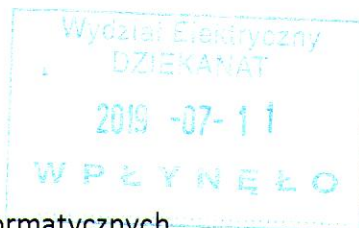


Prof. dr hab. inż. Paweł Witczak
Instytut Mechatroniki i Systemów Informatycznych
Politechniki Łódzkiej



Łódź, 1.07.2019

DZIEKAN
Wydziału Elektrycznego
dr hab. inż. Krzysztof Okarma, prof. ZUT

Recenzja
osiągnięć naukowych i istotnej aktywności naukowej
dr inż. Marcina Wardacha
ubiegającego się o nadanie stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych
przez Wydział Elektryczny Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego.

I
1. Podstawa formalna recenzji.

Niniejsza recenzja dotycząca postępowania habilitacyjnego dr inż. Marcina Wardacha została przygotowana na zlecenie Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów przekazany pismem Dziekana Wydziału Elektrycznego Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego dr hab. inż. Krzysztofa Okarmę z dnia 27.05.2019. Ocenę merytoryczną wykonano na podstawie przygotowanej przez Habilitanta dokumentacji spełniającej całkowicie wymagania określone w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

2. Ocena istotnej aktywności naukowej Habilitanta.

Dr inż. Marcin Wardach ukończył studia na Wydziale Elektrycznym Politechniki Szczecińskiej (obecnie Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny) w 2004 roku. Poczynając od 2004 r. do chwili obecnej jest związany z tym wydziałem, początkowo jako doktorant a później jako nauczyciel akademicki kolejno na stanowiskach asystenta i adiunkta w Katedrze Elektroenergetyki i Napędów Elektrycznych. W 2009 roku obronił na macierzystym wydziale pracę doktorską zatytułowaną „Maszyny elektryczne z magnesami trwałymi o zminimalizowanych pulsacjach momentu elektromagnetycznego”.

Aktywność naukowa Habilitanta jest związana z tematyką obliczeń numerycznych pola elektromagnetycznego i wielkości pochodnych w przetwornikach elektromechanicznych ze wzbudzeniem od magnesów trwałych. Opublikował po uzyskaniu stopnia doktora ogółem 17 artykułów i referatów konferencyjnych indeksowanych w bazie Web of Science, w tym 8 samodzielnych oraz 19 artykułów w czasopiśmie z listy B MNiSW, tym 3 samodzielne. Tym samym średnia jednoroczna liczba publikacji po uzyskaniu stopnia doktora nauk

technicznych wynosi $36/9=4$. Nawet uwzględniając, że większość wymienionych artykułów ma współautorów, można ocenić aktywność naukową doktora Wardacha jako wyróżniającą.

Habilitant uzyskał następujące wskaźniki bibliometryczne:

- liczba cytowań wg. bazy Web of Science – 107 (31 bez autocytowań),
- liczba cytowań wg. Bazy Scopus – 151 (31 bez autocytowań),
- indeks Hirscha wg. bazy Scopus – 3, bez autocytowań.
- sumaryczny Impact Factor dla publikacji w czasopismach z listy JCR – 8.98.

Wartości powyższych wskaźników spełniają, moim zdaniem, zadość wymaganiom stawianym kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Dodatkowym kryterium świadczącym o szerokiej wiedzy i znaczącym autorytecie naukowym Habilitanta jest liczba 31 wykonanych recenzji artykułów zamieszczonych w czasopismach, w tym 29 dla periodyków z listy JCR.

W uzupełnieniu należy podkreślić obszerną listę referatów konferencyjnych – 31 pozycji, która to wskazuje na dużą aktywność popularyzatorską osiągnięć badawczych dr Wardacha.

3. Merytoryczna ocena osiągnięć naukowych.

Charakterystyka zakresu badań i warsztatu naukowego.

Autor Wniosku przedstawił do oceny cykl 10 publikacji zatytułowany „*Maszyny elektryczne ze wzbudzeniem od magnesów trwałych i dodatkowych obwodów elektromagnetycznych do zastosowania w napędach pojazdów elektrycznych lub jako generatory w siłowniach wiatrowych*”. W zestawie tym 7 publikacji to prace jednoosobowe a w kolejnych 3 Habilitant miał znaczny udział, co zostało potwierdzone oświadczeniami współautorów.

