Prof. dr hab. inż. Lech Nowak

Poznań, 5.02.2024 r.

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
Biuro Rady Dyscypliny
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika
i Technologie Kosmiczne
wpłynęło dnia 07.02.2024
zał. .....

Recenzja

osiągnięć naukowych i aktywności naukowej
oraz działalności dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzatorskiej
dr. inż. Grzegorza Tytko,
ubiegającego się o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie
automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne

1. Podstawy formalne recenzji

Recenzja została przygotowana na zlecenie Przewodniczącej Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne (AEETK) Politechniki Śląskiej, dr hab. inż. Moniki Kwoki, w związku Uchwałą Rady Dyscypliny AEETK nr 77/2023 z dnia 21 listopada 2023 r. w sprawie powołania komisji do przeprowadzenia postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Grzegorzowi Tytko.

Podstawą opracowania recenzji były materiały przekazane przez Habilitanta, a mianowicie

- autoreferat, zawierający:
  - charakterystykę **osiągnięć naukowych, stanowiących znaczny wkład** w rozwój dyscypliny, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce,
  - informację o **istotnej aktywności** naukowej Kandydata, realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej, o której mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 3 Ustawy,
  - informację o osiągnięciach, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę,
- **wykaz osiągnięć naukowych** stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

Zasady i kryteria oceny dotyczące postępowania habilitacyjnego określa Ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Rozdział 3, artykuły 218 do 226) oraz wytyczne Rady Doskonałości Naukowej *„Postępowania w sprawie nadawania stopnia doktora habilitowanego"* z 2021 roku.

Zgodnie z art. 119 ust. 1 Ustawy, stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

1) posiada stopień doktora;
2) posiada w dorobku osiągnięcia naukowe, stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny;
3) wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

2. Ogólne informacje o Habilitancie

Dr inż. Grzegorz Tytko uzyskał dyplom magistra inżyniera elektryka w 2009 roku na kierunku Elektronika i Telekomunikacja na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej.

Stopień naukowy doktora nauk technicznych otrzymał w roku 2016 w dyscyplinie elektronika, nadany uchwałą Rady Wydziału Automatyki, Elektroniki i Informatyki PŚ na podstawie obrony rozprawy doktorskiej pod tytułem *„Analityczne modele matematyczne cewek wiroprądowych z rdzeniem, utworzone za pomocą metody truncated region eigenfunction expansion"*. Promotorem w przewodzie

doktorskim był dr hab. inż. Leszek Dziczkowski.

Po obronie pracy doktorskiej, od roku 2017, dr inż. G. Tytko prowadził aktywną działalność naukową jako woluntariusz na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki PŚ, łącząc pracę naukową z pracą w Polskich Sieciach Elektroenergetycznych. Od listopada 2022 roku jest zatrudniony na stanowisku adiunkta badawczego w Katedrze Systemów Cyfrowych tego Wydziału.

Kandydat nie ubiegał się wcześniej o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego.

3. Ocena osiągnięć naukowych, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce

3.1. Ogólna charakterystyka i ocena osiągnięć naukowych pod względem „nauko-metrycznym"

Podstawę wniosku habilitacyjnego stanowi osiągnięcie przedstawione w cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych - zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt. 2b Ustawy.

Habilitant jako swoje **główne osiągnięcie naukowe** po otrzymaniu stopnia naukowego doktora, stanowiące jego zdaniem znaczny wkład w rozwój dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne, wskazuje obszar badawczy pt.: ***Wyznaczanie impedancji cewki pomiarowej w badaniach materiałów metodą prądów wirowych***. Wykaz prac naukowych, dokumentujących osiągnięcie obejmuje 12 pozycji:

[1]. **Tytko G.**, Dziczkowski L.: Fast Calculation of the Filamentary Coil Impedance Using the Truncated Region Eigenfunction Expansion Method. Applied Computational Electromagnetics Society Journal, vol. 33, no. 12, pp. 1461–1466, 2018. (**IF: 0,584**; MNiSW: **25 pkt.**)

[2]. **Tytko G.**, Dziczkowski L.: An analytical model of an I-cored coil located above a conductive material with a hole. The European Physical Journal Applied Physics, vol. 82, no. 2, 21001, 2018. (**IF: 0,8**; MNiSW: **20 pkt.**)

[3]. **Tytko G.:** Fast Method of Calculating the Air-Cored Coil Impedance Using the Filamentary Coil Model. Progress In Electromagnetics Research M, vol. 91, pp. 101–109, 2020. (MNiSW: **40 pkt.**)

[4]. **Tytko G.**, Kowalik Z.: An analytical solution to the problem of a cup-cored coil located over a conducting plate with a hole. Insight-Non-Destructive Testing and Condition Monitoring, vol. 62, no. 12, pp. 719–724, 2020. (**IF: 0,878**; MNiSW: **40 pkt.**)

[5]. **Tytko G.**: An eddy current model of pot-cored coil for testing multilayer conductors with a hole. Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences, vol. 68, no. 6, pp. 1311–1317, 2020. (**IF: 1,662**; MNiSW: **100 pkt.**)

[6]. Dziczkowski L., **Tytko G.**: A Method for Comparing the Metrological Properties of Eddy Current Probes. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 70, pp. 1–6, 2021. (**IF: 5,332**; MEiN: **100 pkt.**)

[7]. **Tytko G.**: Locating Defects in Conductive Materials Using the Eddy Current Model of the Filamentary Coil. Journal of Nondestructive Evaluation, vol. 40, no. 66, pp. 1–7, 2021. (**IF: 2,588**; MEiN: **100 pkt.**)

