

**Ocena osiągnięcia naukowego dr inż. Dariusza Piotra Tarnapowicza
w związku z postępowaniem habilitacyjnym**

1. Podstawa formalna opinii

Niniejsza recenzja wykonana została na podstawie uchwały Rada Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Świętokrzyskiej z dnia 13.11.2024 r. w sprawie zmiany recenzenta w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne, wszczętego na wniosek dr. inż. Dariusza Piotra Tarnapowicza.

Postawą prawną wydania opinii o osiągnięciu naukowym jest *Ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* [1], a opinia została przygotowana zgodnie z wytycznymi Rady Doskonałości Naukowej zawartymi w publikacji: *Recenzje w postępowaniach o awans naukowy. Poradnik* (2022 r) [2].

Dokumentacja zawiera w formie elektronicznej kopie wszystkich publikacji tworzących osiągnięcie naukowe, wniosek i autoreferat Habilitanta, wykaz innych publikacji i projektów, w których uczestniczył Habilitant. Forma i kompletność wniosku nie budzą uwag, z zastrzeżeniem jednak braku oświadczeń współautorów prezentowanych prac.

2. Analiza formalna przedstawionego do oceny osiągnięcia naukowego

Pan dr inż. Dariusz Piotr Tarnapowicz zgłosił jako podstawę wszczęcia czynności w postępowaniu habilitacyjnym cykl powiązanych tematycznie 10 publikacji (1 samodzielnej oraz 9 współautorskich) zatytułowany: „Wybrane metody poprawy efektywności energetycznej napędowych i generatorowych okrętowych systemów mechatronicznych”. Prace wchodzące w skład cyklu zostały opublikowane w latach 2018 – 2024. Zostały one przez Habilitanta ponumerowane w kolejności powiązanej tematycznie, odpowiednio jako H1 do H10. Kierując się zasadą zawartą w Poradniku RDN, w skład cyklu powiązanych tematycznie prac mogą wchodzić artykuły naukowe opublikowane w czasopiśmie 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 Ustawy.

Analiza bibliograficzna przedstawionego do oceny cyklu prac naukowych wskazuje:

- praca H1 opublikowana została w czasopiśmie Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin, które przypisywane jest do dyscyplin: inżynieria lądowa, geodezja i transport, inżynieria mechaniczna oraz inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka; nie jest zatem przypisana do dyscypliny, w której odbywa się postępowanie.
- prace H2 i H8 opublikowane zostały w czasopiśmie Nase More (Chorwacja), które przypisane jest w zakresie nauk inżynieryjno-technicznych do dyscyplin: architektura i urbanistyka, inżynieria lądowa, geodezja i transport, inżynieria mechaniczna oraz

inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka; nie jest zatem przypisane do dyscypliny, w której odbywa się postępowanie.

- Praca H4 opublikowana została w czasopiśmie New Trends in Production Engineering, które nie znajduje się na wykazie ministerialnym.

Brak przypisania czasopism z publikacjami H1, H2 i H8 do dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne budzi wątpliwości co do merytorycznego poziomu procesu recenzyjnego, dlatego też konieczna jest wnikliwa recenzja tych prac w ramach oceny osiągnięcia naukowego. Natomiast praca H4 nie spełnia zacytowanych wymagań i w związku z tym nie będę jej traktował jako elementu cyklu publikacji.

Pozostałe 6 prac cyklu opublikowane zostało w czasopismach Energies oraz Sensors koncernu wydawniczego MDPI.

Habilitant określił swój udział w autorstwie wspólnych prac jako dominujący, w zakresie od 60% do 80%. Nie przedstawiono jednak potwierdzających to oświadczeń współautorów.

