

wydyktowano dnia 20.09.2025

nr zał. Warszawa, 20.09.2025

Prof. dr hab. inż. Grzegorz Iwański
Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny
Instytut Sterowania i Elektroniki Przemysłowej
ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

Recenzja osiągnięć naukowych i działalności dydaktycznej i organizacyjnej

dr. inż. Marcina Zygmantowskiego

w związku z wnioskiem o wszczęcie postępowania ws. nadania stopnia doktora
habilitowanego

przygotowana na podstawie zlecenia Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Śląskiej

Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie złożonego przez Kandydata wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Automatyka Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne zawierającego w szczególności:

- Kopię dyplomu doktora nauk technicznych
- Autoreferat zawierający m.in.: podstawowe informacje o przebiegu kariery Kandydata, wskazanie dwóch osiągnięć naukowych wraz z wykazem prac wchodzącym w ich skład z omówieniem celu naukowego wskazanych prac, wskazanie aktywności naukowej oraz osiągnięć dydaktycznych i organizacyjnych.
- Wykaz opublikowanych prac naukowych oraz informacja o aktywności naukowej (w tym udziału w projektach badawczych), dydaktycznej i organizacyjnej.
- Kopie publikacji wskazanych jako powiązane tematycznie cykle publikacji autorstwa lub współautorstwa habilitanta stanowiących podstawę wniosku jako dwa wydzielone osiągnięcia.
- Oświadczenia współautorów publikacji.

Wniosek habilitacyjny spełnia kryteria formalne. Kandydat posiada stopień doktora nauk technicznych nadany **29.09.2009** w dyscyplinie **elektrotechnika**, przedstawił do oceny dwa osiągnięcia naukowe w postaci cyklu powiązanych tematycznie publikacji, posiada inne osiągnięcia naukowe, realizował prace badawcze w więcej niż jednej jednostce naukowej oraz posiada osiągnięcia dydaktyczne, organizacyjne i popularyzatorskie.

Ocena wskazanego przez Habilitanta osiągnięcia naukowego

Ocenie podlega pierwsze osiągnięcie naukowe, którym jest cykl dziesięciu publikacji powiązanych tematycznie pod wspólnym tytułem:

„Projektowanie, sterowanie i analiza właściwości wielopoziomowych przekształtników energoelektronicznych i systemów wieloprzekształtnikowych”

oraz drugie osiągnięcie naukowe, którym jest cykl sześciu publikacji powiązanych tematycznie pod wspólnym tytułem:

„Analiza strat mocy w wielopoziomowych przekształtnikach energoelektronicznych i systemach wieloprzekształtnikowych”

W skład cyklu publikacji stanowiącego pierwsze osiągnięcie naukowe będące podstawą wniosku wchodzi prace opublikowane w czterech czasopismach posiadających współczynnik wpływu, jednym czasopiśmie krajowym oraz w materiałach konferencyjnych pięciu konferencji międzynarodowych. W większości przedstawionych publikacji zgodnie z oświadczeniami współautorów wkład Kandydata jest wiodący, niezależnie od pozycji na liście autorów.

Osiągnięcie naukowe dotyczy rozwoju topologii i metod sterowania przekształtników energoelektronicznych. Publikacje dotyczące osiągnięcia prezentują praktyczne aspekty i problemy projektowania przekształtników typu dual active bridge (DAB), modular multicell converter (MMC) oraz przekształtników wielopoziomowych, optymalizacji parametrów i metod sterowania.

I tak [A1] dotyczy projektowania przekształtnika typu DAB z dwiema sekcjami po stronie niskiego napięcia i dwoma transformatorami dedykowanymi do zastosowania w systemach magazynowania wodoru o mocy 10 kW. W publikacji dokonano porównania z klasycznym przekształtnikiem DAB z jedną sekcją po stronie niskiego napięcia. Rozwiązanie dwusekcyjne wynikało ze znacznych prądów po stronie niskiego napięcia a co za tym idzie komplikacją wykonania torów prądowych oraz transformatora. W publikacji wykazano, że korzystnie jest zrealizować przekształtnik w wykonaniu dwusekcyjnym, co daje również możliwość pracy pojedynczej sekcji w zakresie przenoszenia mniejszych mocy. Zaproponowano również uproszczoną metodę sterowania przekształtnikiem DAB z rozszerzoną strefą przełączania przy zerowym napięciu.

