

Warszawa, 20.02.2024 r.

Dr hab. inż. Włodzimierz Przyborowski  
Wydział Elektroniki  
Wojskowa Akademia Techniczna  
im. Jarosława Dąbrowskiego

prof. dr hab. inż. Wojciech Szelaża

WYDZIAŁ AUTOMATYKI,  
ROBOTYKI I I ELEKTROTECHNIKI  
POLITECHNIKA POZNAŃSKA

29 -02- 2024

WPŁYNEŁO

## RECENZJA

Osiągnięcia naukowego – cyklu powiązanych publikacji dra inż. Łukasza Knypińskiego, cyklu opatrzonego wspólnym tytułem

### **„Efektywne metody optymalizacji urządzeń elektromagnetycznych opisanych połowymi modelami zjawisk”**

oraz Jego dorobku zawodowego przedstawionego do oceny w postępowaniu habilitacyjnym w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

Recenzja jest przygotowana na prośbę Profesora dra hab. inż. Wojciecha Szelaża Przewodniczącego Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Poznańskiej, na podstawie decyzji Rady Doskonałości Naukowej z dnia 14 października 2023 r. wyznaczającej mnie do składu Komisji habilitacyjnej w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Łukaszowi Knypińskiemu w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

Podstawą recenzji jest opracowanie przygotowane przez Habilitanta i zatytułowane Wniosek z dnia 27.07.2023 r.

Opracowanie zawiera całościowo, z danymi wnioskodawcy – zał. 1 i kopii dyplomu doktorskiego – zał. 2., jedenaście załączników zatytułowanych:

zał. nr 3 – Autoreferat,

zał. nr 4 – Wykaz osiągnięć naukowych,

zał. nr 5 – Oświadczenia współautorów publikacji,

zał. nr 6 – Publikacje tworzące cykl powiązanych tematycznie artykułów,

zał. nr 7 – Analiza dorobku naukowego wykonana przez bibliotekę Politechniki  
Poznańskiej,

zał. nr 8 – Zaświadczenia dokumentujące pobyty zagraniczne,

zał. nr 9 – Zaświadczenia dokumentujące realizowane projekty,

zał. nr 10 – Zaświadczenia dokumentujące otrzymane nagrody,

zał. nr 11 – Inne zaświadczenia.

## **1. Informacje ogólne**

Dr inż. Łukasz Knypiński rocznik 1981 ukończył w roku 2003 studia na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej na kierunku Elektrotechnika o specjalności Maszyny elektryczne i układy wykonawcze automatyki. W roku 2016 na tej samej uczelni obronił rozprawę doktorską pt. „Optymalizacja silników o magnesach trwałych na podstawie polowo-obwodowego modelu zjawisk elektromagnetycznych” i uzyskał tytuł doktora nauk technicznych w dyscyplinie Elektrotechnika. Promotorem rozprawy doktorskiej był Profesor dr hab. Lech Nowak.

Po ukończeniu studiów doktoranckich w 2010 r. dr inż. Łukasz Knypiński był w latach /2010 – 2016/ zatrudniony na stanowiskach: referenta do spraw technicznych i badawczych, następnie asystenta i adiunkta badawczo-dydaktycznego w Zakładzie Mechatroniki i Maszyn Elektrycznych, Instytutu Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej, Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej – obecnie Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki.

Dr inż. Łukasz Knypiński, jako promocyjne osiągnięcie habilitacyjne przedstawił we Wniosku {autoreferacie i dokumentacji postępowania habilitacyjnego} zestaw dziesięciu połączonych tematycznie prac (zgodnie z art. 219 ust.1 pkt.2b ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce z dnia 20 lipca 2018 r.) opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych.

## **2. Charakterystyka przedłożonego cyklu publikacji, jako osiągnięcia habilitacyjnego**

### **2.1. Charakterystyka ogólna i aspekty formalne przedłożonego cyklu publikacji**

Przedstawione w Autoreferacie i załączniku nr 6 prace określonego cyklu (oznaczone sygnaturami  $A_k$ ,  $k = 1, \dots, 10$ ) zostały opublikowane w okresie /2017 – 2023/. Prace [A1, A3, A5, A7, A10] są wyłącznie autorstwa Habilitanta. Pozostałe prace [A2, A4, A6, A8, A9] są współautorskie w stopniu <50 - 90> procent udziału Habilitanta. Procentowy udział współautorów został przez nich potwierdzony stosownymi oświadczeniami. W krótkich komentarzach do wymienionych publikacji Habilitant określił własny wkład merytoryczny w opracowanie prac współautorskich.

Łączna objętość cyklu publikacji wynosi około 119 stron.

Publikacje [A1,...,A10] dotyczą zagadnień informatyczno-programistycznych z ukierunkowaniem na zastosowanie różnych klas algorytmów i metod optymalizacyjnych, przystosowanych do optymalnego projektowania, wybranych parametrów konstrukcyjnych,

strukturalnych i eksploatacyjnych, wybranych typów maszyn elektrycznych i przetworników elektromechanicznych.

Artykuły współautorskie zostały opracowane we współpracy dra inż. Ł. Knypińskiego z pracownikami zespołu ośrodka macierzystego oraz pracownikami naukowymi zagranicznych ośrodków naukowych. Sumaryczna punktacja ministerialna cyklu prac przedłożonych we Wniosku jest równa 780 pkt. Sumaryczny indeks tych prac  $JF=12,755$ .

