

Załącznik 3

## **Autoreferat**

---

**dr inż. Dominik RYBARCZYK**

## Spis treści

1	Imię i nazwisko.....	3
2	Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.....	3
3	Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.....	3
4	Omówienie osiągnięć, o których mowa 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.).....	4
4.1	Wskazanie osiągnięcia naukowego .....	4
4.2	Tytuł osiągnięcia naukowego .....	4
4.3	Zestawienie powiązanych tematycznie prac stanowiących podstawę pracy habilitacyjnej .....	4
4.4	Omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 11	
4.4.1	Omówienie przesłanek podjęcia tematu pracy oraz zestawienie głównych osiągnięć .....	11
4.4.2	Wykorzystanie autorskich metod nadzorowania napędów elektrohydraulicznych, polegających na niekonwencjonalnym zastosowaniu układów pomiarowych, tj. czujniki przyspieszenia oraz matryc z czujnikami IR.....	15
4.4.3	Opracowanie nowych rozwiązań w zakresie sterowania napędami elektrohydraulicznymi za pomocą autorskich koncepcji zaworów z silnikami obrotowymi .....	20
4.4.4	Implementacja własnych metod opisu i sterowania wykorzystująca równania różniczkowe niecałkowitego rzędu .....	24
4.4.5	Opracowanie i zbudowanie haptycznego systemu sterowania manipulatorem hydraulicznym ..	28
4.4.6	Opracowanie autorskiego systemu nadzorującego brak obiektu nad palnikiem gazowym kuchenki gazowej, poprzez zastosowanie dedykowanego własnego algorytmu .....	29
4.4.7	Opracowanie i zastosowanie systemu wizyjnego do nadzoru i oceny stopnia separacji elektrostatycznej .....	30
4.4.8	Opracowanie systemu sterowania oraz nadzorowania pracy hybrydowego wózka inwalidzkiego 32	
4.4.9	Przyznane patenty wchodzące w skład oceny bezpośrednio powiązane z tematem: .....	34
5	Szkolenia .....	34
6	Współpraca krajowa z jednostkami naukowymi .....	35
7	Współpraca międzynarodowa.....	36
8	Staż przemysłowy.....	37
9	Udział i kierowanie projektami .....	37
10	Nagrody, medale i wyróżnienia.....	40
11	Działalność dydaktyczna .....	42
12	Informacja o osiągnięciach popularyzujących naukę.....	46
13	Działalność organizacyjna .....	46
14	Wskaźniki naukometryczne .....	47

**1 Imię i nazwisko**

**Dominik Rybarezyk**

data urodzenia:

**2 Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.**

*a) Posiadane stopnie naukowe:*

Doktor nauk technicznych w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn

Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Politechnika Poznańska, 2014.

Tytuł rozprawy doktorskiej: *Badanie napędu elektrohydraulicznego z zaworem proporcjonalnym sterowanym silnikiem synchronicznym*

Promotor: prof. dr hab. inż. Andrzej Milecki

*b) Posiadane tytuły zawodowe:*

Magister inżynier (kierunek Mechanika i Budowa Maszyn, specjalność: Mechatronika)

Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Politechnika Poznańska, 2010.

Tytuł pracy magisterskiej: *Badanie napędu z silnikiem krokowym*

Promotor: prof. dr hab. inż. Andrzej Milecki

**3 Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.**

- a) Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Zakład Urządzeń Mechatronicznych, Politechnika Poznańska – asystent (2011-2015 r.)
- b) Wydział Inżynierii Mechanicznej (wcześniej: Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania), Zakład Urządzeń Mechatronicznych, Politechnika Poznańska – adiunkt naukowo-dydaktyczny (2015- do chwili obecnej)

#### 4 Omówienie osiągnięć, o których mowa 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.).

##### 4.1 Wskazanie osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem naukowym wynikającym z art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce jest:

1) monografia naukowa pt.: „Napędy elektrohydrauliczne. Wybrane metody sterowania i nadzorowania”, wydana przez Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a. oraz

2) cykl 13-tu powiązanych tematycznie artykułów naukowych pod zbiorczą nazwą: „Badania urządzeń mechatronicznych w zakresie wybranych metod sterowania i nadzorowania”, opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. B. Na wskazany cykl publikacji składają się tylko pozycje opracowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora (po 2014 roku).

##### 4.2 Tytuł osiągnięcia naukowego

Tytuł osiągnięcia naukowego: **Badania urządzeń mechatronicznych w zakresie wybranych metod sterowania i nadzorowania.**

W rozdziale zestawiono wykaz najistotniejszych prac własnych powiązanych tematycznie, które stanowią monotematyczny cykl opracowań dotyczących wybranych metod sterowania i nadzorowania oraz sposobów ich implementacji w urządzeniach mechatronicznych. Każdą z pozycji opisano w zależności od typu publikacji (w nawiasie kwadratowym wskazano typ i odpowiadającą mu liczbę porządkową) oraz podano informację o merytorycznym i procentowym wkładzie własnym w jej powstanie. Udział własny habilitanta jest potwierdzony oświadczeniami własnymi i współautorów publikacji, załączonymi do wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego.

##### 4.3 Zestawienie powiązanych tematycznie prac stanowiących podstawę pracy habilitacyjnej

Wykaz oznaczeń:

[M] – Monografia

[A] – Publikacja w czasopiśmie z bazy JCR (Journal Citation Report)

[R] – Artykuł w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, indeksowany w bazie Web of Science oraz Scopus; artykuł spoza bazy JCR indeksowany w Scopus; rozdział w monografii naukowej



1) [M1] **Rybarczyk D.**, Napędy elektrohydrauliczne. Wybrane metody sterowania i nadzorowania, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, ISBN 978-83-7775-697-3, Poznań, 2023.

MEiN: 80 pkt., udział własny 100 %

W monografii [M1] zebrałem wyniki badań dotyczące autorskich metod sterowania oraz nadzorowania liniowych napędów elektrohydraulicznych. Pozycja ta zawiera podsumowanie moich głównych prac w tej tematyce. W pierwszym rozdziale podałem definicje sterowania oraz nadzorowania napędów elektrohydraulicznych, co można także zastosować w stosunku do innych urządzeń mechatronicznych. Opisałem wybrane elementy, z jakich zbudowane są napędy elektrohydrauliczne, takie jak zawory oraz czujniki. Następnie zebrałem podstawowe zależności wykorzystywane do modelowania tego typu urządzeń, pokazałem ich przykładowe modele symulacyjne oraz omówiłem sposób ich implementacji w nowoczesnych sterownikach. W dalszej części tekstu omówiłem moje autorskie rozwiązania w zakresie sterowania oraz nadzorowania pracą napędów elektrohydraulicznych. Opisałem będące przedmiotem moich badań, zawory elektrohydrauliczne z silnikami obrotowymi, które stanowią nowość w stosunku do powszechnie stosowanych elektrozaworów. Przedstawiłem dwa nowe rozwiązania: zawór z silnikiem typu PMSM oraz zawór z dwoma silnikami elektrycznymi różnego rodzaju. Opisałem ich modele symulacyjne, zaproponowane algorytmy sterowania, a w przypadku zaworu z dwoma silnikami - mechanizm redundancji. W kolejnym rozdziale monografii zaproponowałem wykorzystanie równań różniczkowych niecałkowitego rzędu do opisanego napędów elektrohydraulicznych. Zaproponowałem uproszczoną procedurę identyfikacyjną napędu oraz sformułowałem, opisujące regulator, równania niecałkowitego rzędu. Przedstawiłem implementację tego regulatora w układzie sterowania napędem elektrohydraulicznym. Zaproponowałem także wykorzystanie tego typu regulatorów w metodzie sterowania z modelem odniesienia. Następny rozdział monografii dotyczył autorskiego rozwiązania, w którym do pozycjonowania napędu elektrohydraulicznego wykorzystałem akcelerometr typu MEMS montowany na tłoczysku siłownika. Dzięki temu można zbudować serwonapęd elektrohydrauliczny, bez zamontowanego wewnątrz siłownika hydraulicznego czujnika transformatorowego LVDT albo magnetostrykcyjnego MLPS (Magnetostrictive Linear Position Sensor). W ostatnim rozdziale opisałem wykorzystanie kamery termowizyjnej do określania pozycji napędu elektrohydraulicznego.

2) [A1] **Rybarczyk D.**, Application of the MEMS Accelerometer as the Position Sensor in Linear Electrohydraulic Drive, Sensors - 2021, vol. 21, no. 4, s. 1479-1-1479-152021, 2021 IF: 3,847.

MEiN: 100 pkt., udział własny 100 %

W artykule opisałem moją autorską metodę sterowania serwonapędem elektrohydraulicznym przy wykorzystaniu sygnału pochodzącego z akcelerometru typu MEMS, zamontowanego na części roboczej tłoczyska oraz sygnału wygenerowanego przez model napędu, zaimplementowany w sterowniku PLC. W pierwszej części artykułu dokonałem przeglądu literatury wykazując brak zbliżonego rozwiązania. Następnie zaproponowałem model symulacyjny, który pozwolił na sprawdzenie metody w bezpiecznych warunkach. Ostatnim krokiem była implementacja metody na rzeczywistym obiekcie. To co odróżnia zawartość artykułu od materiałów zamieszczonych w monografii jest modyfikacja samej metody sterowania: w pierwszej fazie ruchu sygnał z akcelerometru przemnażany jest przez sygnał wygenerowany przez model. Dodatkowo przeprowadziłem także analizę statystyczną. Artykuł jest punktem wyjścia do rozszerzonych badań opisanych przeze mnie w monografii [M1].

3) [A2] **Rybarczyk D.**, Milecki A., Electrohydraulic Drive with a Flow Valve Controlled by a Permanent Magnet Synchronous Motor, Transactions of FAMENA - 2020, vol. 44, no. 2, s. 31-44, 2020, IF: 0,743.

MEiN: 70 pkt., udział własny 80 %

W artykule opisałem budowę zaworu elektrohydraulicznego wyposażonego w silnik synchroniczny typu PMSM. Budowa tego typu zaworu została przeze mnie podjęta w ramach przygotowywania rozprawy doktorskiej, w której skupiłem się głównie na wykorzystaniu tego zaworu w układzie napędowym. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora temat ten był przeze mnie kontynuowany. Przeprowadziłem nowe badania ukierunkowane m. in. na poprawę dynamiki zaworu. W artykule pokazałem wyznaczone na nowo, dla poprawionego układu sterowania, charakterystyki zaworu: odpowiedź skokową, a także charakterystyki częstotliwościowe. Pokazałem także nowy model symulacyjny zaworu, z rozbudowanym, szczegółowym modelem elementu zadającego tj. silnika synchronicznego z magnesami trwałymi oraz jego układem sterowania. Nowością były badania napędu z tego typu zaworem, gdzie do regulacji położenia zastosowałem regulator niecałkowitego rzędu. Takie podejście do sterowania nie było opisane nigdzie wcześniej i dlatego uważam je za swój wkład do dyscypliny Inżynieria Mechaniczna.

4) [A3] **Rybarczyk D.**, Milecki A., The Use of a Model-Based Controller for Dynamics Improvement of the Hydraulic Drive with Proportional Valve and Synchronous Motor, Energies - 2022, vol. 15, iss. 9, s. 3111-1-3111-19, 2022, IF: 3,2.

MEiN: 140 pkt., udział własny 80 %

W artykule opisałem zastosowanie metody sterowania z modelem odniesienia w napędzie elektrohydraulicznym. Badania opisane w artykule stanowią rozwinięcie prac zapoczątkowanych w rozprawie doktorskiej. W artykule przedstawiłem wyniki badań

stabilności i odporności serwonapędu na zakłócenia z zaworem sterowanym silnikiem PMSM. Wyzaczyłem także charakterystyki energetyczne, w których wykazałem zalety sterowania z wykorzystaniem modelu odniesienia w napędach elektrohydraulicznych dla opisywanej konfiguracji w stosunku do układu z regulatorem PID. Te badania stanowią mój wkład do dyscypliny Inżynieria Mechaniczna.

5) [A4] **Rybarczyk D.**, Milecki A., The Gas Fire Temperature Measurement for Detection of an Object's Presence on Top of the Burner, *Sensors*, vol. 20, no. 7, s. 2139-1-2139-21, 2020, IF: 3,576.

MEiN: 100 pkt., udział własny 70 %

W artykule opisałem układ przeznaczony do nadzorowania stanu włączenia i wyłączenia palnika gazowego, w zależności od tego czy nad palnikiem znajduje się albo nie - obiekt, poprzez sterowanie zaworem odcinającym dopływ gazu. Ponieważ temperatura płomienia i obiektu są za wysokie do zastosowania elementów elektronicznych, to w pierwszym rzędzie zweryfikowałem możliwość zastosowania fabrycznie montowanej termopary przy założeniu, że jej sygnał wyjściowy może być wykorzystany do wykrycia obecności obiektu nad palnikiem gazowym. Przebadalem także możliwość wykorzystania diody podczerwonej IR. Do określenia najkorzystniejszego miejsca rozmieszczenia czujników zastosowałem kamerę termowizyjną. Sprawdziłem także wpływ przypadkowych podmuchów powietrza oraz zwiększanie i zmniejszanie otwarcia zaworów przez obsługującego na rozkład temperatury płomienia wokół obiektu. Badania pokazały jak zmienia się sygnał z termopary w zależności od stanu i parametrów pracy. Pozwoliły one mi na opracowanie dedykowanego algorytmu wykrywającego niezawodnie stan obecności obiektu grzanego, np. garnka, niezależnie od stanu otwarcia zaworu oraz niezależnie od przypadkowych podmuchów powietrza w miejscu występowania płomienia. Zmiany sygnałów z termopary wykorzystałem jako sygnał wejściowy do zaproponowanego algorytmu. W ramach pracy zaprojektowałem, zbudowałem i zbadałem układ mikroprocesorowy, w którym zaimplementowałem opracowany. Opracowanie tego rozwiązania uważam za mój znaczący wkład do dyscypliny Inżynieria Mechaniczna.

6) [A5] Wieczorek B., Łukasz W., **Rybarczyk D.**, Impact of a Hybrid Assisted Wheelchair Propulsion System on Motion Kinematics during Climbing up a Slope, *Applied Sciences*, vol. 10, no. 3, s. 1025-1-1025-16, 2020, IF: 2,679.

MEiN: 70 pkt., udział własny 20 %

Celem badań opisanych w artykule była analiza wpływu hybrydowego napędu manualno-elektrycznego wózka inwalidzkiego na kinematykę układu antropotechnicznego podczas pokonywania wzniesień. Badania przeprowadzono na pochylni dla wózków inwalidzkich o nachyleniu  $4^\circ$  (typowa wartość kąta dla podjazdu przyjmowana w tego typu obiektach

budowlanych), z wykorzystaniem prototypowego wózka inwalidzkiego z napędem hybrydowym ręczno-elektrycznym. Badania wykazały, że elektryczne wspomaganie napędu ma korzystny i znaczący wpływ na kinematykę ręcznego napędu wózka inwalidzkiego w porównaniu z klasycznym ręcznym układem napędowym podczas pokonywania wzniesień. Moim zadaniem było opracowanie oraz budowa układu sterowania zespołu napędowego, w tym układu pomiarowego mierzącego pochylenie wózka inwalidzkiego podczas podjazdu na podstawie danych z akcelerometru i żyroskopu.

7) [A6] **Rybarczyk D.**, Jędrzycka C., Regulski R., Sędziak D., Netter K., Czarnecka-Komorowska D, Barczewski M., Barański M., Assessment of the Electrostatic Separation Effectiveness of Plastic Waste Using a Vision System, *Sensors*, vol. 20, no. 24, s. 7201-1-7201-16, 2020, IF: 3,576.

MEiN: 100 pkt., udział własny 45 %

W artykule opisano zaproponowany przeze mnie innowacyjny układu pomiarowy zbudowany w oparciu o system wizyjny, służący do oceny stopnia separacji elektrostatycznej tworzyw sztucznych, w szczególności materiałów polimerowych. Motywacją do podjęcia tych badań było znalezienie skutecznej metody mechanicznej separacji tworzyw sztucznych oraz sposobu na szybką ocenę skuteczności samej metody. Opiera się ona na zastosowaniu dedykowanego systemu wizyjnego opracowanego na potrzeby badań separacji elektrostatycznej. Byłem współtwórcą hipotezy badawczej i pomysłodawcą opracowanej metody pomiarowej wykorzystującej system wizyjny. Do moich zadań należało opracowanie nowego sposobu pomiaru, współudział w budowie stanowiska badawczego oraz napisanie oprogramowania. Stanowi to mój wkład w dyscyplinę Inżynierię Mechaniczną. Skuteczność opracowanego systemu została wykazana poprzez ocenę jakości separacji mieszanin poli(metakrylanu metylu) (PMMA) i polistyrenu (PS). Uzyskane wyniki wskazują, że opracowany system wizyjny może być z powodzeniem zastosowany w badaniach nad separacją tworzyw sztucznych, zapewniając szybką i dokładną metodę oceny czystości i efektywności procesu separacji. Metoda zaproponowana i opisana w artykule zastosowana była w innych pracach, a otrzymane na ich podstawie wyniki opublikowano m. in. w czasopiśmie MDPI *Energies* czy *Bulletin of the Polish Academy of Sciences*. Liczba autorów publikacji wynika z zespołu biorącego udział w badaniach.

