



**Recenzja pracy doktorskiej mgr inż.
Łukasza Knypińskiego pt.**

dr hab. inż. Zbigniew Nadolny, prof. PP

**„Optymalizacja silników o magnesach trwałych na podstawie polowo-
obwodowego modelu zjawisk elektromagnetycznych”
wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. L. Nowaka**

1. Ocena wyboru tematu i celu pracy

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zastosowania magnesów trwałych w silnikach elektrycznych. Wynika to między innymi z dynamicznego postępu w technologii wytwarzania materiałów magnetycznie twardych i miękkich oraz z ciągłego polepszania parametrów funkcjonalnych silników wzbudzanych magnesami trwałymi. Wzrost zainteresowania maszynami magnetoelektrycznymi, a w szczególności silnikami synchronicznymi oraz silnikami bezszczotkowymi, wiąże się także ze zwiększającymi się możliwościami energoelektronicznych układów zasilających. Obecnie stosuje się silniki magnetoelektryczne w coraz szerszym przedziale mocy: od mikromaszyn, stosowanych np. w sprzęcie komputerowym, układach wykonawczych automatyki, robotyce oraz motoryzacji, do maszyn o mocy setek kilowatów a nawet kilku megawatów. Z jednej strony wzrasta zapotrzebowanie na silniki stosowane w układach napędowych o regulowanej prędkości obrotowej, z drugiej natomiast poszukuje się silników elektrycznych do nowej generacji energooszczędnych układów napędowych o nieregulowanej prędkości obrotowej. Stosowanie w napędzie elektrycznym silników energooszczędnych prowadzi do zmniejszenia zużycia energii elektrycznej i obniżenia emisji CO₂. Dodatkowym czynnikiem intensyfikującym badania nad silnikami energooszczędnymi są przyjęte kilka lat temu w Unii Europejskiej wymogi dotyczące poprawy efektywności energetycznej sprzedawanych na rynku unijnym silników elektrycznych.

W wielu ośrodkach naukowych na świecie i w Polsce prowadzi się intensywne badania nad opracowaniem spełniających te wymagania silników synchronicznych magnetoelektrycznych. Badania te prowadzone są w wielu kierunkach. Dotyczą one m.in. poszukiwania nowych struktur silników synchronicznych umożliwiających jak najlepsze wyzyskanie materiałów elektrycznie i magnetycznie czynnych, uzyskanie jak największej sprawności i współczynnika mocy przy minimalizacji pulsacji momentu elektromagnetycznego oraz zawartości wyższych harmonicznych w prądzie i indukowanej sile elektromotorycznej. Dalszy rozwój nowych konstrukcji silników wzbudzanych magnesami jest w dużej mierze uzależniony od doskonalenia metod symulacji ich stanów pracy oraz metod projektowania i optymalizacji.

Autor pracy dobrze wpasował się w nurt prowadzonych aktualnie w tym zakresie badań.

Postawił w rozprawie **4 tezy**. Najważniejsza z nich dotyczy **opracowania uniwersalnego, kompleksowego i jednocześnie efektywnego komputerowego narzędzia do optymalnej syntezy różnych typów silników magnetoelektrycznych z wykorzystaniem polowych i polowo-obwodowych modeli zjawisk elektromagnetycznych w tych silnikach**.

Jako **główny cel badań** Autor rozprawy przyjął pogłębienie teorii i doskonalenie procedur modelowania silników o magnesach trwałych w ujęciu polowym, ale przede wszystkim opracowanie efektywnego i uniwersalnego oprogramowania do optymalnej syntezy tych silników.

Uważam zatem, że tematyka rozprawy jest w pełni uzasadniona, zarówno z naukowego jak też i z technicznego punktu widzenia.

Aktualność tematyki potwierdza także fakt, że znaczna część badań przedstawionych w rozprawie była realizowana w ramach dużego projektu badawczego „**Nowa generacja energooszczędnych napędów elektrycznych do pomp i wentylatorów dla górnictwa**” współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, realizowanego na Politechnice Poznańskiej w latach 2010-2013.

2. Redakcja i zakres rozprawy

Rozprawa liczy 200 stron i składa się z 8 rozdziałów oraz spisu literatury obejmującego 272 pozycji, w tym 3 autorskie i 20 współautorskich Doktoranta.

W rozdziale 1 uzasadniono podjętą tematykę badań, sformułowano cele, tezy oraz podano zakres rozprawy.

