

dr hab. inż. Marcin Kowol

Opole, 12.05.2025 r.

Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki

Politechnika Opolska

PRZEWODNICZĄCY RADY DYSCIPLINY
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika
i Technologie Kosmiczne

prof. dr hab. inż. Wojciech Szelaąg

WYDZIAŁ AUTOMATYKI,
ROBOTYKI I ELEKTROTECHNIKI
POLITECHNIKA POZNAŃSKA

20-05-2025

WPŁYNĘŁO

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Wojciecha Ludowicza

pt. „*Polowa analiza rozptywu prądów przesunięcia dielektrycznego
w wysokoczęstotliwościowych układach z polem elektromagnetycznym*”

wykonanej pod kierunkiem

dr hab. inż. Rafała M. Wojciechowskiego, prof. PP

Opinia opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki

Politechniki Poznańskiej z dnia 21 marca 2025 r.

1. Ocena wyboru tematu rozprawy

Wybór tematu rozprawy doktorskiej „*Polowa analiza rozptywu prądów przesunięcia dielektrycznego w wysokoczęstotliwościowych układach z polem elektromagnetycznym*” uznać należy za uzasadniony zarówno ze względów naukowych, jak i praktycznych. W dobie postępującej miniaturyzacji urządzeń elektrotechnicznych oraz wzrostu częstotliwości pracy przetworników elektromagnetycznych, zagadnienie analizy prądów przesunięcia dielektrycznego zyskuje istotne znaczenie. Podjęty temat trafnie odpowiada na wyzwania współczesnej elektrotechniki, która mierzy się z problemami związanymi z efektywnością energetyczną i niezawodnością pracy urządzeń działających w środowisku silnych pól elektromagnetycznych.

Analiza dostępnej literatury naukowej i technicznej wskazuje na istotny niedobór badań dotyczących kompleksowego ujęcia zjawisk związanych z prądami przesunięcia dielektrycznego, zwłaszcza w odniesieniu do nowoczesnych materiałów ferromagnetycznych, takich jak ferryty manganowo-cynkowe (MnZn). Autor w sposób trafny identyfikuje lukę poznawczą dotyczącą wpływu właściwości dielektrycznych ferrytów na efektywność działania przetworników elektromagnetycznych w zakresie wysokich częstotliwości.

Kolejnym istotnym aspektem oceny wyboru tematu jest metodologia badawcza, oparta na zaawansowanych numerycznych metodach analizy pola elektromagnetycznego. W pracy wykorzystano

Kowol

Metodę Elementów Skończonych (MES), która jest obecnie uznawana za jedną z najbardziej efektywnych metod numerycznych do analizy pól elektromagnetycznych. Autor rozprawy zdecydował się na zastosowanie zaawansowanego podejścia numerycznego, integrującego metodę bilansu harmonicznych z metodą elementów skończonych (HBFEM – Harmonic Balance Finite Element Method), co pozwala na efektywne i precyzyjne modelowanie złożonych zjawisk elektromagnetycznych w układach rzeczywistych.

Na podkreślenie zasługuje także praktyczne znaczenie podjętych badań. Autor wskazuje na coraz większe znaczenie zjawiska prądów przesunięcia dielektrycznego, szczególnie w kontekście miniaturyzacji i wzrostu częstotliwości źródeł zasilających, co w efekcie skutkuje wyższym wzrostem strat energii w urządzeniach elektronicznych i elektromagnetycznych. Dokładne i efektywne modelowanie tego zjawiska umożliwi projektantom optymalizację konstrukcji przetworników, co przełoży się na ich poprawę wydajności energetycznej oraz niezawodności.

Krytyczna analiza literatury naukowej przedstawiona w rozprawie wskazuje na konieczność dalszego pogłębiania wiedzy na temat właściwości elektrycznych i magnetycznych materiałów ferromagnetycznych związanych z wpływem pól o wysokich częstotliwościach. Autor jasno wskazuje na istotny związek pomiędzy strukturą materiałową ferrytów proszkowych a ich właściwościami dielektrycznymi.

Podjęcie badań nad opracowaniem nowych algorytmów obliczeniowych i procedur numerycznych w obszarze MES stanowi również wartość dodaną rozprawy. Autor wyraźnie podkreśla, że opracowane przez niego metody nie tylko zwiększają dokładność symulacji, ale także istotnie skracają czas obliczeń, co ma kluczowe znaczenie dla projektowania urządzeń pracujących przy wysokich częstotliwościach. Dokonana w rozprawie weryfikacja opracowanego oprogramowania z komercyjnym narzędziem COMSOL Multiphysics stanowi dodatkowe potwierdzenie słuszności przyjętych założeń metodologicznych i wartości praktycznej opracowanego rozwiązania.

