

dr hab. inż. Piotr Bogusz
Zakład Elektrodynamiki i Systemów Elektromaszynowych
Wydział Elektrotechniki i Informatyki
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza
ul. W. Pola 2, 35-959 Rzeszów

Rzeszów, 10.09.2019 r.

Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego oraz organizacyjnego dr inż. Adriana Młota w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie Elektrotechnika

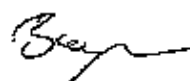
1. Podstawy formalne recenzji

Recenzja została przygotowana na wniosek Dziekana Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej z dnia 30.07.2019 w związku z powołaniem mnie przez Centralną Komisję d.s. Stopni i Tytułów na recenzenta w przewodzie habilitacyjnym dr inż. Adriana Młota. Podstawą opracowania recenzji jest otrzymana dokumentacja postępowania habilitacyjnego przesłana przez Wydział, która zawiera:

- wniosek o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego,
- kopię dyplomu uzyskania stopnia doktora nauk technicznych,
- autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych w języku polskim i angielskim,
- wykaz opublikowanych prac naukowych,
- oświadczenia współautorów określające indywidualny wkład Habilitanta w monotematyczny cykl publikacji,
- oświadczenia współautorów określające indywidualny wkład Habilitanta w publikacjach nie wchodzących w monotematyczny cykl publikacji,
- potwierdzenie udziału Habilitanta w najważniejszych projektach badawczych,
- referencje pracodawców jednostek badawczych, w których pracował Habilitant,
- kserokopie prac stanowiących monotematyczny cykl publikacji,
- oświadczenie o nieubieganiu się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

2. Skrócony przebieg pracy zawodowej Kandydata

Dr inż. Adrian Młot urodził się w 1978 roku. Studia magisterskie o specjalności Automatyka i Diagnostyka Układów Elektromechanicznych ukończył na Wydziale Elektrycznym Politechniki Opolskiej w roku 2003 broniąc pracę dyplomową pt. „Analiza nieustalonego pola magnetycznego za pomocą programu Opera 2D i metody sieci reluktancyjnej”. W roku 2003 na Wydziale Elektrycznym Politechniki Opolskiej rozpoczął studia doktoranckie, a w 2007 roku na tymże Wydziale, obronił doktorat z wyróżnieniem



i został zatrudniony na stanowisku adiunkta. W latach 2008-2009 pracował na stanowisku Visiting Researcher w University of Bristol, Department of Electrical and Electronic Engineering w Wielkiej Brytanii współpracując z zespołem EEMG (Electrical Energy Management Group). Współpraca z naukowcami zagranicznej uczelni pozwoliła Kandydatowi zdobyć nowe doświadczenia oraz rozwinąć zainteresowania, dotyczące problemów projektowych w generatorach wiatrowych małej i dużej mocy, a także w silnikach wysokoobrotowych o strumieniu radialnym i osiowym używanych w aplikacjach pojazdów elektrycznych i hybrydowych oraz w helikopterach. W latach 2009-2013 kontynuował pracę w University of Bristol, ale już na stanowisku Assistant Professor zajmując się między innymi projektowaniem maszyn elektrycznych. Od roku 2013 został zatrudniony w firmie GKN EVO eDrive Systems Ltd na stanowisku Electromagnetic Designer. Jego głównym zadaniem było wsparcie w projektowaniu silników ze strumieniem osiowym o topologii dwóch stojanów i jednym wirniku wykorzystywanych przez wiodących europejskich i światowych producentów pojazdów hybrydowych. Ponadto dr inż. Adrian Młot przygotowywał raporty naukowe, które służyły jako wskazówki i niezbędna pomoc innym inżynierom w opracowywaniu nowych innowacyjnych rozwiązań maszyn elektrycznych. Pracę w z firmie GKN EVO eDrive Systems Ltd zakończył w 2016 roku zatrudniając się jednocześnie w firmie YASA Motors (Wielka Brytania) na stanowisku Simulation Engineer w jednostce badawczej zajmującej się projektowaniem, optymalizacją oraz wdrażaniem innowacyjnych konstrukcji maszyn elektrycznych dla aplikacji pojazdów sportowych - elektrycznych i hybrydowych. Pod koniec 2017 wrócił do Polski kontynuując pracę w Politechnice Opolskiej.