3. Analiza merytoryczna przedstawionego do oceny osiągnięcia naukowego

3.1 Ocena tematyki osiągnięcia naukowego

Habilitant w autoreferacie wskazał, że tematyka cyklu prac dotyczy poprawy efektywności energetycznej okrętowych napędowych i generatorowych systemów mechatronicznych. Przegląd przedstawionych prac pozwala na zdefiniowanie następujących grup tematycznych:

1. Zastosowanie prądnic synchronicznych z magnesami trwałymi jako prądnic wałowych – prace H1, H2 i H3.
2. Zastosowanie przekształtnika DC/AC jako źródła mocy biernej dla stabilizacji napięcia oraz współpraca z elektrochemicznym magazynem energii – praca H5.
3. Analiza efektywności i synteza algorytmu sterowania dla układu przekształtnika zasilania statku z lądu („Shore to Ship”) – praca H6.
4. Zastosowanie silników synchronicznych z magnesami trwałymi PMSM w różnych konfiguracjach napędów statków (hybrydowe, w pełni elektryczne) oraz sterowanie zmierzające do optymalizacji energetycznej i redukcji mocy biernej - prace H7, H8, H9, H10.

Zaproponowane zagadnienia mieszczą się w dyscyplinie naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Pewnym jednak nadużyciem jest określanie przedstawionego zbioru prac jako monotematycznego cyklu publikacji. Prace H1 do H5 dotyczą zagadnienia wytwarzania energii i stabilizacji napięcia, prace H6 do H10 dotyczą natomiast napędów głównych elektrycznych. Wspólnym mianownikiem tych prac jest typ maszyny elektrycznej oraz metody analizy wskazowej. Praca H6 dotyczy innej tematyki.

3.2 Ocena zagadnienia 1 prezentowanego w osiągnięciu naukowym

Artykuł H1 ma początkowo charakter popularno-naukowy, gdy autor przedstawia zalety i podstawowe równania opisu generatora synchronicznego z magnesami trwałymi. W dalszej części, na podstawie równań maszyny autor określa dopuszczalny obszar pracy, nazywając to obszarem stabilności. Zaznacza przy tym, że zaprezentowany na schemacie blokowym regulator PID jest odpowiedzialny za zadawanie prądu w osi „q”, przyjmując arbitralnie zerową wartość prądu zadanego w osi „d”. W tym krótkim artykule autor nie omawia żadnych

szczegółów doboru elementów układu regulacji (w tym samego regulatora PID) ani nie przedstawia modelu symulacyjnego. Bardzo skromnie potraktowana została bibliografia pracy, składająca się w znacznej mierze z prac własnych autora. Warto też zauważyć, że rozwiązania z synchronicznymi generatorami wałowymi o magnesach trwałych są komercyjnie dostępne [3], [4], [5]. Warto zwrócić także uwagę na szerokie zastosowanie generatorów synchronicznych o magnesach trwałych w układach odnawialnych źródeł energii, w turbinach wodnych i wiatrowych [6], [7], [8].

W artykule H2 autorzy zajęli się zagadnieniem optymalnego sterowania generatorem synchronicznym zasilającym aktywny przekształtnik AC/DC. Przyjęto założenie generowania zerowej mocy biernej i na tej podstawie wyznaczano składowe prądu zadanego w osiach „d” i „q”. Nie zostały uwzględnione inne straty, w tym straty w żelazie lub straty w przekształtniku. Rozważania zostały zilustrowane symulacjami, a istotnie uproszczony model symulacyjny zamieszczono w pracy. Należy zauważyć, że zagadnienie minimalizacji strat w maszynie synchronicznej z magnesami trwałymi jest szeroko analizowane w literaturze tematu. [9], [10] Artykuł H3 dotyczy optymalizacji pracy układów hybrydowych w systemach zasilania statków, w szczególności współdziałania generatorów wałowych i dieslowskich. Silniki wysokoprężne w agregatach prądotwórczych często pracują w warunkach niedoładowania, co prowadzi do niepełnego spalania paliwa i zjawiska powstawania osadów w układzie wydechowym - "wet stacking". Autorzy proponują takie sterowanie rozdziałem mocy między pracujące równolegle generator wałowy i agregat prądotwórczy, by okresowo mocniej obciążać silnik w agregacie, co ograniczy efekt „wet stacking”. To interesujące rozwiązanie z praktycznego punktu widzenia. Zaproponowana koncepcja układu sterowania została zweryfikowana na modelu symulacyjnym w Matlabie.

