

Recenzja
osiągnięć naukowych i istotnej aktywności naukowej
dr inż. Adriana Młota
ubiegającego się o nadanie stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych
przez Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej.

1. Podstawa formalna recenzji.

Niniejsza recenzja dotycząca postępowania habilitacyjnego dr inż. Adriana Młota została przygotowana na zlecenie Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów przekazanym pismem Dziekana Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej prof. dr hab. inż. Tomasza Boczara z dnia 30.07.2019. 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. Adrian Młot ukończył studia na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej w 1999 roku. Został zatrudniony na tym wydziale w 2003 roku i pracował tam na stanowiskach asystenta i adiunkta do września 2008 r. W dn. 11.10.2007 obronił z wyróżnieniem na macierzystym wydziale pracę doktorską dotyczącą pulsacji momentu elektromagnetycznego w silniku BLDC. Od 10.2008 do 02.2013 był zatrudniony w University of Bristol, Department of Electrical and Electronic Engineering, Wlk. Brytania na stanowisku Assistant Professor. Po tym okresie przeniósł się do brytyjskich przedsiębiorstw zaplecza naukowo-badawczego, kolejno GKN EVO eDrive Systems Ltd. (do 09.2016) i YASA Motors Ltd. (do 08.2017), w których zatrudniony był jako Electric Motor Designer. W październiku 2017 roku wrócił do Polski i ponownie zatrudnił się na stanowisku adiunkta w Politechnice Opolskiej, gdzie pracuje do chwili obecnej.

Aktywność naukowa Habilitanta jest związana z tematyką obliczeń numerycznych pola elektromagnetycznego i wielkości pochodnych w silnikach ze wzbudzeniem od magnesów trwałych. Opublikował po uzyskaniu stopnia doktora 17 artykułów i referatów konferencyjnych indeksowanych w bazach Web of Science i Scopus, w tym 4 z listy JCR, 17 artykułów w czasopismach krajowych oraz 15 referatów na innych konferencjach międzynarodowych i krajowych. Wszystkie publikacje Habilitanta są zespołowe, przy czym Jego udział autorski w 30 pracach był równy bądź większy od 50% i dotyczył przeważnie strony teoretycznej publikacji, to jest konstruowania modeli numerycznych badanych maszyn i opracowywania uzyskanych wyników obliczeń. Średnia jednoroczna liczby publikacji po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych wynosi $49/12=4.08$. Liczbę tę, przy uwzględnieniu wkładu dr Młota w przygotowanie poszczególnych artykułów, należy uznać za zadowalającą biorąc pod uwagę, że był on w omawianym okresie zatrudniony przez blisko 6 lat poza środowiskiem uniwersyteckim. W czasie pobytu w Wlk. Brytanii brał udział w 17 projektach badawczych (w 10 jako kierownik projektu) związanych z analizą pracy i wdrożeniem przetworników elektromechanicznych różnego typu.

Habilitant uzyskał następujące wskaźniki bibliometryczne:

- liczba cytowań 14 artykułów wg. bazy Web of Science – 107 (105 bez autocytowań),
- liczba cytowań 23 artykułów wg. Bazy Scopus – 182 (154 bez autocytowań),
- indeks Hirscha wg. bazy Web of Science – 4, bez autocytowań,
- indeks Hirscha wg. bazy Scopus – 6, bez autocytowań,
- sumaryczny Impact Factor dla publikacji w czasopismach z listy JCR – 7.915.

O sumarycznej liczbie cytowań decydują dwa artykuły zamieszczone w IEEE Transaction on, Industrial Electronics (2012) – 56 cytowań oraz Industry Application, (2014) – 19 cytowań.

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

3. Merytoryczna ocena osiągnięć naukowych.

Charakterystyka zakresu badań i warsztatu naukowego.

Autor Wniosku przedstawił do oceny cykl 10 publikacji zatytułowany „*Analiza i synteza maszyn elektrycznych w napędach pojazdów elektrycznych i hybrydowych*”. W zestawie tym 7 publikacji to prace o udziale Habilitanta w przedziale (60 – 90)% a w kolejnych 3 Habilitant miał znaczny udział (co najmniej 25%), co zostało potwierdzone oświadczeniami współautorów.