3. Ocena osiągnięć badawczo-naukowych

3.1. Ogólna charakterystyka osiągnięć badawczo-naukowych

Dr inż. Adrian Młot przedstawił osiągnięcie naukowe zatytułowane „Analiza i synteza maszyn elektrycznych w napędach pojazdów elektrycznych i hybrydowych” składające się z cyklu 10 publikacji. Tematyka tych publikacji zawarta jest w dyscyplinie naukowej *Elektrotechnika*.

Przedstawione publikacje [1], [3], [5], [6], [11], [15], [18], [19], [28], [40] dotyczą problematyki projektowania maszyn elektrycznych przeznaczonych do zastosowań w napędach pojazdów elektrycznych i hybrydowych. Tematyczny zakres prowadzonych prac można podzielić na kilka odrębnych zagadnień prowadzących do uzyskania informacji, jak poprawić parametry eksploatacyjne i niezawodność maszyn stosowanych do napędu pojazdów elektrycznych i hybrydowych. Do tych zagadnień należy zaliczyć:

- ograniczenie strat w uzwojeniach maszyn zasilanych prądem przemiennym o znacznie większej częstotliwości niż częstotliwość sieci zasilającej poprzez odpowiedni sposób ułożenia uzwojeń w żłobkach stojana,
- ograniczenie strat w maszynie poprzez modyfikację kierunku magnesowania i sposobu ułożenia magnesów trwałych wirnika,

- ograniczenia strat w magnesach trwałych poprzez ich segmentację oraz modyfikację nabiegowników stojana,

- opracowanie sposobu montażu maszyn, który wpływa na powtarzalność uzyskiwanych przez nie parametrów eksploatacyjnych oraz zwiększa niezawodność ich pracy.

W pracy [40] zajęto się tematyką wpływu kierunku magnesowania oraz rozpiętości i sposobu ułożenia magnesów trwałych wirnika na charakterystyki statyczne maszyny, poziom pulsacji momentu głównego oraz momentu zaczepowego. Zaproponowana modyfikacja silnika z magnesami trwałymi w porównaniu do klasycznej konstrukcji silnika spowodowała znaczącą redukcję momentu zaczepowego przy jednoczesnym wzroście momentu elektromagnetycznego maszyny. Współczynnik pulsacji momentu elektromagnetycznego zmniejszył się ponad trzykrotnie.

W pracy [15] przedstawiono wyniki badań związanych z wpływem zmian średnicy zewnętrznej jarzma wirnika, grubości szczeliny powietrznej, grubości magnesów trwałych, wysokości żłobka, szerokości zęba, grubości jarzma stojana i sposobu uzwojenia biegunów na straty mocy oraz masę poszczególnych elementów maszyny. W pracy tej przedstawiono analizę termiczną typoszeregu maszyn z magnesami trwałymi drogą symulacyjną na podstawie opracowanego wcześniej modelu termicznego. Szczególnym zadaniem dr inż. Adriana Młota w tej pracy było zbadanie wpływu zmiany rozmiaru przekroju poprzecznego przewodników miedzianych uzwojenia i sposobu ich ułożenia w żłobkach silnika na straty mocy w uzwojeniu uwzględniając efekty naskórkowy i zbliżeniowy przewodów. Uzyskane wyniki badań pozwoliły na określenie kierunku poszukiwań konstrukcji silnika, charakteryzującej się niskimi stratami dodatkowymi.