8) [A7] Łyskawiński W., Barański B., Jędrzycka C., Mikołajewicz J., Regulski R., **Rybarczyk D.**, Dariusz Sędziak, Analysis of Triboelectrostatic Separation Process of Mixed Poly(ethylene terephthalate) and High-Density Polyethylene, *Energies*, vol. 15, iss. 1, s. 19-1-19-13, 2022, IF: 3,2.

MEiN: 140 pkt., udział własny 15 %



W artykule zastosowałem metodę nadzorowania pracy separatora elektrostatycznego opisanego w pozycji [A6]. Umożliwiła ona określenie parametrów procesu tryboładowania i samego separatora na jakość separacji. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem opracowanego stanowiska badawczego składającego się z urządzenia do tryboładowania oraz dedykowanego bębnowego separatora elektrostatycznego. W pierwszej kolejności zbadano wpływ parametrów tryboładowania na efektywność procesu, czyli zebrany ładunek. Kolejnym etapem badań była analiza wpływu parametrów procesu separacji na jego efektywność. Uzyskane wyniki potwierdzają skuteczność działania metody nadzorowania pracy separatora opisanej w pozycji [A6]. Bez jej zastosowania nie było by możliwe przeprowadzenie wyżej wymienionych badań.

9) [R1] **Rybarczyk D.**, Concept and modelling of the electrohydraulic valve with DC and stepper motors, MATEC Web of Conferences - 2019, vol. 252, s. 06003-1-06003-5, 2019.

MEiN: 5 pkt., udział własny 100 %

W artykule opisałem autorskie rozwiązanie polegające na konstrukcji zaworu elektrohydraulicznego wyposażonego w dwa typy silników o różnych właściwościach. Za ruch odpowiadają oba silniki suwaka zaworu. Silniki są połączone ze suwakiem za pomocą przekładni śrubowej, zamieniającej ruch obrotowy na ruch posuwisto-zwrotny. Silnik prądu stałego zapewnia wysoką dynamikę ruchu suwaka, podczas gdy silnik krokowy – wysoką dokładność. Opisane rozwiązanie zostało opatentowane, a ja byłem jego głównym twórcą. Założenia projektowe oraz koncepcja rozwiązania została wygłoszona w ramach konferencji *International Conference of Computational Methods in Engineering Science CMES* w 2019 roku. Zaproponowane rozwiązanie stanowi nowość, a tym samym, w mojej ocenie, istotny wkład w dyscyplinę Inżynieria Mechaniczna.

10) [R2] **Rybarczyk D.**, Investigations of Electronic Controller for Electrohydraulic Valve with DC and Stepper Motor, *Advances in Manufacturing II. Volume 4 - Mechanical Engineering* / red. Bartosz Gapiński, Marek Szostak, Vitalii Ivanov - Cham, Switzerland : Springer, 2019 - s. 189-200, 2019.

MEiN: 20 pkt., udział własny 100 %

Prezentowany artykuł stanowi kontynuację prac opisanych w ramach publikacji: *Rybarczyk D.*, "Concept and modelling of the electrohydraulic valve with DC and stepper motors", *MATEC Web of Conferences – 2019*, wskazanej w zestawieniu [R1]. W publikacji skupiłem się głównie na aplikacji rozwiązania i budowie na jej podstawie fizycznego modelu badawczego. Opracowano także model symulacyjny, który pozwolił na weryfikację sterowania zaworem. Temat był przeze mnie rozwijany, a otrzymane wyniki opisałem w monografii [M1].



11) [R3] **Rybarczyk D.**, Jermak Cz., Concept and Design of New Type Valve with Helix Type Spool, Challenges in Automation, Robotics and Measurement Techniques / red. Roman Szewczyk, Cezary Zieliński, Małgorzata Kaliczyńska: Springer International Publishing, 2016 - s. 215-222, 2016.

MEiN: 15 pkt., udział własny 70 %

W artykule przedstawiłem konstrukcję nowego typu rozdzielacza hydraulicznego z tłoczkiem śrubowym. Artykuł powiązany jest ze zgłoszeniem patentowym na podstawie, którego uzyskany został patent o numerze: *Pat.226859*. W pierwszej części wykonałem przegląd literatury dotyczącej budowy zaworów hydraulicznych, a następnie przedstawiłem zasadę działania pary suwakowej zaproponowanej w rozwiązaniu. Na koniec sformułowałem podstawowe równania opisujące zawór i zaimplementowano jego model symulacyjny w środowisku MATLAB Simulink. Artykuł wygłosiłem na konferencji międzynarodowej Automation 2016 w Warszawie.

12) [R4] **Rybarczyk D.**, PLC implementation of fractional PI controller in positioning of electrohydraulic servodrive, Control and Cybernetics - 2016, vol. 45, no. 3, s. 301-316, 2016.

MEiN: 14 pkt., udział własny 100 %

W publikacji opisałem autorskie podejście do implementacji regulatora niecałkowitego rzędu na sterowniku PLC w celu sterowania napędem elektrohydraulicznym. Artykuł zawiera opis budowy stanowiska badawczego, sposobu generowania kodu oraz implementacji regulatora PI niecałkowitego rzędu na sterowniku PLC. Artykuł był punktem wyjścia do moich dalszych prac opisanych m. in. w monografii [M1].

13) [R5] **Rybarczyk D.**, Owczarek P., Jakubowski A., Development of Electronic Controller for Haptic Joystick and Electrohydraulic Drive, W: Automation 2017 : Innovations in Automation, Robotics and Measurement Techniques / red. Roman Szewczyk, Cezary Zieliński, Małgorzata Kaliczyńska - Cham, Switzerland : Springer, 2017 - s. 67-75, 2017.

MEiN: 20 pkt., udział własny 80 %

W artykule opisałem projekt i badania sterownika elektronicznego do sterowania jednoosiowym dźwignikiem typu haptic. Układ oparty był na 32-bitowym mikrokontrolerze wyposażony w kontroler DMA i 12-bitowe wejścia ADC. Zbudowany system przetestowałem na stanowisku badawczym z liniowym napędem elektrohydraulicznym. Przeprowadzone testy były punktem wyjścia do zbudowania kontrolera elektronicznego dla wieloosiowego, hydraulicznego manipulatora stosowanego w dźwigu hydraulicznym. Artykuł jest wynikiem projektu realizowanego pomiędzy Politechniką Poznańską, Zachodniopomorskim Uniwersytetem Technologicznym, Politechniką Koszalińską oraz firmą Cargotec Poland S. z. o. o

14) [R6] **Rybarczyk D.**, Owczarek P., Myszkowski A., Development of force feedback controller for the loader crane, W: *Advances in Manufacturing* / red. Adam Hamrol, Olaf Ciszak, Stanisław Legutko, Mieczysław Jurczyk - Cham, Switzerland : Springer, s. 345-354, 2018.

MEiN: 20 pkt., udział własny 80 %

W porównaniu do publikacji [R5], w artykule opisałem docelowy sterownik, który został zaimplementowany w wieloosiowym dżojstiku haptycznym. Przeznaczony był do pozycjonowania manipulatora elektrohydraulicznego. Prototyp joysticka został wyposażony w silnik DC i obrotowy enkoder inkrementalny. W układzie sterowania regulowana była wartość natężenia prądu. Umożliwiło to kontrolowanie moment obrotowy silników, a zatem siłę generowaną na końcu efektora joysticka.

#### **4.4 Omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2**

##### **4.4.1 Omówienie przesłanek podjęcia tematu pracy oraz zestawienie głównych osiągnięć**

Niezbędnym elementem składowym każdego urządzenia mechatronicznego jest układ sterowania, który znacząco wpływa na parametry i jakość pracy urządzenia. W aplikacjach przemysłowych, jako regulatory stosowane są głównie układy PID. Mają one jednak pewne ograniczenia i niedoskonałości, i dlatego prowadzone są prace badawcze, których celem jest opracowywanie i badania nowych metod sterowania. Dobór układu sterowania zależy w dużym stopniu od parametrów mechanicznych obiektu, a szczególnie od jego stopnia nieliniowości. W literaturze przedmiotu można znaleźć szczegółowe wyniki badań nad zastosowaniem różnych metod sterowania takich jak np.: adaptacyjne, rozmyte, ślizgowe (ang. *sliding mode control*), inteligentne czy też modyfikacji samego regulatora PID. W przypadku zaawansowanych, przemysłowych urządzeń mechatronicznych, poza samym sterowaniem, istotną staje się kwestia ich nadzorowania oraz kontroli pracy. Automatyczne nadzorowanie i weryfikacja działania urządzeń mechatronicznych to zadanie wieloetapowe, złożone z kilku uzupełniających się działań. System nadzorujący stanowi zwykle istotny element urządzenia mechatronicznego, przede wszystkim w przypadku jego zastosowania w zautomatyzowanych liniach produkcyjnych, ponieważ gwarantuje uzyskanie oczekiwanej jakości działania, niezawodności i bezpieczeństwa pracy.

Patrząc na mechatronikę z punktu widzenia inżynierskiego i wdrożeniowego, ważna jest weryfikacja postawionych założeń teoretycznych na rzeczywistych obiektach. Jeszcze kilkanaście lat temu, mówiąc o mechatronicznych układach sterowania, miano na myśli często

układy bazujące na mikrokontrolerach 8-mio bitowych. Obecnie tego typu sterowniki są dużo bardziej złożone. Od kilku lat prowadzę autorskie badania, których celem jest określenie sposobów implementacji systemów komputerowych w formie komputerów jednoukładowych, mikrokontrolerów 32-bitowych, sterowników PLC lub PAC, w różnego typu urządzeniach mechatronicznych. Obecnie stosowane systemy sterowania to najczęściej układy 32-bitowe wyposażone w zaawansowane funkcje, takie jak: koprocessor liczb zmiennie-przecinkowych (ang. *Floating Point Unit* –FPU), kontroler Bezpośredniego Dostępu do Pamięci (ang. *Direct Memory Access* – DMA), czy możliwość współpracy z systemami operacyjnymi czasu rzeczywistego takimi jak FreeRTOS.

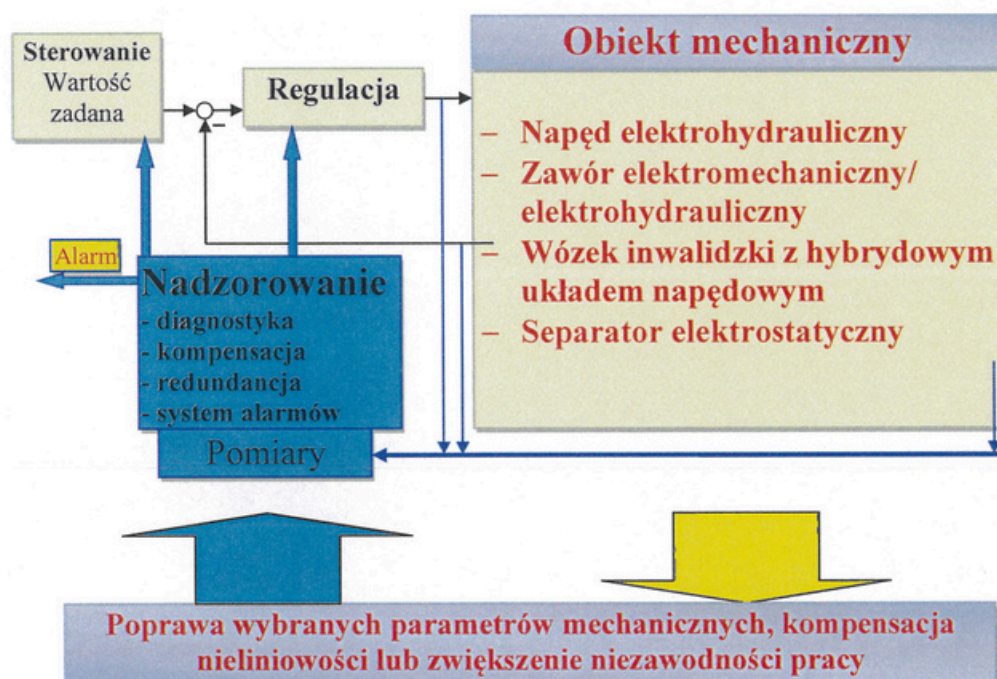
W celu doboru optymalnego układu sterowania oraz nadzorowania urządzenia mechatronicznego, najczęściej buduje się najpierw jego model symulacyjny, uwzględniający istotne parametry mechaniczne i elektryczne, w tym nieliniowości. W tym celu głównie stosuje środowisko Matlab-Simulink. Dzięki badaniom symulacyjnym można w warunkach laboratoryjnych, nisko kosztowo sprawdzić zaproponowane metody regulacji i nadzorowania, a otrzymane wyniki porównać z danymi pochodzącymi z eksperymentów.

Urządzenie mechatroniczne składa się z części mechanicznej, napędowej, sensorycznej (pomiarowej) oraz elektronicznej (sterująco-nadzorującej), a jego częstym zadaniem jest wykonanie określonej pracy mechanicznej. Podstawowym elementem jest obiekt mechaniczny, cechujący się pewnymi parametrami oraz nieliniowościami. Mój dorobek i wkład do dyscypliny Inżynieria Mechaniczna dotyczył opracowania własnych modeli symulacyjnych, zaproponowania autorskich metod regulacji i nadzorowania oraz wykonania badań symulacyjnych i doświadczalnych następujących urządzeń mechatronicznych (rys. 4.1):

- sewonapędy elektrohydrauliczne,
- zawory elektromechaniczne i elektrohydrauliczne,
- wózki inwalidzkie wyposażone w napęd hybrydowy,
- separator elektrostatyczny.

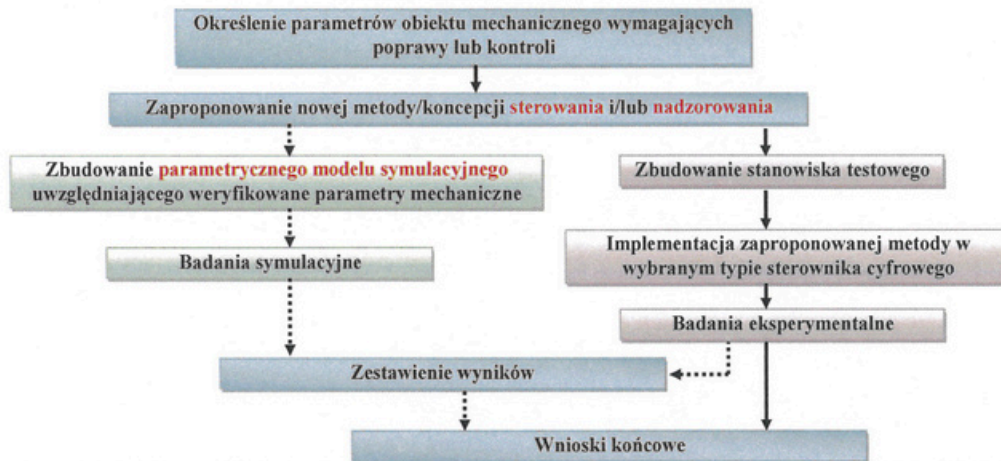
Celem użytkowym moich prac była między innymi kompensacja nieliniowości i zwiększenie niezawodności pracy oraz poprawa wybranych parametrów mechanicznych, które starałem się uzyskać poprzez zaproponowanie i implementację wybranych własnych metod pomiaru, sterowania i nadzorowania.





Rys. 4.1. Schemat układu regulacji i nadzorowania pracy wybranych urządzeń mechatronicznych

Moje badania prowadzone były zgodnie z metodologią pokazaną na rysunku 4.2. W pierwszej kolejności określałem parametry mechaniczne obiektu wymagające poprawy lub kontroli. Następnie proponowałem wybraną metodę sterowania lub nadzorowania. Jeżeli miałem wystarczające informacje dotyczące obiektu mechanicznego, opracowywałem parametryczny model symulacyjny, na którym przeprowadzam testy symulacyjne. Równocześnie budowałem stanowisko testowe, które pozwalało na implementację zaproponowanej metody na wybranym typie sterownika cyfrowego (sterownik PLC, komputer PC, mikrokontroler). Stanowisko umożliwiała mi przeprowadzanie badań doświadczalnych, których wyniki zestawiałem z wynikami badań symulacyjnych. Na tej podstawie formułowałem wnioski potwierdzające skuteczności proponowanych metod i rozwiązań.