Tytuł cyklu jest spójny z zawartością merytoryczną poszczególnych publikacji, we wszystkich pracach ich istotą była analiza metodami numerycznymi dwu- i trójwymiarowych modeli badanych maszyn elektrycznych z uwzględnieniem nieliniowych własności magnetycznych elementów ferromagnetycznych oraz indukowanych prądów wirowych. Autorzy stosowali komercyjny system obliczeniowy Flux2D/3D, Cedrat Ltd. należący do ścisłej czołówki programów do obliczeń numerycznych stosowanych w wielu obszarach dziedziny Elektrotechnika. Modele numeryczne stosowane w ocenianych publikacjach były dość zaawansowane, w szczególności w tych pracach, które dotyczyły nierównomierności rozkładu prądów w równoległych gałęziach uzwojeń. Habilitant praktycznie we wszystkich publikacjach z ocenianego cyklu wykorzystywał typowe wielkości wyjściowe, takie jak prąd, napięcie, moc czy moment, dostępne standardowo w stosowanym oprogramowaniu. Wspomagał się przy tym technikami parametryzacyjnymi oraz dostępnym językiem skryptowym, co istotnie ułatwiło analizę znacznej liczby różnych wariantów konstrukcyjnych badanych maszyn.

Analiza maszyn ze wzbudzeniem od magnesów trwałych jest aktualnie intensywnie rozwijana na całym świecie, opracowano setki publikacji i dziesiątki książek z tej dziedziny. Maszyny takie pracują zarówno w napędach wolno- jak i szybkoobrotowych, w energetyce, trakcji, przemyśle samochodowym czy robotyce. Ich zalety takie jak znaczny moment z jednostki masy czy wysoka sprawność często przeważają nad wadami w postaci relatywnie wysokiego kosztu produkcji czy systemu sterowania. Należy podkreślić, że w wielu współczesnych zastosowaniach maszyn elektrycznych ich projektant ma do czynienia nie tylko z wymaganiem uzyskania tradycyjnych parametrów elektromechanicznych lecz również są narzucone zewnętrzne wymiary geometryczne. Powoduje to, że dobór maszyny do danego układu napędowego oznacza w takim przypadku jej całkowicie nowy projekt. W ostatnich latach obserwuje się wzrost wymagań stawianych silnikom elektrycznym, w tym stosowanych w przemyśle motoryzacyjnym, w stosunku do ich sprawności, niezawodności oraz oddziaływań środowiskowych. W konsekwencji opanowanie nowych technik projektowania maszyn elektrycznych połączonego z minimalizacją niekorzystnych efektów ubocznych występujących podczas ich pracy jest aktualnym zagadnieniem badawczym.

W przedstawionym cyklu publikacji Habilitant skoncentrował się na wielowariantowej analizie, zarówno teoretycznej jak i pomiarowej, wpływu wybranych parametrów badanych maszyn na ich własności elektromechaniczne i cieplne. Tak postawiony cel pracy badawczej odpowiada w pełni tytułowi cyklu, przy czym podane w nim zastosowanie „...w napędach pojazdów elektrycznych i hybrydowych..” wynika pośrednio z wartości parametrów znamionowych i jest omówione dość skrótowo.

Uważam, że obszar prac badawczych Habilitanta jest spójny merytorycznie i odnosi się do aktualnego problemu występującego w przemyśle. Zagadnienia poruszone w poszczególnych publikacjach nie są trywialne a do ich rozwiązania wybrano nowoczesne narzędzia badawcze.

Dyskusja zawartości merytorycznej przedstawionego cyklu publikacji.

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

W pierwszych publikacjach ([15], 2014, 25%, [40], 2009, 90%) analizowano wpływ geometrii silnika przy narzuconych wymiarach zewnętrznych i momentu znamionowego na wynikowe wartości strat mocy, maksymalny przyrost temperatury oraz pulsacje momentu. W obliczeniach numerycznych uwzględniano rozkład prądów wirowych w poszczególnych przewodach uzwojenia stojana i wynikających stąd strat dodatkowych. Obliczenia numeryczne prowadzono metodą elementów skończonych dla pól elektromagnetycznych i sieci cieplnych podczas obliczeń rozkładu temperatury. Uzyskane wyniki obliczeń wskazujące na możliwość pracy maszyny ze sprawnością ponad 90% zostały potwierdzone doświadczalnie. Zweryfikowano również obliczone kilkakrotne zmniejszenie momentu zaczepowego. Pokazane wyniki pozwalają na projekt wysokosprawnego silnika pracującego przy podwyższonej częstotliwości zasilania mającego przy tym znaczny przekrój przewodu w elementarnym zwoju.