Podsumowując, wybór tematu rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Wojciecha Ludowicza uważam nie tylko za trafny, ale również aktualny oraz istotny z punktu widzenia współczesnych wyzwań inżynierskich. Podjęte przez Autora badania wnoszą znaczący wkład zarówno do nauki, jak i praktyki inżynierskiej, wzbogacając metodologię analizy numerycznej układów elektromagnetycznych. Przeprowadzona analiza potwierdza zasadność wyboru tematu rozprawy, jego istotność i znaczenie dla dalszego rozwoju naukowego i technologicznego.

Cel i teza naukowa rozprawy

Głównym celem rozprawy doktorskiej jest opracowanie efektywnych algorytmów oraz procedur numerycznych, umożliwiających szczegółową analizę rozkładu pola elektromagnetycznego w wysokoczęstotliwościowych przetwornikach elektromagnetycznych z uwzględnieniem wpływu prądów przesunięcia dielektrycznego oraz prądów wirowych. Szczególny nacisk położono na uwzględnienie nieliniowych właściwości rdzenia ferromagnetycznego wynikających z jego nasycenia magnetycznego. Realizacja celu pracy opiera się na zastosowaniu sprzężonej analizy częstotliwościowo-czasowej oraz wielostopniowego ujęcia Metody Elementów Skończonych (MES). Dodatkowo, w rozprawie zaproponowano opracowanie reluktancyjno-konduktancyjno-pojemnościowego modelu siatkowego przetwornika, wykorzystującego sformułowanie $A-V-T_0$, co pozwala na kompleksowe ujęcie analizowanych zjawisk oraz zwiększenie efektywności numerycznej realizowanych symulacji.

Autor formułuje cel pracy na str. 14 i dotyczy opracowania algorytmów oraz procedur numerycznych umożliwiających efektywną analizę rozkładu pola elektromagnetycznego w przetwornikach zasilanych ze źródeł wysokiej częstotliwości, z uwzględnieniem wpływu prądów wirowych oraz przesunięcia dielektrycznego. Tak określony cel uważam za pełni zasadny, zarówno w kontekście aktualnych wyzwań badawczych, jak i praktycznych potrzeb współczesnej inżynierii.

Autor formułuje tezę naukową rozprawy (str. 14), zgodnie z którą wpływ prądów przesunięcia dielektrycznego na rozkład pola elektromagnetycznego można skutecznie uwzględnić poprzez sprzężoną analizę częstotliwościowo-czasową z wykorzystaniem wielostopniowego ujęcia metody elementów skończonych. Teza ta jest trafna i dobrze wpisuje się w aktualne potrzeby badawcze związane z projektowaniem układów wysokoczęstotliwościowych.

2. Ocena merytoryczna rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Wojciecha Ludowicza pt. „*Polowa analiza rozkładu prądów przesunięcia dielektrycznego w wysokoczęstotliwościowych układach z polem elektromagnetycznym*” podejmuje istotne i aktualne zagadnienie naukowe, które wpisuje się w obecne kierunki rozwoju współczesnej elektrotechniki oraz inżynierii materiałowej. Przedstawiona rozprawa została przygotowana jako praca promocyjna (doktorska). Praca składa się z sześciu rozdziałów, wykazu ważniejszych skrótów, oznaczeń oraz bibliografii obejmującej 104 pozycje (w tym jedna praca własna Doktoranta). Recenzowaną rozprawę należy zakwalifikować do grupy prac metodologiczno-projektowych, ze względu na autorskie opracowanie algorytmów numerycznych oraz oprogramowania służącego do dwu- i trójwymiarowej analizy rozkładu pola elektromagnetycznego. Niewątpliwie, Doktorant wykazał się wysokim stopniem opanowania zarówno zaawansowanych technik obliczeniowych, jak i głębokim zrozumieniem

zagadnień fizycznych związanych z propagacją pola elektromagnetycznego w strukturach ferromagnetycznych.