[8]. **Tytko G.**: Eddy current testing of small radius conductive cylinders with the employment of an I-core sensor. Measurement, vol. 186, 110219, 2021. (**IF: 5,131**; MEiN: **200 pkt.**)

[9]. **Tytko G.**: Measurement of multilayered conductive discs using eddy current method. Measurement, vol. 204, 112053, 2022. (**IF: 5,6**; MEiN: **200 pkt.**)

[10]. Dziczkowski L., **Tytko G.**: Evaluation of the Properties of Eddy Current Sensors Based on Their Equivalent Parameters. Sensors, vol. 23, no. 6, 3267, 2023. (**IF: 3,9**; MEiN: **100 pkt.**)

[11]. **Tytko G.**: Eddy Current Testing of Conductive Coatings Using a Pot-Core Sensor. Sensors, vol. 23, no. 2, 1042, 2023. (**IF: 3,9**; MEiN: **100 pkt.**)

[12]. **Tytko G.,** Dziczkowski L., Magnuski M., Zhang Z., Luo Y.: Eddy current testing of conductive discs using the pot-core sensor. Sensors and Actuators A: Physical, vol. 349, 114060, 2023. (**IF: 4,6**; MEiN: **100 pkt.**)

W powyższym zestawieniu 6 pozycji to artykuły samodzielne. Udział Kandydata w pozostałych 6 publikacjach jest dominujący i zgodnie z załączonymi oświadczeniami stanowi od 50 do 90 %. Całkowita liczba punktów Ministerswa (MNiSW/MEiN) przypisana powyższym publikacjom wynosi 1125, a liczba punktów przypisana publikacjom samodzielnym - 740. Po uwzględnieniu procentowego wkładu współautorów w publikacjach wspólnych, liczba punktów które można przypisać Kandydatowi jest równa ok. 970. **To w mojej ocenie bardzo dobry wskaźnik**.

Prace stanowiące „Osiągnięcie Kandydata" są silnie powiązane tematycznie. Zostały opublikowane w cenionych czasopismach, charakteryzujących się dużym tzw. współczynnikiem wpływu (ang. **I**mpact **F**actor – **IF**). Dwie samodzielne prace zostały opublikowane w prestiżowym czasopiśmie Measurement (**IF** = **5,131** i **5,600**, punkty MEiN: **200).** Aż 6 prac (w tym 3 samodzielne opublikowano w czasopismach z liczbą **100** punktów Ministerstwa. Są to czasopisma również o wysokiej randze naukowej:

- IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement (**IF: 5,332)**,
- Sensors and Actuators A: Physical (**IF: 4,6**),
- Sensors (**IF: 3,9**),
- Journal of Nondestructive Evaluation (**IF: 2,588**),
- Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences (**IF: 1,662**).

Kandydat jest autorem 5-ciu i współautorem 3-ech publikacji w wymienionych powyżej sześciu najbardziej prestiżowych czasopismach. Sumaryczny Impact Factor prac stanowiących „Osiągnięcie naukowe" kandydata wynosi **34,975**, przy czym ok. **32,7** przypada na wymienione powyżej 6 czasopism.

Pod względem **rangi czasopism**, w których Kandydat publikował swoje prace, stanowiące Jego osiągnięcie naukowe wnoszące istotny wkład w rozwój dyscypliny AEETK, **Jego dorobek oceniam wysoko**.

3.2. Ocena wkładu autora w rozwój dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne

Aktualność tematyki badawczej

Działalność naukowa dr. inż. G. Tytko dotyczy badań nieniszczących materiałów z wykorzystaniem indukowanych w nich prądów wirowych. Główny nurt prac dotyczy analizy zmian impedancji cewki pomiarowej, wykorzystywanej jako „sonda wiroprądowa".

Problematyka badań nieniszczących, w tym szczególnie tzw. defektoskopii wiroprądowej, jest rozwijana już od kilkudziesięciu lat; w Polsce - głównie w ośrodkach: szczecińskim i gliwickim.

Metoda defektoskopii wiroprądowej umożliwia wykrycie wad materiałowych takich jak: pęknięcia, szczeliny, niejednorodności. Badane obiekty często stanowią newralgiczne części konstrukcji, decydujące o ich trwałości i wytrzymałości. Prawidłowo przeprowadzona inspekcja pozwala wyeliminować niesprawne elementy, ograniczając ryzyko wystąpienia wypadków oraz poważnych awarii. Defektoskopia wiroprądowa stosowana jest na każdym etapie funkcjonowania elementu, począwszy od symulacji komputerowych w fazie projektowej, przez testy prototypu, proces produkcji, przeglądy w trakcie eksploatacji aż po naprawy uszkodzonych wyrobów.

Zmienne pole magnetyczne generowane przez cewkę wzbudzającą, czyli sondę, indukuje w znajdujących się w jej pobliżu przewodzących elementach prądy wirowe, które generują pole wtórne.

