

Dr hab. inż. Joanna Pawłat
Zemborzyce Podleśne 123A
20-515 Lublin
Tel.: 514907373
E-mail: j.pawlat@pollub.pl

Lublin, 28.10.2024 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Magdaleny Budnarowskiej

Tytuł rozprawy doktorskiej:

„Symulacyjne badania numeryczne wnikania impulsów elektromagnetycznych dużej mocy do małej obudowy ekranującej z perforacją technologiczną – skuteczność ekranowania wnętrza obudowy przed impulsami elektromagnetycznymi”

Niniejszą recenzję wykonałam na prośbę Przewodniczącego Rady Naukowej Wydziału Elektrycznego Uniwersytetu Morskiego w Gdyni Pana dr hab. inż. Piotra Jankowskiego, profesora Uniwersytetu Morskiego w Gdyni.

Recenzję sporządziłam na podstawie przepisów dotyczących postępowania w przewodzie doktorskim, a w szczególności art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574 z późniejszymi zmianami) a także wcześniejszych aktów prawnych i komunikatów innych powiązanych organów.

Do zrecenzowania przedstawiono mi rozprawę doktorską mgr inż. Magdaleny Budnarowskiej pt. „Symulacyjne badania numeryczne wnikania impulsów elektromagnetycznych dużej mocy do małej obudowy ekranującej z perforacją technologiczną – skuteczność ekranowania wnętrza obudowy przed impulsami elektromagnetycznymi”. Promotorem pracy jest prof. dr hab. inż. Jerzy Mizeraczyk, zaś promotorem pomocniczym jest dr inż. Ryszard Studański.

1 . Ocena rozprawy doktorskiej

Podczas swej pracy naukowej Kandydatka podjęła istotną z punktu widzenia zapewnienia stabilnej pracy urządzeń i instalacji (kluczowego dla bezpieczeństwa obywateli i utrzymania potencjału obronnego państwa) a także zgodności z wymaganiami normatywnymi

tematykę związaną z badaniem wpływu subnanosekundowych impulsów elektromagnetycznych o dużej mocy na małe metalowe obudowy z technologicznymi perforacjami. Jest to temat niezwykle ważny w świetle poważnych konsekwencji jakie mogą nieść za sobą zamierzone ale też i powstałe wyniki przyczyn naturalnych zaburzenia pola elektromagnetycznego, gdzie obudowa ekranowana powinna pełnić rolę podstawowej ochrony przed takimi zakłóceniami.

Rozprawa doktorska pt. „Symulacyjne badania numeryczne wnikania impulsów elektromagnetycznych dużej mocy do małej obudowy ekranującej z perforacją technologiczną – skuteczność ekranowania wnętrza obudowy przed impulsami elektromagnetycznymi” została przygotowana w języku polskim, jej część naukowa zawiera 252 strony wraz ze spisem literatury i rysunków. Na kolejnych 2 stronach podsumowano dorobek publikacyjny Kandydatki. Spis cytowanej literatury liczy 63 pozycje. Pracę otwiera obszerne streszczenie w języku polskim oraz wykaz oznaczeń (14 stron).

Rozdział 1 (14 stron) stanowi podstawę do dalszych rozważań na tematy badawcze poruszone w dysertacji przedstawiając klasyfikację oraz skutki naturalnych, antropogenicznych i celowych zaburzeń elektromagnetycznych o dużej mocy, opisując metody ekranowania, ze szczególnym uwzględnieniem obudów ekranujących i ich parametrów. Dyplomantka prezentuje w nim autorską definicję globalnej skuteczności ekranowania polegającą na wyznaczeniu w dziedzinie czasu map chwilowych wartości skuteczności ekranowania w wybranym przekroju wnętrza obudowy. W rozdziale tym przedstawiono cel i tezę pracy mówiącą, że możliwe jest określenie skuteczności antyelektromagnetycznego ekranowania wnętrza niewysokiej metalowej obudowy z perforacją technologiczną na podstawie analizy symulacji procesu wnikania subnanosekundowego impulsu płaskiej fali EM dużej mocy do jej wnętrza oraz przedstawiono strukturę pracy.

Rozdział 2 (4 strony) skupia się na metodzie symulacyjnej wykorzystującej środowisko CST Studio Suite do symulacji oddziaływania fal elektromagnetycznych z obiektami 3D.

W Rozdziale 3 (2 strony) przybliżono charakterystykę wybranej do badań prostopadłościennej metalowej obudowy ekranującej z perforacją technologiczną, która symuluje otwór wentylacyjny; będącej obiektem badań nad wpływem subnanosekundowego impulsu płaskiej fali EM.