We wprowadzeniu Autor trafnie diagnozuje znaczenie podjętej tematyki, odnosząc się do wzrastającej miniaturyzacji oraz postępującego zwiększenia częstotliwości pracy urządzeń elektrotechnicznych, które pociągają za sobą konieczność precyzyjnego modelowania zjawisk elektromagnetycznych, w tym zwłaszcza zjawisk związanych z prądami przesunięcia dielektrycznego oraz prądami wirowymi. Autor pracy wyraźnie wskazuje na lukę badawczą dotyczącą niewystarczającej analizy wpływu prądów przesunięcia dielektrycznego, szczególnie istotnych w przypadku ferrytów manganowo-cynkowych. Przeprowadzona analiza literatury została wykonana w sposób rzetelny i systematyczny, umożliwiając sformułowanie trafnych wniosków i wyraźnie zaznaczając nowatorski charakter podjętych badań.

Rozdział 2 pracy doktorskiej stanowi kompleksowy przegląd metod stosowanych w analizie układów z polem elektromagnetycznym i pełni rolę teoretycznego fundamentu dalszych rozważań. Autor rozpoczyna od ogólnej charakterystyki problemów elektromagnetycznych oraz wskazuje na znaczenie dokładnych metod numerycznych w kontekście projektowania nowoczesnych przetworników i urządzeń energoelektronicznych. Szczególną uwagę poświęcono MES. Następnie omówiono alternatywne podejścia: metody quasi-statyczne, które upraszczają modelowanie poprzez pominięcie wybranych zmiennych czasowych, a także Metodę Różnic Skończonych (FDTD) oraz jej zmodyfikowaną wersję – metodę całkową (FIT). Każda z metod została przedstawiona wraz z jej zastosowaniami, zaletami i ograniczeniami. Rozdział zamyka się podsumowaniem, które zestawia omawiane techniki pod kątem ich przydatności w analizie pola elektromagnetycznego, z uwzględnieniem wpływu prądów wirowych, przesunięcia dielektrycznego oraz parametrów materiałowych.

Rozdział 3 pracy doktorskiej koncentruje się na elektromagnetycznej analizie numerycznej z wykorzystaniem modeli polowych w oparciu o wielostopniowe ujęcie MES. Autor opisuje szczegółowo poszczególne typy elementów siatki dyskretizacyjnej: węzłowe, krawędziowe i ściankowe. Każdy z tych elementów opisany jest zarówno od strony matematycznej, jak i graficznej, z uwzględnieniem ich roli w odwzorowaniu rozkładów fizycznych wielkości pola elektromagnetycznego. Następnie Autor prezentuje sprzężone modele siatkowe 3D, w tym model reluktancyjno-konduktancyjno-pojemnościowy, oraz modele dwuwymiarowe (2D), wskazując różnice i uproszczenia pomiędzy tymi podejściami oraz ich obszary zastosowań.

W rozdziale 4 omówiono metody wykorzystywane w analizie układów z polem elektromagnetycznym z uwzględnieniem prądów przesunięcia dielektrycznego. Autor analizuje trzy podejścia numeryczne stosowane w ramach MES: analizę w dziedzinie czasu, analizę w dziedzinie częstotliwości oraz analizę sprzężoną w dziedzinach czasu i częstotliwości. Przedstawiono podstawy

teoretyczne poszczególnych podejść, wskazano ich zalety oraz ograniczenia, a także kryteria wyboru optymalnej metody w zależności od specyfiki analizowanego zagadnienia. Szczególny nacisk położono na możliwość uwzględnienia nieliniowych właściwości materiałowych oraz prądów przesunięcia dielektrycznego, jak również na ocenę efektywności obliczeniowej oraz dokładności uzyskiwanych wyników symulacyjnych.

W rozdziale 5 rozprawy Autor przedstawia szczegółowo wyniki przeprowadzonych badań numerycznych oraz symulacyjnych, realizowanych za pomocą autorskiego oprogramowania opartego o metodę bilansu harmonicznym połączoną z metodą elementów skończonych (HBFEM). Autor omówił najpierw autorski algorytm obliczeniowy, wskazując kluczowe etapy postępowania oraz założenia upraszczające analizę. Następnie zaprezentowano rezultaty zastosowania algorytmu dla dwóch typów modeli: osiowosymetrycznego (2D) oraz trójwymiarowego. Dla każdego z tych modeli przedstawiono opis parametrów geometrycznych i materiałowych oraz szczegółowo zinterpretowano uzyskane wyniki symulacji dotyczące rozkładu pola elektromagnetycznego, prądów przesunięcia dielektrycznego i prądów wirowych. Dodatkowo przeprowadzono szczegółową analizę wydajnościową stworzonego oprogramowania, oceniając czas obliczeń oraz wymagane zasoby obliczeniowe i porównując uzyskane wyniki z danymi referencyjnymi z profesjonalnego środowiska COMSOL Multiphysics. Na tej podstawie wykazano skuteczność i efektywność proponowanego podejścia obliczeniowego, podkreślając jego praktyczną wartość w kontekście projektowania przetworników elektromagnetycznych pracujących w wysokich częstotliwościach. Rozdział kończy syntetyczne podsumowanie najważniejszych wniosków oraz uzasadnienie wartości naukowej przeprowadzonych badań.