## 2.2. Charakterystyka prac

Analizowane prace cyklu powiązane tematycznie i zatytułowane „**Efektywne metody optymalizacji urządzeń elektromagnetycznych opisanych polowymi modelami zjawisk**” można scharakteryzować w czterech grupach zagadnień:

1. Analizy pola elektromagnetycznego w wybranych silnikach elektrycznych i przetwornikach elektromechanicznych.
2. Opracowania odpowiednich modeli polowych i modeli sprzężonych (efektów fizycznych i magnetostrykcyjnych) tych urządzeń.
3. Przystosowania tych modeli do obliczeń numerycznych.
4. Modyfikacji i adaptacji metod i programów obliczeń do procedur optymalizacyjnych z zastosowaniem modeli symulacyjnych obliczeń urządzeń elektromagnetycznych.

Urządzeniami są: siłownik magnetostrykcyjny o ruchu posuwisto-zwrotnym (aktuator), silniki synchroniczne o magnesach trwałych typu PMSM i LSPMSM oraz bezkomutatorowy silnik prądu stałego o magnesach trwałych typu BLDC (PM BLDC).

Należy zaznaczyć, że w przedstawionym cyklu prac opis polowy jest sprowadzony do podstawowych równań elektromagnetyzmu, bez wyznaczonych *explicite* wielkości lub przykładowo podanych wartości wielkości (indukcji, natężenia) pola elektromagnetycznego w tych urządzeniach.

Ze względu na typy urządzeń elektromagnetycznych można prace cyklu zestawić następująco:

- A. Zagadnienia obliczeń optymalnych dotyczących silników synchronicznych małej mocy o magnesach trwałych PMSM, a przede wszystkim klasy tych silników o rozruchu bezpośrednim LSPMSM przedstawione są w pracach [A1, A4, A5, A7, A9, A10].
- B. Zagadnienia obliczeń siłownika magnetostrykcyjnego (aktuatora) przedstawione są w pracach [A2, A3].
- C. Obliczenia silnika bezszczotkowego prądu stałego BLDC zawierają prace [A6, A8].

Ten stosunkowo szeroki zakres klas przetworników elektromechanicznych objętych obliczeniami optymalizacyjnymi świadczy o operatywności i efektywności zastosowanych algorytmów obliczeniowych opracowanych przez Habilitanta.

W analizowanych pracach przedłożonego cyklu dominują zagadnienia informatyczne i programistyczne ukierunkowane na odpowiednie modyfikacje i adaptacje algorytmów do obliczeń wymienionych przetworników. Ważnym zagadnieniem w procedurach obliczeń jest efektywny dobór algorytmów i ich rozszerzenie, z uwzględnieniem tzw. ograniczeń i funkcji kary. Te aspekty stanowią zespolenie cyklu prac.

W każdym artykule cyklu, po stosunkowo obszernym opisie i analizie rozpatrywanego zagadnienia oraz doborze odpowiednich programów i algorytmów obliczeń optymalizacyjnych, przedstawione są wyniki obliczeń optymalnych parametrów konstrukcyjnych, wymiarowych i eksploatacyjnych przetworników elektromechanicznych. Na przykład: wymiarów i struktury magnesów trwałych w strefie wirników silników oraz wartości siły lub momentu obrotowego, współczynnika mocy i sprawności.

Przetworniki elektromechaniczne, i w tej grupie maszyny elektryczne, są jednymi z bardziej złożonych urządzeń w całej technosferze, przede wszystkim ze względu na połączenie, a w niektórych przypadkach silne sprzężenie fizyczne zjawisk elektrycznych, magnetycznych, mechanicznych – kinematycznych i sprężystych. Należy w tym miejscu również wymienić zjawiska cieplne występujące w tych urządzeniach, które stanowią istotne problemy na etapie projektowania, konstrukcji i eksploatacji maszyn. Projekty tych urządzeń powinny uwzględniać obliczenia efektów cieplnych, pomimo iż sprawność (jako funkcja strat mocy) jest w pewnym stopniu miarą tych efektów.

W sytuacji sprzężenia różnych zjawisk, ich złożonego opisu na podstawie różnych równań fizycznych (polowych i obwodowych) i ze względu na występowanie w związkach materiałowych nieliniowości, zastosowanie odpowiednich modeli fizycznych i obliczeniowych oraz zastosowanie algorytmów optymalizacyjnych jest bardzo znaczące w opracowaniach naukowych i rozszerzeniu określonej dyscypliny naukowej. W szczególności, gdy są opracowywane i projektowane nowe konstrukcje przetworników o strukturze hybrydowej, czyli zawierające obwody wzbudzające strumienie magnetyczne, od przepływów prądowych i od magnesów trwałych.

Trzeba podkreślić, że w dziedzinie maszyn elektrycznych, czy szerzej przetworników elektromechanicznych, jest wiele osobliwości konstrukcyjnych i zagadnień o bardzo dużej złożoności zjawisk warunkujących działanie tych urządzeń elektromagnetycznych. Problemy te wymagają precyzyjnego ujęcia w modelach i schematach obliczeniowych.

