

Opole, 30.03.2019 r.

Prof. dr hab. inż. Marian Łukaniszyn  
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki  
Politechnika Opolska

## Recenzja

dorobku naukowego, dydaktycznego oraz aktywności naukowej

dr. inż. Marka Gołębiowskiego

*w związku z postępowaniem w sprawie o nadanie stopnia*

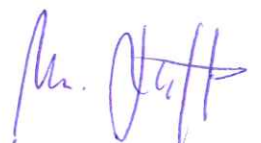
*doktora habilitowanego*

Niniejsza recenzja została opracowana w związku z pełnieniem funkcji recenzenta Komisji Habilitacyjnej powołanej w dniu 08.02.2019 r. przez Centralną Komisję d.s. Stopni i Tytułów w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Markowi Gołębiowskiemu w dyscyplinie Elektrotechnika, wszczętemu w dniu 27.12.2018 r. i prowadzonemu przez Radę Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej.

Wraz z informacją o powołaniu Komisji Habilitacyjnej otrzymałem kompletną dokumentację wniosku, nadesłaną przez Dziekana Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej. Opinię sformułowałem po zapoznaniu się z w/w dokumentacją, obejmującą m.in. wniosek Kandydata, poświadczoną kopię dyplomu doktora, autoreferat, wykaz dorobku, monografię autorską (stanowiącą osiągnięcie), kopie prac autorskich i współautorskich. Przedstawiona dokumentacja jest sporządzona z wystarczającą starannością i może stanowić podstawę do prawidłowej oceny osiągnięcia.

### Dane z zawodowego życiorysu dra inż. Marka Gołębiowskiego

Dr inż. Marek Gołębiowski urodził się w 1978 roku. Studia na Wydziale Elektrycznym Politechniki Rzeszowskiej ukończył w 2002 roku uzyskując tytuł magistra inżyniera elektrotechniki. W 2010 r. uzyskał stopień doktora w zakresie dyscypliny elektrotechnika na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej za pracę pt.: *Wpływ indukcyjności rozproszenia autotransformatorów zasilających wielopulsowe układy prostownicze na współczynnik odkształceń prądów sieciowych*. Promotorem rozprawy był prof. Jerzy Lewicki. W latach 2002 do 2010 był zatrudniony w Politechnice



Rzeszowskiej na stanowisku asystenta, a od 1.10.2010 r. pracuje na stanowisku adiunkta.

### Ocena osiągnięć naukowo-badawczych

Wskazany przez Habilitanta osiągnięciem naukowym, stanowiącym podstawę wniosku habilitacyjnego w rozumieniu art. 16 ust. 2 stosownej ustawy z dnia 18 marca 2011 roku (Dz. U. nr 84, poz. 55), jest monografia autorska: "*Filtry w obliczeniach strat wiropędowych w blachach laminowanych rdzeni magnetycznych maszyn elektrycznych*". Recenzentami monografii byli prof. M. Noga i prof. T. Kwater.

Przedstawiona monografia odznacza się wyrazistą myślą przewodnią, którą oddaje jej tytuł, nawiązujący do opracowania nowych, autorskich metod wyznaczania strat wiropędowych w obwodach magnetycznych laminowanych bezpośrednio podczas obliczeń przebiegów dynamicznych maszyn elektrycznych, bez wcześniejszych założeń co do ich kształtu i częstotliwości. Autor podejmuje bardzo ważną i wciąż intensywnie rozwijaną tematykę. Praca ma charakter monotematyczny i dotyczy nowatorskich metod uwzględniania strat wiropędowych w blachach rdzenia magnetycznego bezpośrednio podczas obliczeń polowo-obwodowych maszyn elektrycznych w stanach dynamicznych.

Właściwe projektowanie maszyn elektrycznych wymaga uwzględniania strat wiropędowych oraz histerezowych w rdzeniach laminowanych bezpośrednio już na etapie projektowania. Podczas obliczania stanów dynamicznych maszyn elektrycznych należy uwzględniać te straty w ich wzajemnej zależności od przebiegów nieustalonych strumieni magnetycznych, bądź też indukcji magnetycznej. Jest to szczególnie istotne i aktualne gdy maszyny są zasilane z układów przekształtnikowych i występują przebiegi o bogatym spektrum harmonicznym. Nie wystarczy ocena szacunkowa strat dokonywana po wykonaniu obliczeń, niejako "a posteriori" (wprowadzenie rezystancji zastępczej strat wiropędowych włączanej równolegle do uzwojeń lub zastępczej zespolonej przenikalności magnetycznej obwodów magnetycznych), ich bezpośredni wpływ na jakość procesów dynamicznych powinien być dokładnie uwzględniany. Również możliwość przewidzenia



ewentualnych szkodliwych skutków powiększenia strat wiropądowych jest ważne w celach zapobiegania awarii oraz w celach diagnostycznych.