Rys. 4.2. Metodologia prowadzonych badań w artykułach wymienionych w cyklu

Biorąc pod uwagę pokazaną powyżej metodologię przeprowadziłem szereg własnych badań, zaproponowałem nowe koncepcje sterowania i nadzorowania oraz zbudowałem wybrane modele symulacyjne. **Moje główne osiągnięcia wnoszące istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna to:**

1. wykorzystanie autorskich metod nadzorowania napędów elektrohydraulicznych z zastosowaniem czujników przyspieszenia oraz matryc z czujnikami IR (4.4.2),
2. opracowanie nowych zaworów elektrohydraulicznych z silnikami obrotowymi (4.4.3),
3. zastosowanie równań różniczkowych niecałkowitego rzędu do opisu obiektów i sterowania serwonapędu elektrohydraulicznego (4.4.4),
4. opracowanie i zbudowanie haptycznego systemu sterowania manipulatorem hydraulicznym (4.4.5),
5. opracowanie autorskiego algorytmu i systemu wykrywającego brak obiektu nad palnikiem kuchenki gazowej (4.4.6),
6. opracowanie i zastosowanie systemu wizyjnego do nadzoru i oceny stopnia separacji elektrostatycznej (4.4.7),
7. opracowanie systemu do sterowania oraz do nadzorowania pracy hybrydowego wózka inwalidzkiego (4.4.8).

Każdy ze wskazanych punktów osiągnięcia został przeze mnie szczegółowo opisany i równocześnie podsumowany w kolejnych podrozdziałach autoreferatu.



#### 4.4.2 Wykorzystanie autorskich metod nadzorowania napędów elektrohydraulicznych, polegających na niekonwencjonalnym zastosowaniu układów pomiarowych, tj. czujniki przyspieszenia oraz matryc z czujnikami IR

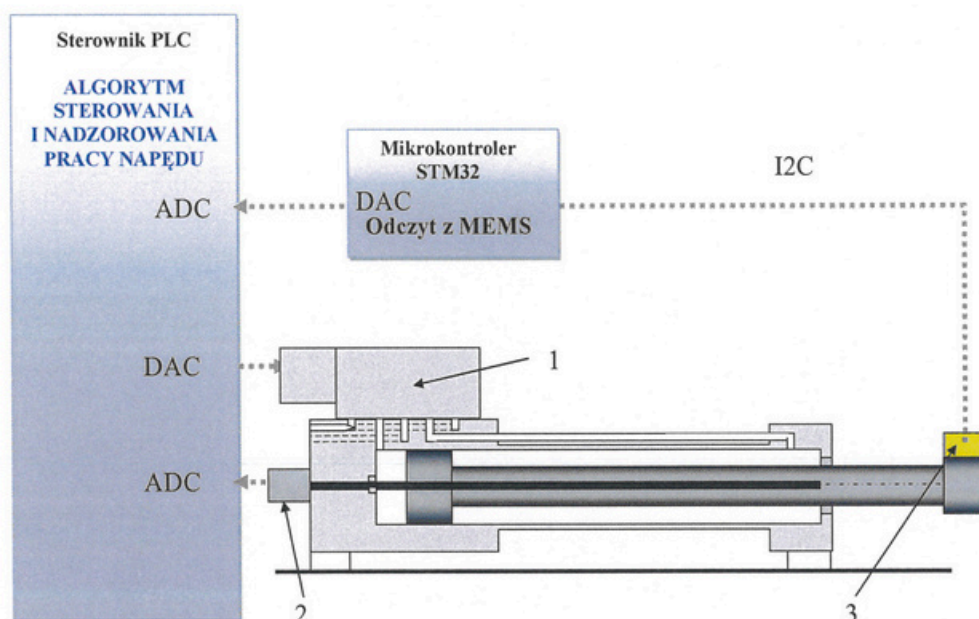
W układach pozycjonowania serwonapędów elektrohydraulicznych stosuje się różnego rodzaju czujniki mierzące przemieszczenie tłoka. Najczęściej są to przetworniki magnetostrykcyjne (MLPS) albo czujniki transformatorowe (LVDT), montowane wewnątrz siłowników.

Czujniki te charakteryzują się niewielkim szumem pomiarowym oraz dokładnością na poziomie 0,01mm, przy liniowości ok. 0,1%. Ich wadą jest stosunkowo wysoka cena oraz konieczność zastosowania specjalnego siłownika, z wmontowanym do środka czujnikiem. W związku z tym zaproponowałem zastosowanie czujnika inercyjnego, zawierającego akcelerometr typu MEMS, zamontowanego na przemieszczanym elemencie maszyn (np. tłoczysku), których koszt jest znacząco niższy. Pozwala to zarówno na sterowanie jak i na nadzorowanie pracy liniowego napędu elektrohydraulicznego. Zastosowanie czujnika typu MEMS w serwonapędzie oraz odpowiedniego algorytmu sterującego do sterowania pozycjonującego oraz do nadzorowania pracy tego napędu jest moją propozycją, która stanowi wkład do dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, w zakresie mechatronicznych napędów płynowych. Wyniki moich prac w tym zakresie zostały opublikowane w rozdziale 5 monografii [M1] oraz w artykule [A1].

W prowadzonych badaniach dotyczących zastosowania czujnika MEMS, główny nacisk położyłem na opracowanie algorytmu do kompensacji wpływu zmian ciśnienia zasilania układu napędowego na dokładność pozycjonowania. Sygnał z czujnika może być skutecznie wykorzystany także do kompensacji innych zakłóceń, np. zmian obciążenia lub zmian temperatury oleju.

Wykorzystanie czujnika MEMS zaproponowałem wcześniej m. in. w trakcie prac związanych z budową układu sterowania hybrydowego wózka inwalidzkiego, co szczegółowo opisałem w pracy: [A5] *Wieczorek, B.; Warguła, Ł.; Rybarczyk, D. Impact of a Hybrid Assisted Wheelchair Propulsion System on Motion Kinematics during Climbing up a Slope. Appl. Sci. 2020, 10, 1025. <https://doi.org/10.3390/app10031025>*. Doświadczenie zebrane podczas badania wózków inwalidzkich wykorzystałem do budowy układu pomiarowego zaimplementowanego w serwonapędzie elektrohydraulicznym.

W celu weryfikacji możliwości wykorzystania czujników MEMS do pomiaru położenia tłoczyska w przypadku awarii jakiegoś elementu składowego, np. podstawowego układu pomiarowego zbudowałem dedykowane stanowisko szczegółowo opisane w artykule [A1] i (po pewnych modyfikacjach) w monografii [M1]. Pozwoliło ono na sprawdzenie poprawności działania algorytmów, które opracowałem.

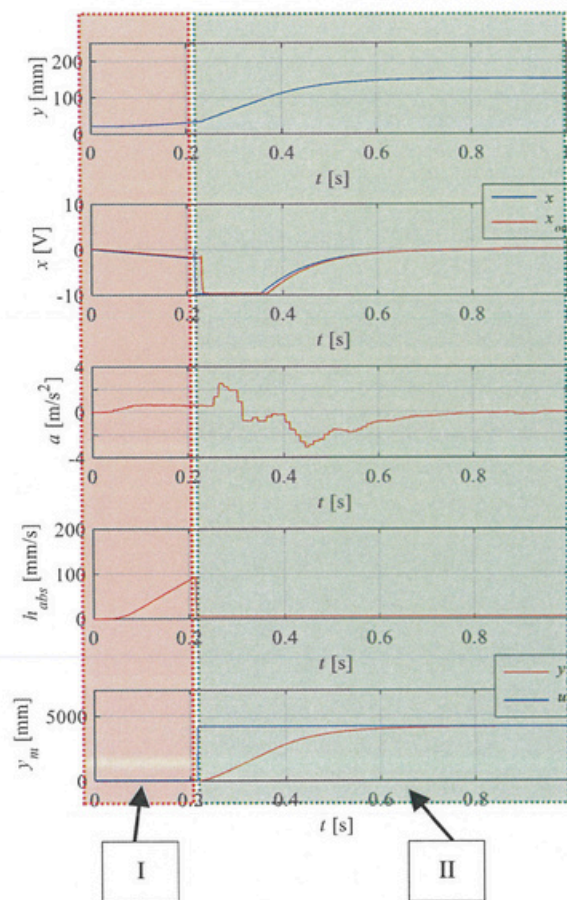


Rys. 4.3. Schemat układu sterowania: 1 - zawór VCD z wbudowaną elektroniką sterującą, 2 - referencyjny czujnik magnetostrykcyjny, 3 – akcelerometr typu MEMS

Działanie algorytmu do pozycjonowania szczegółowo opisałem w rozdziale 5.4 monografii. Według zaproponowanej metody, sterowanie napędem elektrohydraulicznym odbywało się w dwóch zasadniczych fazach. W pierwszej, algorytm wyznaczał wartość całki z sygnału przyspieszenia pochodzącego z rzeczywistego napędu. Wyliczoną wartość traktowano jako argument funkcji kompensacyjnych (rozdział 5.4 monografii). Sygnał sterowania w drugiej fazie ruchu wyznaczany był na podstawie modelu napędu elektrohydraulicznego pracującego w pętli zamkniętej z regulatorem PID, gdzie sygnał zadany wyliczony był w pierwszej fazie. Wartości przyspieszeń przedstawione w monografii M1 były dodatkowo filtrowane po stronie mikrokontrolera, co ograniczyło wpływ szumu pomiarowego, czego nie przedstawiłem w artykule A1 (stąd wysokie wartości przyspieszenia na przebiegach w artykule).

Poprawność działania opracowanego algorytmu sprawdziłem wykonując badania eksperymentalne i symulacyjne, których celem było pokazanie stopnia jego skuteczności w przypadku kompensacji wpływu zmiany warunków zasilania układu hydraulicznego na określenie pozycji tłoczyska (rys. 4.4). W warunkach rzeczywistych sytuacje takie pojawiają się gdy układ hydrauliczny pracuje w systemie Load Sensing. Z problemem tym spotkałem się budując układ sterowania agregatu siewnego w projekcie realizowanym pomiędzy Politechniką Poznańską, a firmą Mzuri sp. z o.o. (projekt wskazany w dalszej części autoreferatu). Testy przeprowadziłem dla wartości zadanej równej 150 mm i dla różnych wartości ciśnień zasilających. Z uwagi na prototypowy charakter układu sterowania i biorąc pod uwagę względy

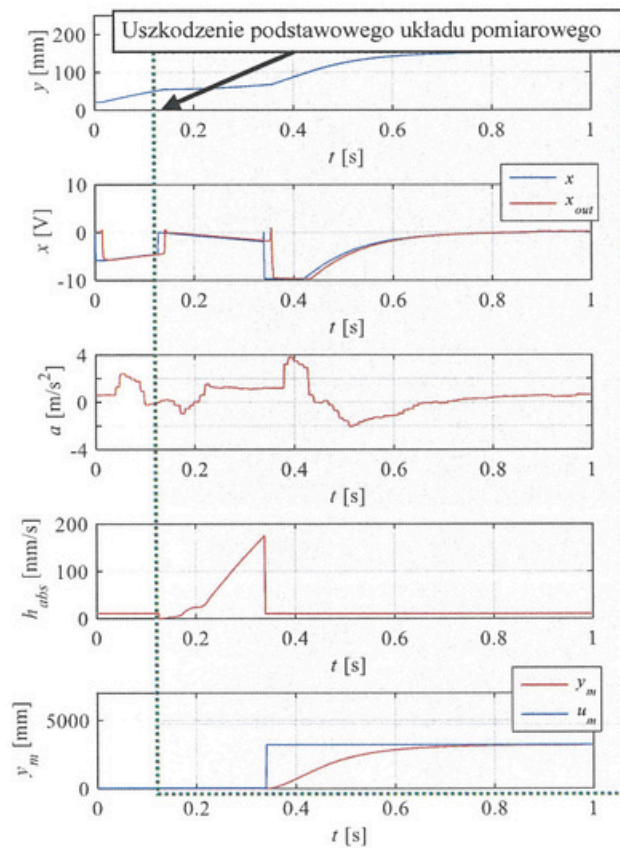
bezpieczeństwa ograniczyłem wartości ciśnienia zasilania do 12MPa. Uzyskane wyniki badań potwierdziły skuteczność działania metody.



Rys. 4.4. Wykres z badań eksperymentalnych pokazujący zmiany sygnałów serwonapędu w trakcie działania algorytmu sterowania z podziałem na dwie fazy ruchu: I faza ruchu – wstępny ruch; II faza – kompensacja (szczegółowy opis znajduje się w rozdziale 5 monografii)

Analizowany algorytm może mieć także zastosowanie jako element zastępujący podstawowy układ pomiarowy, co ma szczególne znaczenie w przypadku bardzo odpowiedzialnych systemów pracujących w trudno dostępnych miejscach. Wykresy z rys. 4.5 ilustrują działanie napędu w sytuacji, gdy dochodzi do dezaktywacji podstawowego układu pomiarowego – dokładność pozycjonowania w widoczny sposób maleje, dlatego należy pamiętać, że algorytmu nie można traktować jako równoważnego zamiennika podstawowego układu pomiarowego; stanowi on jednak istotną, choć czasową, pomoc w utrzymaniu ciągłości pracy systemu.





Rys. 4.5. Wartości rzeczywistego przemieszczenia napędu elektrohydraulicznego  $y$ , sygnału zadanego trafiającego na zawór  $x$  i sygnału pozycji zaworu  $x_{out}$ , wartości przyspieszenia mierzonego za pomocą akcelerometru typu MEMS  $a$ , wartości całki  $h_{abs}$  i sygnału zadanego dla ciśnienia  $p_0 = 8\text{MPa}$  (kolor zielony - uruchomienie algorytmu sterowania bazującego na sygnale z akcelerometru na skutek symulowanego uszkodzenia podstawowego układu pomiarowego)

Z praktycznego punktu widzenia zaprezentowane rozwiązanie może znaleźć zastosowanie w przypadku pracujących już napędów, gdzie nie ma możliwości umieszczenia konwencjonalnego układu pomiarowego wbudowanego w siłownik hydrauliczny (np. czujnik magnetostrykcyjny), a konieczny jest pomiar położenia. Równocześnie algorytm może pełnić rolę systemu bezpieczeństwa, zapewniając redundancję dla istniejącego układu pomiarowego w przypadku napędów podłączonych do bardzo odpowiedzialnych układów.

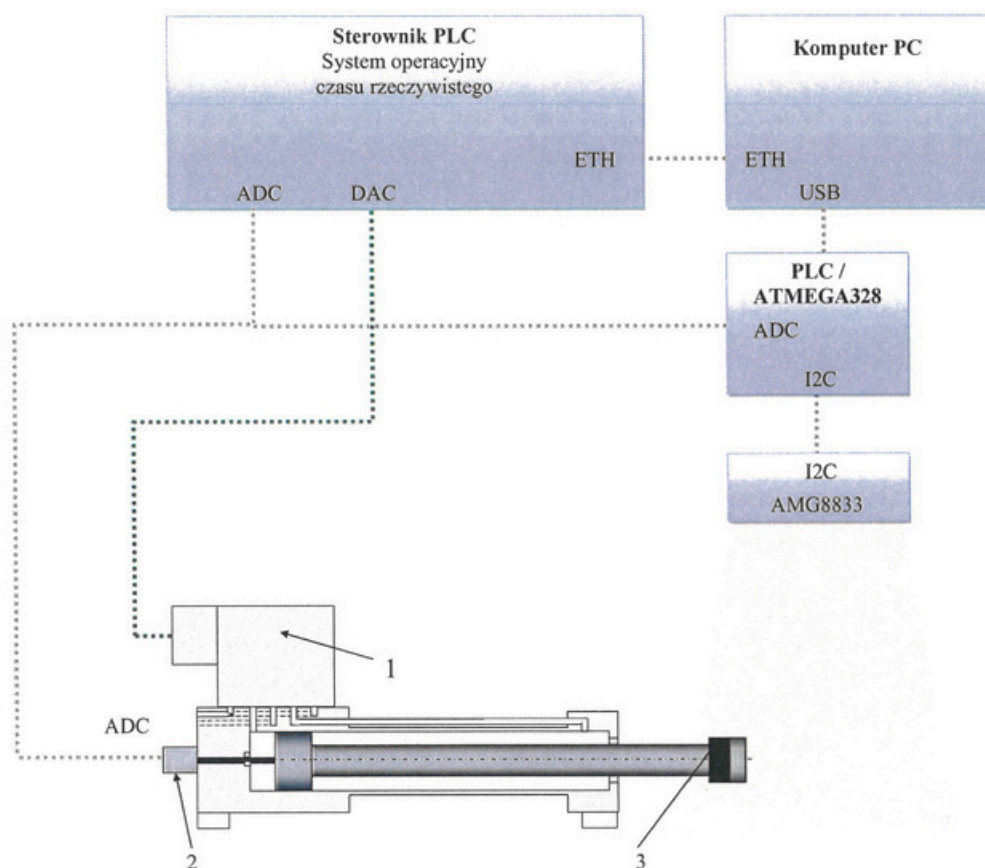
W swoich kolejnych pracach zaproponowałem własną autorską metodę nadzorowania położenia tłoczyśka siłownika, w której wykorzystałem macierzę składającą się z czujników podczerwieni IR pełniących funkcję kamery termowizyjnej o niewielkiej rozdzielczości [M1]. W metodzie tej wykorzystałem zjawisko nagrzewania się tłoczyśka pod wpływem czynnika roboczego. Zaletą opisaną koncepcji jest niewielki koszt niezbędnych komponentów zbudowanego układu, co ma duże znaczenie szczególnie z punktu widzenia aplikacyjnego.

