

O C E N A
dorobku naukowego i działalności naukowej
Dr.-Ing. Ralfa Stettera

w postępowaniu dotyczącym przyznania stopnia
doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne
prowadzonym przez
Senat Uniwersytetu Zielonogórskiego

Podstawę do opracowania niniejszej opinii stanowi pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne, prof. dr hab. inż. Roberta Smoleńskiego datowane na 3 dnia listopada 2023 r. skierowane do mnie w wyniku uchwały nr 892 z dnia 27.09.2023 Senatu Uniwersytetu Zielonogórskiego, informujące o powołaniu mnie na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dr Ralfa Stettera, wszczętym w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne na podstawie wniosku z dnia 17.03.2023.

Opinię opracowałem kierując się załączoną szczegółową dokumentacją przewodu habilitacyjnego w języku polskim, obejmującą – poza Danymi wnioskodawcy z odpisem Dyplomu Doktora N.T. – Wniosek z Autoreferatem (Zał. 3) prezentujący informacje o zatrudnieniu, charakterystykę pracy naukowej, omówienie osiągnięcia naukowo-badawczego – jednotematycznego cyklu publikacji pt.: *„Projektowanie i sterowanie tolerujące uszkodzenia dla inteligentnych systemów technicznych”*, obszernie omówienie problematyki badawczej na tle pięciu rozważanych naukowych problemów badawczych, zwięzłe przedstawienie wkładu autora w rozwój dyscypliny, podsumowanie działalności naukowej przed i po doktoracie, dane o aktywności naukowej i osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzatorskich.

W uzupełnieniu ww. podstawowej dokumentacji publikacyjnej, habilitant załączył Wykaz dorobku publikacyjnego (Zał. 4), Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących wkład autora w rozwój dyscypliny naukowej (Zał. 5), obejmujący przedmiotowe dzieło – cykl 14 publikacji, w której mieści się monografia wydana przez Wydawnictwo Springer (Berlin, 2020), wraz z innymi publikacjami, wystąpieniami plenarnymi oraz konferencyjnymi (brak oświadczeń współautorów prac zbiorowych wchodzących w skład osiągnięcia).

I. Ogólna sylwetka Kandydata

Dr Ralf Stetter uzyskał dyplom magistra inżyniera (niem. Dipl.-Ing.) na Wydziale Inżynierii Mechanicznej Politechniki Monachijskiej (Technische Universität München, TUM, Niemcy) w 1996 roku, w specjalności projektowanie i rozwój. Praca ta miała (w tłumaczeniu) tytuł: „Analiza prac zespołowych w projektowaniu mechanicznym”. Stopień doktora nauk technicznych (niem. Dr.-Ing.) został mu nadany w roku 2000 przez tenże Wydział Inżynierii Mechanicznej TUM na podstawie rozprawy doktorskiej pt. „Wdrażanie metod w procesach zintegrowanego rozwoju produktu” (promotor: Udo Lindemann TUM; recenzent John Clarkson, University of Cambridge, W. Brytania).

Po początkowej pracy (1996-2000) w Politechnice Monachijskiej w latach 2000-2004 Habilitant pracował jako koordynator zespołu w dziale rozwoju produktu (w sekcji wnętrza pojazdu, Audi AG, Ingolstadt, Niemcy). W latach 2006-2018 był Prodziekanem Wydziału Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Nauk Stosowanych Ravensburg-Weingarten (Weingarten, Niemcy), po czym został Koordynatorem ds. Współpracy Międzynarodowej na tym Wydziale, gdzie też (od 2004) pełni funkcję profesora. Równolegle (od 2016) zajmuje stanowisko kierownika projektu w centrum transferu Steinbeis „Automotive Systems”, Ravensburg (Niemcy).

Habilitant szczeni się bardzo długim rekordem współpracy z niemieckimi instytucjami, które są aktywne na polu nauki i przemysłu. Wyróżniają się też kontakty z uczelniami polskimi. Rozwinął współpracę z Uniwersytetem Zielonogóskim, głównie z prof. Marcinem Witczakiem (od 2010) oraz dr inż. Pawłem Majdzikiem (od 2014). Badania te dotyczyły m.in. rozwoju wielokonfiguracyjnych i adaptowalnych systemów montażu akumulatorów, składających się ze stanowisk montażowych i mobilnych robotów transportowych oraz opracowania wirtualnych czujników diagnostycznych dla wózka samojezdnego, wraz z odpornymi algorytmami sterowania. Wyniki prac badawczych znalazły się w artykułach opublikowanych czasopismach *Control Engineering Practice*, *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, *Journal of Manufacturing Systems*, *International Journal of Control* oraz *Applied Sciences*. We współpracy z dr inż. Beatą Mrugalską z Politechniki Poznańskiej (2016-2019) skupił się na zagadnieniu sterowania predykcyjnego wózkami samojezdnymi wykorzystywanymi w systemach produkcyjnych, co zaowocowało publikacją w czasopiśmie *Sensors* (MDPI). Habilitant posiada imponujące doświadczenie przemysłowe oraz w zakresie współpracy międzynarodowej, w tym w projektach naukowych i badawczych.

Po promocji doktorskiej dr Ralf Stetter opublikował ponad 100 raportów naukowych oraz około 40 artykułów (autorskich i współautorskich) w czasopismach naukowych (12 z nich Kandydat zawarł w recenzowanym cyklu, obejmującym 3 autorskie artykuły MDPI oraz autorską monografię Springera i autorskie wystąpienie konferencyjne IEEE/140pkt). Warto również docenić 8 współautorskich publikacji w prestiżowych dla dziedziny czasopismach (bazy JCR), *Control Engineering Practice*, *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, *Journal of Manufacturing Systems*, *International Journal of Control* oraz *Maintenance and Reliability*. Ponadto, dr Ralf Stetter szczeni się (według bazy WoS) pokaźną liczbą 278 cytowań oraz indeksem Hirscha równym 9 i sumarycznym wskaźnikiem wpływu IF=37,879 (w bazie Scopus oraz Google Scholar wskaźniki te są odpowiednio wyższe).

II. Ocena dorobku naukowego

Ocena dorobku naukowego obejmuje ogólną charakterystykę obszaru badawczego, dorobek naukowy i warsztatowy, ogólną charakterystykę i zawartość naukową ocenianej serii publikacji (w tym uwagi krytyczne i dyskusyjne) oraz konkluzję dotyczącą dorobku i określenie wkładu autora w rozwój dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

1. Ogólna charakterystyka obszaru badawczego

Klasycznie, działalność dr Ralfa Stettera skupia się badaniach naukowych lub pracach rozwojowych podejmowanych systematycznie w celu zwiększenia zasobów wiedzy i jej wykorzystania do rozwiązywania ważnych problemów technicznych/przemysłowych i tworzenia nowych zastosowań.