Rozdział 6 pracy stanowi podsumowanie przeprowadzonych badań oraz zawiera wnioski wynikające z uzyskanych rezultatów. Autor przypomina najważniejsze cele oraz tezę pracy, wskazując, że udało się potwierdzić skuteczność zaproponowanej metody analizy elektromagnetycznej opartej na połączeniu metody bilansu harmonicznym z metodą elementów skończonych (HBFEM). Podkreślono, że opracowane algorytmy umożliwiają efektywne modelowanie zjawisk takich jak prądy przesunięcia dielektrycznego, prądy wirowe oraz nasycenie rdzenia w układach przetworników elektromagnetycznych zasilanych sygnałami o wysokich częstotliwościach. Autor podkreśla znaczenie przeprowadzonych symulacji numerycznych oraz ich zgodność z wynikami uzyskanymi za pomocą profesjonalnego oprogramowania COMSOL Multiphysics.

Oceniając pracę, chcę podkreślić, że została ona opracowana na bardzo dobrym poziomie i jest wartościowa z punktu widzenia pogłębienia wiedzy na temat efektywnego modelowania i analizy rozkładu pola elektromagnetycznego z uwzględnieniem prądów przesunięcia dielektrycznego, szczególnie w kontekście zastosowania nowatorskiej, sprzężonej analizy częstotliwościowo-czasowej. Wnosi ona także oryginalny wkład naukowy i potwierdza wysokie kwalifikacje Autora rozprawy.

Do oryginalnych osiągnięć w pracy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Ludowicza można zaliczyć kilka istotnych elementów:

1. dokonanie przeglądu literatury;
2. opracowanie algorytmów numerycznych umożliwiających efektywną analizę rozkładu pola elektromagnetycznego z uwzględnieniem wpływu prądów wirowych oraz przesunięcia dielektrycznego w układach zasilanych sygnałami wysokoczęstotliwościowymi;
3. opracowanie wielostopniowego podejścia MES, uwzględniającego reluktancyjno-konduktancyjno-pojemnościowy model siatkowy z zastosowaniem potencjałów $A-V-T_0$;
4. rozwój metody HBFEM (Harmonic Balance Finite Element Method), łączącej zalety analiz w dziedzinie częstotliwości i czasu;
5. zdefiniowanie jednoznacznych kryteriów stosowalności poszczególnych metod numerycznych w zależności od analizowanych zjawisk elektromagnetycznych;
6. opracowanie autorskiego oprogramowania do analizy 2D oraz 3D przy pomocy opracowanych metod numerycznych;
7. przeprowadzenie analizy porównawczej pomiędzy wynikami uzyskanymi z własnego autorskiego oprogramowania a wynikami z profesjonalnego środowiska obliczeniowego COMSOL Multiphysics;
8. uzupełnienie wiedzy w zakresie kompleksowej analizy numerycznej zjawisk związanych z prądami przesunięcia dielektrycznego w ferrytowych rdzeniach magnetycznych w obrębie pól o wysokich częstotliwościach.

Wymienione elementy podkreślają istotny wkład w rozwój metod numerycznych w elektromagnetyzmie, a także świadczą o wysokim stopniu oryginalności i samodzielności badawczej Autora. Nie dostrzegam również istotnych błędów ani uchybień, które wymagałyby szczególnego podkreślenia. W trakcie analizy pracy pojawiło się jednak kilka kwestii, które uważam za warte przedyskutowania – uprzejmie proszę Doktoranta o odniesienie się do nich:

1. Na czym polega przewaga opracowanego przez Pana reluktancyjno-konduktancyjno-pojemnościowego modelu siatkowego w kontekście analizy prądów przesunięcia dielektrycznego?
2. Czy według Doktoranta opracowana metoda HBFEM mogłaby znaleźć zastosowanie również w analizie innych urządzeń np. anten, falowodów lub transformatorów impulsowych?