W rozdziale 2 przedstawiono przegląd i analizę porównawczą prezentowanych w literaturze współczesnych konstrukcji maszyn wzbudzanych magnesami trwałymi. Scharakteryzowano wady i zalety proponowanych rozwiązań. Przegląd dotyczy najczęściej stosowanych konstrukcji. Nie obejmuje on wszystkich rozwiązań, np. silników o strumieniu osiowym, silników o budowie „kłowej” czy silników o biegunach wpisywanych.

Współcześnie proces projektowania silników jest często wspomagany przez obliczenia optymalizacyjne. Proces optymalizacji jest bardzo czasochłonny, zwłaszcza przy wykorzystywaniu do wyznaczania parametrów funkcjonalnych polowego modelu zjawisk. Z tego względu w rozprawie zaproponowano, by na wstępnym etapie optymalizacji stosować niewymagające dużych czasów obliczeń modele obwodowe. Uproszczone modele obwodowe silnika synchronicznego o magnesach trwałych oraz silnika bezszczotkowego omówiono w rozdziale 3. Ponadto zaprezentowano w nim modele Preisacha oraz Jilesa-Athertona.

Model polowy zjawisk elektromagnetycznych w silniku magnetoelektrycznym przedstawiono w rozdziale 4. Obejmuje on równania opisujące wolnozmiennne pole elektromagnetyczne, równania Kirchhoffa obwodu zasilającego oraz równanie dynamiki

elementów ruchomych. Dyskretny polowy model zjawisk sformułowano przy wykorzystaniu MES oraz metody kolejnych kroków czasowych. Do rozwiązania nieliniowych równań modelu dyskretnego wykorzystano metodę Newtona-Raphsona. Na podstawie przedstawionego w rozprawie algorytmu analizy zjawisk opracowano i przetestowano kompleksowe oprogramowanie do analizy i symulacji stanów pracy silników magnetoelektrycznych. Autor zaproponował szereg istotnych udoskonaleń algorytmu klasycznego, skracających czas formowania i rozwiązywania równań modelu dyskretnego zjawisk.

W rozdziale 5 przedstawiono główne osiągnięcie autora polegające na opracowaniu efektywnych algorytmów i procedur optymalizacji oraz sprzężeniu ich z oprogramowaniem do symulacji stanów pracy silników magnetoelektrycznych. W wyniku uzyskano uniwersalne narzędzie do analizy stanów pracy, wspomaganie procesu projektowania oraz optymalizacji różnych typów silników o magnesach trwałych. Do optymalizacji bezwarunkowej wykorzystano algorytm genetyczny oraz algorytm roju cząstek. Natomiast w optymalizacji z ograniczeniami Autor posłużył się metodą funkcji kary. Opracowane środowisko umożliwia także łączenie oprogramowania własnego z modułem wykorzystującym oprogramowanie komercyjne. Wykonane przez Autora obliczenia testowe potwierdziły przydatność i efektywność opracowanego oprogramowania.

Doktorant wykorzystał opracowany system obliczeniowy do przeprowadzenia obliczeń optymalizacyjnych wirników wybranych rodzajów magnetoelektrycznych silników synchronicznych. Rozpatrywano silniki o wirniku z magnesami łukowymi, magnesami „hybrydowymi” oraz wirnik silnika przystosowanego do rozruchu bezpośredniego. Wyniki obliczeń oraz wynikające z nich wnioski przedstawiono w rozdziale 6. Dotyczą one wnikliwej analizy metodologii i strategii prowadzenia obliczeń, przydatności zastosowanych algorytmów optymalizacyjnych jak i jakości uzyskiwanych rozwiązań konstrukcyjnych. Na podstawie wykonanych obliczeń optymalizacyjnych, z wykorzystaniem opracowanego oprogramowania, wykonano w ramach projektu „Nowa generacja energooszczędnych napędów elektrycznych do pomp i wentylatorów dla górnictwa” prototyp silnika przystosowanego do rozruchu bezpośredniego. Uzyskano dobrą zgodność rezultatów badań eksperymentalnych z wynikami symulacji.