Bardzo ważnymi zagadnieniami konstrukcyjnymi maszyn elektrycznych, które wymagają szczególnie precyzyjnej analizy zjawisk i przełożenia na procedury projektowe są przykładowo:

- zespoły magnesów trwałych wbudowane w ustroje konstrukcyjne wirników silników synchronicznych {[A1], rys. 2.; [A4], rys. 1. 2.; [A9], rys. 1. 2.},
- ukształtowanie tzw. strefy żłobkowo-zębowej silników (strefy o bardzo małych wymiarach geometrycznych w stosunku do rozmiarów całej konstrukcji {[A9], rys. 2}).

Wskazane zagadnienia mają duże znaczenie w działaniu silników elektrycznych w stanach rozruchowych i obciążenia. Podobnych przykładów wysokiej rangi technicznej w maszynach elektrycznych jest bardzo dużo. Niektóre z nich zostały przez Habilitanta podjęte i rozwiązane.

Opracowane algorytmy i programy obliczeń optymalnych parametrów przetworników elektromechanicznych, wskazanych w cyklu prac, są ukierunkowane na zwiększenie efektywności, skrócenie czasu obliczeń z jednoczesnym uwzględnieniem ograniczeń dla tzw. funkcji celu oraz doboru efektywnych funkcji kar.

### **2.3. Ocena poziomu merytorycznego Autoreferatu i zawartych w nim informacji**

Prezentowany w dokumentacji wniosku Autoreferat (zał. nr 3), obejmuje 47 stron i zawiera siedem wypunktowanych podrozdziałów.

W punktach 1. i 2. zawarte są informacje o uzyskanych dyplomach i drodze zawodowej dra inż. Łukasza Knypińskiego.

W pkt. 3. są informacje o dotychczasowym zatrudnieniu Habilitanta.

W punkcie 4. Autor scharakteryzował 10 artykułów (stanowiących cykl prac). W krótkich komentarzach wskazał własne osiągnięcia przedstawione w tych publikacjach. Autoreferat zawiera również analizę cyklu publikacji z uwzględnieniem oceny wg wytycznych MEiN oraz określony jest wskaźnik Impact Factor tych publikacji.

W pkt. 4.1. zostały zaprezentowane i opisane osiągnięcia naukowe Habilitanta w odniesieniu do artykułów cyklu prac. Wskazane zostały uwarunkowania i główne cele podjętych badań. Artykuły cyklu w pełnej treści zostały przedstawione w załączniku nr 6.

W kolejnym punkcie 4.2. Autor scharakteryzował (w obszernym opisie) modele urządzeń elektromagnetycznych {aktuator, silniki synchroniczne o magnesach trwałych, bezkomutatorowy silnik prądu stałego typu BLDC}, które były przedmiotem opracowanych dla nich stosownych modeli fizykalnych i obliczeniowych.

W pkt. 4.3. zostały scharakteryzowane algorytmy programów obliczeniowych. Algorytmy zostały skategoryzowane pod względem operatywności, efektywności i szybkości obliczeń oraz wyboru funkcji kary. Zostały również porównane efektywności niektórych algorytmów.

W pkt. 4.4. Autor scharakteryzował i zinterpretował zakres optymalizacji wybranych parametrów silnika LSPMSM. Scharakteryzowane zostały wybrane algorytmy określone nazwami, jak np.: algorytm „szarych wilków” i algorytm „genetyczny”. W tym punkcie zostały przedstawione i porównane charakterystyki eksploatacyjne silników: LSPMSM i asynchronicznego (indukcyjnego).

Punkt 4.5. zawiera porównanie efektywności obliczeniowej wybranych algorytmów.

W punkcie 4.6. Habilitant opisał, opracowane przez siebie, nowe ujęcia metod optymalizacyjnych. Metody te polegają na odpowiednio sformułowanych relacjach rekurencyjnych i opracowaniu hybrydowej metody optymalizacji, stanowiącej połączenie formalne metody niedeterministycznej z metodą deterministyczną.

W punkcie 4.7. Autor dokonał podsumowania kierunków i zakresów własnych badań. Wymienione są najważniejsze osiągnięcia „w głównym obszarze badań” Autora wniosku. W końcowym akapicie tego punktu zamieszczony jest wykaz literatury (33 pozycje), dotyczącej badanych zagadnień.

Punkt 5. Autoreferatu zawiera informacje o aktywności naukowej Kandydata (co również jest treścią zał. 4.). Na podkreślenie, zawartych i udokumentowanych informacji, zasługuje współpraca Habilitanta z zagranicznymi ośrodkami naukowymi i lista publikacji, które są rezultatem tej współpracy. Lista ta zawiera artykuły prezentowane na konferencjach (4) i w czasopismach naukowych (4).

Oddzielnie wskazana jest współpraca z ośrodkami naukowymi w Hiszpanii, Wielkiej Brytanii oraz Indiach. Rezultatem tej współpracy jest 10 publikacji.

Dr inż. Łukasz Knypiński odbył kilka staży naukowych w ośrodkach zagranicznych.

Punkt 6. dotyczy informacji o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę realizowanych przez Kandydata.

Dr inż. Łukasz Knypiński prowadził i obecnie prowadzi szeroki zestaw przedmiotów na Wydziale Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki Politechniki Poznańskiej.

Zajęcia dydaktyczne obejmują, na przykład:

1. Wykłady z przedmiotów:

- a) Maszyny elektryczne w języku polskim i angielskim, na różnych kierunkach i specjalnościach, I i II stopnia,
- b) Maszyny i napędy elektryczne w automatyce, wykład, laboratorium (w jęz. ang.),

- c) Systemy CAD w cyfrowym prototypowaniu obiektów technicznych, wykład, projekt, ćwiczenia, Erasmus (w jęz. ang.),
  - d) Metody optymalizacji w projektach urządzeń elektromagnetycznych, wykład, projekt, Erasmusa (w jęz. ang.);
2. Zajęcia laboratoryjne i ćwiczenia:
- a) Maszyny elektryczne,
  - b) Elektromagnetyczne przetwarzanie energii,
  - c) Elektrodynamika techniczna.

