

Recenzja
osiągnięcia naukowego oraz aktywności naukowej dr. inż. Tomasza Kowalczyka
w związku z postępowaniem habilitacyjnym
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria
mechaniczna

Recenzję opracowano w nawiązaniu do pisma dr hab. inż. Grzegorza Żywicy, prof. IMP PAN, Z-cy Dyrektora ds. naukowych Instytutu Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk z dnia 14 kwietnia 2023 r. zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Ocena osiągnięcia naukowego oraz aktywności naukowej Habilitanta została sporządzona na podstawie dostarczonej dokumentacji zawierającej wniosek wraz pięcioma załącznikami, wśród których jest autoreferat (zał. 3) i wykaz osiągnięć naukowych (zał. 4).

1. Ogólna charakterystyka Habilitanta

Dr inż. Tomasz Kowalczyk jest absolwentem Politechniki Gdańskiej, gdzie ukończył kierunek międzywydziałowy Energetyka broniąc pracę inżynierską w 2011 roku a następnie pracę magisterską w 2012 roku. W 2013 roku został zatrudniony na stanowisku specjalisty w Zakładzie Konwersji Energii w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku. Zajmował się między innymi podnoszeniem sprawności konwersji energii w ujęciu analizy energetycznej i egzergetycznej. Wiele zawdzięcza postawie naukowej jaką wyniósł ze szkoły profesora Janusza Badura, która charakteryzuje się odwagą w podejmowaniu najtrudniejszych i przez to najwartościowszych dla naszego społeczeństwa problemów badawczych. Połączenie dużej wiedzy teoretycznej z bezpośrednią współpracą z partnerami przemysłowymi, co jest praktykowane w Zakładzie Konwersji Energii, daje możliwości rozwiązania najbardziej ambitnych zadań badawczych. Równolegle z pracą w Instytucie Maszyn Przepływowych Habilitant prowadził własną działalność gospodarczą w dziedzinie automatyki przemysłowej oraz był zatrudniony na stanowisku specjalisty automatyka w branży inżynierii procesowej i energetyki z firmie Bros Control Sp. z o.o.

Stopień doktora nauk technicznych Kandydat uzyskał w dyscyplinie mechanika i specjalności termodynamika, nadany w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN w dniu 4.02.1998 r., za rozprawę doktorską pt: „Analiza termodynamiczna jądrowego obiegu energetycznego skojarzonego z produkcją wodoru”, promotor: prof. dr hab. Janusz Badur, recenzenci: prof. dr hab. inż. Ryszard Bartnik, prof. dr hab. inż.

Wojciech Stanek. Habilitant od 2019 roku pracuje na stanowisku adiunkta w Zakładzie Konwersji Energii w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku.

2. Ocena dorobku naukowego

2.1. Ocena osiągnięcia naukowego

Działalność naukowa dr inż. Tomasza Kowalczyka po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych dotyczy integracji konwencjonalnych, jądrowych oraz odnawialnych źródeł energii z zastosowaniem magazynów energii. Habilitant analizuje wpływ tej integracji na sprawność konwersji energii i bezpieczeństwo Krajowego Systemu Elektroenergetycznego. Przedstawione do oceny badania są obecnie niezwykle istotne ze względu na obowiązujące ograniczenia emisji CO₂ oraz sytuację geopolityczną w Europie. Intensywny rozwój odnawialnych źródeł energii (OZE), które charakteryzują się dużą zmiennością generowanej mocy czynnej musi być powiązany z modyfikacją bardziej przewidywalnych źródeł energii oraz/lub budową magazynów energii dużej mocy. Zwiększanie mocy zainstalowanej w OZE bez właściwej integracji ze źródłami konwencjonalnymi oraz/lub magazynami energii zagraża bezpieczeństwu eksploatacji systemu elektroenergetycznego. Celowe jest więc podejmowanie badań w zakresie zwiększenia elastyczności istniejących konwencjonalnych źródeł energii oraz rozbudowy systemu energetycznego o magazyny energii różnych typów.