W rozdziale 7 mgr inż. Łukasz Knypiński przedstawił rozważania dotyczące formułowania i rozwiązywania zadań optymalnej syntezy silników typu BLDC. W procesie optymalnej syntezy wykorzystano algorytm genetyczny. Porównano procesy optymalizacji silnika BLDC dla dwóch różnych strategii: a) z kompromisową, wielokryterialną funkcją celu, b) z dołączoną do algorytmu genetycznego procedurą kary zewnętrznej za przekroczenie ograniczeń. Wykazano przydatność obu strategii. Stwierdzono, że do obliczeń optymalizacyjnych silników BLDC należy stosować polowo-obwodowy model nieustalonych zjawisk elektromagnetycznych. Przeprowadzenie obliczeń optymalizacyjnych tych silników przy wykorzystaniu uproszczonych obwodowych modeli zjawisk może być całkowicie nieefektywne i może prowadzić do błędnych rozwiązań w sensie optymalizacji.

Podsumowanie badań i wnioski końcowe zawarto w rozdziale 8 pracy.

Uważam, że treść i zakres rozprawy są zgodne z jej tytułem. Układ pracy jest logiczny i spójny. Rozprawa napisana jest komunikatywnie, a jej redakcja jest poprawna. Autor w sposób jasny i jednoznaczny precyzuje częściowe cele, tezy i założenia upraszczające. Niewątpliwie świadczy to o jego dojrzałości naukowej. Dobór literatury wskazuje na to, że doktorant ma bardzo duże rozeznanie i na bieżąco śledzi publikacje z dziedziny będącej przedmiotem jego zainteresowań. Bogaty i trafnie dobrany materiał graficzny przygotowany bardzo starannie. Na końcu każdego z rozdziałów zamieszczono obszerne podsumowanie, co jeszcze bardziej sprzyja zrozumieniu intencji autora.

Zauważone uchybienia redakcyjne wymieniłem w „Uwagach szczegółowych”.

3. Ocena wartości naukowej

Mgr inż. Łukasz Knypiński udowodnił słuszność postawionych w rozprawie tez oraz osiągnął zamierzone cele. Wykazał się przy tym bardzo dużą wiedzą, pomysłowością oraz umiejętnościami zakresie:

- a) opracowania obwodowych oraz polowo-obwodowych modeli zjawisk w maszynach magnetoelektrycznych,
- b) formowania i rozwiązywania równań polowo-obwodowego modelu dyskretnego,
- c) symulacji i analizy zjawisk w silnikach magnetoelektrycznych,
- d) formułowania efektywnych algorytmów optymalizacyjnych oraz strategii prowadzenia obliczeń optymalizacyjnych,
- e) opracowania w języku Delphi systemu obliczeniowego do symulacji stanów pracy, wyznaczania parametrów funkcjonalnych oraz optymalizacji maszyn magnetoelektrycznych.

W rozprawie przedstawiono algorytmy i opracowane na ich podstawie uniwersalne i efektywne oprogramowanie do optymalnej syntezy silników o magnesach trwałych. Najważniejsze osiągnięcie autora polega na połączeniu efektywnego numerycznego polowego modelu silnika ze skutecznie i stabilnie działającą procedurą optymalizacyjną. Uniwersalność oprogramowania polega na możliwości analizy i syntezy silników magnetoelektrycznych o dowolnej strukturze, możliwości wymiennego stosowania różnych procedur optymalizacji oraz na możliwości wymiennego wykorzystywania do symulacji zjawisk i wyznaczania parametrów funkcjonalnych maszyny modeli matematycznych o różnym stopniu złożoności. Opracowane środowisko obliczeniowe umożliwia także sprzężenie modułu zawierającego oprogramowanie własne z modułem wykorzystującym oprogramowanie komercyjne Maxwell. Rozwiązanie to jest szczególnie przydatne przy wykorzystaniu oprogramowania komercyjnego do wyznaczania parametrów funkcjonalnych silnika za pomocą polowego modelu zjawisk.

Autor stwierdził, że do optymalizacji silników magnetoelektrycznych najbardziej efektywne są algorytmy genetyczne oraz metoda roju cząstek. W celu skrócenia czasochłonnych obliczeń optymalizacyjnych zaproponował własne skuteczne modyfikacje algorytmów klasycznych. Opracował także wytyczne do optymalnego dostrojenia parametrów procedur optymalizacyjnych do projektowanego obiektu.

Potwierdza to dużą wiedzę, umiejętności i dojrzałość naukową Doktoranta.