Następna publikacja ([28], 2012, 33%) dotyczy zagadnienia wpływu nierównomiernego rozkładu natężenia prądu w cewce składającej się z 12 równoległych przewodów o znacznym, prostokątnym przekroju na wynikowe straty mocy i rozkład temperatury. Badania prowadzono dla specjalnie zaprojektowanego wzbudnika, umieszczonego w komorze o stabilizowanej temperaturze i zasilanego ze źródła o częstotliwości zmienianej w przedziale od 100 do 700 Hz. Publikacja jest bardzo dobrze udokumentowana, zawiera szczegółowy opis stanowiska badawczego i prowadzonych obliczeń oraz pomiarów. Wydrukowana w bardzo dobrym czasopiśmie (IEEE Transaction on Industrial Electronics) posiada obecnie 56 cytowań.

Kolejne dwie publikacje ([5], 2016, 80% ,[11], 2015, 70%) również dotyczą silnie nierównomiernego rozkładu strat w wiązce równoległych przewodów uzwojenia twornika zasilanego ze źródła o zmiennej częstotliwości. Analizowano nowoczesną topologie segmentowego rdzenia stojana o parametrycznie zmienianej geometrii oraz różnej konfiguracji kształtu cewek. Wyniki obliczeń prowadzone metodą elementów skończonych 3D o zaawansowanej strukturze siatki podziałowej są konfrontowane z wynikami pomiarów

wykonywanych w specjalnie zbudowanej komorze cieplnej. Biorąc pod uwagę wysoką jakość wyników, skomplikowany system obliczeniowy i pomiarowy oraz wyraźnie dominującą rolę dr Młota przy realizacji tych artykułów należy uznać te prace za charakterystyczne dla celów personalnej oceny osiągnięć naukowych habilitanta.

Następne dwie publikacje ocenianego cyklu ([18], 2014, 50%, [19], 2013, 60%) mają nie tylko identyczny tytuł, co prawda w różnych językach – „Analysis of the proximity and skin effects on copper loss in a stator core” oraz „Wpływ efektu zbliżeniowego i naskórkowości na straty mocy w tworniku” lecz także praktycznie identyczną zawartość. Wszystkie zdjęcia układu pomiarowego oraz wykresy otrzymanych wynikowych wielkości zamieszczone w jednym artykule można znaleźć i w drugim. Jest to zaskakująca sytuacja, zwłaszcza gdy ma miejsce w postępowaniu habilitacyjnym. Oczekuję wyjaśnień od Habilitanta w trakcie posiedzenia Komisji Habilitacyjnej.

Odnosząc się do ich zawartości merytorycznej należy stwierdzić, że wykorzystano tam analogię elektromagnetyczną pomiędzy polem rozproszenia w rdzeniu stojana silnika uniwersalnego i typowym kształtem otwartych, radialnych żłobków w stojanach trójfazowych maszyn. Zmieniając położenie i kształt przekroju równoległych przewodów w wiązce cewki uzyskano wyraźne zmniejszenie strat dodatkowych w miedzi badanego uzwojenia. Zauważyć trzeba, że efekt ten otrzymano kosztem zmniejszenia współczynnika zapełnienia żłobka. Bardzo dobra zgodność obliczeń i pomiarów potwierdza wysoką jakość przeprowadzonego eksperymentu badawczego.

Ważne zagadnienie strat wiroprądowych w powierzchniowo montowanych magnesach trwałych było przedmiotem rozważań w pracy ([6], 2016, 60%). Autorzy przedstawili wpływ segmentacji magnesów, radialnej i osiowej, na charakterystyki użytkowe silnika oraz zajmowali się wpływem zmiennego kształtu główki zębów twornika na te charakterystyki. Większość pracy dotyczy wyników znacznej ilości eksperymentów numerycznych, pokazano również przykładową relację obliczenia a eksperyment dla jednego wariantu silnika. W konkluzji Autorzy stwierdzają, że znaleziony efektywny sposób minimalizacji zagrożenia magnesów trwałych przed ich demagnetyzacją pociąga za sobą pewne pogorszenie innych własności użytkowych silnika, co wymaga dalszych badań.