Na podkreślenie zasługuje prowadzenie przez Habilitanta zajęć w ramach programu Erasmus w Lille University w latach 2020, 2022.

Autor Wniosku był promotorem pomocniczym w dwóch przewodach doktorskich. Prowadził 15 prac dyplomowych na studiach I i II stopnia. Był także recenzentem wielu prac dyplomowych. Wykazał się również działalnością popularyzatorską nauki.

Pełnił funkcje organizacyjne w sześciu zespołach wydziału i uczelni.

Przynależą do dwóch towarzystw naukowych.

Dr Łukasz Knypiński, co należy szczególnie wyróżnić, był laureatem wielu nagród rektorskich, dziekańskich i konferencyjnych.

W podsumowaniu Autoreferatu Habilitant stwierdził, że Jego badania w głównej mierze skupiały się na adaptacji i modyfikacji algorytmów niedeterministycznych przystosowanych do optymalnych obliczeń parametrów urządzeń elektromagnetycznych.

Opracowane metody i programy obliczeń numerycznych, wyniki obliczeń testujących, i wyniki obliczeń optymalnych parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych przetworników elektromechanicznych, przedstawione w tabelach i w formie charakterystyk, dowodzą wysokiej efektywności opracowanego przez Autora systemu obliczeniowego.

Autoreferat jest opracowany merytorycznie i w szerokim zakresie zagadnień przede wszystkim informatyczno-programistycznych. Problemy, którymi się Autor zajmuje są zaprezentowane jasno ze wskazaniem na podstawy ich rozwiązywania. Ważne podkreślenia jest wskazanie własnych oryginalnych i progresywnych postępów naukowych Habilitanta. Wykaz opublikowanych prac świadczy o bardzo dużej aktywności naukowej dra inż. Łukasza Knypińskiego.

Należy również zwrócić uwagę na zastosowanie autorskich programów do obliczeń optymalizacyjnych różnych urządzeń elektromagnetycznych, spoza zbioru przetworników przedstawionych w cyklu artykułów.

## 2.4. Kwestie dyskusyjne dotyczące zagadnień przedstawionych w autoreferacie i omówionych w nim pracach

Z punktu widzenia recenzenta najbardziej interesujące są zagadnienia umownie określone mianem fizykalnych zagadnień maszyn elektrycznych, które w postaci modeli konstrukcyjnych, schematów i modeli zastępczych oraz opisu matematycznego zostały zaprezentowane w cyklu prac. Są to przede wszystkim prace oznaczone sygnaturami [A1, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10]. Do maszyn można zaliczyć także aktuator przedstawiony w pracach [A2, A3]. Tak więc można uznać, że maszyny elektryczne stanowią podstawę prac Autora Wniosku, podstawę wszechstronnych zastosowań opracowanego przez Niego warsztatu informatycznego, algorytmów i obliczeń numerycznych.

Dużo uwagi Autor poświęcił w artykułach cyklu i Autoreferacie zagadnieniom programistycznym odnośnie do doboru i zastosowania różnych algorytmów i oceny tych programów pod względem szybkości i dokładności obliczeń. Natomiast stosunkowo niewiele jest komentarzy i interpretacji dotyczących zagadnień technicznych i fizykalnych analizowanych i badanych silników elektrycznych.

Autoreferat, jako szerszy komentarz przedstawionych i charakteryzowanych prac powinien zawierać również narracje skierowane na genezę podjętych badań w znaczeniu podstawowym i metodologicznym oraz podkreślenie złożoności pewnych zagadnień. Tych kwestii w niektórych punktach Autoreferatu zabrakło.

Pierwszym przykładem jest praca [A2] dotycząca aktuatora magnetostrykcyjnego. Efekt fizyczny działania tego przetwornika elektromechanicznego bazuje na równaniach konstytutywnych, które w postaci uproszczonej można zapisać związkami:  $\sigma_{ij} = E_{ijkl}(H_n)\epsilon_{kl} + m_{ijk}(\sigma)B_k$ ;  $H_i = \mu^{-1}(\sigma)B_i + m_{ijk}(\sigma)\epsilon_{kl}$  {  $\sigma_{ij}$  tensor naprężenia,  $\epsilon_{ij}$  -tensor odkształcenia,  $E_{ijkl}$  moduł Yanga,  $m_{ijk}(\sigma)$  tensor magnetostrykcji – parametry materiałowe zależą od stanu namagnesowania i naprężenia ośrodka magnetosprężystego }.

Tego rodzaju efekty fizyczne sprzężone konstytutywnie są rzadkim elementem w teoriach i zjawiskach polowych! A to właśnie świadczy o wyjątkowości zagadnienia, pomimo, że analizowany przetwornik jest osiowo symetryczny i element ruchomy doznaje oddziaływania naprężenia poosiowego. Ważną kwestią tego zagadnienia jest nieliniowość związków naprężeniowych, co zostało przez Habilitanta uwzględnione nawet w podwójnym stopniu, bo również nieliniowości wielkości magnetycznych.