To zmienia strumień skojarzony z cewką, a więc znacząco zmienia jej reaktancję oraz rezystancję zastępczą. Zmiany impedancji sondy zależą od odległości obiektu od cewki, jego geometrii i struktury materiałowej. Można je zatem wykorzystać do oceny zmian w strukturze przewodzącego elementu, np. uszkodzeń na jego powierzchni lub we wnętrzu. Najlepszym sposobem umożliwiającym wykrycie uszkodzeń jest porównanie zmierzonej (lub wyznaczonej za pomocą symulacyjnych metod obliczeniowych) impedancji sondy z jej impedancją w warunkach wzorcowych, czyli w obecności analogicznego obiektu, ale bez uszkodzeń. Zastosowanie sondy o odpowiednio dobranym kształcie i parametrach zasilania (np. częstotliwości prądu zasilającego) pozwala nie tylko na wykrycie uszkodzenia, ale także na określenia jego charakteru i umiejscowienia. W tym celu konieczne jest opracowanie metod projektowania optymalnych pod względem geometrii i parametrów zasilania sond wiroprądowych.

W procesie projektowania obiektów technicznych wykorzystuje się matematyczne modele zjawisk fizycznych w tych obiektach, w tym przypadku zjawisk elektromagnetycznych. Tematyka badawcza Kandydata jest ukierunkowana na opracowanie oraz doskonalenie metod symulacyjnych zjawisk zachodzących w układach „sonda–testowany obiekt". Do opisu pola elektromagnetycznego Habilitant wykorzystuje zarówno metody analityczne, jak również numeryczne, takie jak metoda elementów brzegowych i metoda elementów skończonych.

W dostępnej literaturze brakuje propozycji efektywnych i jednocześnie dokładnych **metod analitycznych** umożliwiających wyznaczanie impedancji cewki umieszczonej nad materiałem przewodzącym z defektem wewnętrznym. **Jest to główny nurt badań Kandydata** w obszarze defektoskopii wiroprądowej. **Uważam, że tematyka badań jest ważna i aktualna.**

Ocena merytoryczna osiągnięć naukowych Kandydata

W artykule **[1]** zestawu powiązanych tematycznie publikacji, stanowiącego osiągnięcie Kandydata, przedstawiono model matematyczny idealnej cewki włókienkowej umieszczonej nad dwuwarstwowym materiałem przewodzącym. Wykorzystując metodę rozwinięcia funkcji własnej obszaru obciętego (**T**runcated **R**egion **E**igenfunction **E**xpansion" - TREE) zaproponowano wyrażenie opisujące zmianę impedancji cewki pod wpływem obecności badanego materiału. Zmiany zastępczej impedancji cewki obliczone tą metodą zweryfikowano metodą elementów skończonych. Zaproponowany algorytm umożliwił wyznaczenie zmian impedancji w znacznie krótszym czasie niż przy zastosowaniu innych testowanych metod. Opracowanie efektywnego i dokładnego algorytmu analizy zmian impedancji układu „sonda-dwuwarstowowy element przewodzący" jest oryginalnym osiągnięciem autorów.

Model analityczny bardziej rozbudowanego układu, a mianowicie układu cewki z rdzeniem typu **I**, umieszczonej nad płytą trójwarstwową z otworem w warstwie środkowej omówiono w publikacji **[2]**. Zastosowanie opracowanego modelu matematycznego (TREE) umożliwia wyznaczenie impedancji cewki dla różnych konfiguracji obiektu. Obliczenia można wykonać dla płyty z otworem powierzchniowym, otworem podpowierzchniowym lub otworem przelotowym. Akceptowalną przez autorów zmianę rezystancji zaobserwowano dla otworów o promieniu większym od promienia zewnętrznego cewki. Oryginalnym osiągnięciem autorów jest opracowanie efektywnego algorytmu wykrywania zmiany struktury wewnątrz przewodzącego obiektu.

Zagadnienia przedstawione w pracy **[3]** są rozwinięciem tematyki przedstawionej powyżej. Zaproponowana metoda pozwala na obliczenie zmian impedancji cewki powietrznej przy wykorzystaniu odpowiadającej jej idealnej cewki włókienkowej. Z wykorzystaniem metody TREE sformułowano

zależności opisujące zmianę impedancji cewki w odniesieniu do przestrzeni powietrznej, a także w odniesieniu do badanego obiektu bez wady. Zaprezentowano wzory opisujące różne konfiguracje obiektu badań. Zaproponowanie skutecznego i dokładnego algorytmu, w którym rzeczywista cewka powietrzna jest zastępowana idealnym odpowiednikiem „włókienkowym" jest niewątpliwie oryginalnym osiągnięcie Autora i stanowi zauważalny wkład w rozwój omawianego obszaru badawczego.

W artykule **[4]** zestawu przedstawiono osiowosymetryczny model matematyczny umożliwiający obliczanie impedancji cewki z ferromagnetycznym rdzeniem kubkowym umieszczonej nad trójwarstwową płytą z otworem wewnętrznym. Poprzez odpowiedni dobór konduktywności poszczególnych warstw, możliwe jest modelowanie otworu powierzchniowego, podpowierzchniowego i przelotowego. Zastosowanie rdzenia kubkowego zwiększa koncentrację strumienia magnetycznego na powierzchni badanego materiału w najbardziej krytycznym obszarze, co znacząco poprawia czułość cewki i pozwala na skuteczniejsze wykrywanie defektów. Zaproponowana konfiguracja cewki może być wykorzystana do wykrywania wad materiałów przewodzących, a uzyskane rozwiązanie analityczne może być zastosowane do symulacji komputerowych i projektowania sond wiroprądowych. Jest to oryginalne osiągnięcie autorów.