Do tej pory kamery termowizyjne były stosowane głównie do diagnostyki układów hydraulicznych pod kątem temperatury wybranych punktów lub potencjalnych wycieków. Punktem wyjścia do opracowania metody były testy polegające na analizie serwonapędu za pomocą kamery termowizyjnej typu FLIR E5-XT, które posłużyły do znalezienia optymalnego punktu obserwacji napędu. Pod uwagę brałem dwie lokalizacje:

- nieruchomy cylinder siłownika,
- tłoczysko siłownika.

Testy, które wykonałem wykazały, że korzystniejszym rozwiązaniem będzie obserwacja tłoczyska siłownika poprzez zamocowanie na jego końcówce matowego tworzywa, który stał się markerem. Znacznik ten nagrzewał się, podobnie jak reszta układu i był niezbędny z uwagi na charakter materiału z jakiego wykonane jest tłoczysko (refleksyjność). Wyznaczenie pozycji markera i ustalenie na tej podstawie pozycji tłoczyska przeprowadzono dwoma metodami:

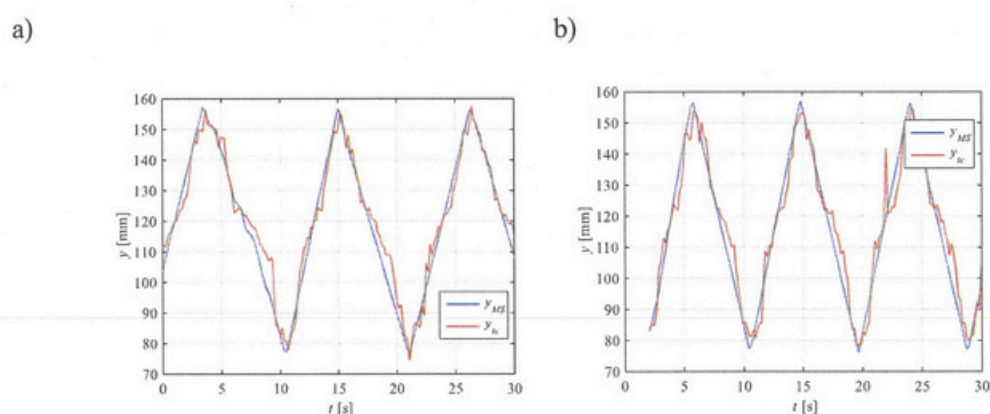
- filtracją obrazu HSV,
- za pomocą narzędzia *Binary Large Object* (BLOB).



Rys. 4.6. Schemat stanowiska testowego: 1 – zawór VCD z wbudowaną elektroniką sterującą, 2 – czujnik magnetostrykcyjny, 3 – znacznik.



Przykładowe dane uzyskane z opracowanego przeze mnie systemu pokazałem na poniższych przebiegach. Zaletą metody jest możliwość bezdotykowej autokontroli napędu z równoczesnym pomiarem temperatury, czego nie zapewniają standardowe systemy wizyjne. Opisaną metodę można zastosować w pracujących już hydraulicznych systemach napędowych wyposażonych w klasyczne czujniki jako ich czasowy zamiennik (np. w sytuacji, gdy zostanie on uszkodzony). Mimo konieczności zachowania ograniczonej dynamiki ruchu rozwiązanie skutecznie umożliwia szybką ocenę prawidłowości pracy napędu hydraulicznego. Opracowanie metody nadzorowania napędu elektrohydraulicznego bazującego na opisywanych typach czujników może stanowić istotny wkład w dyscyplinę Inżynieria Mechaniczna.



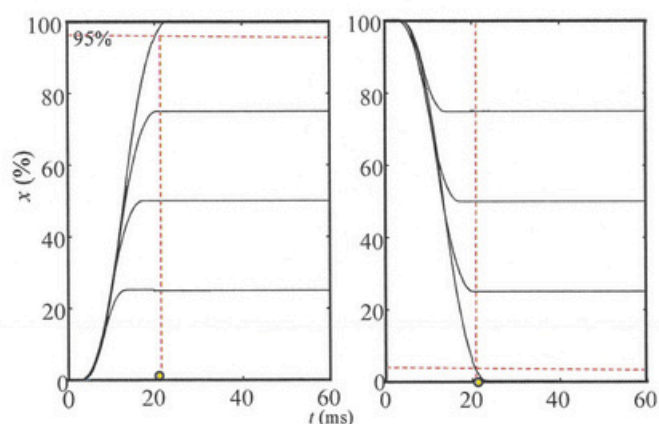
Rys. 4.7. Pomiar położenia siłownika za pomocą czujnika magnetostrykcyjnego oraz czujnika AMG8833 dla: a)  $p_0 = 9$  MPa, b)  $p_0 = 15$  MPa

#### 4.4.3 Opracowanie nowych rozwiązań w zakresie sterowania napędami elektrohydraulicznymi za pomocą autorskich koncepcji zaworów z silnikami obrotowymi

W ramach rozprawy doktorskiej prowadziłem badania napędu elektrohydraulicznego z zaworem proporcjonalnym sterowanym silnikiem synchronicznym. Po uzyskaniu stopnia doktora, kontynuowałem pracę nad tego typu zaworem czego efektem było: udoskonalenie modeli symulacyjnych, modyfikacja układu sterowania, wyznaczenie nowych charakterystyk oraz poprawę parametrów dynamicznych.

Zmodyfikowany układ sterowania wpłynął na poprawę parametrów rozdzielacza poprzez skrócenie odpowiedzi skokowej. Przeprowadzone przeze mnie badania symulacyjne oraz eksperymentalne na stanowisku testowym wykazały, że maksymalny czas ustalenia zaworu (moment osiągnięcia 95% wartości zadanej) w odpowiedzi na sygnał zadany w postaci skoku jednostkowego (przy maksymalnym przemieszczeniu suwaka) wynosił 26 ms, co stanowiło poprawę w stosunku do wyników otrzymanych we wcześniejszych pracach, opisanych w rozprawie doktorskiej oraz w literaturze przedmiotu. Równocześnie uzyskane przeze mnie

wyniki okazały się lepsze niż osiągnięte przy użyciu zaworu proporcjonalnego z elektromagnesami o zbliżonych parametrach.

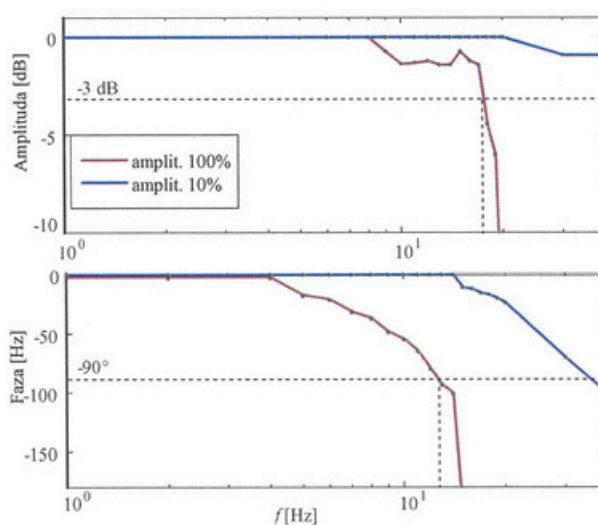


Rys. 4.8. Odpowiedzi skokowe dla rzeczywistego zaworu z silnikiem PMSM

Podczas omówionych wyżej badań wyznaczyłem także charakterystyki częstotliwościowe, które wykazały, że:

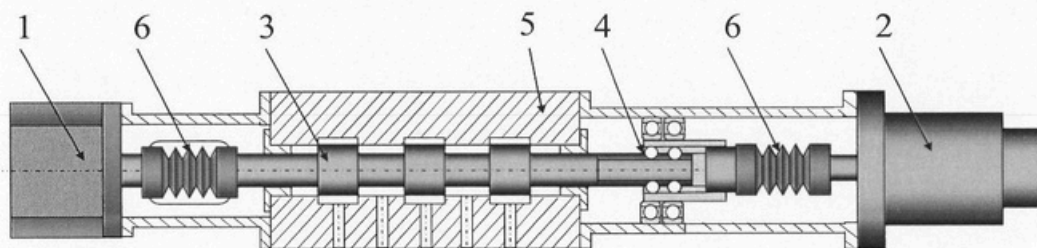
- przy amplitudzie  $\pm 100\%$ , dla opóźnienia fazy  $90^\circ$ , szerokość pasma wynosi 82 rad/s (13 Hz),
- w przypadku spadku amplitudy o 3 dB szerokość pasma wynosi 116 rad/s (19 Hz).

Ponownie zestawiono otrzymane wyniki z wykresem pokazującym charakterystyki częstotliwościowe typowego zaworu proporcjonalnego o zbliżonej wartości natężenia przepływu, wykazując przewagę zaworu z silnikiem PMSM. Badania te, podobnie jak wcześniej wymienione, były wykonane po uzyskaniu stopnia doktora. Otrzymane wyniki można uznać jako istotny wkład w Inżynierię Mechaniczną.



Rys. 4.9. Charakterystyki częstotliwości zaworu dla amplitud 10% i 100%

Realizacja powyższych prac stanowiło punkt wyjścia i inspirację do zaproponowania nowych rozwiązań konstrukcyjnych o zmodyfikowanym układzie kinematycznym. Jestem głównym autorem pomysłu na zawór wyposażony w dwa typy silników, różniących się właściwościami. Pomysł ten został opatentowany P.421994. Jego szczególną cechą jest wykorzystanie zalet silnika krokowego i silnika prądu stałego, odpowiadających za ruch suwaka zaworu. Zaproponowałem dwa różne warianty konstrukcyjne: w pierwszym połączenie silników z układem suwaka następuje za pomocą systemu śruba-nakrętka (rys. 4.10). Silnik prądu stałego, który zapewnia dużą dynamikę, odpowiada za główny ruch suwaka. Z kolei silnik krokowy, z uwagi na możliwość precyzyjnej pracy w trybie mikrokrokowym, umożliwi korygowanie pozycji suwaka. Ponadto konstrukcja tego silnika pozwala na pracę w otwartej pętli sterowania. Silnik prądu stałego w połączeniu z enkoderem inkrementalnym lub absolutnym pracuje w zamkniętej pętli sterowania. Elementami zadającymi są silniki krokowy oraz prądu stałego, a zamiana ruchu obrotowego na ruch posuwisto-zwrotny odbywa się za pomocą przekładni kulowej. Wały silników łączą sprzęgła mieszkowe, w celu kompensacji nieosiowości wałów.



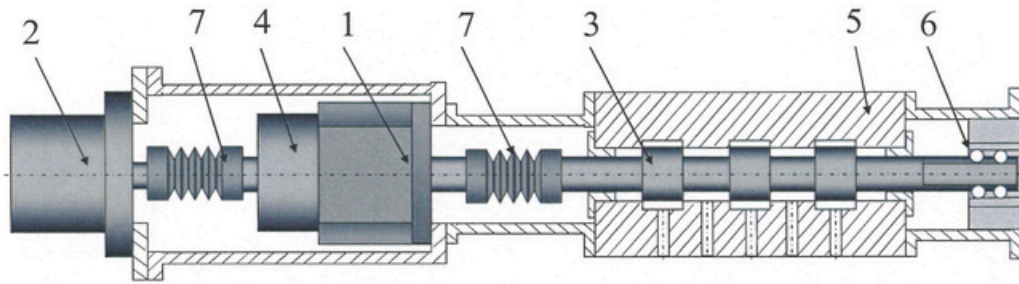
Rys. 4.10. Schemat ideowy konstrukcji zaworu hydraulicznego z silnikiem prądu stałego i silnikiem krokowym: 1 - silnik krokowy, 2 - silnik prądu stałego z enkoderem, 3 - suwak, 4 - przekładnia typu śruba-nakrętka, 5 - korpus zaworu, 6 - sprzęgło mieszkowe

Zawór można zmodyfikować do rozwiązania przedstawionego na rys. 4.11. Różnica między wymienionymi wariantami polega na tym, że druga konstrukcja wymaga zastosowania silnika krokowego z wałami typu przelotowego. Oba silniki są ze sobą połączone bezpośrednio za pomocą sprzęgieł mieszkowych. Biorąc pod uwagę właśnie sprzężenie wałów silników, sterowanie odbywa się według następującego algorytmu:

- przemieszczenie suwaka za pomocą silnika DC,
- odłączenie zasilania silnika DC (tzw. luz),
- uruchomienie silnika krokowego i doprowadzenie suwaka do zadanej pozycji z dużą rozdzielczością.

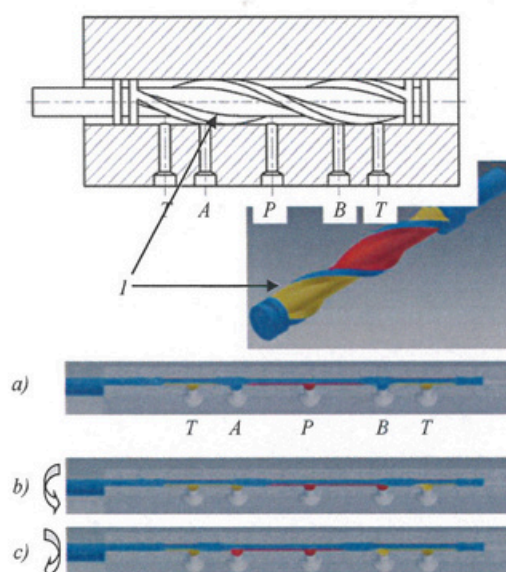
Ze względu na to, że enkoder znajduje się na wale silnika krokowego, możliwe jest skorygowanie potencjalnych luzów na przekładni silnika prądu stałego.





Rys. 4.11. Schemat ideowy konstrukcji zaworu hydraulicznego z silnikiem prądu stałego i silnikiem krokowym połączonymi wałami: 1 - silnik krokowy, 2 - silnik prądu stałego, 3 - suwak, 4 - enkoder, 5 - korpus zaworu, 6 - przekładnia, 7 - sprzęgło mieszkowe

W ramach swoich dalszych badań nad zaworami z silnikami obrotowymi jestem współautorem rozwiązania konstrukcyjnego, które upraszcza łańcuch kinematyczny tego typu zaworu poprzez usunięcie przekładni zamieniającej ruch obrotowy na ruch posuwisto zwrotny. Rozwiązanie to zostało opatentowane (P.414373), a jego wyniki opublikowałem w publikacji [R3] i wygłosiłem w ramach konferencji Automation 2016 w Warszawie. Głównym elementem zaworu jest suwaka z podwójną helisą (1) łączony przez sprzęgło mieszkowe z silnikiem obrotowym (rys. 4.12). Suwaka osadzony współśrodkowo w cylindrycznym gnieździe korpusu zaworu. Zewnętrzna powierzchnia tłoczka wykonana jest w formie przynajmniej jednej linii śrubowej, której skok uzależniony jest od ilości kanałów w korpusie zaworu. Kanały w korpusie zaworu służą do doprowadzenia i odprowadzenia powietrza, oleju lub innego medium. W zależności od kierunku obrotu suwaka port zasilający łączony może być z kanałem A lub B. Zmieniając kąt wału silnika, można zmienić natężenie przepływu.



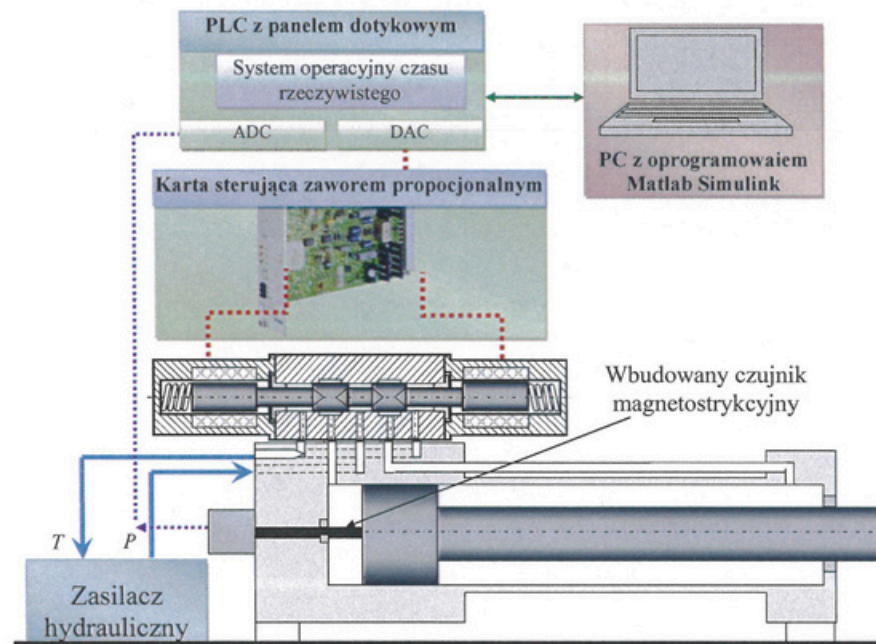
Rys. 4.12. Schemat ideowy wielodrogowego zaworu z suwakim śrubowym

Zawór wielodrogowy rozdzielający z tłoczkiem śrubowym wykonany wg zaproponowanej koncepcji teoretycznie umożliwia precyzyjną regulację natężenia przepływu, dowolne kształtowanie charakterystyki przepływowej, a także pracę w szerokim zakresie dynamiki zmiany natężenia przepływu medium, uzależnionej od zastosowanego silnika obrotowego. Nadaje się do hydrauliki niskociśnieniowej i potencjalnie do pneumatyki.