Drugi przykład dotyczy pracy [A8], w szczególności równań i parametrów silnika BLDC.



Należy podkreślić, że indukcyjność fazowa  $L_{ph}$  jest ważna, w modelu matematycznym stanowiącym opis pracy tego silnika, przede wszystkim z uwagi na włączone w pasma uzwojeń elementy półprzewodnikowe. Wypada w tym miejscu nadmienić, że trudnością, którą badacze doświadczają, i powinna być szczególnie zaakcentowana, jest właśnie teoretyczne i eksperymentalne wyznaczenie tej indukcyjności. Indukcyjności pasm fazowych, indukcyjności wzajemne oraz indukcyjności rozproszenia są podstawowymi wielkościami w równaniach prądowo-napięciowo-strumieniowych tego silnika. Świadczy to o ważności badanego zagadnienia, przede wszystkim w kwestii kształtowania przebiegu napięć zasilających pasma fazowe. Być może wskazane kwestie zostały przez Autora i współautorów przedyskutowane w uprzednich ich publikacjach. Właśnie na łamach Autoreferatu stosownie jest te zagadnienia przedstawić i zaakcentować. Indukcyjności pasm fazowych uzwojeń silnika znacząco wpływają na procesy obliczeń optymalizacyjnych.

W kwestiach dyskusyjnych zwrócenia uwagi wymaga przykład obliczeń porównawczych parametrów eksploatacyjnych silnika asynchronicznego (SA - IM) i silnika synchronicznego (SS -LSPMS) [A4]. Silnik asynchroniczny został dobrany niezręcznie. Ponieważ parametry znamionowe tego silnika (SA):  $\cos \varphi_N=0,69$ ,  $\eta_N= 67\%$ ,  $n_N=1378$  obr/min, ( $s_N=,08!$ ), należy ocenić, jako mierne. Wybór tego silnika do porównania z silnikiem synchronicznym nie jest właściwy. Podobne zastrzeżenia można mieć do parametrów silnika asynchronicznego rozpatrywanego w pracy [A5]. Porównanie tych dwóch typów silników – asynchronicznego i synchronicznego, ze względu na parametry  $\cos\varphi$ , i  $\eta$ , będzie zawsze niekorzystne dla silnika asynchronicznego, poza oczywiście momentem rozruchowym.

W przypadku analizowania i projektowania samorozruchu silnika synchronicznego, powinno się rozpatrzeć różne szczegóły konstrukcyjne, jak np. geometrię przyszczelinowej strefy żłobkowo-zębowej wirnika oraz relacje między liczbami żłobków stojana i wirnika.

W omawianych artykułach prezentowanego w Autoreferacie cyklu prac, bardzo dużo uwagi poświęcił Autor stosowanym programom i algorytmom obliczeń optymalnych. Zostały zaprezentowane schematy blokowe algorytmów, relacje rekurencyjne, wykresy ilustrujące postępy obliczeń oraz obrazy *izometryczne* ilustrujące zbieżności i stabilności rozwiązań. Przedstawiona jest również ogólna charakterystyka wyników obliczeń. Położenie akcentu na zagadnienia obliczeń optymalnych jest zrozumiałe z uwagi na ich główny wątek w tematach przedstawionego cyklu prac. Ograniczona jest natomiast dyskusja związków i relacji fizycznych. W autoreferacie jest tylko pięć zależności fizycznych w odniesieniu do opisu modeli polowych [A8] i dziewięć zależności dotyczących modeli obwodowych [A9].

Zabrakło zdaniem recenzenta analizy i interpretacji, właśnie na łamach Autoreferatu, wyników obliczeń zamieszczonych np. w tab. (4-8), [A5]. Analizując szczegółowo wyniki obliczeń silników elektrycznych LSPMSM [A4, A5, A7, A9], przedstawione odpowiednimi wykresami i w tabelach, odnosi się wrażenie, że zawierają wiele ważnych informacji dotyczących parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych tych silników. W szczególności są to relacje między parametrami wymiarowymi np. szerokością szczeliny przywornikowej, wymiarami sztabek magnesów trwałych, a współczynnikiem mocy, sprawnością i momentem obrotowym. Można sądzić się, że na szerszym zestawie wyników obliczeń byłoby możliwe wyjaśnienie tych współzależności. Dotyczy to np. małej zmienności momentu obrotowego przy zmianach wymiarów sztabek magnesów trwałych (tab. 5. [A5]), czy zwiększenia współczynnika mocy ze wzrostem szczeliny przywornikowej (tab. 2. [A9]).

Po analizie stabilizowanych wyników obliczeń optymalizacyjnych, szczególnie silników synchronicznych o magnesach trwałych, [A5, A8, A9] można dostrzec interesujące relacje między wielkościami wyznaczanymi na podstawie tych obliczeń, które jednak nie zostały wyraźnie wyeksponowane.

Również wyniki obliczeń z zastosowaniem algorytmów optymalizacyjnych, indeksowane numerami iteracji, charakteryzujące się interesującymi współzależnościami między optymalizowanymi zmiennymi, powinny być zinterpretowane pod względem technicznym. Dotyczy to na przykład następujących zmiennych zamieszczonych w tabelach określonych prac:  $R_m$ ,  $g_m$ ,  $l_m$ ,  $T_0$ ,  $m_{pm}$  tab. 4, 5, [A5];  $h_{PM}$ ,  $\tau_{PM}$ ,  $T$  tab. 2. [A8];  $r$ ,  $l$ ,  $g$ ,  $\delta$ ,  $PF$ ,  $Tr$ , tab. 2, [A9].