W kolejnej publikacji **[5]** przedstawiono analityczny model matematyczny umożliwiający obliczenie impedancji cewki z osiowosymetrycznym rdzeniem o przekroju w kształcie litery **E**, umieszczonej nad powierzchnią trójwarstwowej płyty z otworem. W porównaniu z rdzeniem kubkowym, rdzeń typu **E** posiada walcowy element wewnątrz cewki, co zwiększa gęstość strumienia magnetycznego. To umożliwia badanie materiałów o dowolnej grubości - od cienkich folii po grube płyty. Oryginalnym osiągnięciem Autora jest opracowanie efektywnego modelu analitycznego, w którym formuły końcowe są przedstawione w jawnej formie, dzięki czemu można je w prosty sposób implementować w dowolnym języku programowania, a także w profesjonalnych pakietach matematycznych.

Oryginalną metodę określania parametrów zastępczej cewki włókienkowej równoważnej dowolnej cewce rzeczywistej, wykorzystywanej jako sonda wiroprądowa zaproponowano w pracach **[6]** i **[7]**. Aby cewki były równoważne wymaga się by w obu przypadkach zmiany impedancji spowodowane obecnością przewodzącego obiektu były identyczne. Zaproponowane rozwiązanie można wykorzystać np. do kalibracji przyrządu pomiarowego, doboru optymalnych warunków pomiaru i kompensacji zakłóceń. Stosując taki model można przewidzieć właściwości rzeczywistej sondy pracującej w różnych warunkach. Metoda umożliwia także porównanie właściwości metrologicznych sond wiroprądowych różnych konstrukcji.

W kolejnych publikacjach przedstawiono algorytmy umożliwiające wyznaczenie impedancji czujnika z rdzeniem typu **I**, umieszczonego nad przewodzącym walcem **[8]** oraz przewodzącym dyskiem **[9]**. Wykorzystując algorytm TREE, końcowe zależności opisujące impedancję czujnika przedstawiono w jawnej postaci. Na podstawie wyznaczonych składowych impedancji można określić niektóre właściwości badanych elementów, takie jak: wymiary geometryczne, przenikalność magnetyczna, konduktywność. Wyniki obliczeń można wykorzystać do: zaprojektowania czujnika, określenia optymalnych parametrów badań, analizy czułości czy interpretacji uzyskanych danych pomiarowych. W całym rozpatrywanym zakresie częstotliwości uzyskano dobrą zgodność pomiędzy wynikami obliczeń i pomiarów. Wykazano, że przy zastosowaniu proponowanego czujnika typu **I** uzyskiwane wartości zmian impedancji były znacznie wyższe od uzyskanych przy zastosowaniu czujnika powietrznego. Zaproponowany układ może być z powodzeniem stosowany do badania małych elementów cylindrycznych.

Opracowanie tak zaawansowanego, efektywnego i jednocześnie dokładnego narzędzia do wyznaczania składowych impedancji (a także zmian tych składowych) czujnika z rdzeniem typu **I** jest oryginalnym osiągnięciem autora i niewątpliwie stanowi wkład w rozwój dyscypliny AEETK, w szczególności w obszarze defektoskopii wiroprądowej.

W artykule **[10]** przedstawiono oryginalną metodę oceny właściwości metrologicznych czujników wiroprądowych z wykorzystaniem parametrów zastępczej cewki włókienkowej. Przedstawiona analiza wrażliwości pozwala na sformułowanie wyrażeń określających wpływ wybranych parametrów układu na zmiany składowych impedancji cewki. W szczególności zbadano w jaki sposób położenie cewki względem rdzenia typu **I**, a także położenie czujnika względem badanej powierzchni wpływają na parametry zastępcze. Zaproponowana metoda może mieć wiele zastosowań, takich jak projektowanie czujników, dobór parametrów badań, symulacje komputerowe. Jest to niewątpliwie oryginalny wkład autora w obszarze dotyczącym defektoskopii wiroprądowej.

Zaproponowany w artykule **[11]** układ z prądami wirowymi został zaadaptowany do badania cienkich warstw i powłok. Pomiary wykonano dla dwóch próbek trójwarstwowych przy użyciu czujników z rdzeniami: powietrznym, typu **I** oraz kubkowym. Przeprowadzone dla częstotliwości od 1 kHz do 1 MHz obliczenia zweryfikowano za pomocą modelu MES. Wykazano, że w przypadku badania cienkich warstw przewodzących czujnik z rdzeniem kubkowym charakteryzuje się znacznie większą czułością od pozostałych typów czujników. Ze względu na krótki czas obliczeń, model TREE można wykorzystać do optymalnego projektowania czujników z rdzeniem kubkowym przeznaczonych do badania cienkich warstw przewodzących.

W artykule **[12]** rozwiązanie analityczne (metoda TREE) wykorzystano do wyznaczenia impedancji czujnika z rdzeniem typu **E**, umieszczonego nad przewodzącym dyskiem. Taki układ nadaje się do testowania obiektów o małym promieniu: krążków, podkładek, monet.

Uwagi dyskusyjne dotyczące ukierunkowania dalszych badań

Autorzy prac rozpatrują wyłącznie dwuwymiarowe układy z polem elektromagnetycznym. Jest to uzasadnione w przypadku wszystkich analizowanych sond charakteryzujących się symetrią obrotową. Pole elektromagnetyczne w takich przypadkach, w układzie współrzędnych cylindrycznych (r,z) ma charakter dwuwymiarowy. Także wyidealizowane obiekty badane można (po ograniczeniu obszaru względem promienia r) rozpatrywać jako osiowosymetryczne. Jednak rzeczywiste obiekty (śruby, nity, itp.) takie nie są. Również wady materiałowe są przez autorów symulowane kołowymi otworami, współosiowymi z sondami. Rzeczywiste wady, zwykle w formie pęknięć, mają jednak bardziej skomplikowane kształty. Dlatego uważam, że w dalszych badaniach Kandydat powinien uwzględnić trójwymiarową analizę pola elektromagnetycznego.