Podsumowując zagadnienie 1 w ocenianym zbiorze publikacji uważam, że prace H1, H2, H3 wprowadzają praktyczne zastosowanie istniejących technologii sterowania PMSG w kontekście okrętowych generatorów wałowych, co ma wartość aplikacyjną. Oryginalność tych rozwiązań jest bardziej związana z adaptacją i dopasowaniem istniejących rozwiązań do specyficznego kontekstu systemów okrętowych, niż z wprowadzeniem nowych koncepcji teoretycznych.

3.3 Ocena zagadnienia 2 prezentowanego w osiągnięciu naukowym

W pracy H5 zaproponowano zastosowanie autonomicznego hybrydowego systemu elektroenergetycznego dla statków, opartego na generatorze synchronicznym z magnesami trwałymi (PMSG) oraz aktywnym konwerterze zintegrowanym z magazynem energii (baterie litowo-jonowe). Podobnie jak w systemach STATCOM (Static Synchronous Compensator) i filtrach aktywnych, autorzy wykorzystują sterowanie mocy biernej do stabilizacji napięcia [11]. W miejsce baterii kondensatorów filtra aktywnego zastosowano elektrochemiczny bank energii. Jednak w pracy przyjęto daleko idące uproszczenie dotyczące braku potrzeby kontrolowania parametrów baterii (napięcie, prąd ładowania). Założono także znajomość wszystkich parametrów, co eliminuje konieczność stosowania układów regulacji ze sprzężeniem zwrotnym i zdecydowanie ułatwia uzyskanie stabilnej pracy w stanie ustalonym. W dalszej części pracy autorzy prowadzą ciekawą analizę różnych trybów eksploatacji statku, w tym manewrowania, rejsu morskiego, postoju w porcie oraz ładowania akumulatorów.

Podsumowując zagadnienie 2 jest interesujące i mogło by stanowić istotny wynik po dalszym opracowaniu i rozbudowie.

3.4 Ocena zagadnienia 3 prezentowanego w osiągnięciu naukowym

Zagadnienie 3 zaprezentowane zostało w pracy H6. Dziwi trochę decyzja autorów o publikacji w czasopiśmie Sensors, gdyż tematyka pracy H6 istotnie różni się od profilu czasopisma, a to wywołuje mniejszy zasięg artykułu.

Opracowano model systemu „shore to ship” STS opartego na aktywnym przekształtniku energoelektronicznym, który pozwala na dynamiczne sterowanie przepływem mocy czynnej i biernej. System umożliwia dwukierunkowy przesył mocy między siecią portową a statkiem, eliminując konieczność stosowania klasycznych generatorów diesla w porcie [12]. Rozwiązania takie są także przedmiotem prac prowadzonych w kraju [13].

W pracy H6 autorzy ograniczają się do ogólnej analizy działania energoelektronicznego układu STS z pośredniczącym obwodem napięcia stałego, a w badaniach symulacyjnych przyjmują, że odbiornikiem jest obwód napięcia stałego. Na podstawie analizy zależności geometrycznych w wykresach wskazowych wyznaczone są reguły sterowania prostownikiem dla zminimalizowania mocy biernej pobieranej z sieci energetycznej. Analiza ma charakter statyczny. Zasygnalizowane tylko w pracy zostało zagadnienie dokładniejszego oszacowania strat mocy w przekształtniku energoelektronicznym.