Wyłonienie fizykalnych relacji jakościowych uzyskanych na podstawie wielu wyników obliczeń numerycznych (nawet w kolejnych numerach iteracji) rozpatrywanych zagadnień byłoby bardzo cenne. Relacje te stanowiłyby cenną bazę informacji konstruktorskich dla przyszłych prac projektowych tego typu silników.

Nasuwa się w tym miejscu skojarzenie z klasycznymi metodami projektowania maszyn elektrycznych. Otóż po spełnieniu, w rezultacie obliczeń projektowych, parametrów znamionowych maszyny:  $P_N$ ,  $U_N$ ,  $n_N$ ,  $I_N$ ,  $\cos \varphi_N$ ,  $\eta_N$  – i wybraniu rozwiązań uznanych za optymalne, przeprowadza się sprawdzenie wartości niektórych wielkości i współczynników z ich wartościami skatalogowanymi na podstawie doświadczeń projektowych, ale również określanymi w wyniku analizy fizykalnej zjawisk bezpośrednio projektowanej maszyny. Wielkościami powszechnie analizowanymi są np. współczynnik nasycenia  $-(U_{m\delta}+U_{mFe})/U_{m\delta}$ , jako stosunek sumy napięcia magnetycznego w szczelinie przywornikowej i napięcia w obwodzie rdzenia magnetycznego do napięcia w szczelinie oraz stosunek prądu magnesującego (biernego) do całkowitego  $k_F = I_\mu/I$ , co oczywiście jest skorelowane ze

współczynnikiem  $\cos \varphi$ . To znaczy zmniejszenie współczynnika  $k_I$  odpowiada zwiększeniu  $\cos \varphi$ . Ważną wielkością porównawczą w wyborze konstrukcji optymalnych jest również współczynnik energetyczny –  $\eta \cos \varphi$ . Bardzo ważną wielkością, na podstawie której weryfikuje się obliczenia, w szczególności po badaniach eksperymentalnych prototypu lub modelu, jest wartość znamionowego momentu obrotowego  $T_N$ . Należy nadmienić, że wybór konstrukcji optymalnej jest bardzo trudny z uwagi na dyskretną zmienność niektórych wielkości jak np.: przekrojów przewodów i wykrojów blach rdzeni magnetycznych oraz form geometrycznych magnesów trwałych.

Jak stwierdzono uprzednio obszernie i szczegółowe są opisy i komentarze dotyczące algorytmów obliczeniowych (opatrzonych osobliwymi nazwami), włącznie z dyskusją zachowań (np. ornitologicznych) osobników tytułowych algorytmów. Przykładem jest wers w swobodnym tłumaczeniu – „*Aby rozmnażać swój gatunek, samice kukulek zrzucają swoje jaja do gniazd różnych gatunków ptaków w tym najczęściej: papugi czerwodziobej, pliszki, trzciniówki wielkiej i altannika zębodolistnego*”.

Opisy zjawisk przyrodniczych w odniesieniu do algorytmów obliczeniowych skłaniają do **nieformalnej uwagi**.

Można zauważyć, że język współczesny jest obciążony używaniem nadmiernej liczby terminów, które w nauce o języku określa się mianem tropów. Są to tzw. metafory, metonimia, peryfrazy itp. Niestety styl ten jest stosowany w naukach inżynierskich. Oczywiście niektóre określenia z języka potocznego lub symbolicznego są stosowane w dyscyplinach nauk ścisłych i technicznych, ale są to nazwy symboliczne w celu ustalenia uwagi. Przykładem są terminy – określenia np. matematyczne, jak: pierścień, ideał, macierz itp. Natomiast określenia: „*Roje, poszukiwania kukulcze, metoda szarych wilków, watahy, a nawet algorytmy genetyczne*”, niewiele mają wspólnego, pod względem semantycznym, z problemami technicznymi. Takie zestawienia określeń mogą mieć (mają) Niestety, w odniesieniu do metod obliczeniowych i algorytmów, negatywne skojarzenia. Pomimo, że określenia te weszły w obieg narracji obcojęzycznej literatury technicznej. Stosowniej jest używać określeń z bogatego zbioru terminów przestrzeni funkcyjnych zdeterminowanych i probabilistycznych. Albo odwołać się do nazw użytych w fundamentalnych twierdzeniach z analizy funkcjonalnej, które były podstawą do sformułowania wielu procedur optymalizacyjnych. W konkluzji powyższych uwag nomenklaturowo-semantycznych nasuwa się sugestia, żeby na wzór metodyki prawie wszystkich gałęzi matematyki (analizy funkcjonalnej, teorii operatorów oraz współczesnej probabilistyki), sformułować odpowiednie symboliczne **miary** – *normy, metryki* (pojęcia fundamentalne dla tych gałęzi). Odpowiednie

miary symboliczne można przystosować i przypisać, w formie etykiet, jako atrybuty programów i algorytmów numerycznych obliczeń optymalnych wielkości technicznych.