Szczególnym przedmiotem studiów habilitanta są teoretyczne i praktyczne aspekty zagadnienia niezawodności i bezpieczeństwa złożonych systemów inżynierskich w zmiennych warunkach ich eksploatacji, a zwłaszcza zadanie projektowania układów sterowania odpornych na uszkodzenia, jakie pojawiają się w takich systemach, tj. budowy układów odpornych FTC (ang. *Fault-Tolerant Control*). Ta gałąź nauki osiągnęła swój rozkwit tuż po pierwszych dekadach burzliwego rozwoju diagnostyki przemysłowej.

Okazuje się bowiem, że można tak inteligentnie projektować systemy techniczne/inżynierskie, w tym systemy sterowania, aby zwiększyć ich możliwości w zakresie tolerowania uszkodzeń z zachowaniem wymagań jakościowych. Efekt taki można osiągnąć poprzez dobór struktury i parametrów systemu. Samą strategię projektowania z takim zamiarem nazywa się projektowaniem

tolerującym uszkodzenia FTD (ang. *Fault-Tolerant Design*), gdzie główny wysiłek projektowy odnosi się do schematu blokowego systemu: jego kluczowych komponentów, urządzeń wykonawczych oraz czujników (ich fizycznego rozłożenia).

W ostatnich latach, poza rozwojem wiedzy i wykorzystaniem nowych teorii, inżynieria takich systemów niezwykle się rozwinęła dzięki intensywnemu postępowi w zakresie komputerowych systemów automatyki opartych na środkach informatyki technicznej i telekomunikacji. Systemy takie wypełniają wiele zadań, służąc m.in. do nadzoru, diagnostyki i sterowania obiektami przemysłowymi oraz systemami transportowymi. W takim praktyczno-przemysłowym kontekście projektowania zaawansowanych systemów automatyki nie zmniejsza się liczba rozmaitych aspektów technicznych, technologicznych, które wymagają rozwiązania.

W szczególności istnieje ciągła potrzeba zwiększania ilości i jakości produkcji oraz szybkości uruchamiania nowych linii produkcyjnych, które pod wieloma względami stają się coraz bardziej złożone i wymagają coraz bardziej zaawansowanych zabezpieczeń (*vide* branże motoryzacyjna, transportowa i lotnicza, które dostarczają nam codziennie niezwykle „bolesnych” przykładów).

Wszystko to stawia coraz większe wymagania zespołom wdrożeniowym, które muszą szybko przejść przez kolejne fazy modelowania, testowania i walidacji takich systemów automatyki. Oczywiście konsekwencją tego jest rozwój technik symulacji dotyczących specjalistycznych działań, objętych przez procesy wirtualnego uruchamiania (VC, *Virtual Commissioning*), które pozwalają na wczesnych etapach projektowania dokonywać analizy działania systemu oraz identyfikacji usterek i wąskich gardeł procesu produkcyjnego (np. w celu szkolenia operatorów linii).

2. Dorobek oraz warsztat naukowy

Oceniany dorobek naukowy doktor Ralfa Stettera jest wyrazem skupienia jego wysiłku badawczego oraz rozwoju naukowego na wybranych problemach naukowych w węzłowym zakresie niezawodności i bezpieczeństwa systemów inżynierskich (należącym do głównych trendów nauki), z wyróżniającym się zadaniem projektowania układów sterowania odpornych na uszkodzenia w warunkach czasu rzeczywistego (przemysłowych i transportowych).

Analizując zagadnienie opracowania ogólnej strategii/systemu (nazwijmy to FTS), habilitant sformułował listę pięciu własnych problemów badawczych dotyczących: (1) definicji procesu FTD i sposobów jego realizacji; (2) połączenia FTD i FTC w jeden proces/strategię optymalnego projektowania systemów (FTS); (3) zastosowania wirtualnych elementów pomiarowo-wykonawczych w celu zwiększenia zdolności FT (tolerowania uszkodzeń); (4) opracowania strategii FTS w przypadku systemów z redundantnymi i współdzielonymi zasobami; (5) wpływu żywotności pozostałych komponentów systemu na wydłużenie życia systemów FTC (ogólnie).

Wynikiem ponad 20-letniej aktywności i współpracy naukowej dr R. Stettera po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych w 2000 roku jest pokaźna lista dorobku publikacyjnego. Osiągnięciem stanowiącym podstawę jego wniosku habilitacyjnego (określonym w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.) jest jednotematyczny cykl publikacji pt.: ***Projektowanie i sterowanie tolerujące uszkodzenia dla inteligentnych systemów technicznych*** obejmujący:

- [1] R. Stetter: *Fault-Tolerant Design and Control of Automated Vehicles and Processes. Insights for the Synthesis of Intelligent Systems*. Studies in Systems, Decision and Control, Springer International Publishing, Berlin, 2020 [ISBN 978-3-030-12845-6; DOI: 10.1007/978-3-030-12848-7] (100%).
- [2] R. Stetter: Algorithms and Methods for the Fault-Tolerant Design of an Automated Guided Vehicle. *Sensors*. Vol. 22, No. 12, 2022 [MDPI, DOI: 10.3390/s22124648] (100%).
- [3] R. Stetter: A Fuzzy Virtual Actuator for Automated Guided Vehicles. *Sensors*. Vol. 20, No. 15, 2020 [MDPI, DOI: 10.3390/s20154154] (100%).
- [4] R. Stetter: Approaches for Modelling the Physical Behavior of Technical Systems on the Example of Wind Turbines. *Energies*, Vol. 13, No. 8, 2020 [MDPI, DOI: doi.org/10.3390/en13082087] (100%).
- [5] R. Stetter: A Virtual Fuzzy Actuator for the Fault-tolerant Control of a Rescue Vehicle. 2020 *IEEE International Conference on Fuzzy Systems* [IEEE, ISBN 978-1-7281-6932-3] (100%).