We wskazanym do oceny osiągnięciu naukowym znajduje się jedna monografia i pięć artykułów naukowych, które ukazały się drukiem w czasopiśmie z listy JCR w latach 2019-2022. W pracy [I.2.6] przedstawiono dwie propozycje modernizacji bloku ciepłowniczego w Elektrociepłowni w Gorzowie Wielkopolskim poprzez wtrysk pary z obiegu parowego do komory spalania turbiny gazowej. Para pobierana jest albo przed turbiną parową lub z części wysokoprężnej turbiny omijając część niskoprężną, odgazowywacz i skraplacz. Istotną cechą obu modernizacji jest wzrost mocy elektrycznej elektrociepłowni przy jednoczesnej redukcji mocy ciepłowniczej.

Dodatkowo następuje redukcja emisji dwutlenku węgla oraz tlenków azotu. Są one spowodowane odpowiednio podniesieniem sprawności generacji energii elektrycznej oraz obniżeniem temperatury w komorze spalania.

Propozycję integracji obiegu gazowo-gazowego z magazynem energii sprężonego powietrza przedstawiono w pracy [I.2.2]. Analizowano obieg termodynamiczny, składający się z dwóch turbin gazowych połączonych szeregowo za pomocą przeponowego wymiennika ciepła. Zapewnia on wyższą sprawność konwersji energii niż otwarty obieg Jule'a-Braytona, ale niższą niż obieg gazowo-parowy. Niższe są też nakłady inwestycyjne i większa elastyczność pracy niż dla obiegu kombinowanego. Magazynowanie energii jest możliwe w obrębie wybranego bloku energetycznego bez konieczności kupowania energii elektrycznej z sieci w czasie ładowania magazynu energii i daje możliwość pełnego obciążenia bloku przy braku oddawania energii do systemu elektroenergetycznego.

Praca [I.2.3] rozszerza analizę integracji obiegu z magazynem sprężonego powietrza o wpływ logarytmicznej różnicy temperatur wymienników ciepła na



powierzchnie wymiany ciepła i sprawność obiegu. Obniżenie jednostkowego kosztu wytwarzania energii osiąga znaczne wartości jeżeli okres niskiego zapotrzebowania na energię elektryczną wynosi 12 h. Jednostkowy koszt produkcji elektryczności w obiegu gazowo-gazowym współpracującym z magazynem sprężonego powietrza jest znacznie mniejszy od jednostkowego kosztu w obiegu gazowo-parowym.

Autorska praca [I.2.1] przedstawia integrację obiegu gazowo-gazowego z magazynem sprężonego powietrza i magazynem ciepła. Zaprezentowano w niej też model termodynamiczny opisujący proces ładowania magazynu sprężonego powietrza, który pozwala na analizę strat rozruchowych głównych wymienników ciepła. Uzyskane wyniki porównano z wielkościami uzyskanymi z referencyjnego obiegu gazowego z regeneracją ciepła. Zaproponowany hybrydowy obieg z magazynem energii termicznej osiąga zdecydowane mniejsze straty egzergetyczne oraz mniejszą jednostkową emisję dwutlenku węgla niż referencyjny obieg gazowy z regeneracją ciepła przy pomijalnie niższej sprawności energetycznej cyklu ładowania i rozładowania magazynu energii. Wynika to z faktu magazynowania większej ilości energii elektrycznej pobieranej z sieci, a zużywania mniejszej ilości paliwa w cyklu rozładowania magazynu. Mniejsza masa głównego wymiennika ciepła wpływa na zmniejszenie jego bezwładności cieplnej podczas procesów nieustalonych. Wadą rozwiązania jest konieczność budowy magazynu energii termicznej, którego wymiary nie przekraczają jednak największych urządzeń bloku energetycznego. Magazyn ciepła dla elektrowni o mocy 321 MW i pojemności 2 568 MWh składa się z cylindrycznego zbiornika o średnicy 67 m wysokości 5,5 m zasypanego żwirem o masie 23,5 tys. ton. Dla porównania chłodnie kominowe elektrowni Bełchatów posiadają 180 m wysokości i 120 m średnicy u podstawy.

Idea połączenia magazynów sprężonego powietrza i energii termicznej z wykorzystaniem obiegu gazowo-gazowego jest też przedmiotem zgłoszenia patentowego [III.3.4].