W sprawach nomenklaturowych zwraca uwagę również nazwa *metoda heurystyczna* (*hiperheurystyczna*), której zasady i metodologia, określając terminem jednej z gałęzi matematyki – są bardzo rozmyte. Tak więc przywołując pojęcie – heurystyka, należałoby je szerzej objaśnić i zinterpretować w odniesieniu do przyjętych zastosowań. Jedną z tych heurystycznych przyjętych w dziedzinie fizyki było pojęcie *eteru*, które zostało zdyskwalifikowane, a podobnych przykładów było więcej. Dlatego wydaje się, że efektywniejsze są indukcyjne metody wnioskowania.

Powyższe uwagi nie oznaczają, że należy zrezygnować z inspiracji naturą i wzorowania się na procesach szeroko rozumianej przyrody w zastosowaniach do opisu zagadnień technicznych i nauk sformalizowanych, jednak raczej należy pomijać szczegółowe opisy zachowań zwierząt!

W końcowej uwadze odnośnie do informacji ogólnych należy nadmienić, że zbyteczne jest podawanie parametrów technicznych sprzętu komputerowego. Ponieważ można się już szkolić w informatyce kwantowej i na horyzoncie informatycznym pojawia się „sprzęt komputerowy” o *gigantycznych* mocach obliczeniowych.

### **3. Charakterystyka i ocena osiągnięć naukowych Habilitanta**

#### **3.1. Ocena osiągnięcia naukowego zawartego w cyklu publikacji**

Prezentowany w Autoreferacie i zał. 6 cykl prac spełnia podstawowy warunek monotematyczności i spójności zagadnień ujętych tematem Wniosku. Ten stosunkowo szeroki zakres klas przetworników elektromechanicznych objętych obliczeniami optymalizacyjnymi, świadczy o operatywności i efektywności zastosowanych algorytmów obliczeniowych, opracowanych przez Habilitanta.

W zagadnieniach technicznych, w których zachodzi sprzężenie różnych zjawisk i złożony jest ich opis na podstawie różnych równań fizykalnych (polowych i obwodowych), a ponadto związki materiałowe są nieliniowe, zastosowanie odpowiednich modeli fizykalnych a także i obliczeniowych oraz zastosowanie algorytmów optymalizacyjnych, jest bardzo znaczące w opracowaniu naukowym i rozszerzeniu określonej dyscypliny naukowej. Oceniając naukowy warsztat informatyczny obliczeń optymalizacyjnych Habilitanta należy podkreślić stosowanie wielokryterialnej optymalizacji z zastosowaniem wielu (dziewięciu) zmiennych decyzyjnych.

Pozwala to na przeprowadzanie obliczeń wielu optymalizowanych parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych urządzeń elektromagnetycznych, co do niedawna nie było możliwe.

### **3.2. Osiągnięcia naukowe udokumentowane publikacjami**

Osiągnięcia naukowe dra inż. Ł. Knypińskiego są przedstawione w załącznikach: nr 4, nr 5, nr 7.

Jak stwierdzono uprzednio, Habilitant legitymuje się znacznym dorobkiem naukowym w skali krajowej i, co należy szczególnie podkreślić, międzynarodowej. Dorobek naukowy jest dobrze wykazany pod względem udziału Habilitanta w przygotowaniu wszystkich artykułów. Wykaz publikacji jest sklasyfikowany w dwu okresach; A) przed uzyskaniem stopnia doktora w okresie /2008 – 2013/ oraz B) po doktoracie /2016 – 2023/.

Dorobek naukowy można syntetycznie zestawić następującymi danymi:

1. Liczba opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych:

A) 11 (2 autorskie)

B) 1

2. Liczba opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych

A) 18 (2 autorskie)

B) 22 (1 autorski)

3. Liczba opublikowanych artykułów w materiałach konferencyjnych

A) 21 (1 autorski)

B) 27 (7 autorskich)

4. Uczestnictwo z wystąpieniami na krajowych i międzynarodowych konferencjach

A) 22

B) 20

Prace Habilitanta (autorskie i współautorskie) były publikowane w renomowanych czasopismach o wysokiej punktacji MEiN np.:

- Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Technical Sciences,
- Energies,
- Eksploatacja i Niezawodność – Maintenances and Reliability,
- Academic Journal of Electrical Engineering,
- Archives of Electrical Engineering,
- IEEE Transactions on Magnetics.

O aktywności naukowej dra inż. Łukasza Knypińskiego świadczy również udział w siedmiu komitetach naukowych i organizacyjnych, konferencji krajowych i zagranicznych.

Dr inż. Łukasz Knypiński brał udział w zespołach badawczych realizujących osiem projektów. Współpraca ta dotyczyła interesujących zagadnień realizowanych na zlecenie UTCClimate, Control & Security and Otis, USA.

Oprócz badań teoretycznych i informatyczno-programistycznych prowadził również badania eksperymentalne m.in. na modelach i prototypach maszyn elektrycznych.

Dr inż. Łukasz Knypiński legitymuje się uczestnictwem w trzech pracach badawczych krajowych i zagranicznych. Spośród projektów badawczych wyróżniający, pod względem ważności i złożoności, jest projekt pt. „Nowa generacja napędów elektrycznych do pomp wentylatorów dla górnictwa”. Można sądzić, że w tym projekcie stosował własne algorytmy do obliczeń projektowych i optymalizacyjnych.

Habilitant odbył sześć staży i pobyków w instytucjach naukowych, a w tej liczbie pięć w instytucjach zagranicznych.

Do działalności naukowej dra inż. Łukasza Knypińskiego należy zaliczyć członkostwo w komitetach redakcyjnych i komitetach naukowych czasopism. Pełnił funkcje: sekretarza naukowego, członka zespołu recenzentów, redaktora tematycznego.