Wydaje się, że w swoich pracach Kandydat w zbyt małym stopniu uwzględnia możliwości jakie w defektoskopii wiroprądowej dają badania defektów przy różnych częstotliwościach. Ze względu na zależną od częstotliwości głębokość wnikania fali elektromagnetycznej, pomiary tego samego defektu przy różnych częstotliwościach ułatwiałyby jego lokalizację.

Dysponując narzędziem do wyznaczania rozkładu trójwymiarowego, harmonicznego pola elektromagnetycznego w środowiskach przewodzących (przy różnych częstotliwościach), można by utworzyć rodzaj bazy danych najczęściej spotykanych defektów w obiektach o różnych kształtach.

3.3. Konkluzja dotycząca osiągnięć naukowych Habilitanta

Powyżej wskazałem oryginalne moim zdaniem osiągnięcia Kandydata zawarte w cyklu 12 powiązanych tematycznie publikacji, stanowiących według Kandydata osiągnięcie naukowe w rozumieniu Ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce, art. 219 ust. 1 pkt. 2b. Wkład autora w obszarze defektoskopii wiroprądowej jest w mojej ocenie istotny i polega na opracowaniu efektywnych i dokładnych analitycznych formuł umożliwiających analizę zmian impedancji sond wiroprądowych różnych konstrukcji oddziaływujących na kilkuwarstwowe elementy przewodzące, z otworami symulującymi wady materiałowe, o różnych wymiarach i kształtach.

Habilitant jako swój oryginalny wkład w rozwój badań metodą prądów wirowych w ramach dyscypliny naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne wskazuje:

- opracowanie oraz implementację komputerową rozwiązań analitycznych umożliwiających wyznaczanie impedancji cewki z różnego typu rdzeniem, umieszczonej nad przewodzącą płytą z defektem wewnętrznym,
- wyprowadzenie modelu analitycznego idealnej cewki włókienkowej za pomocą metody TREE wraz z algorytmem do skutecznego wyznaczania parametrów r_0, h_0,
- rozszerzenie koncepcji stosowania cewki włókienkowej o cewkę z rdzeniem I oraz opracowanie metody porównywania własności metrologicznych sond z rdzeniem I za pomocą parametrów zastępczych ,
- skonstruowanie sond wiroprądowych o dużej czułości, zawierających różnego typu rdzeń, które umożliwiają badanie bardzo cienkich powłok oraz skuteczne wykrywanie wad i nieciągłości w materiałach,
- wyprowadzenie modeli analitycznych wraz z wzorami końcowymi na impedancję cewki bezrdzeniowej, z rdzeniem I oraz z rdzeniem kubkowym E umieszczonej nad jednowarstwowym i wielowarstwowym dyskiem o dowolnej średnicy.

W moim odczuciu oryginalne osiągnięcia są przez Kandydata wskazane trafnie.

Uważam, że osiągnięcia naukowe dr. inż. Grzegorza Tytko wnoszą istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne, w szczególności w obszarze defektoskopii wiroprądowej. Jego osiągnięcia naukowe spełniają wymagania określone w Ustawie „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce", art. 219 ust. 1 pkt. 2b.

4. Ocena pozostałych osiągnięć naukowych świadczących o istotnej aktywności naukowej Habilitanta, w tym o Jego aktywności realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, o której mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 3 Ustawy

4.1. Pozostałe osiągnięcia naukowe świadczących o istotnej aktywności naukowej Kandydata

Kandydat jest autorem lub współautorem 21 artykułów naukowych, w tym 20 opublikowanych po uzyskaniu stopnia naukowego doktora. Dominująca część Jego dorobku przypada więc na ten okres. Kandydat był szczególnie aktywny w czterech ostatnich latach. W tym okresie opublikował 14 artykułów (co stanowi 70 % jego dorobku po doktoracie), a jego prace były cytowane 121 razy (wg webofscience.com; 10.01.2024 r.) - co stanowi blisko 80% całkowitej liczby cytowań.

Liczba opublikowanych artykułów jest mała. Jednak praktycznie **wszystkie zostały opublikowane w renomowanych czasopismach zagranicznych** o dużym współczynniku IF. W moim odczuciu jest to właściwy sposób „relacjonowania" wyników swoich badań. Oprócz 12 powiązanych tematycznie artykułów wskazanych jako osiągnięcie naukowe pt. *„Wyznaczanie impedancji cewki pomiarowej w badaniach materiałów metodą prądów wirowych"* Kandydat był współautorem dalszych 9 prac

opublikowanych w renomowanych czasopismach zagranicznych o światowym zasięgu, takich jak: Sensors (IF: 3,9) , IEEE Sensors Journal (IF: 4,3), IEEE Transactions on Magnetics (IF: 1,467), Measurement Science Review (IF 1,122 oraz 0,9), COMPEL (IF: 0,59), IET Electric Power Applications (IF: 1,7) oraz IEEE Access (IF: 3,476). Wszystkie artykuły dotyczą tej samej tematyki, to jest analizy układów z prądami wirowymi. O ważności i aktualności tematyki badawczej Kandydata oraz o randze i zasięgu czasopism, w których publikuje, świadczy znaczna liczba cytowań jego prac. Z pominięciem tzw. autocytowań, liczba ta - zgodnie z danymi zawartymi we wniosku - wynosi **72**. Duża liczba cytowań ma istotny wpływ na tzw. współczynnik Hirschsa: ***h*** = **7**. Według stanu z dnia 10 stycznia 2024 r powyższe wskaźniki, podawane na stronie webofscience.com są jeszcze większe: cytowań **88**, współczynnik ***h***=**8**.