W Rozdziale 4 (6 stron) omówiono parametry subnanosekundowego impulsu płaskiej fali elektromagnetycznej, który odpowiada prawdopodobnym potencjalnym parametrom impulsów intencjonalnych.

Rozdział 5 (2 strony) wynika z analizy dostępnych danych literaturowych, które posłużyły do opracowania dalszych części pracy. Według Kandydatki ważnym krokiem prowadzącym do zrozumienia oddziaływania pola EM z obudową metalową jest analiza redystrybucji elektronów swobodnych wewnątrz i na zewnątrz tej obudowy, prowadząca do tworzenia wtórnych źródeł pola elektrycznego: obszarów o odmiennej polarności elektrycznej. Dalsze rozdziały stanowią najwartościowszą część pracy i dotyczą szczegółowych działań badawczych podejmowanych przez mgr inż. Budnarowską.

W Rozdziale 6 (77 stron) Kandydatka przedstawiła wyniki symulacji przenikania impulsu EM o polaryzacji pionowej do wnętrza metalowej obudowy. Mapy 3D i 2D pozwoliły zwizualizować fazy falową i interferencyjną wnikania i rozwoju wewnątrz obudowy sprzężonych pól elektrycznego i magnetycznego. Opisano rozkłady powierzchniowego ładunku elektrycznego na wewnętrznych ścianach obudowy, wyjaśniając tworzenie się tzw. „wysp komplementarnych” ładunków elektrycznych. Struktury te wraz z częścią impulsu przenikającą bezpośrednio przez otwór stanowią źródło pola EM w obudowie. Omówiono również rozkłady normalnego pola elektrycznego, stycznego pola magnetycznego oraz ładunku elektrycznego i prądu powierzchniowego na zewnętrznych ścianach obudowy. Szczególną uwagę poświęcono powierzchniom przylegającym do perforacji. W oparciu o uzyskane wyniki zaproponowano również autorski model opisujący proces wnikania pionowego impulsu elektromagnetycznego do wnętrza obudowy i generowania par wysp komplementarnych ładunków elektrycznych.

Rozdział 7 (73 strony) przedstawia wyniki symulacji dotyczące wnikania i rozwoju pola elektromagnetycznego wewnątrz perforowanej obudowy, gdy oddziałuje na nią impuls EM o polaryzacji równoległej (z równoległym do dolnej i górnej ściany obudowy wektorem natężenia pola elektrycznego fali padającej). Przedstawiono wizualizacje 3D i 2D, które również pokazują, że rozwój pola EM można podzielić na fazę falową i interferencyjną. Następnie podjęto się analizy rozkładu ładunków elektrycznych i zaobserwowano powstawanie i migrację par komplementarnych ładunków; opisano również rozkład normalnego pola elektrycznego, gęstości ładunku elektrycznego, prądu powierzchniowego i stycznego pola magnetycznego na zewnętrznej powierzchni obudowy. Tu także opracowano autorski model

wnikania impulsu EM o polaryzacji równoległej. Wprowadzenie teorii "wysp komplementarnych" ładunku elektrycznego w Rozdziałach 6 i 7 jest dobrym przyczynkiem do analizy dynamiki ładunku w obudowach ekranowanych. Uzyskane wyniki uwydatniają znaczenie zarówno ładunków, jak i prądów występujących na wewnętrznych oraz zewnętrznych ścianach obudowy oraz powstawania ciągu wewnętrznych impulsów EM, co jest kluczowe dla pełnej oceny efektywności ekranowania.

W rozdziale 8 (6 stron) podsumowano wyniki testowych symulacji z zastosowaniem impulsu EM o bardziej złożonej polaryzacji skręconej. Pomimo przyjęcia pewnego uproszczenia w postaci analizy tego ambitnego przypadku jako liniowej kombinacji polaryzacji pionowej i równoległej przypadek był na tyle skomplikowany by uniemożliwić pełną interpretację wyników.

Rozdział 9 (22 strony) eksploruje problematykę skuteczności ekranowania (SE) wnętrza obudowy w dziedzinie czasu. Co istotne, analizowane były lokalne i globalne charakterystyki czasowe natężenia pola EM odpowiednio w wybranych punktach lub przekrojach wewnątrz obudowy dla polaryzacji pionowej i poziomej impulsu zaburzającego. Pozwala to na identyfikację miejsc szczególnie narażonych na działanie impulsu, sporządzenie map skuteczności ekranowania i właściwości ochronnych obudowy w danym jej obszarze oraz na oszacowanie potencjalnych skutków subnanosekundowych impulsów EM i wprowadzenie ulepszeń konstrukcyjnych.