3.5 Ocena zagadnienia 4 prezentowanego w osiągnięciu naukowym

Zagadnienie 4 dotyczy zastosowania maszyn synchronicznych o magnesach trwałych do napędu statku. W artykule H7 autorzy przedstawiają dwa podejścia do sterowania silnikiem PMSM zasilanym z generatora napędzanego silnikiem spalinowym, których głównym celem jest optymalizacja energetyczna. W toku rozważań autorzy przyjmują stałe napięcie na szynach DC. Autorzy przyjmują także, że sterowanie minimalizujące moc bierną w obwodzie zasilania silnika będzie tożsame z minimalnym zużyciem energii. Pierwsza metoda oparta jest na analizie stanu ustalonego. Autorzy nie budują przy tym obwodu regulacji prądu, lecz zadają napięcia na podstawie uchybu prędkości. Wykorzystują klasyczne w napędzie elektrycznym transformaty Clark-Parka (nazywając je transformatami Parka-Goreva (!)). Odpowiednio do aktualnej wartości składowych wektora prądu modyfikują wartości zadane składowych wektora napięcia. Taka struktura regulacji skutkuje oscylacjami momentu wytwarzanego przez silnik, natomiast w stanie ustalonym pobór mocy biernej jest zminimalizowany.

W drugim podejściu zastosowano liniaryzację wejście-wyjście (I/O) (odpowiadającą odsprężeniu modelu matematycznego) i optymalne sterowanie LQR. Autorzy nie podają jednak metody doboru macierzy wagowych w kryterium jakości. Ponieważ regulator LQR bazuje na uchybie prędkości, to zaproponowany został dodatkowy mechanizm optymalizacji mocy biernej w stanie ustalonym. W ten sposób uzyskano zerową moc bierną w stanie ustalonym, oraz poprawę właściwości dynamicznych układu. Analizując pracę H7 należy zauważyć brak eksperymentalnej weryfikacji – oprócz symulacji, nie przedstawiono wyników z badań laboratoryjnych. Brakuje także analizy wpływu niepewności parametrów i zakłóceń – co jest istotne przy implementacji w systemach o wysokiej mocy i zmiennych warunkach pracy. Brak określenia kryteriów doboru regulatorów utrudnia weryfikację uzyskanych wyników.

Taka sama struktura układu napędowego analizowana jest w pracy H8. W części wstępnej autorzy wprowadzają elektrochemiczną baterie buforową oraz generator napędzany silnikiem spalinowym, jednak w dalszej części analizy i w weryfikacji symulacyjnej przyjmują, że w obwodzie DC jest stałe napięcie. Przyjęta została histerezyowa regulacja prądów fazowych, niekorzystna z energetycznego punktu widzenia. Autorzy koncentrują się głównie na stanie ustalonym, podczas gdy w rzeczywistych warunkach morskich istotne są również dynamiczne zmiany obciążeń. Brak jest także pogłębionej analizy wyników z innych metod optymalizacji energetycznej (np. algorytmów heurystycznych) w kontekście hybrydowych napędów morskich.

W pracy H9 autorzy zaproponowali modyfikację wcześniejszych struktur sterowania. Polega ona na obrocie układu współrzędnych „dq” (skojarzonego z asymetryczną budową wirnika) o pewien kąt, który zapewnia zerowy pobór mocy biernej. Kąt ten musi być na bieżąco wyznaczany, zależnie od aktualnego obciążenia silnika. Ponieważ optymalizacja odbywa się w stanie ustalonym, możliwe jest uzyskanie pracy z całkowicie skompensowaną mocą bierną. Autorzy jednak nie podali jednoznacznie zalety proponowanej metody w stosunku do poprzednich rozwiązań, polegających na stosownej modyfikacji prądu zadanego w osi d. Nowym elementem w pracy H9 jest weryfikacja na stanowisku laboratoryjnym. Prezentowane wyniki w stanie ustalonym wskazują na poprawną implementację. Wątpliwości budzi skala czasowa wykresów, w której nie widoczne są szczegóły procesów przejściowych.