#### 4.4.4 Implementacja własnych metod opisu i sterowania wykorzystująca równania różniczkowe niecałkowitego rzędu

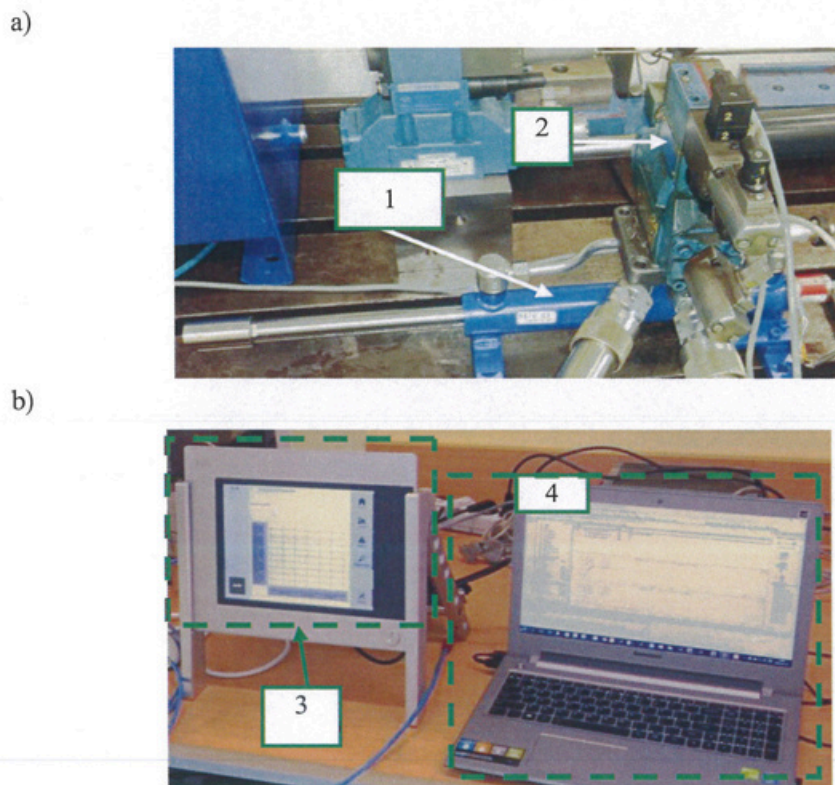
Kolejnym tematem badawczym związanym ze sterowaniem urządzeniami mechatronicznymi podjętym przeze mnie, było wykorzystanie równań różniczkowych do sterowania serwonapędów elektrohydraulicznych. Mój wkład w dyscyplinę Inżynieria Mechaniczna polega na dostosowaniu teorii równań różniczkowych niecałkowitego rzędu do sterowania tego typu napędami.

W ramach przeprowadzonych badań zaprojektowałem oraz wykonałem dedykowane stanowisko badawcze (rys. 4.13), w którym układ sterowania elektrohydraulicznym serwonapędem oparty był na sterowniku PLC pracującym w systemie operacyjnym czasu rzeczywistego (RT) typu Automation Runtime z panelem dotykowym.



Rys. 4.13. Schemat stanowiska badawczego

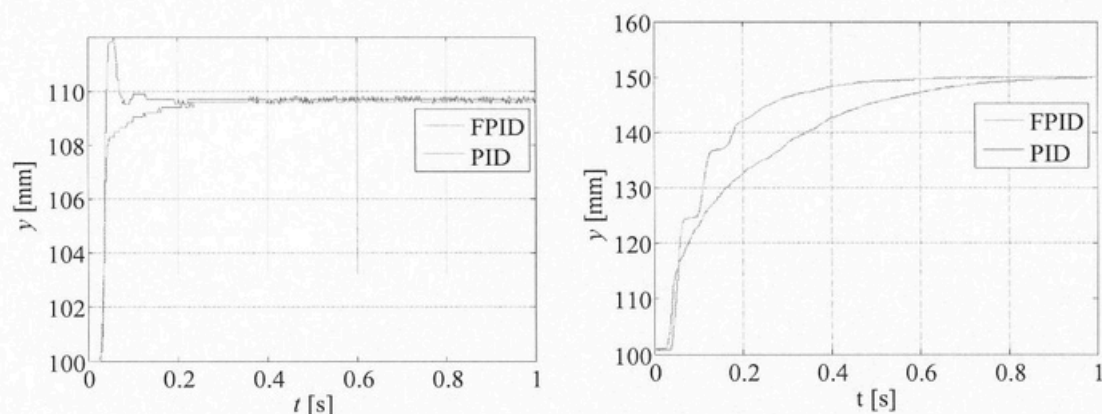




Rys. 4.14. Stanowisko badawcze: a) serwonapęd elektrohydrauliczny (1 – siłownik hydrauliczny, 2 – zawór proporcjonalny), b) ułamkowy regulator PID zaimplementowany na PLC (3 – PLC, 4 – komputer PC do akwizycji danych)

Szczegóły związana z zastosowaniem tego typu równań w napędach elektrohydraulicznych zawarłem w rozdziale 4 monografii [M1] oraz publikacjach [R4]. Moje prace w tym zakresie obejmowały kilka obszarów. Po pierwsze były to badania symulacyjne, w których weryfikowałem wpływ zmiany poszczególnych parametrów na działanie regulatora w odniesieniu do napędów elektrohydraulicznych. Kolejne prace związane były z implementacją równań różniczkowych niecałkowitego rzędu w sterownikach cyfrowych służących do pozycjonowania napędów elektrohydraulicznych. Dzięki temu możliwe było zweryfikowanie wyników pochodzących symulacji z badaniami eksperymentalnymi. Kolejny obszar związany był z identyfikacją obiektów przy pomocy tego typu równań. Przykład pokazujący skuteczność działania regulatora niecałkowitego rzędu pokazują poniższe przebiegi odpowiedzi skokowych (rys. 4.15) oraz całkowych wskaźników jakości (IAE), dla następujących parametrów:

- PID:  $k_p = 5,39$ ,  $k_i = 0,15$  1/s,  $k_d = 0,0069$  1/s,
- PID niecałkowitego rzędu:  $k_p = 11,79$ ,  $k_i = 0,120$  1/s,  $k_d = 0,46$  1/s,  $p = 0,994$ ,  $q = 0,898$ .



Rys. 4.15. Wyniki badań eksperymentalnych: a) przemieszczenie 10 mm, b) przemieszczenie 50 mm

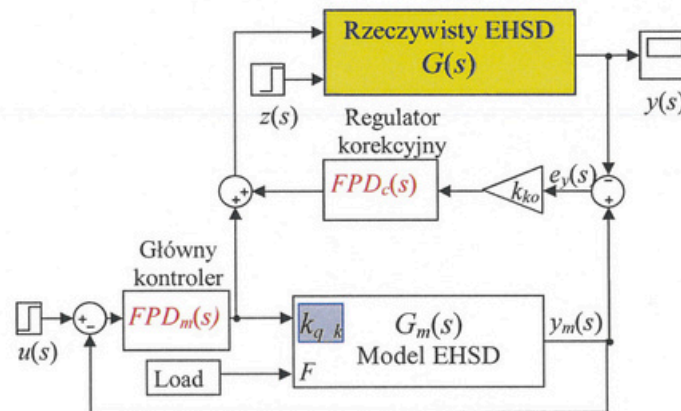
Tabela 4.1. Porównanie regulatorów PID i PID rzędu ułamkowego – badania eksperymentalne

Rodzaj regulatora	Wartość zadana $u$ [mm]	Parametr regulatora			Rząd ułamkowy		Całkowy wskaźnik jakości $IAE$
		$k_p$	$k_i$	$k_d$	$p$	$q$	
PID	10	5,39	0,15	0,0069	1	1	39,09
FPID		11,793	0,12044	0,46269	0,99422	0,89821	38,48
PID	50	5,39	0,15	0,0069	1	1	9,13
FPID		11,793	0,12044	0,46269	0,99422	0,89821	7,08

Temat sterowania z modelem odniesienia poruszany był w mojej rozprawie doktorskiej. Po uzyskaniu stopnia doktora temat ten był przeze mnie kontynuowany, a rozszerzone wyniki badań opublikowałem w czasopiśmie *Energies* (Rybarczyk D., Milecki A. *The Use of a Model-Based Controller for Dynamics Improvement of the Hydraulic Drive with Proportional Valve and Synchronous Motor*, *Energies* - 2022, vol. 15, iss. 9, s. 3111-1-3111-19, 2022, IF: 3,252). W pracy opisałem nowe, w stosunku do pracy doktorskiej, badania symulacyjne oraz zweryfikowałem odporności układu i zweryfikowałem jego stabilności. Wyznaczałem także charakterystyki energetyczne, w których wykazałem przewagę sterowania z wykorzystaniem modelu odniesienia w napędach elektrohydraulicznych dla opisywanej konfiguracji dla układu z regulatorem PID.

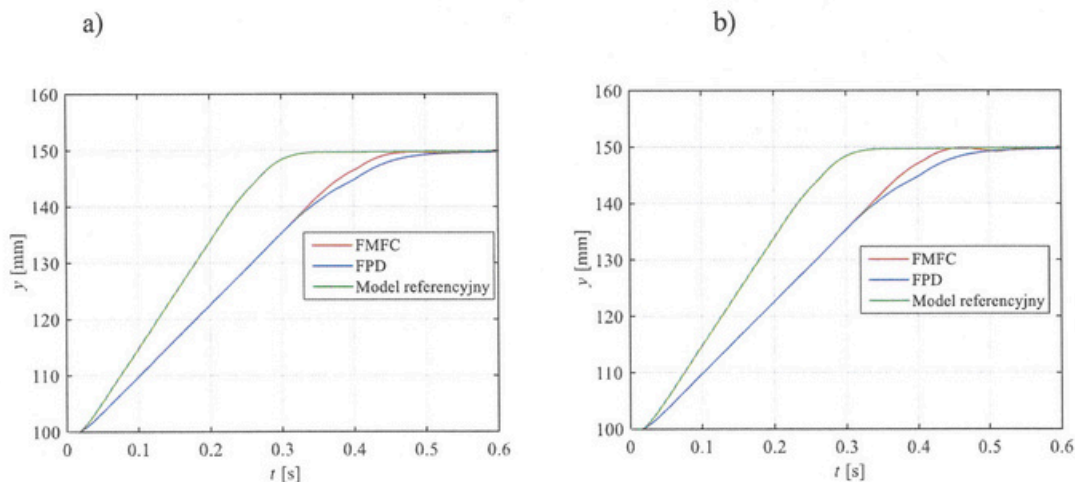
W metodzie Model Following Control częścią struktury układu sterowania jest model symulacyjny sterowanego procesu lub urządzenia [1], [2]. Klasyczny system MFC pojawił się w literaturze na początku lat 90. Konstrukcja tego sterowania opiera się na dwóch regulatorach:  $R_m$ , który steruje modelem odniesienia oraz  $R_e$ , który koryguje niedokładności wypracowane w pętli z modelu odniesienia i inne zakłócenia, np.: obciążenie zewnętrzne lub zmiana ciśnienia zasilania hydraulicznego. W tej koncepcji można wyróżnić dwie pętle: modelową  $R_m-G_m$  oraz

procesową  $R_c$ -G. Pierwsza z nich składa się z modelu obiektu sterowanego oraz regulatora liniowego typu P, PI lub PID. Różnica pomiędzy wyjściem modelu  $y_m$ , a wyjściem obiektu rzeczywistego  $y_{MFC}$  jest używana przez regulator  $R_c$  do obliczania korekcji sygnału sterującego obiektem rzeczywistym. Jego model jest zwykle identyfikowany za pomocą analizy matematycznej lub testów eksperymentalnych. Regulator  $R_m$  zastosowany w pętli procesowej wykorzystuje sygnał błędu, który jest obliczany jako różnica między sygnałem zadanym a wyjściem modelu  $y_m$  do wywoływania sygnału sterującego obiektem.



Rys. 4.16. Schemat ideowy sterowania z modelem odniesienia Model Following Control – MFC (oprac. własne)

Modyfikacja samej metody jaką zaproponowałem było zastąpienie regulatorów typu PID, regulatorami niecałkowitego rzędu. Wybrane wyniki badań symulacyjnych dla napędu elektrohydraulicznego przedstawiłem w tekście monografii [M1]. Przykładowe przebiegi w których porównano działanie regulatora typu Fractional Order Model Following Control oraz Fractional Order PD pokazałem poniżej. Zastosowanie tej metody poprawia dynamikę napędu elektrohydraulicznego, co uważam za istotny wkład w Inżynierie Mechaniczną.

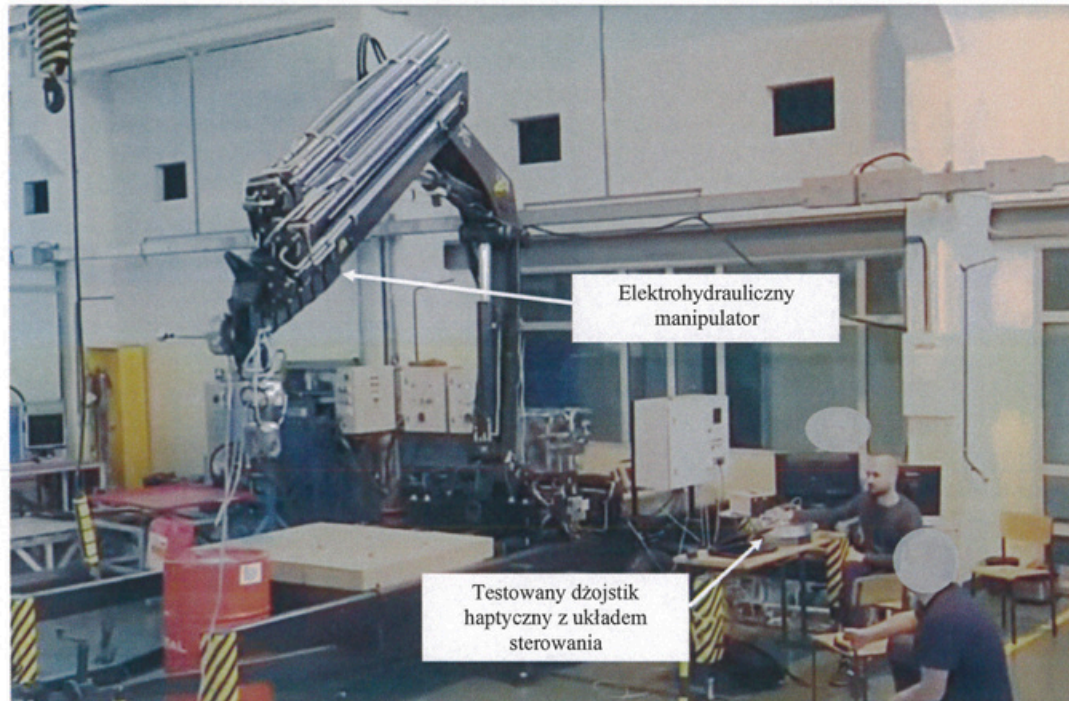




Rys. 4.17. Porównanie działania regulatora typu Fractional Order PD oraz Model Following Fractional Order PD (szczegóły przedstawiono w tekście monografii).

#### 4.4.5 Opracowanie i zbudowanie haptycznego systemu sterowania manipulatorem hydraulicznym

W ramach swojej działalności naukowej brałem udział w projekcie: „Zastosowanie rozszerzonej rzeczywistości, interaktywnych układów i głosowego interfejsu operatora w sterowaniu urządzeniami dźwigowymi”, który realizowany był wspólnie z: Zachodniopomorskim Uniwersytetem Technologicznym w Szczecinie (lider projektu), Politechniką Koszalińską, Politechniką Poznańską oraz firmą Cargotec Poland S. z. o. o.. Głównym celem projektu było zbadanie potencjalnych możliwości zastosowania innowacyjnych technologii komunikacji operator – maszyna do sterowania urządzeniami dźwigowymi. Wspólnie z zespołem Laboratorium Maszyn Inteligentnych (dawniej Zakładu Maszyn Technologicznych) oraz Zakładu Urządzeń Mechatronicznych zbudowałem dżojstik z siłowym sprzężeniem zwrotnym. Dżojstik ten ułatwia pracę operatora, ponieważ w miejsce kilku przełączników standardowego panelu sterującego dźwigiem stosowany jest układ manipulacyjny złożony ze sferycznego pokrętła, którym operator może sterować za pomocą jednej dłoni. Stanowi też to o oryginalności rozwiązania ponieważ do obsługi tego typu maszyn stosowane są głównie systemy dźwigniowe. Moim zadaniem było opracowanie projektu kontrolera dżojstika. Układ sterowania bazował na 32-bitowym mikrokontrolerze. Prototyp joysticka został wyposażony w silnik DC (w późniejszym czasie zastąpiono go hamulcem z cieczą magnetoreologiczną) i enkoder inkrementalny. W układzie regulowana była wartość natężenia prądu. Wpływało to na moment obrotowy silników, a zatem siłę generowaną na końcu efektora joysticka. Prace badawcze związane z budową samego dżojstika realizowane były przeze mnie na terenie Politechniki Poznańskiej oraz Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Opracowanie układu sterowania przeznaczonego dla dżojstika ze sferycznym kołem jako elementem zadającym stanowi, w mojej ocenie, istotny wkład w Inżynierię Mechaniczną.