Sumaryczny współczynnik **IF** prac kandydata wynosi **53,707**, w tym aż **52,43** przypada na okres po doktoracie (z tego **34,975** dotyczy prac stanowiących cykl powiązanych tematycznie artykułów, który omówiłem w rozdziale 3 recenzji).

Habilitant jest ponadto współautorem 4 patentów i 2 zgłoszeń patentowych.

Pod względem liczbowym dorobek naukowy habilitanta jest nieduży, ale ze względu na wysoką rangę czasopism, w których opublikował swoje prace, ten **dorobek oceniam pozytywnie**.

Kandydat praktycznie nie prezentował swoich prac na konferencjach naukowych. Tylko dwie prace (przed uzyskaniem stopnia doktora) ukazały się w materiałach konferencji *International Conference of Machine-Building and Technosphere of the XXI Century* odbywającej się w latach 2011 i 2012 w Doniecku. **To zdecydowanie najsłabsza strona aktywności naukowej Kandydata**. Udział w konferencjach jest doskonałym sposobem umożliwiającym bezpośrednią wymianę doświadczeń wynikających z prowadzonych badań naukowych z przedstawicielami innych ośrodków naukowych.

Natomiast **wysoko oceniam inne, przedstawione poniżej, formy jego aktywności naukowej**.

Wykłady zaproszone

Po uzyskaniu stopnia doktora Kandydat wygłaszał kilkukrotnie wykłady prezentując wyniki swoich badań z zakresu analizy układów z prądami wirowymi na zaproszenie jednostek naukowych: Komisji Elektroniki Polskiej Akademii Nauk (oddział w Katowicach), Instytutu Matematyki Uniwersytetu Śląskiego, Politechniki Częstochowskiej (Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów) oraz Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych. Wszystkie wykłady były prezentowane w roku 2023.

Recenzowanie

Znacząca pozycja naukowa Kandydata i Jego aktywność wyraża się także poprzez recenzowanie publikacji naukowych. W okresie po uzyskaniu stopnia doktora recenzował 33 prace naukowe dla renomowanych czasopism z listy JCR, takich jak Measurement, IEEE Transactions on Magnetics, Journal of Nondestructive Evaluation, COMPEL, Measurement Science Review, ACES Journal, Electronics, Energies, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Measurement Science Review, Sensors.

Za wykonane recenzje otrzymał w 2022 r nagrodę „Outstanding Reviewer Awards", przyznawaną przez renomowane wydawnictwo IOP (Institute of Physics Publishing), a w 2023 roku wyróżnienie „Elsevier Reviewer Recognition" przyznane przez Komitet Redakcyjny czasopisma Measurement.

Udział w zespołach badawczych, realizujących projekty

Kandydat uczestniczył w zespole badawczym doktora Wulianga Yina z Uniwersytetu Manchesterskiego w ramach „grantu na dofinansowanie badań o charakterze podstawowym realizowanych we współpracy z partnerem z zagranicy".

Współpraca z otoczeniem społecznym i gospodarczym

Od 2009 roku Kandydat jest zatrudniony w Departamencie Teleinformatyki Polskich Sieci Elektroenergetycznych S.A. w Katowicach, gdzie zajmuje się zagadnieniami dotyczącymi: systemów komutacji, telefonii satelitarnej, rejestratorów rozmów, sieci teletransmisyjnych, urządzeń elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej, systemów klimatyzacji precyzyjnej oraz okresowych przeglądów urządzeń. Zadania realizuje na potrzeby Krajowego Systemu Elektroenergetycznego oraz projektów dla Europejskiej Sieci Operatorów Systemów Przesyłowych. Wiele z wymienionych obiektów jest zainstalowanych w innych dużych jednostkach gospodarczych, takich jak: wytwórcy energii elektrycznej i użytkownicy sieci: kopalnie, huty i inne duże zakłady przemysłowe. Realizacja projektów wymagała od Kandydata współpracy z wieloma podmiotami.

Ekspertyzy i opracowania wykonane na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców

W związku z pracą w Polskich Sieciach Elektroenergetycznych, Kandydat opracował wiele ekspertyz dotyczących: podatności na ataki cybernetyczne sieci teletransmisyjnej operatora systemu przesyłowego, możliwości monitoringu i rekonfiguracji krajowej sieci światłowodowej, zdolności odbudowy systemu łączności po rozległej awarii. Opracował także standardy w zakresie telekomunikacji w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym.

Wiele ekspertyz i opracowań Kandydat wykonywał na potrzeby firm zewnętrznych, np. ekspertyzy dotyczące: możliwości przyłączenia do sieci Krajowego Systemu Elektroenergetycznego oraz wymagań i wytycznych w dziedzinie teleinformatyki, metod i środków zapobiegawczych przed wystąpieniem rozległych awarii systemu elektroenergetycznego oraz sposobów przywrócenia prawidłowego funkcjonowania systemów teleinformatycznych po wystąpieniu takiego zdarzenia, prawidłowego działania systemów DC i AC zasilania gwarantowanego, stworzenia i funkcjonowania systemu telefonicznego niezależnego od dostawcy usług telefonicznych (w oparciu o aparaty satelitarne i radiolinie wraz z antenami), stanu zagrożenia i stanu odbudowy systemów elektroenergetycznych.