Celem monografii jest opracowanie i sprawdzenie metod tworzenia udokładnionych modeli matematycznych dla opisanego zjawiska wypierania strumienia z laminowanych rdzeni magnetycznych maszyn elektrycznych. Habilitant udowodnił, że synteza tego zjawiska jest możliwa za pomocą filtrów typu IIR zmiennej Laplace'a 's' lub zmiennej 'z' przekształcenia Z. Osiągnięciem Autora jest również implementacja tego typu filtrów do metody elementów skończonych, realizujących obliczenia stanów dynamicznych maszyn elektrycznych. Dzięki tej metodzie można dokonać oceny jakościowej i ilościowej strat wiropądowych oraz ich wpływu na stany ustalone i dynamiczne maszyn elektrycznych. Badanie tak opisanego zjawiska wymaga wiedzy z elektrotechniki oraz elektromechaniki, a z uwagi na złożony opis matematyczny także wiedzy z metod numerycznych i cyfrowej techniki obliczeniowej. Dr **Marek Gołębiowski** od kilkunastu lat zajmuje się problematyką analizy i modelowania złożonych układów elektromagnetycznych i energoelektronicznych.

W rozdziale 1 Autor monografii na przykładzie silnika reluktancyjnego przełączalnego (SRM) przedstawił dotychczasowe metody uwzględniania strat wiropądowych w laminowanych rdzeniach magnetycznych maszyn elektrycznych w stanach dynamicznych. Zazwyczaj, przewiduje się wartości dla przebiegów strumieni magnetycznych i szacuje się wartość rezystancji włączanej równolegle do faz silnika w schemacie zastępczym. Jednak metoda ta nie oddaje zmiennej w czasie zależności strat wiropądowych od występujących w przebiegach częstotliwości składowych oraz maksymalnych wartości indukcji magnetycznej. Również przy obliczeniach metodą elementów skończonych, zakładana stała wartość reluktywności magnetycznej materiałów magnetycznych nie może uwzględniać tych złożonych relacji.

Uzależnienie wartości reluktywności magnetycznej od aktualnych w czasie wartości przebiegów indukcji magnetycznej jest, moim zdaniem, **wiodącym osiągnięciem** monografii (rozdział 2). Dla obwodów magnetycznych stało się to możliwe dzięki wprowadzeniu zastępczej przenikalności magnetycznej blach laminowanych w postaci filtru zmiennej Laplace'a 's' lub zmiennej 'z' przekształcenia dyskretnego Z, a następnie użycie tych filtrów w obliczeniach

obwodowych oraz obwodowo-polowych maszyn elektrycznych w stanach dynamicznych. Wtedy aktualna sytuacja elektromagnetyczna przebiegów układu wymusza odpowiednie wartości przenikalności magnetycznej, co dzieje się we wzajemnej zależności przebiegów od przenikalności i odwrotnie, na bieżąco, podczas obliczeń przebiegów w czasie.

W rozdziale 3 przedstawiono identyfikację zastępczej przenikalności za pomocą odwrotnej transformaty Laplace'a i otrzymanie (syntezę) zastępczych schematów przenikalności magnetycznej w postaci obwodów typu RC czy RL. Otrzymane w ten sposób schematy dają możliwość szerokiej ich interpretacji podczas implementacji zastępczej przenikalności magnetycznej do obliczeń dynamiki maszyn elektrycznych metodą obwodowo-polową, również w warunkach anizotropii i nasycania się obwodu magnetycznego. Otrzymany filtr był sprawdzany podczas obliczeń procesów przejściowych zachodzących w obwodowym modelu transformatora dwuuzwojeniowego z rdzeniem magnetycznym laminowanym. Autor opracował również sposób uwzględniania nieliniowej charakterystyki żelaza, strat histerezowych wraz z implementacją filtra IIR, przedstawiającego straty wiroprowadowe. Aby uwzględnić straty histerezowe został zaimplementowany skalarny model histerezy Tellinena.