Rys. 4.18. Prace badawcze realizowane w laboratoriach Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technicznego

#### 4.4.6 Opracowanie autorskiego systemu nadzorującego brak obiektu nad palnikiem gazowym kuchenki gazowej, poprzez zastosowanie dedykowanego własnego algorytmu

Kolejnym tematem którym zajmowałem się w ramach badania metod nadzorowania urządzeń mechatronicznych był system przeznaczony do nadzorowania pracy palnika gazowego poprzez sterowanie zaworem odcinającym dopływ gazu. Pomysł na badania wynikał z wcześniej realizowanych przeze mnie projektów związanych z budową układów sterowania urządzeń gospodarstwa domowego AGD-m. in. z firmą Samsung Electronics Poland. Badania opisane w niniejszym punkcie zostały opublikowane w publikacji: *“The Gas Fire Temperature Measurement for Detection of an Object’s Presence on Top of the Burner”* w czasopiśmie MDPI Sensors. Przed publikacją wykonałem wspólnie z pozostałymi współautorami zgłoszenia patentowego, na bazie którego otrzymaliśmy patent nr. P.412449 („Układ do rozpoznawania obecności garnka nad palnikiem w kuchenke gazowej”, autorzy: Rybarczyk D., Milecki A., Owczarek P., Pittner G.). Patent dotyczył tylko i wyłącznie wykorzystania fabrycznej termopary, jako elementu pomiarowego. W przeprowadzonych przeze mnie późniejszych pracach rozbudowałem metodę o alternatywne rozwiązanie w postaci zastosowania diody IR do wykrywania obecności elementu na palniku oraz zaproponowałem własne algorytmy nadzorowania.

W instalacja gazowych, w celu uniknięcia niekontrolowanego zapłonu gazu palnego (co mogłoby doprowadzić do wybuchu), na każdym palniku stosuje się dedykowany elektrozawór. Otwierany jest on ręcznie przez użytkownika, a następnie jego otwarcie jest podtrzymywane przez prąd elektryczny wytwarzany przez termoparę umieszczoną w płomieniu. Jeśli na palniku nie ma płomienia, sygnał generowany przez termoparę jest zbyt niski, aby utrzymać otwarcie zaworu, w wyniku czego zawór odcina dopływ gazu. W ten sposób każdy palnik jest zabezpieczony przed jego niekontrolowanym wyciekiem.

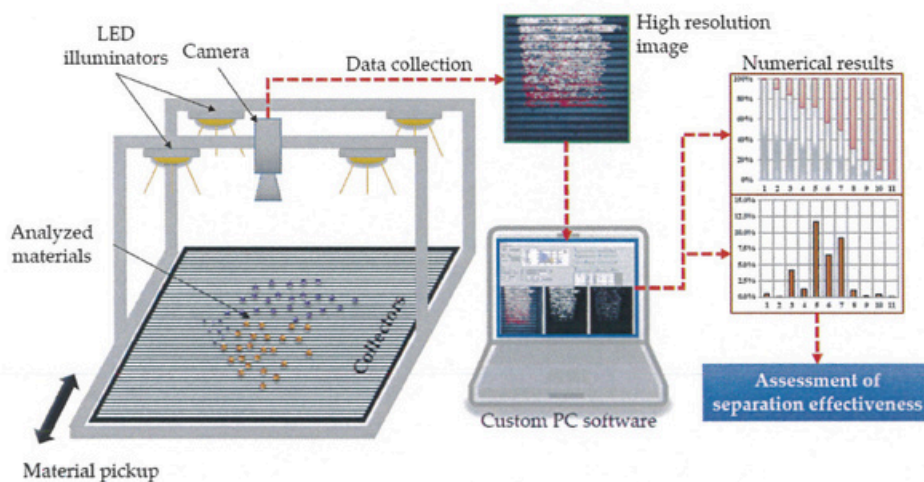
W przeprowadzonych badaniach zweryfikowałem możliwość zastosowania fabrycznie montowanej termopary przy założeniu, że jej sygnał wyjściowy może być wykorzystany do wykrycia obecności obiektu na palniku gazowym. Dodatkowo wykorzystałem diodę podczerwoną IR. Określiłem najlepsze lokalizacje tych czujników w celu uzyskania sygnału odpowiedniego do rozpoznania obecności obiektu nad palnikiem, korzystając z kamery na podczerwień. Zarejestrowałem różne scenariusze w tym np. przypadkowy podmuch w okolicach palnika. Ostatecznie zmiany sygnałów termopary były wykorzystywane jako sygnał wejściowy do opracowanego algorytmu rozpoznawania braku obiektu nad palnikiem. Przeprowadzone badania pozwoliły na zaprojektowanie, zbudowanie i przetestowanie przeze mnie układu mikroprocesorowego z jednostką sterującą kontrolującą elektrozawór dopływowy gazu. Po dostosowaniu zaproponowana metoda może zostać wykorzystana do nadzorowania innych urządzeń mechatronicznych. Istotny jest także aspekt aplikacyjny rozwiązania.

#### **4.4.7 Opracowanie i zastosowanie systemu wizyjnego do nadzoru i oceny stopnia separacji elektrostatycznej**

Kolejnym przykładem urządzenia w którym zaimplementowałem system nadzorujący mojego autorstwa był separator elektrostatyczny. Urządzenie zostało zbudowane w ramach uzyskanego na Politechnice Poznańskiej grantu rektorskiego o numerze 33/32/SIGR/0005: *Opracowanie kompleksowej technologii utylizacji zmieszanych odpadów polimerowych pochodzących z branży motoryzacyjnej na terenie Poznania i okolic (Development of complex utilization technology for mixed polymer waste from the automotive industry in Poznań and the surrounding area).*

Moim zadaniem było opracowanie metody oceny jakości separacji elektrostatycznej. Pomysł opierał się na wykorzystaniu próbek materiałów o różnej barwie. Schemat ideowy systemu pokazano na poniższej grafice (rys. 4.19). System składał się z segmentowego kolektora separowanego materiału, kamery, systemu oświetleniowego oraz komputera z opracowanym przeze mnie dedykowanym systemem wizyjnym.

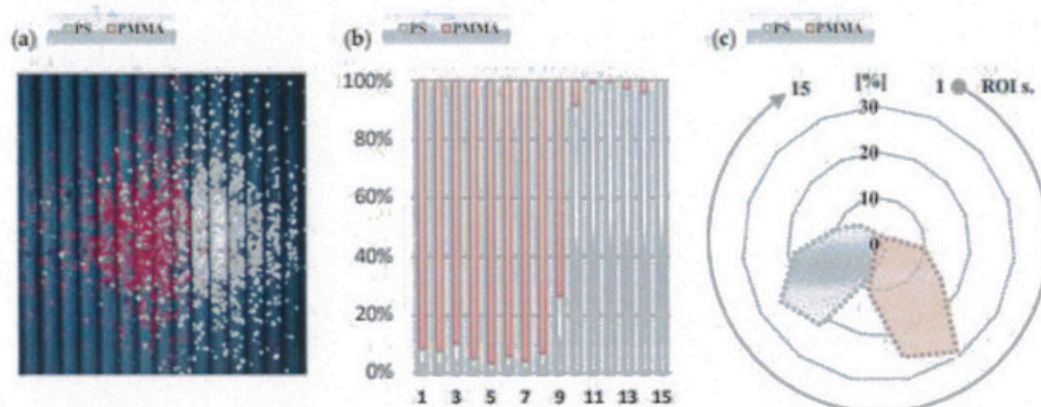




Rys. 4.19. Schemat ideowy systemu wizyjnego do oceny efektywności separacji elektrostatycznej

Zadaniem proponowanego systemu wizyjnego była ocena czystości materiału w każdym segmencie (rzędzie kolektora) na podstawie obrazu wykonanego przez kamerę. System zwracał informację o dwóch parametrach: wartość procentowa określająca zawartość określonego materiału w danym segmencie oraz stopień jego dyspersji (rozproszenia). Drugi parametr wyznaczany był na podstawie ilości wyznaczonych konturów. Ich ilość determinowała to czy materiał rozrzucony był na całej powierzchni segmentu równomiernie czy zlokalizowany jedynie w jego centralnej części. Dane te są następnie przetwarzane w celu obliczenia współczynnika efektywności separacji. Współczynnik ten pozwala na ocenę czy separator pracuje poprawnie i czy parametry wejściowe wymagają korekty.

System zbudowałem na bazie kamery CMOS oraz autorskiego oprogramowaniu działającym na komputerze PC. Kamera została zainstalowana na ramie wykonanej z profili aluminiowych, dzięki czemu możliwe było dostosowanie jej pola widzenia. W celu zminimalizowania wpływu warunków oświetleniowych otoczenia, przestrzeń robocza została oświetlona za pomocą panelu LED. Na potrzeby badań, w celu uniknięcia odbić, kolektory pomalowano czarną matową farbą. Przykładowe dane odczytane z przebiegu pokazano na poniższym rysunku.



Rys. 4.20. Przykładowe dane uzyskane z systemu

Zaletą opracowanego przeze mnie systemu nadzorującego jest przede wszystkim jego szybkość w stosunku do innych komercyjnych powszechnie stosowanych metod np. wykorzystania tzw. wanień flotacyjnych. Jego opracowanie moim zdaniem stanowi istotny wkład w Inżynierię Mechaniczną.

Szczegółowe informacje dotyczące budowy systemu oraz badań jego skuteczności zebrałem w publikacji wskazanej do cyklu, gdzie jestem głównym autorem: [A6] Rybarczyk D., Jędryczka C., Regulski R., Sędziak D., Netter K., Czarnecka-Komorowska D., Barczewski M., Barański M., *Assessment of the Electrostatic Separation Effectiveness of Plastic Waste Using a Vision System / Sensors - 2020, vol. 20, no. 24, s. 7201-1-7201-16. IF: 3,576*. Opracowany przeze mnie system został wykorzystany także w dalszych badaniach, jako narzędzie do nadzorowania pracy zbudowanego separatora, których wyniki publikowano m. in w czasopiśmie MDPI Energies ([A7] Łyskawiński W., Barański M., Jędryczka C., Mikołajewicz J., Regulski R., Sędziak D., Netter K., Rybarczyk D., Czarnecka-Komorowska D., Barczewski M., *Tribo-Electrostatic Separation Analysis of a Beneficial Solution in the Recycling of Mixed Poly(Ethylene Terephthalate) and High-Density Polyethylene, Energies - 2021, vol. 14, no. 6, s. 1755-1-1755-13. IF: 3,252*).

#### 4.4.8 Opracowanie systemu sterowania oraz nadzorowania pracy hybrydowego wózka inwalidzkiego

Ostatnią pozycją, którą wskazałem w moim osiągnięciu naukowym, jest układ nadzorujący pracę hybrydowego wózka inwalidzkiego. Jest on wynikiem projektu NCBiR, w którym brałem udział.

W publikacji wskazanej w cyklu [A5] opisane jest nowe rozwiązanie układu napędowego, który może zostać zainstalowany w konwencjonalnym wózku inwalidzkim do sterowania jego ruchem. W wyżej wymienionej publikacji moim zadaniem był: projekt, wykonanie oraz

oprogramowanie systemu sterowania i nadzorowania. Zbudowany przeze mnie układ umożliwił wspomaganie jazdy w kilku trybach m. in. jazda wyłącznie przy wykorzystaniu silników BLDC przy pomocy zamontowanych manetek; utrzymywanie stałej wartości prędkości zadanej poprzez cięgna; czy w końcu wspomaganie jazdy na wzniesienia. W ostatnim trybie zaimplementowany przeze mnie czujnik inercyjny posłużył do pomiaru kąta odchylenia wózka. Wartości kątowe przeliczane były z wektorów przyspieszenia oraz prędkości kątowej. Podczas testów systemu zwrócono uwagę na zakłócenia generowane podczas jazdy po nierównym podłożu (np. kostka brukowa). Wpływały one na sygnał pochodzących z akcelerometru. Problem rozwiązałem poprzez: równoczesną filtrację sygnału oraz analizę przez jakiś okres czasu wartość średnią wyznaczonej wartości kątowej mieści się w zdefiniowanym wcześniej zakresie.

Celem badań opisanych bezpośrednio we wskazanej do cyklu publikacji [A5] była analiza wpływu hybrydowego napędu manualno-elektrycznego wózka inwalidzkiego na kinematykę układu antropotechnicznego podczas pokonywania wzniesień. Badania przeprowadzono na pochylni dla wózków inwalidzkich o nachyleniu  $4^\circ$ , z wykorzystaniem prototypowego wózka inwalidzkiego z napędem hybrydowym ręczno-elektrycznym. Badanymi były trzy osoby, których zadaniem było napędzanie wózka w dwóch trybach wspomaganie napędu ręcznego. Pierwszy tryb to wspomaganie pokonywania wzniesień, a drugi to wspomaganie momentem napędowym w fazie napędowej. Podczas testów monitorowano kilka parametrów kinematycznych wózka. Przeanalizowano amplitudę prędkości podczas pokonywania wzniesienia oraz liczbę cykli napędowych wykonanych na wzniesieniu. Z przeprowadzonych badań wynika, że podczas napędzania wózka wyłącznie za pomocą obręczy, osoba badana potrzebowała średnio  $13 \pm 1$  pchnięć na podjeździe, a jej amplituda prędkości wynosiła 1,8 km/h przy średniej prędkości 1,73 km/h. Tryb wspomaganie podjazdu zmniejszył amplitudę prędkości do 0,76 km/h. Tryb ze wspomaganie momentu obrotowego w fazie napędowej zmniejszył liczbę cykli potrzebnych do wjechania na wzniesienie z 13 do 6, podczas gdy w trybie wspomaganie podjazdu liczba cykli potrzebnych do wjechania na wzniesienie została zmniejszona z 12 do 10 cykli. Badania wykazały, że elektryczne wspomaganie napędu ma korzystny i znaczący wpływ na kinematykę ręcznego napędu wózka inwalidzkiego w porównaniu z klasycznym ręcznym układem napędowym podczas pokonywania wzniesień.

### **Bibliografia:**

- [1] Ş. Çetin and A. V. Akkaya, "Simulation and hybrid fuzzy-PID control for positioning of a hydraulic system," *Nonlinear Dyn.*, vol. 61, no. 3, pp. 465–476, Aug. 2010, doi: 10.1007/s11071-010-9662-1.
- [2] J. Tyler, "The characteristics of model-following systems as synthesized by optimal control," *IEEE Trans. Autom. Control*, vol. 9, no. 4, pp. 485–498, Oct. 1964, doi: 10.1109/TAC.1964.1105757.



**4.4.9 Przyznane patenty wchodzące w skład oceny bezpośrednio powiązane z tematem:**  
Osiągnięcia opisane w podrozdziale 4.4 odnoszą się do patentów, których jestem współtwórcą:

- P.412449, Układ do rozpoznawania obecności garnka nad palnikiem w kuchence gazowej, **Dominik R.**, Milecki A., Owczarek P., Pittner G.
- P.414373, Zawór wielodrogowy rozdzielający z tłoczkiem śrubowym, Jermak C., **Rybarczyk D.**
- P.421994, Hybrydowy układ zaworu proporcjonalnego z silnikiem prądu stałego oraz silnikiem krokowym jako elementami zadającymi/Zawór hydrauliczny, **Rybarczyk D.**, Milecki A., Stefański F.