Z pełnym przekonaniem stwierdzam, że pozostałe osiągnięcia naukowe Kandydata (nie wliczone do głównego osiągnięcia pt. *Wyznaczanie impedancji cewki pomiarowej w badaniach materiałów metodą prądów wirowych*) **świadczą o Jego istotnej aktywności naukowej**.

4.2. Aktywność realizowana w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej

Udział w zagranicznych zespołach badawczych

Od roku 2021 Kandydat jest członkiem zespołu naukowego funkcjonującego na Wydziale Automatyki i Elektrotechniki Uniwersytetu Wuhan w Chinach, kierowanego przez dr. Yao Luo. Tematyka wspólnych prac dotyczy tworzenia modeli matematycznych dla zagadnień wiroprądowych i ich efektywnej implementacji komputerowej. W ramach prac tego zespołu zostały opublikowane 3 artykuły naukowe, a dwa kolejne zgłoszono do publikacji.

W latach 2021-2022 Kandydat uczestniczył w pracach międzynarodowego zespołu naukowego w Uniwersytecie Zachodniej Macedonii w Grecji, kierowanego przez prof. Theodoulidisa, twórcy metody TREE. Zakres prac badawczych dotyczył metod wyznaczania zespolonych wartości własnych dla niejednorodnych regionów przewodzących. Efektem wspólnych badań jest 1 artykuł.

Po uzyskaniu „grantu na dofinansowanie badań o charakterze podstawowym realizowanych we współpracy z partnerem z zagranicy" Kandydat realizuje prace badawcze w zespole Uniwersytetu Manchesterskiego, pod kierownictwem dr. W. Yin'a, który kieruje laboratorium badań nieniszczących na

Wydziale Elektrycznym tej uczelni. Celem współpracy jest skonstruowanie nowych czujników do przeprowadzania inspekcji rur.

Staże naukowe

W 2023 roku Habilitant odbył dwa staże naukowe związane z tematyką układów z prądami wirowymi: w Instytucie Inżynierii Materiałowej Uniwersytetu Śląskiego w Sosnowcu oraz na Wydziale Elektrycznym Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. W pierwszym przypadku badania prowadzone pod kierownictwem dr hab. M. Adamczyk-Habrajskiej dotyczyły pomiarów impedancji sond wiroprądowych oraz określenia wpływu temperatury na zmiany tej impedancji. Podczas drugiego stażu Kandydat prowadził badania naukowe w Laboratorium badań nieniszczących – pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. K. M. Gawrylczyka.

Od 1 września 2023 odbywa staż na Wydziale Nauk Ścisłych i Technicznych Uniwersytetu Śląskiego w Chorzowie. Przedmiotem stażu, którego opiekunem jest dr hab. Zbigniew Stokłosa, jest *„Badanie własności magnetycznych i elektrycznych metali na potrzeby inspekcji wykonywanych za pomocą metody prądów wirowych"*. W badaniach główny nacisk jest położony na pomiary przenikalności magnetycznej i przewodności elektrycznej metali, w celu dokonania oceny wpływu częstotliwości pracy sondy na zmiany tych parametrów.

Redakcja czasopism

Habilitant pełni funkcję redaktora (Guest Editor) w dwóch wydaniach specjalnych czasopisma Materials o zaproponowanych przez niego tytułach: *„Preparation and Application of Conductive Materials"* oraz *„Sensing and Monitoring Technologies in Composite Materials"*. Na potrzeby pierwszego wydania stworzył międzynarodowy zespół redaktorów, do którego zaprosił doktora N. Kasai z Uniwersytetu w Jokohamie oraz profesora Yong Li z Uniwersytetu Xi'an Jiaotong w Chinach. W skład powołanego przez Kandydata drugiego zespołu weszli dr Mingyang Lu z Uniwersytetu Stanowego Iowa oraz dr Zhiyuan Xu z Uniwersytetu Xiangtan w Chinach.

Uważam, że Kandydat wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej, o której mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 3 Ustawy. Jego osiągnięcia w tym zakresie oceniam jako wyróżniające.

5. Ocena o osiągnięć organizacyjnych oraz popularyzujących naukę

Habilitant jest pracownikiem naukowym w Katedrze Systemów Cyfrowych Politechniki Śląskiej od roku akademickiego 2022/2023, a wcześniej, będąc pracownikiem PSE, swoją aktywność naukową realizował jako wolontariusz. Nie prowadził zajęć dydaktycznych; nie ma zatem osiągnięć dydaktycznych.

W latach 2022 i 2023 prowadził bardzo aktywną działalność w zakresie promowania i popularyzowania nauki. Między innymi uczestniczył w organizacji:

- w roku 2022

- Giełd pracy, przedsiębiorczości, technologii i dostępności w Gliwicach,
- Międzynarodowego Kongresu Jakości Kształcenia ICEQ w Katowicach,
- Gliwickich Spotkań Naukowych w Gliwicach,
- Europejskiego Kongresu Małych i Średnich Przedsiębiorstw w Katowicach,
- Śląskiego Festiwal Nauki w Katowicach,

- w roku 2023

- Forum Biznes – Nauka w Chorzowie,

- IX Finału Dni Gliwickich Młodych Naukowców,
- Święcie liczby pi w Katowicach,
- Ogólnopolskiego Dnia Inżynierii Materiałowej w Katowicach,
- Targów Pracy, Przedsiębiorczości, Technologii i Dostępności w Gliwicach,
- Ogólnopolskich Targów Edukacji w Katowicach,
- Dnia Otwartego Politechniki Śląskiej,
- Forum Młodych Liderów w Katowicach,
- Europejskiego Kongresu Gospodarczego w Katowicach,
- Festiwalu Nauki i Biznesu „Patent na zysk" w Gliwicach,
- Międzynarodowych Targów Wynalazków i Innowacji INTARG wraz z Konferencją „15 lat synergii nauki z biznesem" organizowaną przez Politechnikę Śląską,
- Konkursu technologicznego „Droniada Challenge" w Katowicach,
- Pokazów i warsztatówy dronowych „Droniada Expo & Kids" w Chorzowie.