Tytuł cyklu jest spójny z zawartością merytoryczną poszczególnych publikacji, we wszystkich pracach istotą była analiza metodami numerycznymi trójwymiarowych modeli badanych maszyn elektrycznych z uwzględnieniem nieliniowych własności magnetycznych elementów ferromagnetycznych. Autor stosował komercyjny system obliczeniowy Maxwell ANSYS, co uznaje się za właściwe, nie jest bowiem obecnie możliwe wykonanie przez nawet kilkuosobowe grono badaczy oprogramowania konkurencyjnego do tych kilku systemów numerycznych stosowanych powszechnie na świecie w obszarze naukowym Elektrotechniki. Prezentowane w publikacjach modele numeryczne świadczą o zaawansowanej wiedzy Autora w omawianej dziedzinie a także o znacznej biegłości w posługiwaniu się tym narzędziem. Konstruowanie trójwymiarowego modelu maszyny z wirnikiem o biegunach kłowych z pewnością nie jest zadaniem trywialnym.

Analiza maszyn ze wzbudzeniem od magnesów trwałych jest aktualnie intensywnie rozwijana na całym świecie, można znaleźć setki publikacji związanych tematycznie z tym obszarem nauki i techniki. Przyczyną tego jest możliwość uzyskania bardzo dobrych parametrów eksploatacyjnych takich jak sprawność, współczynnik mocy, moment uzyskiwany z jednostki masy oraz możliwość autonomicznej pracy poza siecią energetyczną. Występują oczywiście również wady napędów tego rodzaju, należy tu wskazać przede wszystkim wyższy koszt produkcji niż w przypadku maszyn asynchronicznych, bardziej złożony algorytm sterowania oraz relatywnie łatwy proces częściowej demagnetyzacji magnesów trwałych w trakcie eksploatacji.

Habilitant skoncentrował się na badaniu specyficznego segmentu maszyn wzbudzanych magnesami trwałymi jakim są maszyny hybrydowe mające dodatkowe uzwojenie wzbudzenia, które ułatwia kontrolę wielkości indukowanej siły elektromotorycznej podczas pracy maszyny w szerokim zakresie prędkości obrotowej. Tak zdefiniowany zakres pracy umożliwił dr Wardachowi prowadzenie badań w obszarze gdzie nie ma jeszcze zbyt wielu publikacji i dzięki temu było możliwe uzyskanie wartościowych i jednocześnie nowatorskich rozwiązań technologicznych. Zostało to udokumentowane przyznaniem 4 patentów na strukturę wirnika w maszynach omawianego typu. Na szczególne podkreślenie zasługuje ścisłe połączenie teoretycznych rozważań z budową i pomiarami podstawowych parametrów eksploatacyjnych prototypów maszyn hybrydowych.

W podsumowaniu stwierdzam, że obszar prac badawczych Habilitanta jest spójny merytorycznie i jest związany z analizą nowoczesnych maszyn elektrycznych jakimi są maszyny z hybrydowym wzbudzeniem od magnesów trwałych i uzwojenia pomocniczego. Wspólnym mianownikiem zgłoszonego cyklu publikacji jest poszukiwanie optymalnej topologii maszyny z punktu widzenia jej własności eksploatacyjnych oraz prostoty konstrukcji.

Dyskusja zawartości merytorycznej przedstawionego cyklu publikacji.

Przywołując dalej poszczególne artykuły, których autorem/współautorem jest doktor Wardach, stosuję numerację podaną przez Habilitanta w Załączniku 3 Wniosku. Przytoczona jednocześnie wartość procentowa oznacza Jego udział w przygotowaniu danej publikacji.