Ostatni z artykułów z tematyki 4 to praca H10. Habilitant określił swój udział w autorstwie pracy na 60%, jednak z deklaracji współautorów zamieszczonej w pracy H10 wynika co najmniej taki sam udział w autorstwie artykułu pana prof. dr hab. inż. Zenona Zwierzewicza. Praca ta odróżnia się zastosowanym formalizmem matematycznym od pozostałych prac cyklu. W pracy zaproponowano adaptacyjny układ sterowania PMSM, w którym unika się stosowania członu całkującego, ponieważ zakłócenia traktowane są jako nieznany parametr korygowany adaptacyjnie. Poprzez linearyzację przez sprzężenie zwrotne uzyskano możliwość jednoczesnej stabilizacji prędkości i minimalizację mocy biernej. Wykazano, że wewnętrzna dynamika układu (przy wyzerowanej wartości wyjściowej) jest asymptotycznie stabilna, co dowodzi poprawności zastosowanej metody linearyzacji. W przeciwieństwie do klasycznych regulatorów PID, system adaptacyjny automatycznie dostosowuje parametry, eliminując potrzebę ręcznego strojenia. Temat adaptacyjnego sterowania układu napędowego o zmiennych parametrach jest analizowany w szeregu prac [7], [9], [10], [14], [15], i praca H10 dobrze wpisuje się w te badania. Szkoda, że autorzy nie zamieścili przekonującej weryfikacji laboratoryjnej.

3.6 Podsumowanie analizy merytorycznej cyklu publikacji

Maszyna synchroniczna o magnesach trwałych jest popularnym rozwiązaniem zarówno w układach generacji energii jak i w układach napędowych. Z reguły maszyna taka współpracuje z odpowiednim sterowanym przekształtnikiem energoelektronicznym. Stąd też liczne są prace poruszające zagadnienia sterowania takimi układami. Habilitant podjął się zadania analizy możliwości zastosowania takich rozwiązań w układach okrętowych. Na podstawie załączonych materiałów z pewnością należy docenić rozległe doświadczenia i wiedzę aplikacyjną Habilitanta w tym zakresie. Jednak w mojej ocenie przedstawione w cyklu publikacje (z wyjątkiem pracy H10) mają głównie wartość związaną z adaptacją i dopasowaniem

istniejących rozwiązań do specyficznego kontekstu systemów okrętowych, niż z wprowadzeniem nowych koncepcji teoretycznych. Dlatego też w mojej opinii cykl ten nie wnosi znaczącego wkładu w rozwój dyscypliny naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

4. Podsumowanie i wniosek końcowy

Na podstawie przeprowadzonej analizy osiągnięcia naukowego dr. inż. Dariusza Piotra Tarnapowicza w związku z postępowaniem habilitacyjnym w postaci cyklu powiązanych tematycznie opublikowanych artykułów naukowych pod wspólnym tytułem „Wybrane metody poprawy efektywności energetycznej napędowych i generatorowych okrętowych systemów mechatronicznych” stwierdzam, że zaprezentowana tematyka badań mieści się w zakresie reprezentowanej przeze mnie dyscypliny naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Cykl ten spełnia (z zastrzeżeniami przedstawionymi w punkcie 2 niniejszej opinii) wymagania formalne zawarte w art. 219 ust. 1 pkt 2 lit b Ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce [1]. Jednocześnie oceniam, że analizowane osiągnięcia naukowe dr. inż. Dariusza Piotra Tarnapowicza nie stanowią znaczącego wkładu w rozwój dyscypliny naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