- [6] R. Stetter, M. Witczak, M. Pazera: Virtual Diagnostic Sensors Design for an Automated Guided Vehicle. *Applied Sciences*. Vol. 5, pp. 139-148, 2018 [MDP, DOI: 10.3390/app8050702] ((75%).
- [7] R. Stetter, R. Giser, R.S. Gresser, M. Till, M. Witczak: Fault-tolerant design for increasing the reliability of an autonomous driving gear shifting system. *Eksplotacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, Vol. 22, No. 3, 2020, pp. 482-492 [PAN: doi.org/10.17531/ein.2020.3.11] (40%).
- [8] B. Mrugalska, R. Stetter: Health aware model-predictive control of a cooperative AGV-based production system. *Sensors*. Vol. 19, Issue 3, 2019 [MDPI, DOI: 10.3390/s19030532] (30%).
- [9] B. Lipiec; M. Mrugalski, M. Witczak, R. Stetter: Towards a Health-Aware Fault Tolerant Control of Complex Systems: a Vehicle Fleet Case. *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*. Vol. 32, Issue 4, pp. 619-634, 2022 [DOI: 10.34768/amcs-2022-0043] (20%).
- [10] K. Holder; A. Zech; M. Ramsaier; R. Stetter; H.-P. Niedermeier; S. Rudolph; M. Till: Model-Based Requirements Management in Gear Systems Design Based On Graph-Based Design Languages. *Applied Sciences*. Vol. 7, 1112, 2017 [MDPI, DOI: 10.3390/app7111112] (20%).
- [11] P. Majdzik; Akielaszek-Witczak, A.; Seybold, L.; R. Stetter, B. Mrugalska: A fault-tolerant approach to the control of a battery assembly system. *Control Engineering Practice*. Vol. 55, pp. 139-148, 2016 [DOI: 10.1016/j.conengprac.2016.07.001] (20%).
- [12] L. Seybold; M. Witczak; P. Majdzik; R. Stetter: Towards robust predictive fault-tolerant control for a battery assembly system. *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*. Vol. 4, pp. 849-862, 2015 [DOI: 10.1515/amcs-2015-0061] (20%).
- [13] M. Witczak; P. Majdzik; R. Stetter; B. Lipiec: A fault-tolerant control strategy for multiple automated guided vehicles. *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 55, pp. 56-68, 2020 [DOI: doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.02.009] (10%).
- [14] M. Witczak; P. Majdzik; R. Stetter; B. Bocewicz: Interval max-plus fault-tolerant control under resource conflicts and redundancies: application to the seat assembly. *International Journal of Control*, Vol. 93, Issue 11, pp. 2662-2674, 2020 [DOI: 10.1080/00207179.2019.1630749] (10%).

Ogólnie w całkowitym dorobku habilitanta mieści się: (*) monografia Springera, (*) 42 artykuły w czasopiśmie (14 JCR), (*) 6 rozdziałów książkowych, (*) 112 konferencyjnych referatów, oraz (*) 3 redagowane materiały konferencyjne.

Przy tak bogatym dorobku nie dziwią wysokie wskaźniki bibliometryczne opisujące oceniany dorobek w zakresie sumarycznego IF (37.879), liczby cytowań (278/WoS, 557/Scopus, 1081/GoogleScholar) oraz indeksu Hirscha (9/WoS, 11/Scopus, 15/GoogleScholar).

Współpraca z Uniwersytetem Zielonogórskim wiązała się z organizacją przez Wnioskodawcę dwóch specjalistycznych warsztatów naukowych (*European Workshop on Control Engineering in Industry* w latach 2014 i 2017. Ponadto dr R. Stetter wspólnie z prof. M. Witczakiem był również współautorem sesji specjalnej na PCC (*Polish Control Conference*) 2020 p.t.: „*Fault-Tolerant Control and Design*” oraz specjalnego wydania nt. „*Towards Self-Healing Systems through Diagnostics, Fault-Tolerance and Design*” w *I.J. of Applied Mathematics and Computer Science*.

Wszystkie najważniejsze prace zostały napisane w języku angielskim (z raportowanych 115 prac jedynie 10 sporządzono w języku niemieckim oraz 1 w języku polskim). Również w większości z nich habilitant występuje jako pierwszy lub drugi współautor, zwykle pełniący istotną rolę w opracowaniu (z długą listą różnych współpracowników naukowych w całości dorobku Kandydata).

Na podstawie przeglądu dostarczonego osiągnięcia naukowego, w postaci monografii oraz 13 innych publikacji w cyklu *Projektowanie i sterowanie tolerujące uszkodzenia dla inteligentnych systemów technicznych*, widać duże zaangażowanie naukowe i profesjonalne oraz przygotowanie do prowadzenia prac badawczych na trudnym pograniczu nauki i przemysłu, jak też solidność warsztatu naukowego dr Ralfa Stettera w obranym obszarze zainteresowań oraz zdolności do prowadzenia skutecznej – również międzynarodowej – współpracy dla dobra nauki i przemysłu. Ważna jest tu umiejętność przekładania pomysłów teoretycznych oraz opracowanych algorytmów na praktyczne aplikacje, na które istnieje ciągłe zapotrzebowanie w przemyśle.

Utrzymując ciągły kontakt z praktyką, Kandydat powiększał swoje doświadczenie w obszarze zagadnień przemysłowych. Potrafi skutecznie rozwiązywać problemy praktyczne korzystając z dostępnych osiągnięć naukowych i wnosząc cenne innowacje w zakresie projektowania inteligentnych systemów sterowania odpornego na określone błędy i uszkodzenia (*Fault-tolerant design and control for intelligent engineering systems*, albo *Designing intelligent control systems resistant to specific faults, errors and damages*).

Jak wyżej wykazano, poddany ocenie dorobek naukowy jest dobrze udokumentowany i ma istotne znaczenie dla wskazanego sektora badań, zwłaszcza w zakresie teorii i praktyki projektowania systemów (odpornych na usterki), które są eksploatowane w złożonych systemach przemysłowych oraz w realnych warunkach pracy.

W obszarze objętym dominującą w pracy habilitanta tematyką, na szczególne wyróżnienie zasługują oczywiście prace przedstawione jako cykl 14 publikacji wydanych w latach 2015-2022 w prestiżowych czasopismach JCR: *Control Engineering Practice*, *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, *Journal of Manufacturing Systems* oraz *International Journal of Control*. Ważne są również czasopisma MDPI *Sensors* oraz *Energies* i *Applied Sciences*, czy wysoko punktowana konferencja IEEE. Na specjalną uwagę zasługuje monograficzne dzieło autorskie „*Fault-Tolerant Design and Control of Automated Vehicles and Processes. Insights for the Synthesis of Intelligent Systems*” wydane przez Wydawnictwo Springer Nature Switzerland AG (Cham, 2020) w serii „*Studies in Systems, Decision and Control*” pod redakcją prof. Janusz Kacprzyka, które stanowi wartościowe zwieńczenie wysiłku badawczego habilitanta.

Tytuł ocenianego wieloskładnikowego dzieła *Projektowanie i sterowanie tolerujące uszkodzenia dla inteligentnych systemów technicznych* dobrze też oddaje całokształt zainteresowań naukowych dr R. Stettera.

Na uwagę zasługuje również długa lista referatów wygłoszonych na specjalistycznych konferencjach z szerokiego obszaru tematycznego. Oceniając z punktu widzenia Ustawy wniosek przedstawiony przez dra Ralfa Stettera, wszystkie pozycje cyklu dobrze się uzupełniają w zakresie tematyki projektowania i sterowania tolerującego uszkodzenia dla inteligentnych systemów technicznych. Jednak ze względu na integralność i bogatą zawartość merytoryczną, za zasadnicze osiągnięcie naukowe należy uznać monografię (w tłumaczeniu: „*Odporne na usterki projektowanie i sterowanie zautomatyzowanymi pojazdami i procesami – rozważania nt. syntezy inteligentnych systemów*”) wydana w obiegu międzynarodowym w roku 2020. Niezależnie od sposobu oglądu, dzieło to stanowi najbardziej doniosły element dotychczasowego dorobku publikacyjnego habilitanta.