Rozprawa cechuje się bardzo wysokim poziomem naukowym. Do najważniejszych osiągnięć autora zaliczam:

1. Opracowanie efektywnego modułowego systemu obliczeniowego do symulacji i analizy stanów pracy oraz wykonywania obliczeń projektowo-optymalizacyjnych silników magnetoelektrycznych. W oprogramowaniu przewidziano możliwość wyboru procedur optymalizacji oraz wykorzystywania do symulacji zjawisk modeli matematycznych maszyny o różnym stopniu złożoności. Opracowany system obliczeniowy umożliwia także sprzężenie modułu zawierającego oprogramowanie własne z modułem wykorzystującym oprogramowanie komercyjne Ansys-Maxwell.
2. Zaproponowanie szeregu modyfikacji skracających czas obliczeń, dotyczących metodyki formowania i rozwiązywania równań dyskretnego polowo-obwodowego modelu maszyny.
3. Przeprowadzenie analizy porównawczej i zaproponowanie sposobów formułowania zadania optymalizacji z ograniczeniami w odniesieniu do silników o magnesach trwałych, a w szczególności zaproponowanie dekompozycji zadania optymalizacji na etapy mającej na celu uniknięcie łączenia w jedną funkcję kompromisową składników o charakterze unimodalnym i multimodalnym.
4. Opracowanie zaleceń dotyczących „optymalnej” pod względem efektywności obliczeniowej liczby osobników w pokoleniu (liczby cząstek w roju).
5. Opracowanie i wdrożenie modyfikacji algorytmu genetycznego i metody roju cząstek mające na celu osiągnięcie optimum przy mniejszej liczebności pokolenia.
6. Opracowanie efektywnego połączenia algorytmu genetycznego z metodą funkcji kary zewnętrznej, polegającego na wzajemnym „skojarzeniu” iteracji związanych ze zmianami kary z iteracjami (pokoleniami) algorytmu genetycznego.
7. Opracowanie i wdrożenie procedury modyfikacji członu reprezentującego karę za pomocą funkcji sigmoidalnej. W wyniku modyfikacji kara nie może przewyższać funkcji celu, a przystosowanie w algorytmie genetycznym pozostaje zawsze wielkością dodatnią.
8. Sformułowanie wytycznych dotyczących doboru wartości podstawy ciągu potęgowego stanowiącego współczynnik wagowy funkcji kary.
9. Porównanie efektywności i wskazane celowości prowadzenia procesów syntezy silników z wykorzystaniem modeli matematycznych o różnym stopniu złożoności, tj. modeli o parametrach skupionych, modeli o parametrach rozłożonych oraz modeli polowo-obwodowych.

10. Analizę i optymalną syntezę silnika wzbudzanego za pomocą magnesów hybrydowych. Stwierdzono, że silniki wzbudzane magnesami hybrydowymi pozwalają na uzyskanie mniejszych wartości współczynnika THD i momentu zaczepowego.
11. Wykazanie, że w obwodzie wirnika silnika synchronicznego przystosowanego do rozruchu bezpośredniego z klatką o prętach o przekroju kołowym występują znaczące obszary o silnym nasyceniu – głównie pomiędzy prętami klatki rozruchowej. Silnik tego typu cechuje się zdecydowanie gorszymi parametrami funkcjonalnymi niż silniki o prętach kropłowych.

Na uwagę zasługuje także bardzo dobrze opanowana przez Doktoranta umiejętność planowania eksperymentów obliczeniowych oraz formułowania wniosków na podstawie uzyskanych wyników symulacji.

Recenzowana praca wnosi znaczący wkład w pogłębienie wiedzy w zakresie analizy, projektowania i optymalizacji silników o magnesach trwałych na podstawie polowo-obwodowego modelu zjawisk elektromagnetycznych.

4. Uwagi ogólne

Stwierdzam, iż rozprawa jest napisana bardzo starannie, układ pracy jest precyzyjny i logiczny, a strona graficzna jest wzorowa. Uzyskane wnioski końcowe są poprawne i interesujące.

W trakcie zapoznawania się z treścią rozprawy nasunęło się mi kilka pytań i uwag o charakterze dyskusyjnym.