## 5 Szkolenia

W trakcie swojej pracy naukowej brałem udział w następujących szkoleniach:

- 2008, Szkolenie dotyczące sensorów oraz technik pomiarowych firmy MICRO-EPSILON (MICRO-EPSILON, Poznań)
- 2012, Szkolenie ze sterowników firmy B&R – programowanie, napędy, wizualizacje, moduły bezpieczeństwa, biblioteka – sterowanie układami hydraulicznymi (B&R Automatyka Przemysłowa, Poznań)
- 2013/2014, Szkolenie Matlab Simulink (Oprogramowanie Naukowe-Techniczne, Poznań)
- 2013, Szkolenie system DSpace (Oprogramowanie Naukowe-Techniczne, Poznań)
- 16.10.2015, Obsługa systemu PONTOS (ITA, Poznań)
- 23.10.2015, Obsługa i programowanie robota Mitsubishi (ITA, Poznań)
- 28.10.2015, Obsługa skanera optycznego Go! Skan oraz laserowego Handy Scan 300 (ITA, Poznań)
- 04-05.02.2016, Obsługa dżojstika Haptic i oprogramowania FreeForm (ITA, Poznań)
- 19.02.2016, Obsługa Szerografu Dantec Q800 (ITA, Poznań)
- 2016, systemy pomiarowe FRIEDRICH electronic GmbH & Co. KG (Niemcy, Lollar)
- 2018, Szkolenie z programowania komputerów jednoukładowych SOMLab (Poznań)
- 2018, Szkolenie z programowania sterowników PLC firmy Lenze (Katowice)
- 2021, Szkolenie ze sterowników firmy B&R –technologia mapp (zapis danych, wizualizacja mappView)
- 2023, Szkolenie SEP. Uzyskanie uprawnień elektrycznych do 1 kV w zakresie Eksploatacji i Dozoru

## 6 Współpraca krajowa z jednostkami naukowymi

W ramach działalności naukowej współpracowałem z następującymi krajowymi jednostkami naukowymi:

### a) Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie (prof. dr hab. inż. Mirosław Pajor)

Moja współpraca z Zachodniopomorskim Uniwersytetem Technologicznym w Szczecinie związana była ze wspólnie realizowanym projektem: „Zastosowanie rozszerzonej rzeczywistości, interaktywnych układów i głosowego interfejsu operatora w sterowaniu urządzeniami dźwigowymi”. W skład zespołu wchodziła: Politechnika Koszalińska, Politechnika Poznańska oraz firma Cargotec Poland S. z o. o. W ramach prowadzonych prac zajmowałem się opracowywaniem układu sterowania dla dźwojstika typu haptic. Zbudowane urządzenie było przeze mnie integrowane z układem sterowania dźwigu hydraulicznego. Prace badawcze realizowałem m. in. w laboratoriach Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technicznego. W wyniku przeprowadzonych badań powstały dwa artykuły naukowe wskazane w głównym osiągnięciu naukowym, których jestem głównym autorem (finansowane z projektu):

- Rybarczyk D., Owczarek P., Myszkowski A., *Development of force feedback controller for the loader crane*, W: *Advances in Manufacturing / red. Adam Hamrol, Olaf Ciszak, Stanisław Legutko, Mieczysław Jurczyk - Cham, Switzerland : Springer, s. 345-354, 2018.*
- Rybarczyk D., Owczarek P., Jakubowski A., *Development of Electronic Controller for Haptic Joystick and Electrohydraulic Drive*, W: *Automation 2017 : Innovations in Automation, Robotics and Measurement Techniques / red. Roman Szewczyk, Cezary Zieliński, Małgorzata Kaliczyńska - Cham, Switzerland : Springer, 2017 - s. 67-75, 2017.*

### b) Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich (dr inż. Krzysztof Lewandowski).

Wspólnie z dr inż. Krzysztofem Lewandowskim (Politechnika Bydgoska) brałem udział w badaniach związanych z reologią oraz przetwórstwem tworzyw sztucznych. Moje zadanie polegało na opracowaniu układu pomiarowego. Prace odbywały się w laboratoriach Politechniki Poznańskiej oraz Politechniki Bydgoskiej, a ich efektem jest artykuł z bazy JCR:

*Barczewski M., Lewandowski K., Rybarczyk D., Kloziński A., Rheological and single screw extrusion processability studies of isotactic polypropylene composites filled with basalt powder, Polymer Testing - 2020, vol. 91, s. 106768-1-106768-10. IF: 4,282*

### c) Uniwersytet Zielonogórski (dr inż. Paweł Bachman):

W ramach wspólnie prowadzonych prac badawczych nad metodami sterowania manipulatorów wyposażonymi w napędy elektrohydrauliczne uczestniczyłem w pracach nad zastosowaniem do tego celu systemu do analizy głosu.

*Sterowanie głosowe manipulatorem elektrohydraulicznym, Regulski R., Owczarek P., Rybarczyk D., Bachman P., Gośliński J., Prace Instytutu Elektrotechniki - 2013, z. 263, s. 57-65.*

- d) **Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Wydział V - Nauk Technicznych** (członek zwyczajny)

W ramach seminarium organizowanego przez stowarzyszenie wygłosiłem wykład: *Napędy elektrohydrauliczne –wybrane metody sterowania i nadzorowania pracy.*

## 7 Współpraca międzynarodowa

- a) **European network for 3D printing of biomimetic mechatronic systems EMERALD**, EEA grants (Project No : 21-COP-0019), 2022 – 2023 (Associate Professor Dr. Eng. Razvan Pacurar)

W ramach projektu brałem czynny udział w pracach badawczych międzynarodowego zespołu składającego się naukowców z: Technical University of Cluj-Napoca, University Politehnica of Bucharest and University of Agder. Moje zadanie polegało na opracowaniu elektronicznego układu pomiarowego wbudowanego w protezę ręki przeznaczonej do roweru. Efektem prac był:

- artykuł: Górski F., Rybarczyk D., Wichniarek R., Wierzbicka N., Kuczko W., Żukowska M., Regulski R., Sorin Comsa D., Pacurar R., Irinel Băilă D., Zelenay M., Sanfilippo F., *Development and testing of individualized sensorized 3D printed upper limb bicycle prosthesis for adult patients*, Applied Science, 2023. IF: 2.7 (artykuł zgłoszony do publikacji, aktualny status: Accept after minor revision – w załączniku dokument potwierdzający)
- publikacja pokazujące proces projektowania i wykonania protezy ręki *IO2 E-toolkit for teaching purposes, basic knowledge about realizing biomimetic mechatronic systems, CAD - Design of selected biomimetic 3D printed mechatronic devices*, [https://project-emerald.eu/wp-content/uploads/2023/03/E-Toolkit-manual\\_EMERALD.pdf](https://project-emerald.eu/wp-content/uploads/2023/03/E-Toolkit-manual_EMERALD.pdf), 2023.

Moja współpraca została dodatkowo potwierdzona listem podpisanym przez kierownika projektu (Dr. Eng. Razvan Pacurar).

- b) **VISION Advanced Infrastructure For Research – VISIONAIR**, finansowanie: Komisja Europejska, 7 Program Ramowy UE, VISIONAIR, nr 262044, 7PR UE, 2011 – 2015.

Moim zadaniem była budowa manipulatora typu tripod, który stanowił część systemu wirtualnej rzeczywistości.



c) **Faculty of Mechanical Engineering, Technical University of Liberec, Liberec, Czech Republic** (Michal Kašpárek):

W ramach współpracy przeprowadzono wspólne prace badawcze związane ze sterowaniem manipulatorem za pomocą systemu wizyjnego oraz napisano artykuł podsumowującego otrzymane wyniki:

- *Owczarek P., Rybarczyk D., Sędziak D., Kašpárek M., HMI with Vision System to Control Manipulator by Operator Hand Movement, W: Progress in Automation, Robotics and Measuring Techniques : Volume 2 Robotics / red. Roman Szewczyk, Cezary Zieliński, Małgorzata Kaliczyńska: Springer International Publishing, 2015 - s. 201-209*

d) **Udział w programie CEEPUS:**

Z uwagi na zainteresowania naukowe dwukrotnie brałem udział w programie CEEPUS odwiedzając laboratoria Uniwersytetu Rousse wyposażone w różnego typu układy hydrauliczne:

- 6.2018 Angel Kanchev University of Rousse, Department of Thermotechnics, Hydro- and Pneumotechnics, Bugaria, Rousse; CIII-RS-0304-09-1617-M-101852
- 6.2017 Angel Kanchev University of Rousse, Department of Thermotechnics, Hydro- and Pneumotechnics, Bugaria, Rousse; CIII-RS-0304-10-1718-M-113116

## 8 Staż przemysłowy

- Intrex s. z. o. o - projektant układów sterowania, programista sterowników PLC (2015 r.)

## 9 Udział i kierowanie projektami

### Kierownik projektu:

- POIR.01.01.01-00-014/15, "Opracowanie innowacyjnej zrobotyzowanej stacji do montażu przewlekanego płytek drukowanych", „Opracowanie i wdrożenie robota lutowniczego”, Prace badawcze nad opracowaniem elektronicznego systemu sterowania z wykorzystaniem systemu wizyjnego do programowania i sterowania stacją do zrobotyzowanego do lutowania płytek PCB, Renex, Włocławek, konkurs: NCBiR, okres realizacji projektu: 2016-2017, projekt ukończony
- POIR.01.01.01-00-014/15, "Opracowanie innowacyjnej zrobotyzowanej stacji do montażu przewlekanego płytek drukowanych", Prace badawcze ukierunkowane na opracowanie metody, układów oraz oprogramowania do kalibracji głowicy robota lutowniczego, Renex, Włocławek, konkurs: NCBiR, okres realizacji projektu: 2017, projekt ukończony

- 02/22/DSMK/1332, Zastosowanie systemów wizyjnych do sterowania napędami hydraulicznymi, okres realizacji projektu: 2015, projekt ukończony
- 0614/SBAD/1565, Badania w zakresie innowacyjnych technik wytwarzania, pomiaru, konstruowaniu nowoczesnych maszyn i urządzeń oraz ich sterowania, okres realizacji projektu: 2022-2023 r., projekt w trakcie realizacji
- Wykonanie pomiarów za pomocą systemu fotogrametrii dynamicznej ITA Sp. z o.o. Sp. K., okres realizacji projektu: 2019 r., projekt ukończony
- Aesculap Chifa Sp. z o.o. - Spółka Grupy B. Braun, Opracowanie konstrukcji i oprogramowanie urządzenia do badania siły zwierania nożyczek, projekt ukończony

**Wykonawca projektu:**

- VISION Advanced Infrastructure For Research – VISIONAIR”, konkurs: Komisja Europejska, 7 Program Ramowy UE, VISIONAIR, nr 262044, 7PR UE, okres realizacji projektu: 2011 – 2015 r., projekt ukończony  
*Zakres prac: Wykonawca konstrukcji mechanicznej oraz układu sterowania manipulatora typu delta.*
- POIR.01.01.01-01-1318/20, Opracowanie nowej rodziny drabin mechatronicznych oraz wykorzystującej elementy koncepcji Przemysł 4.0. innowacyjnej linii do ich produkcji, Politechnika Poznańska, Metalkas S.A., konkurs: NCBiR, okres realizacji projektu: 2022-2023 r., projekt w trakcie realizacji  
*Zakres prac: Opracowanie i badania elementów układu pomiarowego, napisanie programu serwisowego.*
- RPMA.01.02.00-14-b521/18-00, Badania nad opracowaniem robota humanoidalnego do obsługi klienta, Politechnika Poznańska, Nexio, konkurs: NCBiR, okres realizacji projektu: 2020-2022 r., projekt ukończony  
*Zakres prac: Opracowanie i badania niskopoziomowego układu kontrolno-pomiarowego robota humanoidalnego.*
- POIR.01.01.01-00-D013/16, Opracowanie rodziny foteli do komunikacji masowej ukierunkowanej na poprawę bezpieczeństwa pasażerów w transporcie publicznym, Politechnika Poznańska, Ośrodek Badawczo-Rozwojowy STER Poznań, konkurs: NCBiR, okres realizacji projektu: 2019 r., projekt ukończony  
*Zakres prac: Opracowanie oprogramowania do akwizycji danych oraz badania czujników pod kątem zastosowania w siedzeniu autobusu.*
- 0611/NCBR/2021, „Innowacyjne Układy Napędowe Wózków Inwalidzkich – Projekt, Prototyp, Badania”, okres realizacji projektu: 2022-2025 r., projekt w trakcie realizacji

*Zakres prac: Wykonanie układu kontrolno-pomiarowego (projekt, budowa i programowanie) prototypu stanowiska badawczego z hamownią do wózków inwalidzkich oraz napisanie oprogramowania do analizy danych.*

- WRPO-Dz.1.2, Opracowanie zaawansowanego systemu sterowania i planowania produkcją w czasie rzeczywistym, wykorzystującego innowacyjne metody komunikacji na linii człowiek-system, człowiek-maszyna oraz maszyna-maszyna, Politechnika Poznańska, CERTIGON Sp z o.o., konkurs: WRPO, okres realizacji projektu: 2018 r., projekt ukończony

*Zakres prac: Opracowanie systemów pomiarowych do przemysłowego zastosowania internetu rzeczy.*

- Rzemiosło 4.0. Głowica technologiczna z funkcją zautomatyzowanego wycofywania narzędzia do wnętrza korpusu głowicy przeznaczona do współpracy z robotami kolaborującymi, konkurs: WRPO Wielkopolski Regionalny Program Operacyjny na lata 2014-2020, okres realizacji projektu: 2019-2020 r., projekt ukończony

*Zakres prac: Badania czujników pod kątem zastosowania w głowicy technologiczne oraz opracowania programu serwisowego.*

- POIR.01.01.01-00-1000/17, Prace badawczo – rozwojowe nad opracowaniem samokorygującej się prostowarki, konkurs: NCBiR, Mikrotyk Gniew, Politechnika Poznańska, okres realizacji projektu: 2020 r., projekt ukończony

*Zakres prac: Zbudowanie stanowiska oraz przeprowadzenia badań płaskości arkusza blachy wychodzącej z prostowarki oraz ich drgań.*

- POIR.01.01.01-00-2279/20, Nowa generacja maszyn dedykowanych innowacyjnej technologii strip-till one-pass dostosowanych do rolnictwa smart fields i rolnictwa 4.0, konkurs: NCBiR, Politechnika Poznańska, Mzuri-Agro sp. z o.o. sp. k., okres realizacji projektu: 2021-2023 r., projekt w trakcie realizacji

*Zakres prac: Opracowanie sterownika agregatu siewnego pracującego w technologii strip-till one-pass.*

- PBS3/A6/28/2015, Zastosowanie rozszerzonej rzeczywistości, interaktywnych układów i głosowego interfejsu operatora w sterowaniu urządzeniami dźwigowymi, okres realizacji projektu: 2015-2018 r., konkurs: NCBiR, projekt ukończony

*Zakres prac: Opracowanie układu sterowania sferycznym dźwojstikiem typu haptic.*

- Autonomiczne sterowanie serwonapędami elektrohydraulicznymi, KBN-22-2607/B/T02/2009/37, konkurs: NCBiR, okres realizacji projektu: 2011 r., projekt ukończony

*Zakres prac: Badania w zakresie sterowania liniowym napędem oraz manipulatorem elektrohydraulicznym za pomocą dźwojstika typu haptic (zakres prac szerzej opisany w rozdziale 4.4.6 autoreferatu).*



- Volkswagen Polska, Pomiar siły zamykania drzwi w samochodzie osobowym , JGN-22-731/2010, okres realizacji projektu: 2010 r., projekt ukończony  
*Zakres prac: Budowa układu elektronicznego do pomiaru siły zamykania drzwi przesuwanych w samochodzie osobowym oraz napisania programu do kalibracji urządzenia.*
- SAMSUNG Electronics Manufacturing Poland, Bezpośredni pomiar masy wsadu pralki, 22-863/2012, okres realizacji projektu: 2012 r., projekt ukończony  
*Zakres prac: Opracowanie metody i badania systemu do statycznego pomiaru wagi wsadu w pralce automatycznej.*
- SAMSUNG Electronics Manufacturing Poland, Opracowanie przemysłowej metody detekcji nieszczelności pralki bez użycia wody”, 22-1024/2012, okres realizacji projektu: 2012 r., projekt ukończony  
*Zakres prac: Opracowanie metody oraz budowa stanowiska do automatycznego pomiaru szczelności pralki za pomocą sprężonego powietrza.*
- Inteligentne sterowniki pralek, konkurs: NCBiR, okres realizacji projektu: 2011 r., projekt ukończony  
*Zakres prac: Opracowanie i wykonanie dotykowego panelu użytkownika.*
- „Mechatronika dla przemysłu” – Laboratorium do pomiarów i sterowania urządzeniami mechatronicznymi” UDA-RPWP.01.04.02.-30-002/12-00, konkurs: WRPO Wielkopolski Regionalny Program Operacyjny na lata 2007-2023, okres realizacji projektu: 2015 r., projekt ukończony  
*Zakres prac: Dobór urządzeń oraz udział w przygotowywaniu dokumentów przetargowych.*
- „Era inżyniera. Rozbudowa potencjału rozwojowego Politechniki Poznańskiej” dofinansowywanego z Europejskiego Funduszu Społecznego UDA-POKL-04.01.01-00-211/08-00, okres realizacji projektu: 2011-2012 r., projekt ukończony  
*Zakres prac: Prowadzenie zajęć dydaktycznych na kierunku Mechatronika, przygotowanie zajęć e-learningowych do nauczania zdalnego.*

## 10 Nagrody, medale i wyróżnienia

Nagrody, medale i wyróżnienia uzyskane po uzyskaniu stopnia doktora:

- Nagroda rektora za wyniki uzyskane w ramach Grantu Rektorskiego (33/32/SIGR/0005) „Opracowanie kompleksowej technologii utylizacji zmieszanych odpadów polimerowych pochodzących z branży motoryzacyjnej na terenie Poznania i okolic (Development of complex utilization technology for mixed polymer waste from the automotive industry in Poznań and the surrounding area)”, Politechnika Poznańska 1.04.2020 – 30.11.2021