W ocenianym cyklu uwzględniono szczegółową prezentację osiągnięć badawczych, na które składają się algorytmy, metody i narzędzia, a także ważne spostrzeżenia dotyczące możliwości przemysłowego zastosowania metod i narzędzi algorytmicznych. Osiągnięte wyniki badań pozwalają na zamierzone całościowe zapewnienie odporności na uszkodzenia zachodzące w systemach technicznych, a w szczególności w zautomatyzowanych pojazdach i procesach.

Pozytywną cechą dorobku naukowego habilitanta (zarówno publikacyjnego, jak i badawczo-wdrożeniowego związanego z udziałem w projektach badawczych, krajowych i międzynarodowych) jest celne definiowanie zadań oraz dbałość o dobre matematyczne posadowienie trudnych problemów, jak również umiejętne odniesienie opracowanych algorytmów do praktyki inżynierskiej. Po latach pracy naukowej od swojego doktoratu Ralf Stetter najwyraźniej posiada cechy dojrzałego naukowca z poważnym dorobkiem, które pozwalają mu skutecznie rozwiązywać problemy techniczne, korzystając z wiedzy teoretycznej i odpowiedniego aparatu matematycznego.

3. Ogólna charakterystyka i zawartość naukowa ocenianego cyklu publikacji

Głównym celem badań doktora Stettera było opracowanie i walidacja metod FTD wspomagających projektowanie systemów technicznych, które mają zdolność tolerowania uszkodzeń ze względu na swoją strukturę, jak również zastosowane zasady sterowania odpornego FTC. Podejście strategiczne i systemowe FTS (FTD-FTC) koncentruje się przede wszystkim na utrzymaniu bezpieczeństwa, polegającym na stabilności działania systemu po wystąpieniu uszkodzenia. Podejście takie może istotnie poprawić efektywność działania systemu technicznego przez zwiększenie jego niezawodności i dostępności. Prowadzone badania były ukierunkowane szczególnie na dziedzinę automatycznych pojazdów i procesów. Podstawową motywację stanowiła ich rola rosnąca niemal we wszystkich sektorach przemysłu, szczególnie w logistyce i produkcji, jak również w otaczającej je infrastrukturze. Najbardziej znaczące prace opublikowane przez habilitanta (indeksowane przez JCR) koncentrują się na odpowiedziach na 5 kwestii postawionych w punkcie 2.

W zakresie definiowania procesów (**Problem 1**) w odróżnieniu od istniejącej literatury skupiającej się zwykle na wybranej charakterystyce FTD, habilitant wyróżnił elementy FTD wraz z

odpowiednimi poziomami abstrakcji i pasującymi do nich metodykami oraz aspektami procesu projektowania. Habilitant stawia przy tym tezę, że projektowanie FTD, poza uwzględnieniem zasady FTC, powinno również adekwatnie uwzględniać dobór/projekt czujników, członów wykonawczych i innych komponentów systemu technicznego, które mają wpływ na zdolność tolerowania uszkodzeń. Aspekt ten pojawia się w kilku wątkach pracy, dlatego należy tu przywołać fakt, że szybki rozwój metod diagnostyki procesów rozpoczął się już w latach 80. XX wieku od badań nad wpływem czujników i elementów wykonawczych na sprawność zamkniętych układów sterowania (odczuwa się brak cytowania prac pionierskich na tym polu). Autor słusznie zauważa, że wymagania dotyczące projektowania FTD zwykle odnoszą się do stabilności i jakości działania systemu, ale też i muszą uwzględniać typ i liczebność możliwych uszkodzeń, które system powinien tolerować, zaś dodatkowo trzeba tu zadbać o rozróżnienie pomiędzy możliwymi a spodziewanymi uszkodzeniami.

W zadaniu integracji FTD i FTC w jeden proces optymalnego projektowania strategii/systemu FTS [P1, P2, P7] poszukuje się odpowiedzi na pytania związane z **Problemem 2**. Ponieważ projektowanie FTD obejmuje regułę sterowania odpornego FTC, dlatego ich integracja jest w dużym stopniu realizowana w ramach definicji oraz funkcjonowania FTD. W klasycznym podejściu, reguła FTC dotyczy odpowiedniej alokacji sterowania, która niweluje wpływ uszkodzeń w urządzeniach składowych na efektywność działania systemu (np. błędne pomiary można skompensować poprzez redundancję sprzętową lub analityczną).

Ponadto habilitant postanowił uwzględnić bieżącą żywotność (ang. *health status*) poszczególnych składników systemu. W szczególności pozostała użyteczna żywotność (ang. *Remanining Useful Life*, RUL) wybranych komponentów stanowi ważny czynnik zintegrowanej strategii FTS, w której (oddolnie interpretując) można opracować zasady sterowania odpornego FTC (adaptacyjnie) uwzględniającego żywotność (niezawodność) komponentów (ang. *Health-Aware FTC*). Estymując wskaźnik RUL opracowaną autorską metodą habilitanta można dokonywać też predykcji średniego czasu do awarii komponentów systemu. W ramach podejścia FTS habilitant proponował różne sposoby integracji wskaźnika RUL z procedurą FTC tak, aby ten czas maksymalizować. Stowarzyszonym przedmiotem badań było opracowanie strategii zwiększania RUL złożonych systemów poprzez zoptymalizowaną eksploatację jego podsystemów: tzn. znając RUL danego podsystemu, można inteligentnie rozłożyć pracę pomiędzy inne podukłady tak, aby maksymalizować RUL całego kompleksu (złożonego systemu). Możliwe jest też wyznaczenie osiągalnego (możliwie szybkiego) harmonogramu pracy złożonego systemu w oparciu o bieżące dane i parametry uszkodzenia i w ten sposób utrzymywać średnią żywotność RUL podsystemów na wysokim poziomie.

Podczas integracji FTD-FTC można stosować pasywne lub aktywne odporne sterowanie predykcyjne FTC. Pasywne FTC nie wymaga informacji o uszkodzeniach i traktuje usterki jako (nieliczne) sygnały zakłócające. Podczas gdy aktywne FTC oraz strategia RC (ang. *Robust or/and Reconfigurable Control*) opierają się na informacji o uszkodzeniach, która dostarczają systemy diagnostyczne. Habilitant w swoich badaniach wykorzystywał metodyczną strukturyzację FTD/FTS na zaproponowanych przez siebie poziomach abstrakcji.

Badanie wpływu wirtualnych czujników i elementów wykonawczych na tolerowanie uszkodzeń było przedmiotem rozważań naukowych habilitanta w odpowiedzi na **Problemem 3**. Szczególnie istotne dla jakości realizacji FTS są oczywiście czujniki diagnostyczne, służące bezpośrednio do wykrywania i lokalizacji uszkodzeń. Aby sprostać temu zadaniu, habilitant opracował innowacyjne rozwiązanie umożliwiające rekonstrukcję informacji z czujników w przypadku niedostępności takich pomiarów lub ich dużej niepewności. W proponowanym rozwiązaniu, znanym pod nazwą *wirtualnego czujnika pomiarowego*, zastosowanie odpowiedniego matematycznego modelu systemu pozwala na wiarygodną estymację utraconych pomiarów.