Zbiór pięciu artykułów o 100% udziale Habilitanta ([1], [2], [8], [9], [10]) poświęcony szczegółowej analizie maszyn z wirnikami kłowymi jest z pewnością najważniejszy z punktu widzenia oceny Jego osiągnięć naukowych. W obszernej pracy [1] Autor poddaje krytycznej analizie istniejące rozwiązania konstrukcyjne, proponuje własną konstrukcję o geometrii zbliżonej do istniejącej maszyny, w której było możliwe wprowadzenie modyfikacji zgodnie

z zamierzeniem Habilitanta. Szczegółowej analizie poddano wielkość rozwijanego momentu, indukowanej siły elektromotorycznej oraz momentu zaczepowego. Prezentowane porównanie obliczonych i pomierzonych wartości tych parametrów wskazuje na więcej niż dobrą zgodność modelu numerycznego maszyny z rzeczywistym obiektem. Uzyskane przebiegi są silnie odkształcone od idealizowanych krzywych wynikających z podstawowych rozważań teoretycznych co dodatkowo podkreśla konieczność stosowania skomplikowanego modelu numerycznego.

Kolejna publikacja [2] dr Wardacha dotyczy wpływu ukosowania powierzchniowo zamontowanych na kłach wirnika magnesów na te same całkowite wielkości co w pracy [1]. Autor analizuje tę samą maszynę, można więc uważać, że artykuł ten jest kontynuacją [1]. Należy tu wyraźnie zaznaczyć, że przynosi on nowe informacje a jedynie obiekt badań jest identyczny. Podobna publikacja [8] zawiera oprócz wyników obliczeń numerycznych także podstawowe równania obwodowe stosowane w algorytmach sterowania maszyn elektrycznych. Nie jest jasne jak te równania były wykorzystane w omawianej pracy.

Ostatnie dwie publikacje [9][10] związane z analizą maszyn o wirnikach kłowych dotyczą odmiennej topologii obwodu magnetycznego wirnika. Zastosowano tu blachowaną strukturę rdzenia wirnika o oryginalnym kształcie wykroju. Autor stwierdza, że taka struktura ułatwi przemysłowe wykonanie tego typu maszyny, jednak niewystarczająca jakość zamieszczonych ilustracji nie pozwala recenzentowi odnieść się do szczegółów proponowanej konstrukcji. Należy zwrócić uwagę, że wymagany w blasze wirnika przesmyk o grubości rzędu 1 mm pomiędzy sąsiednimi biegunami wymusza posiadanie zaawansowanego oprzyrządowania technologicznego u potencjalnego producenta.

Publikacje ([3] – 20%, [4] – 25%, [5] – 40%) dotyczą maszyny o dzielonym stojanie i wirniku oraz odmiennie niż poprzednio zainstalowanej cewce dodatkowego wzbudzenia, to jest na stojanie w przerwie pomiędzy częściami obwodu magnetycznego. W pracy [3] istotnym fragmentem związanym z udziałem dr Wardacha jest przygotowanie prototypu maszyny do badań eksperymentalnych oraz wykonanie obliczeń numerycznych. Identyczny zakres prac przedstawił Habilitant również w [4][5]. Omawiane publikacje są wartościowe, zawierają m.in. zaawansowaną metodę polioptymalizacji podstawowych wymiarów geometrycznych maszyny [3] wykorzystywaną on-line w obliczeniach numerycznych, omówienie polowo-orientowanego algorytmu sterowania silnika [4] o znacznym zakresie osłabiania wzbudzenia w silniku oraz wpływ parametrów materiałowych klinów magnetycznych na parametry eksploatacyjne maszyny [5]. Niestety, zdawkowy sposób raportowania udziału Habilitanta nie pozwala na bardziej precyzyjną ocenę Jego wkładu w powstanie tych publikacji.

Ostatnie dwie publikacje [6][7] ocenianego cyklu są ponownie jednoosobowego autorstwa dr Wardacha. Przedstawił On wyniki badań silników z magnesami trwałymi

umieszczonymi radialnie na wirniku – tzw. topologia koncentratorów magnetycznych. Zajmował się tam z powodzeniem metodami redukcji pulsacji momentu elektromagnetycznego za pomocą wprowadzenia klinów magnetycznych w stojanie oraz nierównomierności kąтового rozmiaru kolejnych podziałek biegunowych wirnika. Jak we wszystkich ocenianych publikacjach wyniki rozważań teoretycznych były konfrontowane z badaniami eksperymentalnymi prototypu maszyny.