Stefan Brock

- [1] Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. [Online]. Dostępne na: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20180001668>
- [2] Rada Doskonałości Naukowej, „Recenzje w postępowaniach o awans naukowy. PORADNIK”, 2022. [Online]. Dostępne na: <https://www.rdn.gov.pl/dobre-praktyki.html>
- [3] „The Switch | Permanent Magnet Machines for Marine”. Dostęp: 13 luty 2025. [Online]. Dostępne na: <https://theswitch.com/marine/permanent-magnet-machines/>
- [4] „HD HYUNDAI ELECTRIC”. Dostęp: 13 luty 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.hd-hyundaielectric.com>
- [5] „Variable speed shaft generator (PTO/PTI)”, Marine. Dostęp: 13 luty 2025. [Online]. Dostępne na: <https://new.abb.com/marine/systems-and-solutions/electric-solutions/variable-speed-shaft-generator>
- [6] A. G. Sarigiannidis, E. Chatzinikolaou, C. Patsios, i A. G. Kladas, „Shaft Generator System Design and Ship Operation Improvement Involving SFOC Minimization, Electric Grid Conditioning, and Auxiliary Propulsion”, *IEEE Trans. Transp. Electrific.*, t. 2, nr 4, s. 558–569, grudz. 2016, doi: 10.1109/TTE.2016.2614999.
- [7] Z. Zhang, Z. Li, M. P. Kazmierkowski, J. Rodriguez, i R. Kennel, „Robust Predictive Control of Three-Level NPC Back-to-Back Power Converter PMSG Wind Turbine Systems With Revised Predictions”, *IEEE Trans. Power Electron.*, t. 33, nr 11, s. 9588–9598, lis. 2018, doi: 10.1109/TPEL.2018.2796093.
- [8] D. Borkowski, T. Węgiel, P. Kisielewski, i D. Liszka, „Universal Modular Permanent Magnet Synchronous Generator for Small Low-Head Hydropower Plants”, *IEEE Trans. Energy Convers.*, t. 38, nr 4, s. 2884–2894, grudz. 2023, doi: 10.1109/TEC.2023.3288129.
- [9] S. Li, T. A. Haskew, R. P. Swatloski, i W. Gathings, „Optimal and Direct-Current Vector Control of Direct-Driven PMSG Wind Turbines”, *IEEE Trans. Power Electron.*, t. 27, nr 5, s. 2325–2337, maj 2012, doi: 10.1109/TPEL.2011.2174254.
- [10] P. Asef, R. B. Perpina, M. R. Barzegaran, A. Laphorn, i D. Mewes, „Multiobjective Design Optimization Using Dual-Level Response Surface Methodology and Booth’s Algorithm for Permanent Magnet Synchronous Generators”, *IEEE Trans. Energy Convers.*, t. 33, nr 2, s. 652–659, cze. 2018, doi: 10.1109/TEC.2017.2777397.
- [11] A.-H. M. Abu-Jalala, T. Cox, C. Gerada, M. Rashed, T. Hamiti, i N. Brown, „Power Quality Improvement of Synchronous Generators Using an Active Power Filter”, *IEEE Trans. on Ind. Applicat.*, t. 54, nr 5, s. 4080–4090, wrz. 2018, doi: 10.1109/TIA.2018.2828789.
- [12] X. Yang, G. Bai, i R. Schmidhalter, „Shore to ship converter system for energy saving and emission reduction”, w *8th International Conference on Power Electronics - ECCE Asia*, Jeju, Korea (South): IEEE, maj 2011, s. 2081–2086. doi: 10.1109/ICPE.2011.5944522.
- [13] R. Strzelecki, P. Mysiak, i T. Sak, „Solutions of inverter systems in Shore-to-Ship Power supply systems”, w *2015 9th International Conference on Compatibility and Power Electronics (CPE)*, Costa da Caparica, Portugal: IEEE, cze. 2015, s. 454–461. doi: 10.1109/CPE.2015.7231118.
- [14] R. Nalepa i T. Orlowska-Kowalska, „Optimum Trajectory Control of the Current Vector of a Nonsalient-Pole PMSM in the Field-Weakening Region”, *IEEE Trans. Ind. Electron.*, t. 59, nr 7, s. 2867–2876, lip. 2012, doi: 10.1109/TIE.2011.2116755.
- [15] R. Zhang, Z. Yin, N. Du, J. Liu, i X. Tong, „Robust Adaptive Current Control of a 1.2-MW Direct-Drive PMSM for Traction Drives Based on Internal Model Control With Disturbance Observer”, *IEEE Trans. Transp. Electrific.*, t. 7, nr 3, s. 1466–1481, wrz. 2021, doi: 10.1109/TTE.2021.3058012.