Szczególnym obiektem zainteresowania habilitanta były zautomatyzowane pojazdy kierowane typu AGV (ang. *Automated Guided Vehicle*), a pomocniczym celem badawczym [P1, P6] była odpowiedź na pytanie: Jak zaprojektować niezawodne wirtualne czujniki pomiarowe umożliwiające wyznaczenie kluczowych (dla opracowywanego funkcjonalnego, przestrzenno-stanowego modelu) sił wzdłużnych i momentu obrotowego kół AGV w praktycznych warunkach (bez stosowania dysfunkcyjnych modeli kół)?

Zaprojektowany, kompletny układ AGV przetestowany został tak w warunkach pracy normalnej, jak i z uszkodzeniami. Nie ulega wątpliwości, że taka metoda diagnostyczna zwiększa zdolność tolerowania uszkodzeń, a zintegrowana z nią odpowiednia strategia sterowania umożliwia powrót układu/pojazdu do realizacji postawionego zadania (tzn. FTC).

Ponadto, również w zakresie Zadania 3, habilitant zajmował się projektowaniem „wirtualnych urządzeń wykonawczych”, które alokują (rozdzielają) sterowanie pomiędzy uszkodzonymi i normalnie działającymi urządzeniami wykonawczymi w celu utrzymania funkcjonalności układu. Efektem badań habilitowanego jest opracowanie rozmytego wirtualnego elementu wykonawczego dla AGV. W zaproponowanym rozwiązaniu (standardowo) używa się sygnałów resztowych (tj. residuów wyznaczonych dla AGV i jego modelu analitycznego) wraz z wiedzą ekspercką do zmiany prawa sterowania w warunkach uszkodzeń (w literaturze takie koncepcje zwykle opierały się na modelach nieliniowych „Takagi-Sugeno”). W ten sposób powstała klasa rozmytych wirtualnych elementów wykonawczych (lepiej byłoby nazwać takie elementy „... adapterami”), których realizacja opiera się na odpowiedniej wiedzy eksperckiej (zbiorze reguł służących do analizy danych pomiarowych). Jak się wydaje, dodatkową zaletą tego rozwiązania jest możliwość skorzystania z regulatora nominalnego zaprojektowanego dla bezusterkowej pracy rozważanego układu [P5], co może mieć znaczenie w przypadku modernizacji istniejącego układu sterowania.

Zadanie opisane jako sterowanie predykcyjne FTC dla systemów z zasobami redundantnymi i współdzielonymi, opisane jako **Problem 4**, zostało realizowane przy założeniu, że rozpatrywany system składa się z podsystemów opisanych w kategoriach harmonogramowych – czasów rozpoczęcia zadania, dostarczenia komponentów i wykonania zadania. Na podstawie modelu matematycznego można przewidzieć czas rozpoczęcia kolejnego zadania. Montaż poszczególnych podsystemów prowadzi do ogólnej struktury, którą można opisać za pomocą algebry max-plus [P12, P13] w celu przewidywania zachowań systemu dla różnych strategii doboru czasu dostawy komponentów. Model ten umożliwia opisanie zakłóceń (opóźnień) w trakcie realizacji zadania. W oparciu o to habilitant sformułował zasadę odporne sterowanie predykcyjne, która pozwala kompensować skutki takich zaburzeń. Podstawą jest tutaj pożądaný harmonogram działania systemu (w kategoriach horyzontu zadań). Jak pokazano (ibid.), strategia ta jest skuteczna w przypadku systemów o współdzielonych zasobach (z zastosowaniem do procesu montażu akumulatorów wysokiego napięcia).

Jak pokazują wyniki, w praktyce w przypadku wystąpienia uszkodzenia odporne sterowanie predykcyjne stara się je zrekompensować, podczas gdy zwykle sterowanie predykcyjne prowadzi do trwałego opóźnienia w realizacji zadania. Efekt ten występuje również w systemach technicznych ze współdzielonymi zasobami, np. w zastosowaniu do systemu logistycznego z pojazdami AGV w magazynie wysokiego składowania. W takim projekcie (magazynowym systemie transportowym) należy: opracować model opisujący zachowanie wielu pojazdów AGV z uwzględnieniem konkurencyjności i synchronizacji, rozwiązać problem parametryzacji związany z niepewnością czasów realizacji poszczególnych zadań (w oparciu o arytmetykę interwałową) oraz zintegrować diagnostykę uszkodzeń z systemem FTC. Mamy tu do czynienia z typowym zadaniem harmonogramowania w systemie produkcyjnym z elementami nadmiarowymi i współdzielonymi (wykorzystywanymi ze względów ekonomicznych). Wiadomo, że zintegrowane podejście FTS może zwiększyć zdolność systemu do tolerowania uszkodzeń. W takim kontekście projektowym (z redundancją i współdzieleniem) habilitant opracował koncepcję FTC wykorzystującą algebrę max-plus i arytmetykę przedziałową. Opóźnienie jednego z pojazdów AGV w dostarczeniu komponentu do stacji przeładunkowej jest interpretowane jako usterka/uszkodzenie. Biorąc pod uwagę ten scenariusz, autor wykazał wyższość opracowanego systemu FTC nad układem sterowania predykcyjnego (MPC). Wyniki tej pracy zostały opublikowane w szeregu publikacji [P1, P11-P14].

W ramach **Problemu 5** habilitant postawił sobie za cel zwiększenie długości życia systemu w oparciu o oszacowanie wskaźnika RUL (pozostałego okresu użytkowania). Jak zauważono w trakcie poprzednich badań (omówione wyżej Problemy 1-4), wskaźnik RUL dla poszczególnych komponentów projektowanego systemu może być wykorzystany do doskonalenia zintegrowanej strategii FTS (FTD i FTC).

Możliwość przewidywania wartości RUL urządzeń pomiarowych, siłowników i innych podzespołów jest istotnym zagadnieniem dla współczesnych systemów utrzymania ruchu, diagnostyki

przemysłowej i systemów sterowania. Habilitant wziął pod uwagę problematykę współczesnej elektroenergetyki w zakresie oceny wskaźnika RUL akumulatorów i opracował algorytm umożliwiający określenie stanu naładowania SOC (ang. *State of Charge*) i żywotności SOH (ang. *State of Health*) akumulatorów stosowanych w pojazdach AGV. Rozwiązanie to zostało zbudowane na konwencjonalnym obserwatorze Luenbergera (opartym na odpowiednim modelu). Habilitant opracował ramy tej strategii umożliwiającej włączenie parametrów SOC i SOH w algorytm sterowania FTC dla systemu AGV. Jednym z zadań było opracowanie zależności łączącej SOC z przewidywaną liczbą cykli przejazdu AGV na danej trasie. Uzyskane wyniki posłużyły do opracowania algorytmu FTC uwzględniającego żywotność akumulatora AGV [P1, P8, P9]. Zastosowanie metody dotyczyło eksploatacji tandemu pojazdów AGV realizujących te same zadania i pokazało, że opracowane podejście pozwala na zrównoważone wykorzystanie zespołu współpracujących pojazdów AGV.