Magazynowanie energii chemicznej w postaci wodoru jest obecnie jedną z najbardziej perspektywicznych technologii. W pracy [I.2.5] założono, że wodór jest produkowany z wykorzystaniem stałotlenkowych ogniw wysokotemperaturowych. Za źródło ciepła przyjęto wysokotemperaturowy reaktor jądrowy chłodzony helem. Stos ogniw zasilany jest energią elektryczną z generatorów turbozespołu gazowego i parowego oraz ciepłem z reaktora. Układ regeneracji ciepła pozwala odzyskać ciepło od produktów elektrolizy, tym samym pozwala efektywniej wykorzystać do procesu parę niskoprężną. W pracy przeprowadzono analizę energetyczną oraz egzergetyczną przy obciążeniu nominalnym oraz obciążeniach częściowych obiegu cieplnego. Wykazano niską destrukcję egzergii podczas regulacji mocy, ponieważ analizowany system energetyczny może dostosowywać moc oddawaną do sieci energetycznej bez wprowadzania dodatkowych strat konwersji energii.

W pracy [I.2.4] przeprowadzono analizę porównawczą obiegu gazowego z regeneracją ciepła; obiegu gazowego z regeneracją ciepła z chłodnicą międzystopniową i bez niej; zintegrowanego z obiegiem z czynnikiem niskowrzącym oraz obiegu gazo-parowego. Dla zadanej mocy cieplnej reaktora najwyższą moc elektryczną, a co za tym idzie i najwyższą sprawność, osiąga obieg kombinowany z regeneracją ciepła w obrębie obiegu gazowego i bez chłodzenia międzystopniowego z etanolem jako czynnikiem niskowrzącym.

W przedstawionych do oceny pracach zaproponowano różne modyfikacje pracy bloków energetycznych w celu zapewnienia wysokiej sprawności konwersji energii i bezpieczeństwa Krajowego Systemu Elektroenergetycznego, który wykorzystuje coraz więcej odnawialnych źródeł energii. Opracowane przez Habilitanta modele termodynamiczne w środowisku Engineering Equation Solver pozwoliły na zbudowanie nowych, oryginalnych projektów integracji elektrowni konwencjonalnych, jądrowych, OZE oraz magazynów energii. Przeprowadzono modelowanie nie tylko dla parametrów nominalnych ale też przy obciążeniach częściowych, w tym również w zależności od przyjętej metody regulacji mocy. W wykonanych analizach uwzględniono gabaryty maszyn przepływowych, a nawet starty rozruchowe. Wykazano numerycznie, że proponowane modyfikacje umożliwiają między innymi redukcję emisji dwutlenku węgla, tlenków azotu, wzrost mocy elektrycznej elektrociepłowni przy jednoczesnej redukcji mocy ciepłowniczej, obniżenie jednostkowego kosztu wytwarzania energii i niską destrukcję egzergii podczas procesu regulacji mocy. Oryginalność i skuteczność proponowanych rozwiązań została dostrzeżona na świecie, czego dowodem jest opublikowanie uzyskanych wyników w najważniejszych światowych czasopismach w branży inżynierii procesowej i energetyki takich jak Energy oraz Energy Conversion and Management. Prace te stanowią bardzo dobry punkt startowy do dalszych badań, w których opracowane modyfikacje bloku ciepłowniczego lub propozycje integracji obiegu gazowo-gazowego z magazynem energii zostaną wdrożone w energetyce. Sądzę, że przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe wnosi znaczący wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna i jest odpowiednie do ubiegania się o wnioskowany stopień naukowy.

2.2. Ocena aktywności naukowej

W ramach wysoko ocenianej działalności naukowej dr inż. Tomasza Kowalczyka bez uwzględniania prac stanowiących oceniane osiągnięcie naukowe, prowadzonej po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych w 2018 r. można wyróżnić:

- współautorstwo publikacji naukowych w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR) – 3 prace,
- współautorstwo publikacji naukowych w czasopismach znajdujących się na liście MNiSW – 3 prace,
- współautorstwo publikacji naukowych w czasopismach znajdujących się poza listą MNiSW – 3 prace,
- 3 rozdziały w monografiach,
- referaty wygłoszone i zamieszczone materiałach konferencji międzynarodowych i krajowych – 2 prace.

Wskaźniki bibliometryczne aktywności Habilitanta są wysokie i wynoszą według bazy Scopus: indeks Hirscha 8, liczba cytowani bez autocytowań 210.