3. Czy istnieją specyficzne przypadki geometryczne lub materiałowe, które mogłyby ograniczać zastosowanie metody HBFEM?
4. W jakim języku zostało napisane autorskie oprogramowanie i czym kierował się Pan przy jego wyborze? Jakie trudności pojawiły się podczas opracowania algorytmów numerycznych i jak sobie Pan z nimi poradził?
5. W jaki sposób dobrano parametry ferrytu użyte w symulacjach – czy bazowano na danych producenta, czy na własnych pomiarach?
6. Jak duży wpływ na wyniki obliczeń ma dokładność parametrów materiałowych użytych w symulacjach? Jak autor ocenia dostępność oraz jakość danych materiałowych w tym zakresie?
7. W rozprawie zaprezentowano szczegółowe porównanie wyników symulacyjnych z oprogramowaniem COMSOL Multiphysics. Na ile wiarygodne są wyniki z COMSOL Multiphysics jako punkt odniesienia do oceny poprawności działania autorskiego algorytmu?
8. Brak weryfikacji eksperymentalnej może rodzić pytania o praktyczną dokładność modelu. Czy Doktorant rozważa przeprowadzenie takich pomiarów w przyszłości, aby jednoznacznie potwierdzić zgodność wyników teoretycznych z rzeczywistymi?
9. Na ile według Doktoranta możliwa jest integracja opracowanych metod z popularnymi środowiskami do symulacji MES, np. COMSOL Multiphysics, ANSYS Maxwell czy CST Studio?
10. Które z przedstawionych wyników lub zastosowanych rozwiązań uważa Autor za najbardziej innowacyjne, a które elementy mogłyby zostać jeszcze udoskonalone lub rozszerzone?
11. Jakie dalsze kroki badawcze Autor przewiduje po zakończeniu tej pracy? Czy widzi możliwość rozszerzenia swoich metod na inne dziedziny elektrotechniki lub inne aplikacje przemysłowe?

3. Uwagi szczegółowe

Praca została napisana w sposób poprawny i przejrzysty pod względem językowym. Z uznaniem podkreślam dbałość Autora o precyzyjne przedstawienie wzorów matematycznych oraz wysoki poziom opracowania graficznego.

Pomimo ogólnie bardzo dobrej jakości merytorycznej, znalazłem niewiele błędów edytorskich (str.: 8, 22, 23, 35, 44, 68, 71, 79, 83, 89) oraz stylistycznych (str.: 14, 22, 40, 72, 104), które nie wpływają na ostateczną pozytywną ocenę pracy.

Zwracam natomiast uwagę na pewne uchybienia:

- str.: 8-9, w wykazie ważniejszych oznaczeń przydałoby się dokładniejsze uporządkowanie kolejności symboli, np. alfabetycznie. Pozwoliłoby to na szybsze odnalezienie interesującego symbolu.
- str.: 64, mało czytelny wzór (4.2.7)
- str.: 85, brak ujednolicenia zakresów osi X i Y dla oprogramowania autorskiego i COMSOL

Howell!!

- str.: 104, nie „przypieczenia”, a „przyspieszenia”;
- powtarzające się opisy skrótów np. FIT
- niekonsekwentne stosowanie wielkich liter

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

4. Konkluzja recenzji

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Wojciecha Ludowicza pt. „Polowa analiza rozptyłu prądów przesunięcia dielektrycznego w wysokoczęstotliwościowych układach z polem elektromagnetycznym” stanowi wartościowy wkład w dziedzinę współczesnej elektrotechniki, a w szczególności w obszar analizy numerycznej złożonych zjawisk elektromagnetycznych. Zagadnienie, które Autor podjął w swojej pracy, jest aktualne oraz niezwykle istotne zarówno z punktu widzenia teoretycznego, jak i praktycznego.

Pod względem merytorycznym rozprawa spełnia wszystkie wysokie standardy prac doktorskich, odznaczając się logiczną konstrukcją oraz rzetelnym i szczegółowym przeglądem istniejącego stanu wiedzy. Autor trafnie zidentyfikował lukę badawczą związaną z niedostatecznym uwzględnieniem wpływu prądów przesunięcia dielektrycznego w wysokoczęstotliwościowych układach z polem elektromagnetycznym. Zaproponowane metody numeryczne, oparte na sprzężonej analizie czasowo-częstotliwościowej oraz wielostopniowym ujęciu Metody Elementów Skończonych (MES), w istotny sposób wzbogacają dotychczasowe podejścia badawcze i praktyczne.