Publikacja [A2] dotyczy projektowania filtra AC dla przekształtników dwupoziomowych włączonych do trójfazowej sieci IT o napięciu 500 V. Zaprojektowany filtr składowej wspólnej umożliwiał tłumienie harmonicznych o częstotliwości łączeniowej w przeciwieństwie do typowych filtrów projektowanych najczęściej na częstotliwości wyższe. Zmiana podejścia podyktowana była tym, że układ miał pracować w sieci izolowanej typu IT, w której stosowane są układy monitorowania prądu upływu a więc filtry muszą być bardzo skuteczne. Praca zawiera zarówno analizę teoretyczną jak i praktyczne aspekty związane z optymalizacją parametrów filtra.

Kolejne publikacje [A3, A5, A8] poświęcono strukturze przekształtnika hybrydowego NPC+HB. Opracowane struktury cechują się poprawionymi parametrami takimi jak mniejsze THD napięcia i prądu wyjściowego, mniejsze stromości napięcia wyjściowego oraz wyższa

sprawność. W [A5] przedstawiono metodę sterowania przekształtnika hybrydowego dla różnych poziomów napięć dc, co umożliwiając osiągnięcie 5, 7 i 9 poziomowego napięcia. W [A8] przedstawiono autorską metodę modulacji przekształtnika NPC+HB z pięcioma poziomami napięcia wyjściowego z kontrolą napięć obwodów dc układów mostkowych. W innej publikacji [A3] przedstawiono adaptację modulatora uwzględniającego naturalne balansowanie napięć obwodów dc bez specjalnej struktury wykorzystującej pomiar napięć kondensatorów.

Publikacja [A4] dotyczyła przekształtnika typu dual active bridge i istotnego zagadnienia związanego z tym układem jakim jest powstawanie składowej stałej prądu, w szczególności w stanach dynamicznych (długotrwała składowa przejściowa), negatywnie oddziałująca na punkt pracy transformatora wysokiej częstotliwości (możliwość nasycenia rdzenia). To zjawisko jest szczególnie istotne w układach o niskiej rezystancji, a więc np. w układach współpracujących z niskonapięciowymi magazynami energii. Praca [A4] poruszała ważny aspekt występowania składowej prądu dc w przekształtniku DAB, zwłaszcza występującej w stanach dynamicznych, oraz metodę redukcji tej składowej.

Kolejne dwie prace [A6, A7] dotyczyły przekształtnika modularnego MMC (Modular Multilevel Converter). W [A6] zaprezentowano model uśredniony, opisano procedurę doboru parametrów przekształtnika, wpływ parametrów pasożytniczych na pracę oraz pokazano istotę modulacji szerokości impulsów PWM dla tego przekształtnika. Praca A6 jak sam Kandydat wskazuje jest pracą przeglądową, a więc jej wkład w rozwój tych przekształtników jest niewielki, natomiast bardziej szczegółowe aspekty projektowania i doboru parametrów przekształtnika (indukcyjności i pojemności w gałęzi) przedstawiono w publikacji [A7]. Istotnym aspektem prac badawczych przedstawionych w publikacji jest zjawisko powstawania prądu różnicowego o harmonicznych parzystych wynikających z tętnień napięcia na kondensatorach dc w celach przekształtnika. Dalej zaobserwowano, że wspomniane składowe parzyste mogą być wzmacniane przez zjawisko rezonansu. Dogłębna analiza tego zjawiska w pracy spowodowała, że praca była wielokrotnie cytowana (184 cytowania).