Kandydat aktywnie uczestniczy w 3 realizowanych obecnie projektach badawczych. Celem jednego z nich jest zaprojektowanie i wykonanie układu power-

to-gas opartego na stosie stałotlenkowych ogniw elektrochemicznych pracujących w trybie elektrolizera i w trybie odwracalnym. W tym projekcie jest odpowiedzialny za analizę wpływu instalacji stałotlenkowych ogniw na obieg parowy. Jako obiekt bazowy wybrano blok kogeneracyjny, biomasowy o mocy elektrycznej 20 MW elektrociepłowni Energa Kogeneracja Sp. z o.o. w Elblągu.

Po doktoracie dr inż. Tomasz Kowalczyk brał udział w 2 zakończonych projektach badawczych krajowych. Jednym z nich był projekt LIDER/4/0008/L-9/17/NCBR/2018 finansowany z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, w którym modelował zjawiska przemiany fazowej materiałów PCM wykorzystywanych do magazynowania niskotemperaturowej energii cieplnej. Habilitant jest autorem i współautorem 4 zgłoszeń patentowych, które procedowane są obecnie przez Urząd Patentowy. Dotyczą one wieńca kierowniczego sprężarki gazu z wkładem katalitycznym, obiegu termochemicznego do efektywnego magazynowania energii elektrycznej z wykorzystaniem wysokoenergetycznych reakcji oraz obiegu turbogazowego z magazynami ciepła i sprężonego powietrza.

W ramach pracy zawodowej Kandydat realizował prace badawcze zakończone wdrożeniami nowych rozwiązań konstrukcyjnych w obszarze miernictwa i układów sterowania w PGE GiEK S.A. oddziały el. Bełchatów i Turów oraz zakładach chemicznych Anwil S.A. W zakładach chemicznych Anwil S.A. prace polegały na niwelacji drgań turbiny parowej o mocy 15 MW napędzającej sprężarki gazu syntezowego. Rozwiązaniem problemu był autorski projekt belki zaworowej, która zmieniła kolejność otwierania zaworów regulacyjnych z sąsiednich na przeciwną. Obniżyło to drgania turbozespołu do poziomu niższego niż przed wystąpieniem awarii. Podobne rozwiązanie zastosowano dla bliźniaczego turbozespołu.

Do doktoracie Habilitant nie odbył staży ale prowadził współpracę z zespołem Katedry Inżynierii Bezpieczeństwa i Systemów Technicznych Wydziału Inżynierii produkcji i Logistyki Politechniki Opolskiej w zakresie badań koncepcji silnika gazowo-gazowego. Efektem tej współpracy jest cykl publikacji z zespołem profesora Ryszarda Bartnika.

Po uzyskaniu stopnia doktora Kandydat prowadził cykl wykładów w języku angielskim pt. "Selected problems of mechanical engineering: Technical basis for the transformation of the Polish power system" dla doktorantów Trójmiejskiej Szkoły Doktorskiej Polskiej Akademii Nauk. Opracował też recenzje dla sześciu artykułów naukowych w języku angielskim oraz rozdziału monografii w języku polskim. W roku 2022 został wraz z profesorem Januszem Badurem, redaktorem gościnnym wydania specjalnego czasopisma Energies pt. "New Frontiers in Renewable Energy Driven Combined Heat and Power Generation".

Habilitant jest członkiem Polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej oraz wielokrotnie pełnił funkcję chairmena sesji na konferencjach krajowych i międzynarodowych.

Ocena końcowa

Przedstawione mi do recenzji osiągnięcie naukowe i dorobek dr inż. Tomasza Kowalczyka pod względem ilościowym i jakościowym odpowiada zwyczajowym

i ustawowym wymaganiom przy postępowaniu habilitacyjnym w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Habilitant znacząco powiększył swój oryginalny dorobek publikacyjny po doktoracie. Bardzo dobre rezultaty udokumentowane publikacjami, zgłoszeniami patentowymi oraz uczestnictwem w projektach naukowych są niewątpliwie zasługą jego dużej wiedzy teoretycznej i doświadczenia, zdobytego podczas współpracy z partnerami przemysłowymi, między innymi z PGE GiEK S.A. oddziały el. Bełchatów i Turów, zakłady chemiczne Anwil S.A. oraz elektrociepłownia Energa Kogeneracja Sp. z o.o. w Elblągu.

W związku z powyższym uważam, że Kandydat spełnia wymagania co do osiągnięć określonych w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce i gorąco popieram wniosek o nadanie dr inż. Tomaszowi Kowalczykowi stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.