Rozdział 4 zawiera autorską implementację zastępczej przenikalności magnetycznej blach laminowanych o postaci filtrów IIR do obliczeń dynamiki maszyn elektrycznych metodą obwodowo-polową przy występowaniu rotacji pola magnetycznego oraz zjawiska nasycenia i anizotropii. Wykorzystanie przekształcenia dyskretnego Z okazało się najlepszym pod względem numerycznym oraz pod względem możliwości uwzględnienia nieliniowości obwodu magnetycznego, czy ewentualnej jego anizotropii. W przypadku uwzględniania strat rotacyjnych, układ współrzędnych w wirniku musi wraz z nim wirować. Wymagało to utworzenia strefy deformujących się elementów skończonych w szczelinie maszyny. W monografii zostało to przedstawione przy wykorzystaniu zasad podanych przez I. D. Mayergoysz'a. Dowodem poprawności były bilanse mocy i energii podczas obliczania stanów dynamicznych rozważanej maszyny indukcyjnej. Dla tego celu dokładnie zamodelowano metodę tensora Maxwella oraz metodę Coulomba do wyznaczania momentu elektromagnetycznego maszyn elektrycznych.



W rozdziale piątym przedstawiono problemy wynikające z obliczeń monoharmonicznych metodą elementów skończonych 3D indukcyjności 15-uzwojeniowego autotransformatora z obwodem magnetycznym laminowanym, przy uwzględnieniu strat wiroprądowych w jego trzykolumnowym rdzeniu. Ze względu na duże wymiary zagadnienia stosuje się metody iteracyjne. Złe uwarunkowanie układu równań bardzo zwiększa ilość potrzebnych iteracji oraz znacznie pogarsza dokładność obliczeń. Opracowana i uzasadniona w monografii metoda pozwala usunąć dominujące wartości własne, odpowiadające części obwodowej zagadnienia, poprzez obliczenia bezpośrednie. Otrzymano macierze indukcyjności autotransformatora dla różnych pulsacji, z uwzględnieniem strat wiroprądowych. W rezultacie można określić część impedancji związanej z obwodem magnetycznym głównym i część będącą impedancją rozproszenia.

Ostatnim rozdziałem jest podsumowanie, w którym Autor opisał syntetycznie wnioski wynikające z przeprowadzonych badań.

W monografii cytowane są 2 indywidualne prace Autora oraz 4 prace współautorskie. Monografia dra inż. **Marka Gołębiowskiego**, moim zdaniem, jest pracą na wysokim poziomie naukowym i wnosi elementy nowości do teorii obliczeń strat wiroprądowych w układach magnetycznych o rdzeniach laminowanych. Prezentowane przez dra inż. **Marka Gołębiowskiego** wyniki badań pokazują, że stworzył bardzo dobry warsztat do projektowania, analizy i symulacji stanów dynamicznych układów elektromagnetycznych. Stanowi istotny wkład Autora w rozwój metod określania strat wiroprądowych w rdzeniach magnetycznych laminowanych, w ich wzajemnej zależności od obliczanego procesu dynamicznego maszyn elektrycznych. Podana metoda jest, moim zdaniem, oryginalna, a obszerne fragmenty monografii stanowią elementy nowości w literaturze naukowej przedmiotu. Równie ważny jest dokonany przez Autora dobór właściwych pod względem szybkości i dokładności metod numerycznych. Zamieszczony w monografii właściwy sposób implementacji i wykorzystania metod numerycznych oraz programy numeryczne, gwarantują poprawność wyników. Zamieszczone programy mogą być wykorzystane przez czytelników w rozwiązywaniu podobnych problemów naukowych.

Podsumowując, podana metoda, która jest osiągnięciem Autora, nadaje się do obliczeń przy anizotropii i nieliniowości rdzeni laminowanych, w których anizotropia i nieliniowość magnetyczna bazuje na koenergii magnetycznej, a macierze reluktywności charakteryzują się ciągłością.