- Złoty Medal MTP targów ITM Industry Europe 2023 za urządzenie: Drabina Mechatroniczna dla firmy Metalkas SA (byłem członkiem zespołu projektującego i wykonującego nagrodzone urządzenie)
- Medal Expo Silesia: Zestaw modyfikacyjny układu napędu do hybrydowego elektryczno-ręcznego do wózka inwalidzkiego, Politechnika Poznańska, zespół: Ł. Warguła, B. Wieczorek, M. Kukła, Rybarczyk D., Kubacki A. REHexpo – Targi Rehabilitacji i Sprzętu Rehabilitacyjnego (targi branżowe) 12-13.4.2019, Sosnowiec
- Złoty medal: Modification kit for the hybrid electric-manual wheelchair drive system, Politechnika Poznańska, zespół: Ł. Warguła, B. Wieczorek, M. Kukła, Rybarczyk D., Kubacki A, Giedrowicz M., International Warsaw Invention Show IWIS, 14- 16.10.2019, Warszawa
- Nagroda specjalna Ministry of Research and Innovation Romania podczas 47. Międzynarodowej Wystawy Wynalazków w Genewie, Szwajcaria „GENEVA INVENTIONS 2019”, 10 – 14 kwietnia 2019 za Modification kit for the hybrid electric-manual wheelchair drive system, zespół: Warguła Ł., Wieczorek B., Kukła M. Rybarczyk D., Kubacki A., GENEVA INVENTIONS - The International Exhibition of Inventions of Geneva, 10-14.4.2019 Genewa, Szwajcaria
- Złoty medal: Modification kit for the hybrid electric-manual wheelchair drive system, Politechnika Poznańska, zespół: Ł. Warguła, B. Wieczorek, M. Kukła, Rybarczyk D., Kubacki A., EUROINVENT - 11 Edition European Exhibition of Creativity and Innovation 16-18.5.2019, Jassy, Rumunia
- Srebrny medal: Modification kit for the hybrid electric-manual wheelchair drive system, Politechnika Poznańska, zespół: Ł. Warguła, B. Wieczorek, M. Kukła, Rybarczyk D., Kubacki A, Giedrowicz M., XII International Invention and Innovation Show INTARG, 4-5.6.2019, Katowice
- Nagroda specjalna: Gold medal od the Moroccan delegation of inventor and the Ecole Marocaine des Sciences de L'Ingenieur Group podczas XII International Invention and Innovation Show INTARG za Modification kit for the hybrid electric-manual wheelchair drive system. Politechnika Poznańska, zespół: Ł. Warguła, B. Wieczorek, M. Kukła, Rybarczyk D., Kubacki A, Giedrowicz M., XII International Invention and Innovation Show INTARG, 4-5.6.2019, Katowice

## 11 Działalność dydaktyczna

Prowadzone przeze mnie zajęcia dydaktyczne na Politechnice Poznańskiej w okresie od 10.2012 do teraz:

Nazwa przedmiotu	Kierunek studiów	Forma studiów	Forma zajęć
Komputerowe Sterowanie Maszyn	Mechatronika	stacjonarne, niestacjonarne	wykład, laboratorium
Projektowanie i montaż elektroniki	Mechatronika	stacjonarne	wykład, ćwiczenia, laboratorium
Napędy mechatroniczne	Mechatronika	stacjonarne	wykład, laboratorium
Mikrokontrolery	Mechatronika	stacjonarne	wykład, laboratorium
Podstawy Automatyki	Mechatronika, Inżynieria Biomedyczna, Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, Edukacja Techniczno-Informatyczna	Stacjonarne, niestacjonarne	wykład, ćwiczenia, laboratorium
Komputerowe Sterowanie Urządzeniami Medycznymi	Inżynieria Biomedyczna	stacjonarne	wykład, laboratorium
Programowanie mikrokontrolerów 32-bitowych (Mikrokontrolery 32-bitowe)	Mechatronika	stacjonarne, niestacjonarne	wykład, laboratorium

Pozostałe aktywności powiązane z działalnością dydaktyczną:

- Opracowanie autorskiego wykładu oraz zajęć laboratoryjnych z przedmiotu Komputerowe Sterowanie Maszyn i Komputerowe Sterowanie Urządzeniami Medycznymi (przedmiot utworzony w 2016 roku)
- Opracowanie autorskiego wykładu oraz zajęć laboratoryjnych z przedmiotu Projektowanie i montaż elektroniki (przedmiot utworzony w 2019 roku)
- Opracowanie autorskiego wykładu z przedmiotu Napędy mechatroniczne (przedmiot utworzony w 2019 roku)

Wybrane artykuły opublikowane wspólnie ze studentami (dyplomantami):

- o Bialek M., Rybarczyk D., Milecki A., Nowak P., *Artificial hand controlled by a glove with a force feedback, Advances in Manufacturing II. Volume 1 - Solutions for Industry 4.0 / red. Justyna Trojanowska, Olaf Ciszak, José M. Machado, Ivan Pavlenko - Cham, Switzerland : Springer, 2019 - s. 444-455*
- o Bialek M., Nowak P., Rybarczyk D., *Application of an Artificial Neural Network for Planning the Trajectory of a Mobile Robot, Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems - 2020, vol. 14, no. 1, s. 13-23*
- o Szatkowski D., Rybarczyk D., *Development of Two-Wheeled Self-stabilizing Mobile Platform, W: Advances in Manufacturing III : Volume 1 - Mechanical Engineering: Research and Technology Innovations, Industry 4.0 / red. Bartosz Gapiński, Olaf Ciszak, Vitalii Ivanov: Springer, 2022 - s. 78-92.*
- o Urbański J., Stachowiak M., Rybarczyk D., *Development of the Globelike Mobile Robot with the Manipulator Set, W: Advances in Manufacturing III : Volume 1 - Mechanical*



*Engineering: Research and Technology Innovations, Industry 4.0 / red. Bartosz Gapiński, Olaf Cizak, Vitalii Ivanov: Springer, 2022 - s. 64-77.*

Nagrody uzyskane przed dyplomantów za prace dyplomowe pisane pod moją opieką:

- Daniel Wyrwał, VI Konkurs o Nagrodę Siemens dla Absolwentów: Nagroda I stopnia - inż. Daniel Wyrwał za pracę inżynierską pt.: Konstrukcja i sterowanie holonomicznego robota balansującego na sferycznym kole, 2016.
- Daniel Wyrwał, Konkurs ASTOR na najlepszą pracę dyplomową - wyróżnienie, 2016 .
- Daniel Wyrwał, Konkurs na wyróżniająca się pracę dyplomową Federacja Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT - wyróżnienie, 2016.
- Daniel Wyrwał, Konkurs na wyróżniająca się pracę dyplomową w roku akademickim 2015/2016 - II miejsce , 2016.
- Tymoteusz Lindner, I miejsce w konkursie o nagrodę Dziekan Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania za wyróżniająca się pracę dyplomową, 2017.
- Patryk Nowak, Konkurs na wyróżniająca się pracę dyplomową w obszarze techniki oraz organizacji produkcji i usług w 2018 roku, organizator: Federacja Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT Rada w Poznaniu, rodzaj wyróżnienia: wyróżnienie, 2018.
- Patryk Nowak, Konkurs o nagrodę Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej za wyróżniająca się pracę dyplomową w roku akademickim 2017/2018, organizator: Dziekan Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania, rodzaj wyróżnienia: III miejsce, 2019.
- Patryk Nowak, Wyróżnienie w Konkursie "Nagroda Miasta Poznania za wyróżniająca się pracę magisterską", 2020.

#### Wypromowane prace dyplomowe:

Prace inżynierskie:

- Mechatroniczna rękawica / Paweł Wojciechowski (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2015
- Konstrukcja systemu inteligentnego domu / Wojciech Osiński (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2016
- Konstrukcja i sterowanie manipulatora równoległego typu Delta / Jakub Kamiński (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2016
- Konstrukcja i sterowanie holonomicznego robota balansującego na sferycznym kole / Daniel Wyrwał (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2016
- Konstrukcja i sterowanie dwuosiowej platformy stabilizującej / Tymoteusz Lindner (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2016

- Bezprzewodowe sterowanie położeniem elementów roboczych agregatu uprawowego za pomocą tabletu / Filip Zbonik (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2016
- Konstrukcja i badanie dynamiki robota mobilnego klasy Linefollower z napędem tunelowym / Mariusz Pałubicki (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2017
- Konstrukcja dwukołowej platformy samostabilizującej / Dawid Szatkowski (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2017
- Budowa holonomicznego robota mobilnego poruszającego się na kołach omnikierunkowych / Adam Sobczak (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2017
- Konstrukcja zdalnie sterowanego robota sferycznego / Agata Wiśniewska (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2017
- Budowa układu sterowania modelu helikoptera / Jędrzej Bauta (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2017
- Budowa robota sprząającego / Krystian Zieliński (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2017
- Symulator manipulatora typu delta ze sterowaniem wizyjnym / Mikołaj Niechciał (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2018
- Konstrukcja i sterowanie protezą dłoni z siłowym sprzężeniem zwrotnym / Marcin Białek (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2018
- Konstrukcja i sterowanie dwunożnym robotem krocącym / Patryk Nowak (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2018
- Urządzenie do wytrawiania płytek PCB sterowane mikroprocesorowo / Tomasz Nowak (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2019
- Konstrukcja tylnego skrzydła i system DRS w bolidzie klasy Formuła Student / Krzysztof Snela (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2019
- Konstrukcja plotera CNC do obróbki styropianu / Maciej Pytel (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2019
- Zdalnie sterowany pojazd poruszający się po schodach, / Marcin Duszyński (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Rafał Talar, 2019
- Konstrukcja trójkołowego elektrycznego roweru rehabilitacyjnego / Wojciech Węclewski (WIM) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2020
- Deskorolka elektryczna sterowana siłą nacisku / Maciej Urbaniak (WIM) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2020
- Konstrukcja małego pojazdu gaśnicowego do zastosowań inspekcyjnych / Łukasz Hołysz (WIM) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2020
- Budowa stanowiska do badania modelarskich silników lotniczych typu BLDC / Paweł Napierała (WIM) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Bartosz Wieczorek, 2020

- Budowa mobilnego stanowiska do diagnostyki agregatu hydraulicznego / Szymon Buława (WIM) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Łukasz Warguła, 2021
- Konstrukcja i sterowanie ramionami robota mobilnego / Mateusz Stachowiak (WIM) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2021
- Konstrukcja i sterowanie mobilnego robota o kształcie kuli / Jędrzej Urbański (WIM) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2021
- Konstrukcja robota mobilnego z czujnikiem typu LiDAR do mapowania pomieszczeń / Jakub Redzik (WIM) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Bartosz Wieczorek, 2021
- Robot przemysłowy oparty o komponenty produkowane na drukarkach 3D / Michał Wesołowski (WIM) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2021
- Automatyzacja procesu obróbki wybranego detalu na maszynie CNC z wykorzystaniem funkcji sondy pomiarowej oraz automatycznego uchwytu obróbkowego / Kamil Zaklukiewicz (WIM) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Karol Grochalski, 2021
- Urządzenie wskazujące dla osób z niepełnosprawnością ruchową kończyn górnych / Jan Michalski (WIM) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Rafał Talar, 2022
- Konstrukcja czworonożnego robota kroczącego / Krzysztof Kwapisz (WIM) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2022
- Budowa drona bezśmigłowego / Patryk Janus (WIM) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Rafał Talar, 2022
- Budowa prototypu urządzenia do sortowania paczek / Mateusz Kulterman (WIM) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2023

#### Prace magisterskie:

- System do pomiaru drogi hamowania pojazdu szynowego / Bartosz Antkowiak (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2015
- Opracowanie układu sterowania urządzenia do brykietowania wiórów metalowych / Emil Mocos (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2015
- Konstrukcja układu do zdalnego sterowania samochodem osobowym / Krzysztof Chrostek (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2016
- Budowa stanowiska laboratoryjnego do rozpoznawania kolorów za pomocą sieci neuronowych / Jędrzej Frankowski (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2016
- Budowa skanera profilu z silnikiem krokowym / Jakub Neumann (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2016
- Budowa systemu do diagnostyki silnika spalinowego w oparciu o urządzenie do mobilnej akwizycji danych / Dawid Ilnicki (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2016



- Zastosowanie sieci openPOWERLINK w Przemysłowym Internecie Rzeczy na przykładzie autonomicznego stanowiska do druku 3D oraz systemu wizyjnego / Tymoteusz Lindner (WBMiZ), Daniel Wyrwał (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2017
- Wykorzystanie systemów typu Manufacturing Intelligence w celu analizy kluczowych wskaźników efektywności przedsiębiorstwa / Michał Adamkiewicz (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2018
- Sterowania obiektem nieliniowym za pomocą regulatora PID oraz regulatora rozmytego / Agata Wiśniewska (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Michał Wieczorowski, 2018
- Budowa i badanie systemu magazynowania energii z instalacji fotowoltaicznej / Adam Sobczak (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2018
- Układ stabilizujący pozycję poziomą kamery w pojeździe / Dawid Szatkowski (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2018
- Zastosowanie sieci neuronowej w zadaniu planowania trajektorii ruchu robota mobilnego / Marcin Białek (WBMiZ), Patryk Nowak (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2019
- Projekt jednoożnego robota skaczącego / Mikołaj Niechciał (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2019
- Algorytm sterowania autonomicznym robotem mobilnym poruszającym się w labiryncie / Mateusz Ratajczak (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2019
- Układ sterowania temperaturą, oświetleniem i wentylacją wewnątrz szklarni / Maciej Haufa (WBMiZ) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Ewa Stachowska, 2019
- Urządzenie do przetwarzania dźwięku na barwę i wibracje dla osób niesłyszących / Natalia Szmania (WIM), Anna-Maria Michałowska (WIM) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2020
- Budowa elektronicznego układu pomiarowego do akwizycji danych z czujników bolidu elektrycznego / Michał Molik (WIM) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2022
- Sterowanie modelem suwnicy za pomocą sterownika PLC / Weronika Hrysiukowicz (WIM) / prom. Dominik Rybarczyk, rec. Andrzej Milecki, 2022

## **12 Informacja o osiągnięciach popularyzujących naukę**

- Prowadzenie wykładów dla uczniów szkół ponadpodstawowych m. in. dla V Liceum Ogólnokształcącego w Poznaniu
- Wygłoszenie wykładu na seminarium Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk: „Napędy elektrohydrauliczne – wybrane metody sterowania i nadzorowania”

## **13 Działalność organizacyjna**

- Opiekun I roku studiów na kierunku Mechatronika w roku 2015.

- Członek komisji rekrutacyjnej na studiach stacjonarnych II stopnia na kierunku Mechatronika w latach 2015-2023.
- Członek komisji odbierającej prace badawcze finansowane z dotacji na działalność statutową DS-PB i DS-MK Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej za rok 2015 oraz 2016.
- Promotor pomocniczy w przewodzie doktorskim:
  - mgr inż. Arkadiusza Jakubowskiego,
  - mgr inż. Patryk Nowaka,
  - mgr inż. Marcina Białka,
  - mgr inż. Mateusza Wróbla.

#### 14 Wskaźniki naukometryczne

Tabela. 1. Sumaryczne zestawienie kryteriów osiągnięć wnioskodawcy

Lp.	Wykaz osiągnięć, Kryterium według §3 p.4, §4 i §5	Przed doktoratem	Po doktoracie	Łącznie
1	Publikacje w czasopismach z bazy JCR	0	17	17
2	Publikacje w czasopismach innych niż znajdujących się w bazie JCR	14	11	25
3	Publikacje w materiałach konferencyjnych, rozdziały w monografiach lub autorstwo monografii w języku angielskim	4	25	29
4	Udzielone patenty	0	9	9
5	Zgłoszenia patentowe (w trakcie rozpatrywania)	0	1	1
6	Kierownik w projektach badawczych	0	4	4
7	Wykonawca w projektach badawczych	3	10	13
8	Recenzje w czasopismach naukowych	0	28	28
9	Wyjazdy zagraniczne	0	2	2
10	Udział w konferencjach naukowych	5	14	19
11	Zatrudnienie w firmach przemysłowych (umowa o pracę)	0	1	1
12	Nagrody i wyróżnienia za działalność naukową	0	8	8
13	Współpraca zagraniczna	0	2	2
14	Opieka naukowa nad doktorantami - promotor pomocniczy	0	4	4
15	Szkolenia	4	10	14

Tabela. 2. Sumaryczne zestawienie kryteriów osiągnięć wnioskodawcy (wskaźniki oceny dorobku naukowego)

Źródło	Liczba publikacji	Liczba cytowań	Indeks Hirscha (h)
Web of Science (WoS)	42	121 (bez autocytowań 98)	6 (bez autocytowań 6)
Scopus (Sco)	46	153 (bez autocytowań 123)	7 (bez autocytowań 6)
Google Scholar (GSch)	70	230 (bez autocytowań 181)	8 (bez autocytowań 7)
Sumaryczny Impact Factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodny z rokiem opublikowania: <b>47,825</b>			

Współczynnik IF z uwzględnieniem podziału procentowego na bazie artykułów zebranych w cyklu wykazany w osiągnięciu: **12,13**

Liczba punktów ministerialnych z uwzględnieniem podziału procentowego na bazie artykułów zebranych w cyklu: **579,5**

*Dominik... Pyłowski*  
(podpis wnioskodawcy)