

Prof. dr hab. inż. Ewaryst Rafajłowicz,
Członek korespondent PAN,
Politechnika Wrocławska,
Katedra Automatyki, Mechatroniki i Systemów Sterowania

Recenzja dorobku naukowego i dydaktycznego
Pana dr Jarosława Woźniaka
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora
habilitowanego

Informacje ogólne

Niniejszą recenzję sporządziłem w związku z toczącym się postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego Panu dr J. Woźniakowi które prowadzone jest, na Jego wniosek, przez Radę Doskonałości Naukowej w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne, ze wskazaniem Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.

Kandydat otrzymał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie Automatyka i Robotyka w roku 2010, który został mu nadany przez Radę Wydziału Elektrycznego Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie za rozprawę pod tytułem:

„Wybrane problemy sterowania obracającą się belką Timoszenki”

Tematyka i rezultaty cyklu publikacji stanowiących podstawowe osiągnięcie naukowe

Przedłożony do oceny cykl składa się z 7 artykułów, w których Habilitant jest pierwszym autorem, a drugimi współautorami są: Pan M. Firkowski, który ocenił swój wkład w 5 artykułach na 20% , a w jednym na 25%. Pan B. Niesterowicz, ocenił swój wkład na 30% w jednym współautorskim artykule. Obaj złożyli oświadczenia załączone do dokumentacji wniosku.

Habilitant zatytułował swoje osiągnięcie naukowe:

„Zagadnienia stabilności wybranych układów o parametrach rozłożonych z dyssypacją”.

Tematyka cyklu dotyczy stabilności systemów z czasowo-przestrzenną dynamiką. Autor koncentruje się na systemach drgających, z uwzględnieniem obrotów i rozciągania, w tym głównie na modelach belki Timoszenki rozpatrywanej przy różnych warunkach brzegowych i sposobach tłumienia drgań. Tematyka ma pewne związki z zagadnieniami rozpatrywanymi w doktoracie, ale istotnie wykracza poza ten obszar, gdyż Habilitant bada systemy z tłumieniem, których zachowania są tematami rzadko opisanymi w międzynarodowych czasopismach.

Badane przez Habilitanta układy, nazywane także systemami o parametrach rozłożonych, opisuje się wstępnie równaniami o pochodnych cząstkowych, z uwzględnieniem także warunków brzegowych i początkowych. Warto zwrócić uwagę na fakt, że badane tutaj modele zawierają zestaw dwóch równań tego typu. Dawniej, układy takie nazywano polami sprzężonymi, co – zwłaszcza w przypadku belki Timoszenki - dobrze oddaje wzajemne oddziaływanie różnych rodzajów drgań.

W swoich badaniach Habilitant przekształca ten układ równań do opisu w języku półgrup operatorów, uzyskując przejrzysty opis w przestrzeni stanów, przy czym stany są tu funkcjami zmiennych przestrzennych. Przejście do tego opisu nie jest zabiegiem całkiem rutynowym, gdyż - jak wykazał dr J. Woźniak – uzyskiwane operatory w odpowiednio zdefiniowanych przestrzeniach Hilberta nie mają wielu cech operatorów klasycznych, ułatwiających ich analizę. Z tych względów, Habilitant musiał pokonać wiele trudności matematycznych, aby doprowadzić badania stabilności do analizy widm infinyzematycznych generatorów półgrup lub do badań miejsc zerowych odpowiednio zdefiniowanych transmitancji operatorowych. Wypracowane podejście, z modyfikacjami, Habilitant stosował konsekwentnie we wszystkich publikacjach ocenianego cyklu. W kolejnych pracach różne były sposoby tłumienia drgań:

- poprzez tłumienie wzdłuż belki,
- poprzez warunki brzegowe, modelujące tłumienie w wyniku połączeń z innymi elementami.

Habilitant badał stabilność w sensie BIBO (bounded input – bounded output) oraz stabilność asymptotyczną w sensie zbieżności w normie tej przestrzeni Hilberta, w której zanurzone były stany systemu. Cennym wkładem było też uzyskiwanie oszacowań wykładniczych na tempo zbieżności rozwiązań, co pozwoliło dr J. Woźniakowi na przeprowadzenie wnikliwych badań, dotyczących wpływu parametrów czynników tłumiących na osiągalne tempo zbieżności. Na wyniki te można spojrzeć jako na uogólnienie metody linii pierwiastkowych Evansa na systemy o czasowo-przestrzennej dynamice, opisane transmitancją lub równaniami operatorowymi. Kandydat uzyskał je przez zdefiniowanie pojęcia wykładniczej stabilności dla normy silnie ciągłego operatora półgrupy, która jest generowana przez infinyzematyczny operator definiujący system. Następnym krokiem było poszukiwanie supremum tych wykładników, dla których system jest wykładniczo stabilny w zależności od jego parametrów tłumienia. Wartość tego supremum, o ile istnieje, Habilitant nazywa

zapasem stabilności. Dalej będę się tym terminem posługiwał jako krótszym od pełnej nazwy „zapas stabilności amplitudy”.