Na koniec tego skrótego omówienia merytorycznego osiągnięcia naukowego habilitanta warto jeszcze raz podkreślić znaczenie opublikowanej w języku angielskim w 2020 roku przez wydawnictwo Springer autorskiej monografii pt. *Fault-Tolerant Design and Control of Automated Vehicles and Processes. Insights for the Synthesis of Intelligent Systems*, która liczy ponad 200 stron oraz prezentuje wstęp, zakończenie, spisy akronimów, symboli i słów kluczonych oraz 7 rozdziałów pogrupowanych w 3 części (Principles of FTS, FTS of Automated Vehicles, and FTS of Automated Processes), z literaturą dobraną odrębnie dla każdego z rozdziałów. Publikacja ta stanowi jednolitą i dobrze uporządkowaną prezentację wyników badań osiągniętych przez habilitanta oraz wyczerpujące odwzorowanie jego wiedzy przedmiotowej. Cały analizowany cykl publikacji naukowych dr Ralfa Stettera opracowany został starannie, w poprawnym języku angielskim.

Drobne uwagi krytyczne i dyskusyjne

Aby uzyskać pełny obraz, konieczne jest także przedstawienie przynajmniej kilku drobnych uwag krytycznych lub dyskusyjnych dotyczących niektórych aspektów i wybranych szczegółów, które przychodzą na myśl przy ocenie omawianego dorobku habilitacyjnego:

1. Autoreferat sporządzony w języku polskim jest na słabym poziomie formalnym i merytorycznym, ze szczegółową punktacją, ale nieczytelną strukturą. Zawiera dużą liczbę błędów gramatycznych lub innych edytorskich w tekście (np. w kilku miejscach zamiast *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science* występuje *International Journal of Applied Mathematics*) oraz w formułach matematycznych {np. (3), (6), (8), (10)} i na rysunkach, nadmierne skróty myślowe, czy niezgrabności typu „d_i + f_i” (czas realizacji plus uszkodzenie, str. 20), białe-czarne rysunki z nierozróżnialnymi kolorami lub całkowicie nieczytelnymi opisami/symbolami (nawet pod lupą), standard anglosaski prezentacji liczb (dziesiętne kropki zamiast polskich przecinków), czy błędy gramatyczne i interpunkcyjne oraz nielogiczności wynikające ze słabego tłumaczenia na język polski, w tym pomylenia słów, kontekstów lub braku precyzji, na przykład:

- „uszkodzenie podlegające stałej niezdolności” → „uszkodzenie polegające na stałej...”...
- „zadania, związanego z jego mechanicznym zniszczeniem” → „niezdolności dozadania, związanej z jego mechanicznym zniszczeniem”
- „łączenia FTD i FTC w procesie optymalnego projektowania” → „łączenia FTD i FTC w proces optymalnego projektowania”
- „przedstawienie zwięzłego przeglądu strategii FTC opracowanych przez habilitanta” → „przedstawienie zwięzłego przeglądu strategii FTC, przygotowanego przez habilitanta”
- „opracowania zintegrowanego FTC” → czy „opracowania zintegrowanego FTS” (??)
- „z harmonogramem określonym czasem rozpoczęcia zadania” → „z harmonogramowo określonym czasem rozpoczęcia zadania” (?)
- „z harmonogramem określającym czas rozpoczęcia zadania” (?)
- „zwiększa zdolności tolerowania uszkodzeń” → „zwiększa zdolność tolerowania uszkodzeń”
- „systemy z dzielonymi zasobami” → „systemy ze współdzielonymi zasobami”

1.1. Ogólnie jest to w dużej mierze zrozumiałe – warto jednak zwrócić uwagę, że nadmierne używanie zaimków (w trudnej, fleksyjnej polszczyźnie) jest niewskazane w przypadku nienatywnego autora. Używanie długich zdań i akapitów zajmujących ponad połowę strony również nie wpływa pozytywnie na skuteczność przekazywanych treści. Szkoda zatem, że Wniosek, a zwłaszcza autoreferat nie został

przygotowany w języku angielskim, w którym przecież wydano wszystkie składowe prace recenzowanego osiągnięcia naukowego.

2. Do merytorycznych mankamentów dzieła wyrażonego w autoreferacie należy brak właściwego opisu lub niejasności wynikające z pewnych przeoczeń (w autoreferacie i oryginalnych publikacjach) lub zwyczajowego pomijania pełnej matematycznej definicji (z dziedziną i przeciwdziedziną) dla wprowadzanych funkcji lub transformacji. W standardowych przypadkach (np. indeksu/licznika czasu) jest to dopuszczalne; ale nawet tu mamy niejednoznaczności w przypadku dolnego indeksu (czasu) k we wzorze (2) albo l we wzorze (12), zaś we wzorze (8) k występuje jako argument funkcji i pełni rolę „licznika zdarzeń”, a dalej argument k objawia się jako nr zadania lub jako nr komponentu lub nr elementu. W każdym innym przypadku takie postępowanie budzi zasadnicze wątpliwości (np. w przypadku definicji i interpretacji zmiennych b_i oraz c_i występujących we wzorach (9)-(11)). Z kolei przy wprowadzaniu modeli dyskretnych, które mają swój analogowy pierwowzór (czasu ciągłego), należy też podać metodę dyskretyzacji. W autoreferacie (szczęśliwie w oryginalnych publikacjach jest znacznie lepiej) nagminnie pojawiają się niespójności w oznaczeniach, np.: x wymiennie z X , l wymiennie z l , czy różne fonty stosowane w tekście i wyodrębnionych wzorach, albo nieuprzedzone nadużywanie synonimów (k nr zadania, komponentu, elementu) albo wspomniane rozmaite funkcje i interpretacje symbolu k . Taka nadmierna swoboda opisu jest niepożądana albo wręcz niedopuszczalna w matematycznie posadowionej pracy naukowej.

3. Z merytorycznego punktu widzenia, wpływającego na jakość raportu w postaci autonomicznego autoreferatu, do mankamentów zalicza się brak w tym opracowaniu przynajmniej najważniejszych definicji (np. wirtualnego czujnika i członów wykonawczych, horyzontu zadań, czy nawet FTD, FTC), spisu symboli i akronimów (które szczęśliwie można znaleźć w monografii) oraz niektórych danych. Błędy widoczne są też w danych bibliograficznych elementów cyklu [P1, P6, P7].