1. W rozdziale 2.5 Autor prezentuje budowę oraz metody sterowania silnikami krokowymi. Silniki te nie są przedmiotem badań w dalszej części pracy.
2. W klasyfikacji silników podanej na rys. 2.2 nie uwzględniono nowego typu silników synchronicznych o magnesach trwałych, tj. silników o biegunach wpisywanych. Silniki te były również przedmiotem badań prowadzonych w projekcie „**Nowa generacja energooszczędnych napędów elektrycznych do pomp i wentylatorów dla górnictwa**”.
3. Wydaje się, że celowe byłoby zestawienie na początku rozprawy używanych oznaczeń. Uniknięto by w ten sposób wielokrotnego wyjaśniania w tekście pracy, np. skrótów BLDC, PMSM, LSPMSM, PSO.
4. W pracy ograniczono się do analizy, projektowania i optymalizacji trójfazowych silników synchronicznych o magnesach trwałych. Dlaczego nie rozpatrywano maszyn o większej liczbie faz? Maszyny tego typu, ze względu na ich zalety, są coraz częściej stosowane w praktyce.
5. W celu ograniczenia momentu zaczepowego w maszynach magnetoelektrycznych często stosuje się skoszenie żłobków twornika lub skoszenie magnesów. Jakie problemy są związane z rozszerzeniem w tym zakresie możliwości obliczeniowych opracowanego oprogramowania?

6. W obliczeniach projektowych silników elektrycznych należy uwzględniać zjawiska cieplne. W rozprawie uwzględniono je w sposób uproszczony. Jaki jest pogląd Autora na temat uwzględnienia w obliczeniach projektowo-optymalizacyjnych obwodowego lub polowego modelu zjawisk cieplnych?
7. Doktorant dużo wysiłku poświęcił na modyfikacje algorytmu rozwiązywania równań modelu dyskretnego zjawisk oraz algorytmów optymalizacji mające na celu skrócenie czasu obliczeń. Wydaje się, że duże możliwości w tym zakresie stwarza zrównoleglenie obliczeń. W jaki sposób w i jakich algorytmach widzi Autor możliwość zrównoleglenia obliczeń?
8. Jakie przewidywane są dalsze kierunki badań?

5. Uwagi szczegółowe

W teksie rozprawy jest mało uchybień redakcyjnych. Ważniejsze z zauważonych zestawiono poniżej.

- W spisie treści podano numery stron tylko dla rozdziałów głównych. Jeśli rozdział obejmuje np. 41 stron i składa się na niego kilka podrozdziałów, to znalezienie danego podrozdziału jest kłopotliwe.
- Nadużywanie słowa „posiada” w sformułowaniach określających cechy i właściwości przedmiotów, obiektów, materiałów itp.,
np.: str. 19 jest „Silniki te posiadają ...”, zamiast „Silniki te mają ...”
Podobne uchybienia są na stronach: 10, 16, 25, 35, 61, 122, 163, 164.
- Niedociągnięcia, niezręczne sformułowania i interpunkcja:
str. 23 „Materiał magnesów należy dobierać w zależności od potrzeb wymaganego rozkładu indukcji w szczelinie.”;
str. 105 „Zadanie optymalizacji polegało na zaprojektowaniu wirnika o optymalnej strukturze magnesów, przy zadanym obwodzie magnetycznym stojana to jest wykroju blach silnika indukcyjnego Sg100L-4B.”;
str. 11: Jest: „funkcja kompromisowa.”, a powinno być „funkcja kompromisowa.”;
str. 23 „Rysunek 2.6c przedstawia obwód magnetyczny silnika w którym pomiędzy magnesami o różnych właściwościach magnetycznych umieszczono pręty klatki rozruchowej”;
str. 29 „Na rysunku 2.12b przedstawiono przebieg prądów w pasmach silnika w przypadku gdy pojedyncze pasmo zasilane jest przez okres odpowiadający 180° elektrycznych.”;
str. 34 „W celu zwiększenia rozdzielczości, czyli zmniejszenia kroku podstawowego stosuje się konstrukcje w której na biegunach (dużych zębach) stojana wykonuje się dodatkowe małe zęby o podziałce zbliżonej do podziałki zębowej wirnika.”;
str. 35 „Silniki krokowe posiadają wiele zalet do których można zaliczyć: ...”;
str. 45 „Zjawisko histerezy występuje również w ferromagnetykach miękkich z których wykonane są rdzenie przetworników elektromagnetycznych.”;
str. 73, 95 jest „z pośród”, a powinno być „spośród”;

str. 31 błędny wzór – jest „260/p”, a powinno być „360/p”;

str. Jest „w nie zasilanym”, a powinno być „w niezasilanym”.