W rezultacie zastosowania tej „technologii” badawczej Habilitant uzyskał następujące, interesujące poznawczo i praktycznie, rezultaty.

a) *Model obracającej się belki Timoszenki, zaczepionej na lewym końcu do dysku silnika, swobodnej na prawym końcu, z wygaszaniem proporcjonalnym do wygięcia linii centralnej (praca [1]).*

Habilitant wykazał, że w tym przypadku system jest niestabilny w sensie BIBO, nawet wówczas, gdy współczynnik tłumienia belki rośnie do nieskończoności. Mamy zatem do czynienia ze strukturalną niestabilnością systemu sterowania, który opiera się na sprzężeniu zwrotnym od odkształcenia centralnej linii belki. Jak wykazał dr J. Woźniak, powodem jest fakt, że przybliżone wartości biegunów transmitancji dzielą się na dwie podgrupy. Jedna z nich, pozostająca w prawej półpłaszczyźnie zmiennej zespolonej, odpowiada nietłumionym zachowaniom belki i wartość współczynnika tłumienia nie ma na nią wpływu.

Wynik ten dał Habilitantowi wskazówki do poszukiwań innych podejść w celu ustabilizowania drgań belki Timoszenki. Jednym z podejść była metoda zastosowana w pracy [3].

b) *Obracająca się belka Timoszenki z wygaszaniem proporcjonalnym do kąta skręcenia przekroju poprzecznego (praca [3]).*

Dokładniej, w pracy [3] założono jednakową prędkość propagacji poprzecznej i wzdłużnej oraz, że sterowanie jest proporcjonalne do przyspieszenia kąta skręcenia belki w danej chwili. Wartości tego przyspieszenia nie są łatwe do zmierzenia, jednakże ich pomiar jest, z pewnym przybliżeniem, możliwy. Jak wykazał Habilitant, system sterowania jest BIBO stabilny i to z niezerowym zapasem stabilności, zależnym od wzmocnienia.

Wykazanie takich zachowań wymagało od Dr J. Woźniaka przeprowadzenia zaawansowanych badań aby wykazać, że odpowiadający badanemu systemowi generator jest operatorem Rieszera i zbadać jego spektrum.

c) *Stabilizacja belki Timoszenki za pomocą dwóch sprzężeń zwrotnych (praca [2])*

W pracy [2] Habilitant zbadał możliwość stabilizacji belki spełniającej założenia takie jak w b), ale dodatkowo dokładając sprzężenie zwrotne takie jak w a), o którym wiemy, że stosowane osobno prowadziło do strukturalnej niestabilności systemu. Jak pokazał Dr J. Woźniak, przy założeniu równych prędkości propagacji wzdłużnej i poprzecznej, możliwe jest uzyskanie stabilności w sensie BIBO ze skończonym zapasem stabilności.

d) Obracająca się belka Timoszenki z wygaszaniem proporcjonalnym do kąta skręcenia przekroju poprzecznego i różnymi prędkościami propagacji (praca [6]).

Jak wykazał Habilitant w [6], pozornie drobna zmiana w porównaniu z pracą [3], polegająca na dopuszczeniu różnych prędkości propagacji podłużnej i poprzecznej, może prowadzić do jakościowo różnych zachowań rozwiązań, wyrażających się, między innymi, w tym, że trajektorie dążą do zera, ale z prędkością wolniejszą niż dowolnie wybrana funkcja wykładnicza, co oznacza brak zapasu stabilności.

e) Stabilizacja za pomocą sprężyny (praca [4])

Wśród badanych sposobów ustabilizowania belki Timoszenki Habilitant zbadał układ ze sprężyną przymocowaną do dysku i wykazał, że system taki posiada trzy grupy biegunów. Dwie z nich leżą w lewej półpłaszczyźnie i mają skończony zapas stabilności. Natomiast trzecia z nich, o skończonej liczbie elementów, leży na osi urojonej, a więc na granicy stabilności.

f) Stabilizacja za pomocą tarcia o obudowę (praca [5])

W pracy tej model belki jest prostszy, natomiast tłumienie realizowane jest poprzez tarcie o zewnętrzną obudowę. Z tego powodu w badaniach pojawia się także równanie przewodnictwa ciepła, sprzężone z równaniem Eulera dla belki. Traktując moment siły działającej na dysk jako wejście, a jako wyjście temperaturę na końcu belki, Habilitant był w stanie wyprowadzić warunki BIBO stabilności i wykazać, że bieguny transmitancji rozpadają się na dwie grupy, przy czym jedna z nich zależy tylko od stałych materiałowych, ale nie od współczynnika tracenia energii.

