak długi był to staż,
- brał udział w międzynarodowych projektach realizowanych w ramach polsko-tajwańskiej i polsko-indyjskiej współpracy;
- aktywnie uczestniczył w kilku międzynarodowych konferencjach naukowych,
- jest *Guest Editor* w czasopiśmie *Advances in Mechanical Engineering*,
- jest recenzentem w *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*,
- w latach 2016-2017, był członkiem *International Federation for the Promotion of Mechanism and Machine Science (IFTOMM)* w grupie roboczej ds. młodych naukowców WG11

Oznacza to jednak, że w dorobku Kandydata brakuje szerszych kontaktów z zagranicznym środowiskiem naukowym, których typowym elementem w głównej mierze są zagraniczne staże naukowe. Daje to szansę na bardziej intensywny rozwój naukowy, nawiązanie naukowych kontaktów personalnych, poznanie innych środowisk i centrów naukowych, a w konsekwencji podejmowanie wspólnych prac badawczych.

Reasumując, całościowy dorobek naukowy Kandydata oceniam jako dobry. Tym samym dr Karol Łukasz Osowski potwierdził swoje kwalifikacje naukowe, badawcze i umiejętności inżynierskie.

6. Wniosek końcowy

Na podstawie dokonanej powyżej, w punktach trzecim, czwartym i piątym niniejszej recenzji oceny, odpowiednio: osiągnięć naukowych, dorobku i aktywności naukowej dr Karola Łukasza OSOWSKIEGO, stwierdzam, że Habilitant spełnia wymagania określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz.U. z 2021r., poz. 478 z późn. zm.) w sprawie oceny osiągnięć naukowych osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Wnoszę zatem o dopuszczenie dr Karola Łukasza OSOWSKIEGO do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego, przewidzianych odpowiednimi przepisami.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jabielny'.