Od roku 2008 regularnie uczestniczy w organizacji Nocy Naukowców Politechniki Śląskiej. W roku 2023 był członkiem jury w ogólnopolskim konkursie „Elektronika – by żyło się łatwiej" - w Gliwicach i Żorach.

Aktywność organizacyjna Kandydata, szczególnie w obszarze działań popularyzujących naukę w okresie zaledwie dwóch lat jest imponująca. Aktywność ta polegała między innymi na:

- przygotowaniu stanowisk laboratoryjnych i miejsc pokazów,
- prowadzeniu rozmów z kandydatami na studia, studentami, członkami organizacji studenckich i kół naukowych, a także z przedsiębiorcami i przedstawicielami pracodawców z całej Polski,
- prowadzeniu paneli dyskusyjnych dotyczących nowoczesnych metod dydaktycznych, weryfikacji efektów uczenia, metod dydaktycznych oraz tworzeniu nowoczesnych programów studiów,
- nawiązywaniu współpracy jednostek badawczo-naukowych z przedsiębiorcami,
- promowaniu nauk matematyczno-przyrodniczych, ścisłych i technicznych,
- organizacji praktyk, stażów i dni otwartych w przedsiębiorstwach,
- prezentacji oferty edukacyjnej Politechniki Śląskiej.

Habilitant z sukcesem brał udział w konkursach na finansowanie badań.

Wygrał „konkurs projakościowy" na dofinansowanie badań o charakterze podstawowym realizowanych we współpracy z partnerem z zagranicy" i uzyskał grant na realizację programu pod nazwą „Badania rur metodą prądów wirowych za pomocą sondy z rdzeniem" (Politechnika Śląska, 2023).

Wygrał konkurs na rektorskie granty za wysoko punktowane publikacje, udzielone patenty, pozyskane projekty lub prace naukowo-badawcze" (Politechnika Śląska, 2022).

Był beneficjentem dwóch konkursów projakościowych: na publikacje wydane we współpracy z autorem z ośrodka zagranicznego - w ramach programu Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza (7 razy w latach 2022-2023, Politechnika Śląska) oraz konkursie na publikacje wydane w czasopismach, w ramach programu Inicjatywa Doskonałości (6 razy w latach 2022-2023, Politechnika Śląska).

Uzyskał nagrodę „Outstanding Reviewer Awards 2022" przyznawaną przez wydawnictwo Institute of Physics Publishing oraz wyróżnienie „Elsevier Reviewer Recognition" przyznane w 2023 roku przez Komitet Redakcyjny czasopisma Measurement.

W roku 2023 uzyskał nagrodę indywidualną II stopnia Rektora PŚ za osiągnięcia naukowe.

Jest członkiem pięciu towarzystw naukowych: Stowarzyszenia Inżynierów Telekomunikacji, Polskiego Towarzystwo Diagnostyki Technicznej, Stowarzyszenia Inicjatyw Naukowych, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Mechaników Polskich oraz Polskie Towarzystwa Badań Nieniszczących.

6. Podsumowanie i konkluzja recenzji

1. Dorobek naukowy Habilitanta zawarty w przedstawionym cyklu 12 powiązanych tematycznie publikacji jest oryginalny i wartościowy. Uważam, że przedstawione **osiągnięcie naukowe** pt. *„Wyznaczanie impedancji cewki pomiarowej w badaniach materiałów metodą prądów wirowych"* spełnia wymogi art. 219 ust. 1 pkt. 2b ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, to znaczy, że **wnosi znaczny wkład w rozwój dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne**, w szczególności w obszarze modelowania zjawisk elektromagnetycznych w obszarach przewodzących i diagnostyki wiroprądowej.
2. Analiza dorobku naukowego, nie wliczonego do głównego „osiągnięcia naukowego", wskazuje na jego **istotną aktywność naukową, w tym aktywność realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej**, o której mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 3 Ustawy.
3. Kandydat ma **wyróżniające osiągnięcia organizacyjne, szczególnie w zakresie popularyzacji nauki**.

Uważam, że słabą stroną aktywności naukowej Kandydata jest jego bardzo mały udział w konferencjach naukowych. Pomimo to, biorąc pod uwagę swoje pozytywne oceny zawarte w rozdziałach 3, 4 i 5 recenzji, **uważam, że osiągnięcia naukowe**, osiągnięcia organizatorskie oraz aktywność popularyzatorska **dr. inż. Grzegorza Tytko spełniają wymogi Ustawy** z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w zakresie dotyczącym nadawania stopnia naukowego doktora habilitowanego, opisanym w rozdziale 3, art.119.

Moja **pozytywna ocena upoważnia mnie do poparcia wniosku w sprawie nadania dr. inż. Grzegorzowi Tytko stopnia naukowego doktora habilitowanego** w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

Prof. dr hab. inż. Lech Nowak

.....