g) Istnienie optymalnej wartości tłumienia dla belki Timoszenki (prace [6] i [7])

Wśród wymienionych wyżej ważnych efektów badań ten przedstawiony w pracy [6] i obszernej pracy [7] jest najciekawszy, nie tylko jako rezultat teoretyczny. Mianowicie, Habilitant wykazał, że w przypadku takim jak opisano w b) istnieje optymalna wartość współczynnika tłumienia, przy czym optymalność mierzona jest szerokością zapasu stabilności. Na lewo i na prawo od wartości optymalnej szerokość ta się zmniejsza.

Dodatkowo, w pracy [7] przeprowadzono analizy stabilności dla ważniejszych spośród omówionych przypadków w języku spektrum generatorów odpowiednich półgrup i porównano z przypadkiem istnienia optimum.

Stwierdzam, że problematyka cyklu publikacji jest istotna dla dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne a rozważane problemy mają cechy nowości i potencjalne zastosowania, między innymi, w robotyce.

Rezultaty naukowe, dotyczące warunków stabilności i możliwości stabilizacji systemów o parametrach rozłożonych typu belki Timoszenki i podobnych, zawarte w

cyklu publikacji Dr J. Woźniaka oceniam wysoko. Ważny jest też wkład metodologiczny badania stabilności takich systemów, na który składają się:

- A) Techniki przybliżania biegunów transmitancji i wartości własnych operatorów generujących półgrupy rozwiązań oraz badanie ich zależności od parametrów systemu.*
- B) W przypadku gdy w/w operatory nie są samosprężone badanie ich własności pod kątem spełnienia wymagań nakładanych na operatory Riesza. Stwierdzenie tego faktu ułatwia badanie stabilności.*

Podsumowując, pozytywnie oceniam wkład Habilitanta, zawarty w całym cyklu publikacji i uważam, że spełnione są wymagania odnośnej Ustawy w obszarze osiągnięć naukowych.

Ocena pozostałego dorobku naukowego Habilitanta

Do dokumentacji przewodu, Habilitant załączył także spis publikacji które nie weszły w skład wyżej ocenionego cyklu. W odniesieniu do systemów z czasowo-przestrzenną dynamiką dr J. Woźniak badał następujące zagadnienia:

- sterowalności i obserwowalności (8 prac),
- sterowań optymalnych (3 prace).

Habilitant poszerzył swoje zainteresowania o zastosowania modelowania w medycynie i sporcie (7 prac).

Bibliometria

Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant opublikował:

- 9 rozdziałów w monografiach,
- 13 artykułów w czasopismach o zasięgu międzynarodowym,
- 9 prac w materiałach konferencji międzynarodowych.

Jego publikacje są cytowane (bez autocytowań) 91 i 111 razy w bazach WoS i Scopus, odpowiednio. W obu bazach h-indeks wynosi 6.

Inne

- Odbił staż naukowy 3 mc w Trieście (przed doktoratem)
- Był zapraszany jako prelegent w szkołach naukowych w Iraku i Ukrainie (po doktoracie)
- Współpracuje z Uniwersytetem Medycznym w Szczecinie.
- Współpraca naukowa z University of Sulaimaniya, Irak (współautorstwo dwóch prac naukowych w roku 2020).
- Współpraca naukowo-organizacyjna w ramach członkostwa w Komitecie pro-

gramowym cyklu międzynarodowych konferencji Differential Equations and Control Theory (DECT) z V. N. Karazin Kharkiv National University, Charków, Ukraina (2016–2019).

- Promotor pomocniczy w przewodzie doktorskim mgra M. Firkowskiego (promotor główny – prof. dr hab. G. Sklyar), zakończonym nadaniem stopnia naukowego doktora.
- Promotor 9 prac magisterskich, promotor 2 prac licencjackich, prowadzenie zajęć z wielu przedmiotów, w tym trzech w języku angielskim (optimal control, optimization theory, real analysis).
- Na podkreślenie zasługuje również udział Habilitanta w realizacji projektów badawczych tzw. „miękkich” z zakresu nauczania matematyki.

Podsumowanie. Przedstawiona wyżej, pozytywna ocena dorobku naukowego, badawczego i dydaktycznego dr Jarosława Woźniaka pozwala mi na sformułowanie stwierdzenia, że dorobek ten spełnia wymagania odnośnej Ustawy o Stopniach i Tytule Naukowym, potrzebne do nadania stopnia doktora habilitowanego. W związku z tym, wnioskuję do Komisji i Rady Naukowej o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

Wrocław 4 stycznia 2024 r.



Ewaryst Rafajłowicz