W ocenianych publikacjach zabrakło, moim zdaniem, analizy możliwości częściowej demagnetyzacji magnesów trwałych, zwłaszcza w warunkach pracy przy osłabianiu pola wzbudzenia. Zjawiska te są ściśle związane z rodzajem badanych maszyn i stanowią istotny problem podczas ich eksploatacji. Drugim zagadnieniem, które nie zostało poruszone w tych pracach, jest wykorzystanie rezultatów metod polowych przy tworzeniu modelu obwodowego maszyny, zwłaszcza, że w dwóch artykułach sporo miejsca poświęcono algorytmom sterowania.

Mankamenty te nie zmniejszają mojej wysokiej oceny jakości prac badawczych przedstawionych do oceny w postępowaniu habilitacyjnym.

W podsumowaniu wyników pracy naukowej dr Marcina Wardacha stwierdzam, że udało mu się połączyć dwie ważne umiejętności – operowanie zaawansowanym, trójwymiarowym i nieliniowym modelem numerycznym analizowanych maszyn oraz przygotowanie prototypów i ich badanie eksperymentalne. Potrafi przy tym wykorzystać istniejące maszyny, które modyfikuje i uzupełnia zgodnie ze swoją koncepcją prowadzenia pracy badawczej. W swoich publikacjach udokumentował szeroką wiedzę i umiejętności posługiwania się nowoczesnymi technikami obliczeniowymi i eksperymentalnymi.

Do najważniejszych wyników Jego pracy zaliczam:

- opracowanie i wdrożenie oryginalnych procedur obliczeniowych przetwarzających wyniki trójwymiarowych obliczeń numerycznych metodą kroków czasowych dla obiektów o zmiennej topologii siatki obliczeniowej,
- analizę wielu wariantów hybrydowego wzbudzenia maszyn z magnesami trwałymi, w tym opracowania nowatorskich ich struktur potwierdzonych przyznaniem czterech patentów.

Uważam, że wyniki badań naukowych Habilitanta przedstawione w ocenianym cyklu publikacji w pełni uzasadniają Jego wniosek o nadanie Mu stopnia doktora habilitowanego.

4. Ocena pozostałego dorobku naukowego, popularyzatorskiego i współpracy międzynarodowej

Doktor Wardach kontynuuje badania maszyn z magnesami trwałymi konstruując prototypy nowych ich typów – silnik z wirnikiem tarczowym oraz silnik z wirnikiem o powiększonym momencie reluktancyjnym. Stosuje przy tym analogiczną metodykę jak we wcześniejszych pracach, to znaczy konfrontuje wyniki analizy teoretycznej otrzymanej za pomocą modeli numerycznych wykonanych w technologii elementów skończonych 3D z wynikami eksperymentów. Częściowe wyniki tych badań zostały przedstawione na liczących się konferencjach międzynarodowych.

Habilitant aktualnie kieruje dwoma projektami badawczymi, w tym jeden we współpracy z uczelnią zagraniczną (Hochschule Stralsund). Projekty te są ściśle związane z tematyką maszyn z magnesami trwałymi aplikowanych w sferze elektromobilności.

W sferze popularyzacji wyników badań naukowych pracował przy organizacji kilku konferencji naukowych oraz jest członkiem Editorial Board w dwu międzynarodowych czasopismach. Udziela się aktywnie w pracach Stowarzyszenia Elektryków Polskich, gdzie piastuje szereg funkcji społecznych.

Przytoczona skrótowa charakterystyka innej działalności naukowej oraz organizacyjnej Habilitanta dobrze świadczy o Jego zdolnościach organizacyjnych i zaangażowaniu w pracę. Uważam, że doktor Wardach posiada niezbędne doświadczenie aby podjąć obowiązki zawodowe spoczywających na samodzielnych pracownikach nauki.

5. Konkluzja recenzji.

Po analizie całości dokumentacji postępowania habilitacyjnego mogę stwierdzić, że wyniki osiągnięć naukowych doktora Marcina Wardacha przedstawione w cyklu publikacji oraz efekty Jego pracy zawodowej w pełni uzasadniają przyznanie Mu stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk inżynierjno-technicznych w dyscyplinie Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika.

Wnioskuje o przekazanie tak brzmiącej Uchwały Komisji Habilitacyjnej do Rady Wydziału Elektrycznego Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego.