W Rozdziale 10 (2 strony) poruszono temat ograniczeń praktycznych walidacji wyników symulacji numerycznych dla subnanosekundowych impulsów EM, zwracając uwagę na ich specyfikę utrudniającą pełną weryfikację eksperymentalną.

Syntetyczne podsumowanie prowadzonych badań i wnioski zawarto w Rozdziale 11 (5 stron), potwierdzając, że możliwe jest określenie skuteczności ekranowania wnętrza perforowanej metalowej obudowy na podstawie symulacji wnikania subnanosekundowego impulsu płaskiej fali EM dużej mocy.

Uwagi ogólne:

-Kompozycja pracy jest przejrzysta, przydałoby się jednak umieszczenie numeracji stron w spisie treści.

- Korzystne byłoby zamieszczenie w pracy streszczenia w języku angielskim oraz CV Kandydatki w porządku chronologicznym.
- Praca zawiera wiele elementów graficznych, do niektórych z nich warto byłoby zastosować wyostrenie czcionki by poprawić czytelność (np. Rys. 7 czy 11).
- Mimo, że praca jest bardzo dobra można poszerzyć dobór pozycji literaturowych.
- Język pracy jest zrozumiały. Kandydatka nie ustrzegła się kilku drobnych błędów językowych i edytorskich, jednak są one nieliczne i nie wpływają na jakość naukową pracy.

Rozprawę doktorską mgr inż. Magdaleny Budnarowskiej oceniam **bardzo dobrze**. Podjęta problematyka jest niezwykle aktualna. Kandydatka podjęła się twórczej pracy koncepcyjnej zaś dysertacja wymagała uporządkowanej wiedzy z dziedzin takich jak elektrotechnika i elektronika, fizyka, matematyka i inżynieria materiałowa. Praca nie budzi zastrzeżeń merytorycznych i ma wkład w rozwój nauki rozszerzając istniejącą wiedzę w zakresie skuteczności ekranowania perforowanych obudów metalowych przeciwko zakłóceniom elektromagnetycznym. Mgr inż. Magdalena Budnarowska potwierdziła stawianą w pracy tezę, zaś w mojej opinii uzyskana dzięki symulacjom numerycznym wiedza umożliwia wskazanie kolejnych wartościowych tematów badawczych, które powinny być rozwijane w przyszłości.

Pragnę zadać Kandydatce następujące pytania:

1. Dlaczego do symulacji oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego wybrano oprogramowanie CST Studio Suite: czy przeważały walory użytkowe czy względy ekonomiczne?
2. Czy Kandydatka może przybliżyć teorię „par wysp komplementarnych ładunków elektrycznych” jako wtórnego źródła pola elektromagnetycznego wewnątrz obudowy?
3. Która część pracy była dla Kandydatki najbardziej wymagająca konceptualnie?
4. Czy planowane są dalsze działania m.in. walidacyjne związane z kontynuacją tematyki pracy?

2. Charakterystyka ogólna i osiągnięcia naukowo-badawcze Kandydatki

Mgr inż. Magdalena Budnarowska ukończyła w 2016 roku studia inżynierskie na specjalności Elektronika Morska (tytuł pracy: „Symulacja optyczna i ray-tracing w programie Zemax układu projektora DLP ze źródłem UVA”) oraz w 2018 roku studia magisterskie (tytuł pracy: „Charakterystyki elektryczne ujemnego wyładowania koronowego w układzie elektrod igła-płyta w czystym powietrzu i w powietrzu zapyłonym dymem papierosowym”) na specjalności Systemy Elektroniczne, Optoelektroniczne i Mikrofalowe na kierunku Elektronika i Telekomunikacja Wydziału Elektrycznego Akademii Morskiej w Gdyni.

W 2018 roku Kandydatka podjęła pracę na Wydziale Elektrycznym, w Katedrze Elektroniki Morskiej na stanowisku asystenta. Podczas swej dotychczasowej działalności współpracowała badawczo z Instytutem Maszyn Przepływowych im. R. Szewalskiego Polskiej Akademii Nauk w Gdańsku.

Poniżej prezentuję dotychczasowe osiągnięcia naukowo-badawcze Kandydatki:

W bazie Web of Science znajduje się 16 publikacji autorstwa mgr inż. Magdaleny Budnarowskiej, jej h-index wynosi 4 z odpowiednio 50 cytowaniami. Jej całkowita liczba publikacji liczy 21 pozycji, z których 10 jest ściśle związanych z tematyką doktoratu.