Ważnym atutem pracy jest opracowanie reluktancyjno-konduktancyjno-pojemnościowego modelu siatkowego, który pozwala na kompleksowe uwzględnienie istotnych dla omawianych przetworników elektromagnetycznych zjawisk fizycznych – takich jak prądy wirowe, przesunięcia dielektryczne, oraz nasycenie magnetyczne. Zastosowanie autorskiego podejścia HBFEM (Harmonic Balance Finite Element Method) umożliwiło autorowi znaczną redukcję czasu obliczeniowego, co jest szczególnie istotne dla praktycznych zastosowań inżynierskich. Poprawność wyników pracy została dodatkowo potwierdzona poprzez porównanie z wynikami uzyskanymi przy zastosowaniu oprogramowania COMSOL Multiphysics, co dodatkowo podkreśla praktyczną użyteczność oraz wiarygodność opracowanych metod. Z praktycznego punktu widzenia rezultaty rozprawy mogą zostać bezpośrednio zastosowane w projektowaniu przetworników elektromagnetycznych.

Przeprowadzona analiza literatury, metoda badawcza oraz klarowne przedstawienie wyników potwierdzają wysoką kompetencję naukową autora oraz jego umiejętność prowadzenia samodzielnych, kompleksowych badań. Mimo pojedynczych uchybień redakcyjnych, praca jest przejrzysta i prezentuje wysoki poziom precyzji w zakresie prezentacji treści naukowych.

Podsumowując ocenę całości rozprawy doktorskiej, stwierdzam, iż przedstawiona rozprawa pt. "Połowa analiza rozptywu prądów przesunięcia dielektrycznego w wysokoczęstotliwościowych układach z polem elektromagnetycznym" autorstwa Pana mgr inż. Wojciecha Ludowicza stanowi samodzielne rozwiązanie zadania badawczego i spełnia kryteria stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora w Ustawie – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (j.t. Dz. U. z 2023 r. poz. 742, z późn. zm.).

W związku z powyższym stawiam wniosek o przyjęcie przedstawionej pracy jako rozprawy doktorskiej i dopuszczenie jej Autora Pana mgr inż. Wojciecha Ludowicza do publicznej obrony pracy.

dr hab. inż. Marcin Kowol

Opole, 12.05.2025 r.

Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki

Politechnika Opolska

PRZEWODNICZĄCY RADY DYSYPLIN
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika
i Technologie Kosmiczne

WYDZIAŁ AUTOMATYKI,
ROBOTYKI I ELEKTROTECHNIKI
POLITECHNIKA POZNAŃSKA

prof. dr hab. inż. Wojciech Szląg

20-05-2025

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Wojciecha Ludowicza

WPŁYNĘŁO

**pt. „*Polowa analiza rozptyłu prądów przesunięcia dielektrycznego*
w wysokoczęstotliwościowych układach z polem elektromagnetycznym”
wykonanej pod kierunkiem
dr hab. inż. Rafała M. Wojciechowskiego, prof. PP**

Wniosek dodatkowy

Rozprawa doktorska Pana **mgr inż. Wojciecha Ludowicza** pt. „*Polowa analiza rozptyłu prądów przesunięcia dielektrycznego w wysokoczęstotliwościowych układach z polem elektromagnetycznym*” zasługuje na szczególne uznanie. Na uwagę zasługuje zarówno wysoki poziom merytoryczny pracy, obejmujący zastosowanie zaawansowanych metod modelowania i symulacji komputerowej, jak i nowoczesność poruszanej problematyki. Autor przedstawił interesujące i wartościowe wyniki badań, które zostały logicznie opracowane i ujęte w precyzyjnie sformułowane wnioski. Całość dopełnia staranna, przejrzysta oprawa graficzna. W związku z powyższym, wnoszę o wyróżnienie niniejszej rozprawy doktorskiej.

Dodatkowym argumentem jest dorobek naukowy Doktoranta w liczbie 6 artykułów naukowych w czasopismach i 5 w materiałach konferencyjnych (w tym współautorskie artykuły w renomowanych czasopismach: *Energies*, *COMPEL*, *Electronics*, *Przegląd elektrotechniczny*)

Kowol M.