Część uwag szczegółowych, w tym przede wszystkim uwagi dotyczące stosowanych w rozprawie sformułowań przekazałem Autorowi osobiście.

Powyższe uwagi ogólne i szczegółowe nie wpływają na ogólną, bardzo wysoką ocenę pracy.

6. Wniosek końcowy

W przedłożonej rozprawie mgr inż. Łukasz Knypiński przedstawił oryginalny i wartościowy dorobek naukowy. Wykazał się bardzo dużym zasobem wiedzy z zakresu analizy, symulacji stanów pracy, projektowania i optymalizacji maszyn magnetoelektrycznych. Realizując cele pracy umiejętnie wykorzystał nowoczesne ujęcie polowo-obwodowe do analizy i symulacji stanów pracy silników magnetoelektrycznych oraz najnowsze osiągnięcia z zakresu algorytmów optymalizacyjnych. Zaproponował modyfikację tych algorytmów uzyskując w wyniku znacznie skrócenie czasu obliczeń projektowo-optymalizacyjnych. Na uwagę zasługują również duża biegłość Doktoranta w zakresie programowania i wdrażania złożonych systemów obliczeniowych. Potrafi On samodzielnie i poprawnie rozwiązywać trudne problemy naukowe i logicznie przedstawiać wyniki swoich badań.

Uważam, że opiniowana rozprawa pt. „Optymalizacja silników o magnesach trwałych na podstawie polowo-obwodowego modelu zjawisk elektromagnetycznych” spełnia wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskim przez Ustawę o Tytule Naukowym i Stopniach Naukowych oraz o Stopniach i Tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. Nr. 65, poz. 595) oraz Rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej i Sportu z dnia 15 stycznia 2004 roku oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 3 października 2014 roku.

W związku z tym wnioskuję o przyjęcie przedstawionej pracy jako rozprawy doktorskiej i dopuszczenie jej Autora Pana mgr inż. Łukasza Knypińskiego do publicznej obrony pracy.

Wojciech Szelağ



**Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Łukasza Knypińskiego pt.
„Optymalizacja silników o magnesach trwałych na podstawie polowo-obwodowego
modelu zjawisk elektromagnetycznych”**

Wniosek dodatkowy

Biorąc pod uwagę wysoki poziom naukowy rozprawy, kompleksowość, nowoczesność i aktualność podjętej tematyki, interesujące wyniki badań, precyzyjnie sformułowane wnioski końcowe oraz wzorową stronę graficzną pracy, uważam, że recenzowana praca jest godna wyróżnienia. W związku z powyższym zgłaszam wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej pt. **"Optymalizacja silników o magnesach trwałych na podstawie polowo-obwodowego modelu zjawisk elektromagnetycznych"** autorstwa Pana mgr inż. Łukasza Knypińskiego. Dodatkowymi argumentami są opracowanie w ramach rozprawy efektywnego systemu obliczeniowego do analizy, symulacji stanów pracy oraz projektowania i optymalizacji silników magnetoelektrycznych. Na uwagę zasługuje również znaczący, prezentowany w 48 publikacjach dorobek naukowy Doktoranta, w tym 6 na tzw. liście filadelfijskiej. Ponadto 3 Jego prace dotyczące tematyki rozprawy zostały dostrzeżone oraz docenione na konferencjach międzynarodowych i otrzymał za nie wyróżnienia:

- Young Researcher Best Paper Award Winner (COMPEL) for paper "Optimization of the rotor geometry of the line-start permanent magnet synchronous motor by the use of particle swarm algorithm, 23 rd Electromagnetic Phenomena in Nonlinear Circuits Symposium (EPNC 2014), 2-4 July 2014, Pilsen, Czech Republic.
- Young Experts Main Awards for paper "Optimization and field-circuit simulation of permanent magnet brushless DC motor". XIII International PhD Workshop OWD 2011 - Wisła-Głębce, 23-26 October 2011, POLAND.
- Distinguished Paper Award founded by the Dean of Electrical Engineering Faculty at the West Pomeranian University of Technology in Szczecin for paper "Optimization and field-circuit simulation of permanent magnet brushless DC motor", XIII International PhD Workshop OWD 2011 - Wisła-Głębce, 23-26 October 2011, POLAND.

Wojciech Szelaąg