Był wielokrotnie recenzentem artykułów naukowych (150) w czasopismach krajowych i zagranicznych, w tym czasopism z listy filadelfijskiej, co świadczy o Jego aktywności naukowej i renomie międzynarodowej.

Habilitant wykonywał również (zespołowo i samodzielnie) ekspertyzy i opracowania na zamówienie instytucji publicznych.

Dr inż. Łukasz Knypiński legitymuje się szesnastoletnim stażem dydaktycznym. Jego dorobek dydaktyczny jest również bardzo znaczący (szczegółowo przedstawiony w pkt. 6 Autoreferatu i przykładowo w pkt. 2.3. recenzji), obejmuje: wykłady, ćwiczenia audytoryjne, zajęcia laboratoryjne i projektowe.

### **3.3. Analiza dorobku naukowego na podstawie zestawień przedstawionych we Wniosku**

Analiza, zestawienie i dane naukometryczne dorobku naukowego dra inż. Łukasza Knypińskiego opracowane przez panią kustosz biblioteki Politechniki Poznańskiej są zawarte w zał. 7. i szczegółowo przedstawione w tab. 1.

Analiza ta jest opracowana bardzo szczegółowo, dlatego w celu podkreślenia ważności tych danych przytoczone są poniżej tylko wyniki sumaryczne.

Liczba artykułów naukowych i punktacja: 53; 2007 pkt.

Sumaryczna liczba Impact Factor jest równa 33,659.

Średnia liczba cytowań (bez autocytowań), wg trzech baz (Web of Sciens Core Collection, Scopus, Baza Google Scholar) wynosi 193.

Liczba Hirscha (średnia) jest równa 11.

Jak wynika z przedstawionego zestawienia (zał. 7.), dorobek publikacyjny dra inż. Łukasza Knypińskiego za lata /2007– 2023/ jest imponujący pod względem liczby publikacji, poziomu merytorycznego i aktywności naukowej.

Należy podkreślić bardzo duże wartości liczbowe współczynników naukometrycznych Habilitanta w szczególności po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych.

#### **4. Uwagi końcowe**

Dr inż. Łukasz Knypiński wywodzi się z zespołu naukowego mechatroniki i maszyn elektrycznych Wydziału Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki Politechniki Poznańskiej. Jest to ośrodek naukowy o uznanym dorobku w dziedzinie obliczeń projektowych maszyn elektrycznych, badań w dziedzinie pola elektromagnetycznego w przetwornikach elektromechanicznych z ukierunkowaniem na obliczenia optymalizacyjne. Można stwierdzić, że Autor jest wyróżniającym się kontynuatorem badań prowadzonych w tym ośrodku.

Całość dorobku naukowego dra inż. Łukasza Knypińskiego dowodzi, że odznacza się wyjątkową aktywnością naukową i znacząco przyczynił się do rozwoju dyscypliny naukowej, w której pracuje. Trzeba również przyznać, że Habilitant ze znanstwem stosuje różne systemy obliczeń numerycznych, spośród których można wymienić: Delphi, Tiborów, Ansys, Maxwell.

Autor Wniosku wykazuje również gruntowną znajomość literatury w omawianej dziedzinie badań.

Dorobek naukowy Habilitanta jest dobrze umiejscowiony w sferze naukowej o zasięgu krajowym i międzynarodowym. Można więc stwierdzić, że dr inż. Łukasz Knypiński претендуje do samodzielnej pracy naukowej.

Biorąc pod uwagę liczbę i poziom naukowy publikacji, dorobek dydaktyczny oraz współpracę z tzw. otoczeniem społecznym i gospodarczym oraz ocenę naukometryczną publikacji, należy uznać, że osiągnięcia Kandydata spełniają wymagania do nadania stopnia doktora habilitowanego.

## 5. Orzeczenie końcowe

Dr inż. Łukasz Knypiński jest doświadczonym specjalistą w dziedzinie przetworników elektromechanicznych ze szczególnym ukierunkowaniem na zastosowanie nowoczesnych programów i efektywnych algorytmów obliczeń optymalnych, przystosowanych do metod obliczeń parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych tych urządzeń. Wykazał się znajomością konstrukcji i opisem tych przetworników w reprezentacji relacji matematycznych i fizykalnych. Wyróżnia się znaczną liczbą publikacji w renomowanych czasopiśmie. Wysoka wartość punktowa i bardzo duża liczba cytowań Jego prac (JF i indeks Hirscha), świadczą o wpływie Jego dokonań na badania innych naukowców, a więc i na rozwój dyscypliny. Te aspekty Jego dorobku naukowego dowodzą dojrzałości naukowej. Trzeba podkreślić, że Habilitant odznacza się dorobkiem i aktywnością naukową w wymiarze krajowym i międzynarodowym.

Należy więc stwierdzić, że dr inż. Łukasz Knypiński spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych, określone w Ustawie „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dnia 25 lipca 2018 roku (Dz. U. z 2021 r. 65, poz. 478 z późniejszymi zmianami).

W związku z powyższym wnioskuję do Komisji habilitacyjnej w celu przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego dra inż. Łukasza Knypińskiego oraz do Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Poznańskiej o podjęcie uchwały w sprawie nadania doktorowi inż. Łukaszowi Knypińskiemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

*Włodzisław Frybortowski*