4. W autoreferacie habilitanta spotykamy się z niedopracowaną i niejednoznaczną metodą odwołań literaturowych oraz „redundantną” strukturą spisu bibliograficznego: podstawowe osiągnięcia [P1–P14] (str. 7-8); jakiś fragment literatury [14]-[43] (str. 35-36); oraz Załącznik 4 – spis autorskich publikacji (str. 37-46) oznaczonych kropkami (z powtórzeniem osiągnięć z cyklu [P1–P14]), czy Załącznik 5 (str. 1-13) (też z powtórzonymi pozycjami oraz wykazem rozdziałów jako wykazem monografii). Rozumiem, że inspiracja pochodziła z Ustawy, ale można było to lepiej opracować.

5. Pewnym minusem jest także sposób powoływania się na publikacje bez konkretnego odniesienia (np. „*Design for Diagnosis*” i wiele innych pozostawiono bez żadnej referencji, podając tylko tytuł dzieła, które najprawdopodobniej mieści się w spisie literatury) albo niezbyt jasny lub mylący kontekst cytowania [21-23].

6. Na szczęście pewna część z tych usterek występuje jedynie w autoreferacie. Prawdopodobnie tekst ten sporządzony w języku angielskim (w oparciu o własne publikacje) byłby bardziej użyteczny.

7. Z punktu widzenia teorii sterowania automatycznego, nieco dziwne jest, że mówi się o członie wykonawczym, który mieści się za czujnikami pomiarowymi i w szeregu przed regulatorem. Wydaje się, że bardziej racjonalne byłoby nazwanie tego (pod)układu wirtualnym adapterem struktury lub po prostu adapterem struktury (ang. *structure adapter*) lub rekonfiguratorem (ang. *reconfigurator*). Usprawiedliwieniem może tu być cząstkowa dyskusja, jakiej zwykle poddawane są referaty konferencyjne [P5].

4. Konkluzja dotycząca dorobku i określenie wkładu autora w rozwój dyscypliny

Uważam, że tematyka rozprawy jest ważna i aktualna, opracowanie jest kompleksowe, a zawarte w rozprawie wyniki badawcze bardzo dobrze świadczą o wiedzy osiągniętej przez habilitanta. W zwięzłym ujęciu wkład habilitanta w rozwój dyscypliny jest następujący:

- opisał ważne aspekty FTD, zweryfikował model wyznaczający różne poziomy projektowania systemów przemysłowych i zaproponował dla nich odpowiednie środki (metody i narzędzia projektowania oraz metody parametryzacji i formułowania wymagań),
- zaproponował zasady integracji FTD i FTC według modelu V oraz rozszerzenie FTC o ocenę wskaźnika RUL (pozostałego czasu życia) komponentów systemów złożonych (w celu wdrożenia optymalnych procedur projektowania),

- opracował model matematyczny pojazdów AGV oraz ramy funkcjonowania FTC z wykorzystaniem wirtualnych czujników pomiarowych i aktorów (adapterów), a także zweryfikował działanie algorytmów sterowania pojazdami AGV.
- przeanalizował i zamodelował procesy montażu i transportu oraz zaproponował ramy FTC dla złożonych systemów z zasobami nadmiarowymi i współdzielonymi, wykorzystując algebrę max-plus do opisu niepewności parametrycznych.
- opracował algorytm wyznaczania stanu naładowania SOC i żywotności SOH akumulatora pojazdu AGV i na tej podstawie oszacował pozostały czas życia (RUL), a także algorytm sterowania FTC uwzględniający RUL.

Nie ulega wątpliwości, że dorobek naukowy dr Ralfa Stettera od czasu uzyskania stopnia doktora nauk technicznych znacząco wzrósł i zasługuje na bardzo wysoką ocenę pod względem wymagań formalnych stawianych kandydatom do stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie Automatyki, Elektroniki, Elektrotechniki i Technologii Kosmicznych. Co więcej, osiągnięcie to spełnia także zwyczajowe wymogi stawiane większości polskich uczelni w zakresie *osiągnięcia na światowym poziomie* i udokumentowanego udziału w rozwoju dziedziny. Analizując dorobek habilitanta łatwo dostrzec jego szerokie i jednocześnie głębokie zaangażowanie w badania naukowe, a także jego pracowitość i otwartość na współpracę w celu wykorzystania odpowiednich narzędzi teoretycznych do rozwiązywania praktycznych problemów przemysłowych.

III. Podsumowanie – ocena działalności dydaktyczno-organizacyjnej, współpracy z otoczeniem gospodarczym oraz współpracy międzynarodowej

Dr Ralf Stetter po ukończeniu doktoratu w roku 2000 na Wydziale Inżynierii Mechanicznej Politechniki Monachijskiej (*Technische Universität München*), gdzie był zatrudniony jako asystent badawczy, w latach 2000-2004 był koordynatorem zespołu w dziale rozwoju produktu w firmie Audi AG (Ingolstadt). Następnie przeniósł się do Weingarten, gdzie w latach 2006-2018 był prodziekanem Wydziału Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Nauk Stosowanych, po czym został Koordynatorem ds. Współpracy Międzynarodowej na tymże Wydziale, zaś począwszy od roku 2004 jest na stanowisku pełnoetatowego profesora. Niezależnie, od roku 2016 jest kierownikiem projektu w centrum transferu technologii Steinbeis „Automotive Systems” (Ravensburg).

Habilitant posiada bogate CV dotyczące współpracy z niemieckimi firmami produkcyjnymi: (*) **Audi AG**, Ingolstadt – jako koordynator w projektach (2000-2004): komfortowy system foteli sportowych Super-Sports Audi S4; opracowanie i walidacja pianki, wykończenia i komfortu Audi A3 i A4, A6, Q7; integracja systemu detekcji pasażerów w fotelu Audi; oraz komputerowe opracowanie powierzchni siedzisk; (*) **Steinbeis-Transferzentrum Automotive Systems** – jako kierownik projektów (od 2005): koncepcja wnętrza samochodu; opracowanie i realizacja urządzeń testujących oraz testów fizycznych (dla długiej listy firm: Audi, Lear, Johnson Controls, Proseat, Faurecia, Huntsman, Fehrer, Porsche, Recaro Aircraft seating, Sitech, Copotex, Clerprem, Car Trim i Altran), jak również (*) **Technische Akademie Esslingen - Haus der Technik Essen** – jako lider seminariów (od 2010): rozwój koncepcji wnętrza samochodu; oraz komfortowych foteli samochodowych.