W publikacji [A10], przedstawiono układ kondycjonowania energii elektrycznej w postaci kaskadowego przekształtnika pięciopoziomowego z superkondensatorowym magazynem energii. W artykule zawarto wyniki badań eksperymentalnych z uwzględnieniem pomiarów strat mocy, algorytmu wyrównywania napięć. W szczególności metoda wyrównywania zasługuje na uwagę. Metodę rozszerzoną dla przekształtników kaskadowych o dowolnej liczbie sekcji opatentowano. Szczegóły metody opisano w publikacji [A9] międzynarodowej konferencji EPE w Birmingham, 2011.

W cyklu publikacji w większości opisano zagadnienia będące wynikiem realizacji projektów i praktycznych zastosowań. Tam gdzie badania eksperymentalne nie były możliwe ze względu na analizowaną moc przekształtników, przedstawiono dogłębne analizy teoretyczne oraz szerokie wyniki symulacyjne. Cykl zawiera opis istotnych aspektów praktycznych związanych z projektowaniem i budową przekształtników energoelektronicznych, a wkład Kandydata w badania i powstanie publikacji był w wielu z tych publikacji wiodący.

Drugi cykl publikacji dotyczy analizy strat mocy w przekształtnikach wielopoziomowych i systemach wieloprzekształtnikowych. Prace były opublikowane w dwóch czasopismach posiadających współczynnik wpływu oraz czterech publikacjach konferencji

międzynarodowych. W ramach prac badawczych opisanych w cyklu publikacji rozpatrywano układ T-type, systemie wieloprzełącznikowy, Advanced Neutral Point Clamped, przełącznik częstotliwości w strukturze NPC oraz przełącznika modularny MMC. Moim zdaniem niepotrzebnie osiągnięcie zostało rozdzielone. Analiza strat mocy przełączników jest tak samo istotnym aspektem projektowania tych urządzeń jak inne opisane wcześniej zagadnienia, tj. dobór komponentów, filtrów i sterowania.

W pracy [B1] przedstawiono szczegółową analizę strat mocy filtru aktywnego w strukturze T-type. Wykonana analiza strat łączników jest bardzo dokładna w oparciu o aproksymowane charakterystyki tranzystorów oraz aproksymowane charakterystyki energii przełączeń, zmiany napięcia obwodu dc, temperatury oraz oczywiście prądu. Wyniki obliczeń strat mocy przełącznika T-type za pomocą zastosowanej metody są bardzo zbliżone do wyników pomiarów układu eksperymentalnego. W artykule [B2] przedstawiono analizę strat mocy dla systemu wieloprzełącznikowego z obwodem rezonansowym jako układu jednoprzewodowego lub bezkontaktowego zasilania kolejki w górnictwie. Urządzenia o takim zastosowaniu wymagają szczelnych obudów w wykonaniu przeciwwybuchowym, a co za tym idzie warunki chłodzenia są znacznie gorsze niż w typowych stacjonarnych urządzeniach. Stąd precyzyjna analiza strat dla układu dedykowanego do takiej aplikacji jest niezwykle istotne.

Analiza strat mocy dla przełącznika Advanced Neutral Point Clamped została przeprowadzona i przedstawiona w [B3]. Przełącznik ten charakteryzuje się tym, że diody poziomujące zastępowane są tranzystorami. Przełącznik analizowany w artykule był wykonany w technologii mieszanej, tj. gałąź główna oparta była o tranzystory SiC-MOSFET, a pozostałe tranzystory przełączane z niską częstotliwością to krzemowe IGBT. Takie podejście pozwala na osiągnięcie bardzo wysokiej sprawności przełącznika (powyżej 99%) dla analizowanego układu o mocy wyjściowej na poziomie 10 kW.