***Oryginalny wkład naukowy Habilitanta w zakresie wskazanego osiągnięcia naukowego, zawartego w monografii obejmuje:***

1. Określenie na podstawie dotychczasowych metod 'a posteriori' uwzględniania strat wiropądowych w rdzeniach magnetycznych laminowanych tezy o możliwości uwzględniania tych strat 'na bieżąco', podczas obliczeń dynamiki maszyny elektrycznej metodą obwodowo-polową, w pełnej zależności czasowo-częstotliwościowej.
2. Zastosowanie metod analitycznej oraz elementów skończonych do rozwiązania problemu prądów wirowych dla dowolnych blach transformatorowych w funkcji częstotliwości, w celu otrzymania zastępczej przenikalności magnetycznej blach.
3. Uwzględnienie zjawiska nasycania się obwodu magnetycznego blach laminowanych, przy określaniu zastępczej przenikalności magnetycznej.
4. Identyfikacja częstotliwościowa zastępczej przenikalności magnetycznej blach i przedstawienie jej w postaci filtrów IIR w dziedzinie zmiennej Laplace'a 's' oraz zmiennej 'z' przekształcenia Z, dla obliczeń dyskretnych.
5. Opracowanie teoretyczne oraz przetestowanie metody uwzględniania zwarć między blachami laminowanymi, przy określaniu ich zastępczej przenikalności magnetycznej.
6. Bezpośrednia identyfikacja zastępczej przenikalności magnetycznej za pomocą odwrotnej transformaty Laplace'a i jej synteza do postaci obwodów typu RL czy RC. Schematy te stwarzają szeroką możliwość interpretacyjną zastępczej przenikalności magnetycznej podczas jej zastosowań do obliczeń dynamiki maszyn wirujących.
7. Przystosowanie filtru IIR Hilberta do pomiarowej (również podczas obliczeń) analizy strat wiropądowych i histerezowych w rdzeniach magnetycznych laminowanych.
8. Implementacja zastępczej przenikalności magnetycznej blach laminowanych w postaci filtrów IIR zmiennej Laplace'a 's' do obliczeń polowo-obwodowych (FEM) maszyn elektrycznych.
9. Implementacja zastępczej przenikalności blach w postaci filtrów IIR zmiennej 'z' przekształcenia Z (obliczenia dyskretnie) do obliczeń polowo-obwodowych (FEM) maszyn elektrycznych wirujących (z polem rotacyjnym) w stanach dynamicznych. Wykazanie dokładności metody i możliwości jej adaptacji do różnych warunków obliczeniowych.
10. Opracowanie metody poprawy uwarunkowania obliczeń stanów dynamicznych maszyn elektrycznych metodą obwodowo-polową (FEM) poprzez duże zawężenie spektrum wartości własnych problemu przekazywanego do obliczeń iteracyjnych. Obliczenia są szybsze, dokładniejsze oraz prowadzone techniką macierzy rzadkiej.
11. Dobór, opracowanie, sprawdzenie dokładności i szybkości metod numerycznych służących rozwiązaniu problemów zawartych w monografii oraz podanie ich algorytmów w postaci skryptów.



## Ocena aktywności naukowej, osiągnięć dydaktycznych i organizacyjnych

Istotnym, dodatkowym argumentem za nadaniem dr. inż. Markowi Gołębiowskiemu stopnia doktora habilitowanego jest Jego aktywność naukowa i dokonania w działalności dydaktycznej oraz działalności na rzecz popularyzacji wiedzy.

W działalności naukowo-badawczej Kandydata (poza tematyką przedstawioną w monografii) można dodatkowo wyróżnić następujące zagadnienia:

- układy energoelektroniczne typu „clean power” (3 prace współautorskie);
- diagnostykę maszyn elektrycznych (2 prace współautorskie);
- maszyny elektryczne o zwiększonej liczbie faz (2 prace współautorskie);
- maszyny elektryczne o strumieniu osiowym (1 praca współautorska),

O aktywności naukowej świadczą też liczne publikacje i czynny udział w renomowanych 11 konferencjach o zasięgu międzynarodowym (*np. konferencje: International Symposium „Electromagnetic Phenomena in Nonlinear Circuit” – kilkakrotnie, Essener Tagung-Turbogeneratoren in Kraftwerken oraz Międzynarodowe Sympozjum Maszyn Elektrycznych - SME*) oraz 9 konferencjach krajowych (*WZEE, SPETO, KKE*).

Dr inż. Marek Gołębiowski ma również wartościowy dorobek publikacyjny. Na dorobek publikacyjny dra inż. Marka Gołębiowskiego składają się: 54 *artykuły*, współautorstwo monografii krajowej oraz 3 rozdziały w monografiach o zasięgu międzynarodowym, wszystkie prace po doktoracie. W czasopiśmie z listy JCR opublikował 6 *artykułów* (*np.: COMPEL - The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering, Bulletin of Polish Academy of Sciences, Przegląd Elektrotechniczny*), a 22 *artykuły* w pozostałych czasopiśmie technicznych nieposiadających współczynnika IF (*np.: Archives of Electrical Engineering, Przegląd Elektrotechniczny*). Dorobek publikacyjny uzupełnia 20 *prac* po doktoracie, opublikowanych w materiałach konferencji zagranicznych i krajowych.