Do powyższej charakterystyki dochodzą kolejne objawy aktywności przemysłowej w postaci współpracy z firmami produkcyjnymi:

- (a) Daum + Partner Maschinenbau GmbH w Aichstetten AGV (autonomicznych pojazdów kierowanych) w zakresie układów kierowniczych i hamulcowych dla platformy produkcyjnej (2007-2009);
- (b) Allweiler GmbH w Radolfzell w obszarze systemu kontroli i diagnostyki wydajnych pomp wporowych (2009-2012);
- (c) Kirchner Konstruktionen GmbH (Weingarten) przy projekcie systemu prognozowania efektywności energetycznej produkcji (2012-2014);
- (d) związkiem 13 firm (ALTAIR Engineering GmbH, Behr Engineering GmbH, Create, DIF die Ideenfabrik GmbH, EKS-InTec GmbH, KONTEC GmbH, Kuhn-Stoff GmbH, LASSO Ingenieursgesellschaft mbH, MTU Friedrichshafen GmbH, Porsche AG, SE Kunststoffverarbeitung GmbH & Co. KG, Siemens Industrie Software GmbH & Co. KG, ZF

- Friedrichshafen GmbH – tworzących przemysłową radę doradczą) w ramach projektu "Cykl życia produktu cyfrowego" (od 2015);
- (e) grupą 5 firm (Audi AG, BMW AG, Porsche AG, Brose Fahrzeugteile SE & Co. KG oraz Wolfel Engineering GmbH + Co. KG) w ankietyowaniu menedżerów rozwoju produktu (od września 2018 - do lutego 2019);
 - (f) zrzeczenie firm (ureality GmbH, Weingarten oraz CMC-Kiesel GmbH, Albstadt) dla realizacji projektu naukowego "Cooperation platform for virtual and augmented reality" (2018 - 2019);
 - (g) EKS InTec GmbH w zakresie dwóch projektów naukowych „Automated development of geometric and kinetic digital twin of a car body production system for virtual production start-up (TWIN)“ oraz “Artificial Intelligence based digital twin (KIDZ)” (od roku 2019).

Powyższe fakty, bardzo dobrze świadczące o wadze i jakości zdobytej przez habilitanta wiedzy, umiejętności i doświadczenia inżynierijno-badawczego, należy uzupełnić o:

- (a) niezwyklej aktywność konferencyjną wyrażającą się zbiorem ok. 90 referatów oraz 6 referatów plenarnych wygłoszonych na ważnych konferencjach w przedmiotowym zakresie projektowania systemów inżynierijnych (technicznych) oraz teorii sterowania i systemów odpornych (*fault-tolerant*),
- (b) udział w 19 komitetach konferencji naukowych (DSM, TMCE, CEIND, ACD, DESIGN, ICED, SAFEPROCESS, czy PCC),
- (c) przewodnictwo warsztatów, kursów i sesji konferencyjnych międzynarodowych oraz udział (3 wydarzenia) w popularyzacji nauki i badań naukowych w Niemczech,
- (d) pracę recenzencką dla licznych wydawnictw (116 pozycji, dla przykładu: *ISA Transactions, Automatica, Engineering Applications of Artificial Intelligence, Applied Soft Computing, Computers and Industrial Engineering, J. of Engineering Design, Research in Engineering Design, I.J. of Electrical Power & Energy Systems, I.J. of Manufacturing, I.J. of Production Research, Materials, Energies, Sensors, Symmetry, Applied Sciences, Renewable & Sustainable Energy Reviews, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, ...*).
- (e) udział w zespołach badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów (niemieckie instytucje przemysłowe, Niemieckie Federalne Ministerstwo Edukacji i Badań Naukowych, Państwowe Ministerstwo Nauki, Badań i Sztuki (Baden-Württemberg), fundusze europejskie, DAAD, Fundacja Karl Zeiss).
- (f) ponad 10 innowacyjnych opracowań (zgłoszeń, patentów i wzorów użytkowych) oraz 3 zbiorowe wyróżnienia konferencyjne (Niemcy, Polska Włochy),
- (g) przynależność do Stowarzyszenia Inżynierów Niemieckich i Towarzystwa Projektowania,
- (h) udział w akredytacji akademickich kursów i opracowanie nowych programów studiów w dziedzinie inżynierii mechanicznej i motoryzacyjnej oraz międzynarodowych projektów, jak również prowadzenie akademickich przedmiotów dydaktycznych w zakresie kinematyki i kinetyki, inżynierii mechanicznej, projektowania inżynierskiego, elastostatyki, elementów maszyn, inżynierii systemów, systematyki projektowania, rysunku technicznego oraz projektowania CAD.

W zakresie międzynarodowym warto też wspomnieć o współpracy naukowej z wieloma akademickimi ośrodkami europejskimi: Technical University of Denmark, International Institute of Technology, Delft University, oraz uczelniami polskimi: Uniwersytetem Zielonogóskim, Politechniką Poznańską, Politechniką Warszawską, Politechniką Częstochowską, która została udokumentowana wieloma prestiżowymi publikacjami oraz przewodami doktorskimi.

Na koniec warto tu podkreślić niezwykle doświadczenie habilitanta w zakresie prowadzenia konsultacji i szkoleń dla firm przemysłowych w zakresie projektowania układów i technologii ich wytwarzania w kooperacji z wieloma firmami: Adient, Audi AG, Lear Cooperation, Proseat GmbH & Co. KG, Faurecia, Huntsman Corporation, F.S. Fehrer Automotive GmbH, Porsche AG i Recaro Aircraft Seating, a przede wszystkim Steinbeis-Transferzentrum Automotive Systems, Ravensburg, gdzie dr Ralf Stetter odpowiada za doradztwo, zarządzanie procesami wdrożeniowymi, innowacyjnymi i rozwojowymi oraz nadzór nad testami przemysłowymi.

IV. Wniosek końcowy

Na podstawie dokonanej powyżej oceny autorskiego osiągnięcia naukowo-badawczego w postaci monotematycznego cyklu 14 publikacji pt. „Projektowanie i sterowanie tolerujące uszkodzenia dla inteligentnych systemów technicznych”, obejmującego też książkę Wydawnictwa (Springer 2020), jak również dokumentacji przewodu habilitacyjnego w postaci autoreferatu habilitanta dotyczącego dorobku i osiągnięć naukowo-badawczych i dydaktyczno-organizacyjnych, **stwierdzam**, że dorobek naukowy doktora Ralfa Stettera osiągnięty po uzyskaniu stopnia doktora N.T. wyraźnie świadczy o jego znaczącym wkładzie w dziedzinę nauk technicznych i może służyć za podstawę do rozpatrzenia wniosku o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego.

Jednocześnie stwierdzam, że cykl obejmuje powiązane tematycznie artykuły naukowe opublikowane w czasopismach naukowych i w recenzowanych materiałach z międzynarodowych konferencji, które w roku opublikowania w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie obowiązującymi przepisami.

W ten sposób konkluduję, iż dorobek Pana Ralfa Stettera spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych, określone ustawą o tytule naukowym i stopniach naukowych z dnia 10 lipca 2018 (Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce w postępowaniach habilitacyjnych; Dz.U.2023.742, w tym art. 219). W związku z tym wnoszę o dopuszczenie do dalszego postępowania habilitacyjnego nad wnioskiem doktora Ralfa Stettera z dnia 30 listopada 2020 roku. Jestem również za nadaniem mu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie Nauk Inżynieryjno-Technicznych, w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

Zdzisław Kowalczyk