Publikacje [B4, B5] dotyczą analizy przełącznika częstotliwości średniego napięcia o topologii NPC o mocy 1MW zintegrowanego z maszyną asynchroniczną. Projekt układu napędowego przeznaczonego do pracy w górnictwie wymagał dokładnej analizy strat przed realizacją projektu. Analiza teoretyczna dla różnych punktów pracy, w tym w warunkach przeciążenia została przedstawiona w [B5], natomiast w [B5] przedstawiono wyniki eksperymentalne weryfikujące poprawność przeprowadzonej analizy teoretycznej. Doświadczenie zdobyte przez Kandydata przy realizacji projektu zostało przez niego wykorzystane do wykonania analiz strat mocy dla podobnych przełączników energoelektronicznych dla firmy Infineon.

Praca [B6] poświęcona jest analizie strat mocy w przełączniku modular multicell converter. W tym okresie przełączniki typu MMC były dopiero opracowywane jako nowa koncepcja i autorzy, w tym Kandydat, podejmując taki temat wpisali się w najbardziej aktualny nurt badań. Stąd też wysoka liczba cytowań artykułu wynosząca 63.

Na podstawie omówionych dokonań naukowych habilitanta związanych z dwoma niezależnymi cyklami publikacji, można uznać wkład Kandydata w rozwój i projektowanie układów energoelektronicznych dla różnych zastosowań ze szczególnym uwzględnieniem praktycznych aspektów projektowania, w tym doboru komponentów, występujących zakłóceń, strat mocy, metod modulacji i sterowania za istotny. Osiągnięcia te w całości powiązane są z dyscypliną naukową AEEiTK i spełniają wymagania stawiane przez obowiązujące przepisy.

Ocena aktywności naukowej

Jednym z dwóch podstawowych wymagań postawionych przed Kandydatami do stopnia doktora habilitowanego w aktualnej wersji ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce jest wykazywanie się „istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej (...)”. Istotne w tym wymaganiu jest prowadzenie badań w więcej niż jednej instytucji, co może być realizowane w formie zatrudnienia ale również stażu czy stypendium.

Kandydat w tym punkcie podaje 7 aktywności, z których 2 to współpraca z innymi jednostkami (Politechnika Wrocławska, Uniwersytet Techniczny w Astanie – Kazachstan), wielokrotny udział w programie Erasmus+, udział w seminarium i nawiązanie współpracy z Uniwersytetem Technicznym w Ostrawie, złożony wspólny wniosek o finansowanie projektu z inną jednostką. Wspomniane aktywności nie są „aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej (...)” tylko współpracą. Kandydat w każdym z tych przypadków nie prowadził badań w innej jednostce.

W 5 punkcie Kandydat podaje, że odbył 9-cio miesięczny staż badawczy w Corke Institute of Technology, Irlandia. Wyniki prowadzonych badań opublikowano w publikacji konferencyjnej. Kandydat w autoreferacie nie podaje jednak na czym polegały te badania. Artykuł który jest wynikiem tych badań nie jest dostępny w ogólnodostępnych bazach. W oparciu o dane bibliograficzne nie można ocenić poziomu naukowego. Nie jest podany wkład merytoryczny Kandydata w powstanie publikacji a więc nie sposób ocenić czy badania prowadzone jeszcze na etapie przed obroną pracy magisterskiej miały istotny charakter. W związku ze skąpą informacją w autoreferacie poprosiłem Kandydata o przesłanie szczegółowej informacji na temat jego aktywności naukowej w CIT oraz o jego wkładzie w powstanie publikacji będącej wynikiem realizowanych prac badawczych.