W pracy [28] dr inż. Adrian Młot przedstawił modele polowe 2-D i 3-D bazujące na metodzie elementów skończonych, przeznaczone do badań prądów wirowych za pomocą których analizował zjawisko naskórkowe oraz efekt zbliżeniowy. W celu uzyskania dokładnego odwzorowania położenia przewodników miedzianych w odniesieniu do prototypu, zastosowano prostokątny przekrój zwoju dzięki czemu uzyskano wysoką zgodność wyników pomiarów z obliczeniami. W ramach badań wyznaczono wartość strat mocy w poszczególnych segmentach uzwojenia przy różnych częstotliwościach zasilania (w zakresie do 700Hz). Ponadto przedstawiono zmianę rozkładu prądów wirowych dla każdego przewodnika z osobna, wskazując te elementy przetwornika, które są narażone na największe straty mocy i wzrost temperatury. Uzyskane wyniki pokazały, że połączenia czołowe uzwojeń maszyny mogą generować znaczne straty i wpływać na zmianę pola magnetycznego w rdzeniu stojana, czy też na przewodniki miedziane umieszczone w żłobku. Prace [5] i [11] są efektem kontynuacji tematyki badań wpływu efektu zbliżeniowego na straty mocy w połączeniach czołowych w wysokoobrotowych silnikach synchronicznych z magnesami trwałymi, pracujących przy częstotliwościach do 800Hz. W pracach tych wykazano wpływ błędów obliczeń numerycznych na interpretację wyników wynikających z trudności uwzględnienia ułożenia przewodów w żłobkach (bardzo często umieszczanych losowo - na etapie nawijania uzwojenia). Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano istotne wnioski, tj.:

- losowe umieszczenie przewodów w żłobkach silnika jest bardziej zalecane niż ich równomierne rozmieszczenie względem siebie,

- korzystnym rozwiązaniem, w odniesieniu do redukcji prądów wirowych (w porównaniu do tradycyjnego uzwojenia z kołowym przekrojem drutów), będzie zastosowanie przewodników z przekrojem prostokątnym - w tym przypadku umieszczenie przewodników we właściwym miejscu żłobka gwarantuje znaczną redukcję strat mocy w miedzi.

W pracach [18] i [19] dr inż. Adrian Młot kontynuował badanie zagadnienia strat mocy w miedzi przy częstotliwościach do 800 Hz, ale w przypadku obwodu magnetycznego silnika komutatorowego ze zwojami o przekroju kołowym. Dokładny bilans strat mocy w miedzi i w żelazie przy wyższej częstotliwości zasilającej cewkę silnika przedstawiono w pracy [19]. Natomiast w pracy [18] wskazano przestrzeń żłobka, w której przewodniki miedziane będą generować najmniejsze straty mocy, pokazano także te przewodniki, które są najbardziej narażone na straty ciepłe.

Praca [6] dotyczy analizy strat mocy w magnesach trwałych silnika typu PMSM, które rosną wraz ze wzrostem częstotliwości zmian kierunku pola magnetycznego w sposób wykładniczy przez co, przy dużych prędkościach wirowania wirnika istnieje ryzyko odmagnesowania magnesów. Dr inż. Adrian Młot analizował różne metody redukcji strat mocy w magnesach trwałych do których należy zaliczyć segmentację magnesów oraz modyfikację kształtu zęba stojana. Badania wykazały, że stosując obydwie techniki tj. segmentację magnesów i modyfikację kształtu nabiegownika zęba stojana można znacząco zredukować poziom strat w magnesach. Ponadto jednoczesne połączenie obu metod pozwala również na redukcję strat mocy w rdzeniu silnika.

W pracach [1] i [3] dr inż. Adrian Młot wykazał, że wpływ tolerancji dokładności montażu elementów stojana i wirnika jest bardzo ważny w projektowaniu maszyn elektrycznych. Stwierdzenie to zostało poparte serią badań wykonanych na maszynach z magnesami trwałymi z polem osiowym, które były poddawane cyklicznym testom powtarzanym co pewien okres czasu.

3.3. Ocena prowadzonych badań i uzyskanych wyników

Tematyka badań dr inż. Adriana Młota jest bardzo ważna i aktualna. Na podstawie zamieszczonych publikacji można stwierdzić, że dr inż. Adrian Młot dzięki zastosowaniu pakietów oprogramowania bazujących na metodach obliczeniowych FEM zbudował modele symulacyjne pozwalające na ocenę modyfikacji sposobu uzwojenia, zmiany geometrii obwodu magnetycznego stojana, czy też odpowiedniego rozmieszczenia magnesów trwałych na wirniku, dzięki którym znacząco poprawione zostały parametry eksploatacyjne maszyn przeznaczonych do napędu pojazdów elektrycznych i hybrydowych. Bardzo istotnym w dorobku dr inż. Adriana Młota jest przeprowadzenie cyklu badań dotyczącego zmiany rezystancji czynnej uzwojeń maszyny pod wpływem przepływu prądów o częstotliwości wyższej niż częstotliwość sieci zasilającej z uwzględnieniem wpływu sposobu nawinięcia uzwojenia, czy też kształtu przekroju drutu. Badania te były możliwe dzięki opracowaniu przez Habilitanta dedykowanych modeli symulacyjnych i modeli laboratoryjnych pozwalających na weryfikację uzyskanych wyników badań.