W dorobku publikacyjnym dra inż. Marka Gołębiowskiego wiele *artykułów* jest współautorskich. Kandydat dobrze przygotował wykaz dorobku naukowego. Przedstawił udział procentowy i wyjaśnił na czym polega Jego merytoryczny wkład w publikowanych *pracach*. W związku z tym, nie mam wątpliwości co do

znaczącego wkładu Opiniowanego w badania opisane we wspólnych publikacjach. Był też redaktorem monografii w Wydawnictwie Springer.

Moim zdaniem, wymieniony wyżej dorobek publikacyjny łącznie z monografią habilitacyjną spełnia wymagania związane z uzyskaniem stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie elektrotechnika.

Sumaryczne dane bibliometryczne dotyczące całości Jego dorobku publikacyjnego są następujące:

- Sumaryczny Impact Factor wg Journal Citation Reports (JCR) – 3,307;
- Sumaryczna liczba cytowań wg Web of Science (WoS) – 7;
- Sumaryczna liczba cytowań (bez autocytowań) wg Web of Science (WoS) – 7;
- Indeks Hirscha wg Web of Science (WoS) – 2;
- Sumaryczna punktacja MNiSW – 216,99.

Wynika z tego, że dorobek naukowy Habilitanta jest wartościowy. Szkoda jednak, że nie rozpropagował bardziej Swoich dokonań.

Na uwagę zasługuje dorobek dra inż. **Marka Gołębiowskiego** w zakresie recenzji prac do uznanych czasopism (np.: *COMPEL - The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering, Elektronika ir Elektrotechnika*). Łącznie recenzował 7 artykułów w czasopismach międzynarodowych oraz 1 w czasopismach krajowych. Brał również udział w pracach komitetów organizacyjnych 3 konferencji organizowanych przez Ośrodek Rzeszowski. Jest członkiem Komitetu Redakcyjnego ZN „Elektrotechnika”. Od wielu lat współpracuje naukowo z Uniwersytetem Technicznym w Dortmundzie.

Dr inż. **Marek Gołębiowski** aktywnie uczestniczył w pracach rozwojowych B+R związanych z 2 projektami badawczymi krajowymi. Za działalność naukowo-badawczą otrzymał 2 nagrody Rektora Politechniki Rzeszowskiej.

Habilitant ma istotne osiągnięcia w dydaktyce. Opracował materiały dydaktyczne do zajęć które prowadził oraz realizował szereg inicjatyw dydaktycznych na macierzystym Wydziale. W Politechnice Rzeszowskiej prowadził wykłady, ćwiczenia tablicowe i laboratoria z 9 przedmiotów (*m.in. Metody Numeryczne, Elektrotechnikę, Technikę obliczeniową i Symulacyjną Układy Elektromagnetyczne w Energoelektronice*). Część zajęć prowadził w



języku angielskim. Opiekował się studentami w trakcie staży i praktyk oraz był promotorem 51 prac dyplomowych inżynierskich i magisterskich. Na uwagę zasługuje współautorstwo podręcznika akademickiego (udział 50%) oraz wielu materiałów dydaktycznych.

Opiniowany pełnił dwukrotnie również funkcję promotora pomocniczego.

Podkreślić należy także aktywność i działalność organizacyjną Kandydata na macierzystym Wydziale. Jest członkiem SEP oraz PTETiS.

## Konkluzja

Jako recenzent uważam, że dorobek Habilitanta spełnia wymogi zawarte w art. 16 ust. 2 stosownej ustawy z dnia 18 marca 2011 roku (Dz. U. nr 84, poz. 55) o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule, stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego.

**Dr inż. Marek Gołębiowski ma:**

- wartościowy dorobek naukowy w badaniach nad analizą metod określania strat wiropędowych w rdzeniach magnetycznych laminowanych, a w szczególności opracowanie autorskich algorytmów;
- monografię autorską: "*Filtry w obliczeniach strat wiropędowych w blachach laminowanych rdzeni magnetycznych maszyn elektrycznych*";
- osiągnięcia wskazujące na dużą aktywność naukową (udział w 20 konferencjach naukowych międzynarodowych i krajowych);
- recenzje kilku artykułów w uznanych czasopismach międzynarodowych;
- osiągnięcia w działalności dydaktycznej (w tym współautorstwo podręcznika akademickiego oraz wielu materiałów dydaktycznych);
- osiągnięcia w zakresie popularyzacji nauki i wiedzy technicznej.

Moim zdaniem, Kandydat do stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie elektrotechnika spełnia wymagania zawarte w obowiązującej Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

  
prof. dr hab. inż. Marian Łukomiszyn