W uzupełnieniu otrzymałem szczegółową informację nt. prowadzonych badań, których celem było opracowanie i praktyczna weryfikacja układu przekształtnika przeznaczonego do współpracy z baterią elektrochemiczną wspomagającą pracę ogniwa paliwowego. W trakcie badań analizowane i porównywane były sterowania przekształtnikiem z histerezyowym regulatorem prądu i z regulacją ślizgową. Przeprowadzone zostały analizy, symulacje oraz badania eksperymentalne. Wyniki prac były przedstawione w publikacji konferencyjnej uznanej międzynarodowej konferencji EDPE. Kandydat przesłał również informację na czym polegał jego wkład w powstanie artykułu, tj. m.in. wykonanie przeglądu literatury, wykonanie analizy matematycznej opracowanego układu, opracowanie modeli symulacyjnych układu sterowania histerezyowego i ślizgowego, projekt i budowa układu filtra aktywnego, weryfikacja eksperymentalna, przygotowanie pierwszej wersji artykułu wraz z jego edycją. Należy uznać, że był to wkład wiodący. Kandydat za tę pracę otrzymał nagrodę Best Paper Award.

Na podstawie uzupełnionej informacji można uznać, że Kandydat spełnił kryterium wykazania się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej instytucji naukowej.

Ocena innych osiągnięć

Kandydat posiada dorobek naukowy, który można ocenić jako satysfakcjonujący. Pewnym niedostatkim jest w dorobku Kandydata brak pozycji literaturowych w czasopismach o najwyższej randze. Pozycje Kandydata były cytowane 247 razy (według Scopus) a indeks Hirsha Kandydata wynosi 6. Te wskaźniki są satysfakcjonujące. Na uwagę zasługuje szeroka współpraca przemysłowa Kandydata przez realizację prac badawczo-rozwojowych na rzecz podmiotów takich jak m.in. Engie Polska sp. z o.o., ML System S.A. (wielokrotnie), Infineon, ABB sp. z o.o. (wielokrotnie), Schaffner, Kopex Electric Systems S.A oraz innych. Kandydat jest autorem trzech patentów krajowych oraz trzech wdrożeń przemysłowych. Był on również opiniodawcą wniosków lub recenzentem wykonanych projektów w ramach konkursów na projekty R&D wielu instytucji krajowych oraz na poziomie europejskim. Świadczy to o eksperckim poziomie wiedzy Kandydata w reprezentowanym przez niego obszarze badawczym elektrotechniki.

Kandydat otrzymał za rozprawę doktorską wyróżnienie w Konkursie o Nagrodę ABB (w edycji 2009/2010) oraz za tę samą rozprawę Nagrodę Rektora PŚI. Otrzymał również Stypendium Ministra Edukacji Narodowej i Sportu na rok akademicki 2001–2002 za wysokie wyniki w nauce i szczególne osiągnięcia w pracy naukowej.

W obszarze osiągnięć dydaktycznych poza typowymi aktywnościami jak przygotowanie i prowadzenie zajęć oraz opieka nad pracami dyplomowymi należy wyróżnić takie osiągnięcia Kandydata jak udział w międzynarodowych projektach edukacyjnych oraz opieka nad trzema pracami dyplomowymi, które zostały nagrodzone w Konkursie SEP na najlepszą pracę dyplomową z elektryki organizowanym przez Oddział Gliwicki SEP.

Biorąc pod uwagę powyższe oceniam, że Kandydat posiada istotne osiągnięcia w obszarze współpracy z otoczeniem gospodarczym oraz w zakresie organizacyjnym, dydaktycznym i popularyzacji nauki.

Wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, że efekty dotychczasowej pracy naukowo-badawczej Habilitanta stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

Biorąc pod uwagę zarówno opinię o dwóch osiągnięciach w postaci cykli powiązanych tematycznie publikacji pod nazwami „*Projektowanie, sterowanie i analiza właściwości wielopoziomowych przekształtników energoelektronicznych i systemów wieloprzekształtnikowych*”, oraz „*Analiza strat mocy w wielopoziomowych przekształtnikach energoelektronicznych i systemach wieloprzekształtnikowych*”, jak i ocenę aktywności naukowej i innych osiągnięć dr. inż. Marcina Zygmantowskiego stwierdzam, że spełnia on wymagania do nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego określone w obowiązującej ustawie „Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce”.

Popieram wniosek o nadanie doktorowi Marcinowi Zygmantowskiemu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.