Część dorobku zawierającego badania dotyczące tolerancji montażu czy wykonania podzespołów maszyn elektrycznych ma charakter czysto inżynierski, ale jest bardzo ważny ze względu na trwałość czy osiągane przez maszyny parametry eksploatacyjne.

Do szczegółowych osiągnięć dr inż. Adriana Młota należy również zaliczyć:

- opracowanie kształtu nabiegowników zębów stojana z segmentacją magnesów mające na celu zminimalizowanie prądów wirowych w magnesach trwałych oraz w rdzeniu silnika elektrycznego,
- opracowanie budowy uzwojenia stojana o kołowym przekroju poprzecznym zwojów cewki do weryfikacji obliczeń polowych prądów wirowych z pomiarami, co umożliwiło dokładne zbadanie tzw. efektu zbliżeniowego i uzyskanie wysokiej zbieżności pomiarów z obliczeniami numerycznymi strat mocy w miedzi, przy częstotliwościach od kilku do kilkuset herców,
- przeprowadzenie kompleksowej analizy 2-D i 3-D efektu zbliżeniowego w przewodnikach miedzianych uzwojenia maszyny elektrycznej pracującej przy dużych prądach o częstotliwości od kilku do kilkuset herców,
- zbadanie wpływu połączeń czołowych w przetwornikach elektromagnetycznych na rozkłady prądów wirowych w uzwojeniu, rdzeniu silnika, oraz na użyteczne parametry maszyn elektrycznych,
- opracowanie dla celów optymalizacyjnych w pełni sparametryzowanych modeli symulacyjnych 2-D i 3-D silników ze strumieniem osiowym bazujących na metodzie elementów skończonych,
- przeprowadzenie kompleksowej analizy wpływu niewspółosiowości rdzeni stojanów i dysku wirnika w silniku ze strumieniem osiowym na użyteczne parametry maszyny elektrycznej (opracowanie 2-D i 3-D modeli polowych bazujących na MBS),
- wskazanie potrzeby łączenia badań niewspółosiowości i analizy tolerancji montażu elementów maszyny elektrycznej w celu zminimalizowania ryzyka skrócenia ich żywotności,
- zaprojektowanie i wdrożenie innowacyjnych rozwiązań w silnikach ze strumieniem osiowym wykorzystywanych w pojazdach elektrycznych (tj. opracowanie konstrukcji silnika z segmentowym rdzeniem stojana zbudowanym z sproszkowanego żelaza).

3.4. Uwagi dyskusyjne

Zarówno w artykułach jak i autoreferacie dr inż. Adrian Młot używa zwrotów „... przy wysokiej częstotliwości...”. Moim zdaniem nazywanie zakresu częstotliwości do kilkuset herców „zakresem wysokich częstotliwości” jest dyskusyjne i unikałbym takich sformułowań.

W przypadku badań dotyczących zmiany rezystancji czynnej uzwojeń w funkcji częstotliwości prądu płynącego w uzwojeniach, bardzo wartościowym byłoby np. porównanie maszyn uzwojonych różnymi technikami (np. dającymi skrajne wyniki uzyskane na modelu badawczym) i ocena ich osiągnięć i sprawności silników przy różnych prędkościach wirnika.

W spisie literatury artykuły [15] i [24] zawierają tę samą treść, przy czym artykuł [24] jest wersją konferencyjną artykułu [15]. Moim zdaniem należy unikać takich praktyk.

Zamieszczona w Załączniku 9 została błędnie umieszczona kopia artykułu [24] zamiast artykułu [15].