Doktorantka prezentowała swoje wyniki prac naukowych na konferencjach krajowych jedenastokrotnie, przy czym jej postery zostały dwukrotnie wyróżnione (w 2020 i 2023 roku) przez Komitet Naukowy Krajowej Konferencji Elektroniki w ramach konkursu „Młodzi pracownicy nauki”.

Kandydatka brała również udział w licznych działaniach rozwojowo-badawczych m.in. realizowała dwa własne projekty badawcze ze środków przyznawanych wydziałom UMG na działalność badawczą: „Badania oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego z wybraną obudową ekranującą i analiza jej skuteczności ekranowania” oraz „Badania elektromagnetycznych właściwości wybranej struktury metamateriałowej o właściwościach absorpcyjnych w zakresie mikrofalowym”; brała udział w pracach Instytutu Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku związanych z grantem NCBiR „Zjawiska elektrohydrodynamiczne (EHD) w ośrodkach gazowych z powierzchniowym wyładowaniem barierowym” (umowa nr UMO2013/09/B/ST8/02054); oraz w realizacji pięciu grantów w ramach Programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Regionalna

Inicjatywa Doskonałości”: „Modelowanie wybranego harwestera metamateriałowego o właściwościach absorpcyjnych”, „Modernizacja i rozbudowa stanowiska badawczego do pomiarów propagacji fal w różnych środowiskach”, „Badania elektromagnetycznych właściwości wybranych metamateriałów w zakresie mikrofalowym”, „Rozbudowa laboratorium mikrofalowego o moduł do pomiaru właściwości elektromagnetycznych materiałów techniką antenową (A) oraz rozbudowa laboratorium hydroakustycznego o moduł do pomiarów propagacji fal w środowisku hydroakustycznym (B)”, „Badania elektromagnetycznych właściwości rezonatora ELC w zakresie mikrofalowym”.

Mgr inż. Magdalena Budnarowska odbyła staż naukowy Instytucie Maszyn Przepływowych im. R. Szewalskiego Polskiej Akademii Nauk w Gdańsku w 2021 roku.

Jest ona laureatką Premii Indywidualnych I i II stopnia oraz nagród I i II stopnia JM Rektora Uniwersytetu Morskiego w Gdyni; dwukrotnie otrzymała listy gratulacyjne Dziekana Wydziału Elektrycznego za ukończenie z wyróżnieniem studiów inżynierskich i magisterskich.

Działalność naukowa i organizacyjna nie budzi w mojej ocenie żadnych wątpliwości i oceniam ją jako wzorową.

3. Wnioski końcowe

Przedstawiona rozprawa doktorska Kandydatki pt. „Symulacyjne badania numeryczne wnikania impulsów elektromagnetycznych dużej mocy do małej obudowy ekranującej z perforacją technologiczną – skuteczność ekranowania wnętrza obudowy przed impulsami elektromagnetycznymi” przygotowana pod opieką promotora prof. dr hab. inż. Jerzego Mizeraczyka oraz promotora pomocniczego dr inż. Ryszarda Studańskiego **w pełni odpowiada warunkom określonym art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574 z późniejszymi zmianami).**

Przedstawiona w formie zwartej, naukowej rozprawy pisemnej wraz ze streszczeniem praca doktorska potwierdza ogólną wiedzę teoretyczną Magdaleny Budnarowskiej w dyscyplinie naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne jak i jej umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Warsztat naukowy Kandydatki oceniam bardzo dobrze.

Rozprawa naukowa prezentuje oryginalne rozwiązanie problemu naukowego dotyczącego symulacyjnej analizy procesów wnikania impulsu elektromagnetycznego o dużej

mocy by poprawić skuteczność ekranowania wnętrza metalowej obudowy z perforacją technologiczną. Wyniki prowadzonych badań stanowią istotny wkład w rozwój nauki.

Podsumowując, w mojej ocenie Doktorantka spełnia wymagania, jakie zgodnie z przepisami zacytowanymi na początku niniejszej recenzji muszą spełniać kandydaci do stopnia doktora.

Kandydatka wykazuje się istotną aktywnością naukową zaś jej praca stanowi podwalinę dalszej poprawy bezpieczeństwa urządzeń i infrastruktury dlatego uważam, że **zasługuje na wyróżnienie.**



/Dr hab. inż. Joanna Pawłat, prof. PL/