Ostatnie dwie publikacje cyklu ([3], 2018, 70%, [1], 2019, 90%) są związane z analizą wpływu nieidealnej technologii wykonania badanych maszyn na ich parametry. W pracy [3] Autorzy rozpatrywali zagadnienie przesunięć osiowych i obwodowych układu magnesów w silniku tarczowym a w pracy [1] zajmowali się pomiarami obszernej grupy potencjalnie identycznych silników, w której dopuszczono bliżej nieokreślone niedokładności montażowe.

O ile w artykule [3] wyjaśniono szczegółowo ilościowy wpływ rozpatrywanych niedokładności, zarówno na drodze obliczeniowej jak i pomiarowej to w pracy [1] nie wiadomo co było przyczyną znacznych rozrzutów wynikowych wartości poszczególnych wielkości. Stwierdzenie, że im dokładniejszy montaż to tym bardziej powtarzalne są produkowane maszyny jest dość trywialne.

W podsumowaniu wyników pracy naukowej dr Adriana Młota stwierdzam, że posiada On umiejętności zarówno tworzenia skomplikowanych modeli numerycznych badanych maszyn elektrycznych jak i prowadzenia złożonych eksperymentów badawczych. Można zauważyć wyraźny wpływ jego ścieżki zawodowej na zawartość ocenianego cyklu publikacji. Mianowicie, większość czasu po uzyskaniu stopnia doktora spędził pracując w zagranicznych przedsiębiorstwach zaplecza badawczego przemysłu elektromaszynowego. Pozwoliło to Mu z jednej strony na udział w pracach badawczo-wdrożeniowych dotyczących aktualnych problemów związanych z projektowaniem i aplikacją nowoczesnych silników elektrycznych. Jednak z drugiej strony charakter tych prac wykonywanych na zamówienie przemysłu nie pozwalał często na zbyt szczegółowe publikowanie otrzymanych wyników. Należy podkreślić utrzymywanie stałego kontaktu z macierzystą uczelnią, co owocowało szeregiem wspólnych publikacji.

Do najistotniejszych wyników Jego pracy zaliczam:

- **obszerną analizę strat dodatkowych w równoległych przewodach uzwojeń twornika bezszczotkowych maszyn ze wzbudzeniem od magnesów trwałych,**
- **wielowariantowa analiza teoretyczna i doświadczalna w poszukiwaniu optymalnej struktury badanych silników przy szerokim przedziale częstotliwości zasilania.**

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



4. Ocena pozostałego dorobku naukowego i popularyzatorskiego.

Zdecydowana większość pozostałych artykułów i referatów konferencyjnych, których współautorem jest dr Młot, dotyczy również tematyki związanej z maszynami o wzbudzeniu od magnesów trwałych. Część z nich, sądząc po tytułach, ma charakter wstępny bądź popularyzatorski w stosunku do zgłoszonego do oceny cyklu publikacji. Niektóre z nich zawierają komplementarny materiał rozszerzający omawiane wyżej spektrum. Zaliczam tu przede wszystkim prace [31] i [37], w których zajmowano się wpływem wzajemnego skosu pomiędzy strukturą stojana i wirnika na własności silnika elektrycznego. Zagadnienie to jest istotne z punktu widzenia minimalizacji pasożytniczych efektów towarzyszących eksploatacji maszyn elektrycznych.

Zwraca również uwagę fakt kierowania przez Habilitanta projektem badawczym dotyczącym projektu silnika elektrycznego o mocy 75 kW na rzecz spółki Auto Power Electronic z Opola, który był zrealizowany już po powrocie Habilitanta do kraju. Można przypuszczać, że Jego umiejętności nabyte za granicą będą jeszcze niejednokrotnie wykorzystywane przez macierzysty instytut.

5. Konkluzja recenzji.

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

Zakładając pozytywny przebieg rozmowy z Habilitantem w trakcie posiedzenia Komisji Habilitacyjnej stwierdzam, że będę wnioskował o przekazanie przez Komisję tak brzmiącej Uchwały do Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej.