Autoreferat przedstawiony przez Habilitanta jest napisany na słabym poziomie i zawiera informacje wzajemnie się wykluczające (np. informacje o liczbie projektów badawczych – str.15-16 i tabela na stronie 25), czy nieprawidłowo policzone parametry bibliograficzne (współczynnik IF).

Przedstawione powyżej uwagi krytyczne i dyskusyjne nie wpływają na moją ogólną pozytywną ocenę dorobku dr inż. Adriana Młota.

4. Ocena istotnej aktywności naukowej

4.1. Dorobek naukowo badawczy

Dorobek naukowo-badawczy przedstawiony przez dr inż. Adriana Młota liczony w okresie od otrzymania tytułu doktora nauk technicznych do momentu złożenia dokumentów o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego zawiera 49 publikacji naukowych, w tym 4 indeksowane na liście *Journal Citation Reports* o łącznym współczynniku *Impact Factor* wynoszącym 8,086, a współczynnik Hirscha indeksowany według bazy *Web of Science* wynosi 4. Dr inż. Adrian Młot wykazał się dużą aktywnością polegającą na uczestnictwie w 17 projektach międzynarodowych i jednym krajowym. Uczestniczył w konferencjach międzynarodowych i krajowych. Współpracował z 3 ośrodkami międzynarodowymi i 2 krajowymi. Pełnił rolę eksperta (recenzenta) 24-krotnie w opracowaniach międzynarodowych i dwóch krajowych.

Na podstawie złożonej przez dr inż. Adriana Młota dokumentacji mogę stwierdzić, że liczba publikacji od momentu uzyskania stopnia naukowego doktora nauk technicznych znacząco się powiększyła. Na uwagę zasługuje fakt współpracy międzynarodowej i pobytu w ośrodkach badawczych i przemysłowych w Wielkiej Brytanii. Niewątpliwie zaowocowało to powstaniem wartościowych publikacji znajdujących się na liście JCR. Należy podkreślić czynny udział Habilitanta w projektach badawczych, z których w jednym (krajowym) pełnił rolę kierownika projektu, natomiast pozostałe były realizowane w Wielkiej Brytanii na University of Bristol oraz GKN EVO i YASA Motors, w których pełnił rolę wykonawcy.

Należy podkreślić, że dr inż. Adrian Młot oprócz tematyki podstawowego osiągnięcia naukowego, opublikował prace prezentujące tematykę poprawy sprawności i obniżenia kosztów produkcji generatorów wiatrowych poprzez zastosowanie maszyn o magnesach trwałych z wirnikiem bezrdzeniowym i polu osiowym.

4.2. Dorobek dydaktyczny i organizacyjny

Dr inż. Adrian Młot oprócz działalności naukowej zajmuje się działalnością dydaktyczną polegającą na opracowywaniu materiałów dydaktycznych, prowadzeniu zajęć laboratoryjnych i wykładów z takich przedmiotów jak Maszyny elektryczne, Informatyka, Computer graphics (w języku angielskim). Jest opiekunem prac dyplomowych inżynierskich na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, Politechniki Opolskiej. Będąc na stażu za granicą był również opiekunem praktyk w jednostkach naukowo-badawczych GKN EVO eDrive Systems Ltd oraz YASA Motors Ltd. Ponadto dr inż. Adrian Młot jest administratorem i

koordynatorem Elektronicznych Kart Doskonalenia Przedmiotu. W roku 2019 poszerzył swoje uprawnienia związane z eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci kończąc kursy przeprowadzone przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich. Posiada również uprawnienia pedagogiczne.

5. Konkluzja oceny

Stwierdzam, że recenzowane osiągnięcie naukowo-badawcze dr. inż. Adriana Młota oraz jego aktywność naukowa spełniają wymagania Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, a także spełniają kryteria Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 22 września 2011 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora.

Dokonując oceny całokształtu dorobku naukowo-badawczego, dydaktycznego i organizacyjnego przedstawionego przez Habilitanta moim zdaniem dr inż. Adrian Młot wniósł znaczący wkład w rozwój dyscypliny Elektrotechnika.

Pozytywna ocena dorobku zgłoszonego jako Osiągnięcie Naukowe sprawia, że popieram wnioszek o nadanie dr. inż. Adrianowi Młotowi stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie Nauk Technicznych.

Piotr Bogun