

Recenzja rozprawy doktorskiej

Tytuł rozprawy: Wpływ lokalizacji punktu zasilania na właściwości rezonansowe wielopasmowej anteny fraktalnej Heighwaya

Autor rozprawy: kpt. mgr inż. Karol Drągowski

Promotor rozprawy: prof. dr hab. inż. Mateusz Pasternak

Miejsce wydania rozprawy: Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa

Rok wydania rozprawy: 2024

Powtórnią recenzję przygotowano na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego, z dnia 12 listopada 2024 r. Recenzja ocenia spełnienie przez rozprawę doktorską warunków określonych w art. 187 ust. 1–2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Niniejsza recenzja odnosi się do zmian wprowadzonych przez Autora zgodnie z uwagami recenzenta.

Rozprawa doktorska kpt. mgr. inż. Karola Drągowskiego dotyczy badania możliwości zastosowania przewodzącej struktury paskowej o kształcie bazującym na strukturze fraktalnej Heighwaya w technice antenowej.

Celem pracy była optymalizacja wymiarów badanej struktury oraz dobór miejsca zasilania dla uzyskania wielorezonansowego charakteru pracy układu.

Autor sformułował trzy tezy, które w nowej wersji pracy zostały doprecyzowane:

- „geometria fraktala Heighwaya nadaje się jako baza do wykorzystania przy konstrukcji anten wielopasmowych,”
- „zmiana położenia punktu zasilania ma istotny wpływ na lokalizację położenia rezonansów i szerokości ich pasm,”
- „liniowa zmiana rozmiarów anteny o konstrukcji opartej na fraktalu Heighwaya powoduje kwaziliniową zmianę położenia jej częstotliwości rezonansowych, a wybór punktu zasilania determinuje wartość współczynnika odbicia tych rezonansów.”

Podobnie jak pierwotna wersja rozprawy, niniejsza praca składa się z sześciu rozdziałów włączając wstęp i wnioski końcowe. We wstępie Autor przedstawił tematykę podjętych badań, cel i tezy pracy oraz jej zakres. Rozdział drugi traktuje o fraktalach, ich budowie i konstrukcji jak również ich zastosowaniu w różnych dziedzinach nauki, w szczególności w technice antenowej. W rozdziale trzecim zawarte są informacje dotyczące budowy i analizy linii mikropaskowych, sposoby ich zasilania, charakterystyka wybranych nieciągłości linii. W rozdziale tym znalazł się również opis konstrukcji anteny mikropaskowej oraz sposobu jej zasilania. W rozdziale czwartym przedstawione zostały popularne modele empiryczne używane do projektowania i analizy anten mikropaskowych. W rozdziale tym wprowadzone są również zależności pozwalające wyznaczyć impedancje sprzężone wrót na promienniku oraz opisana została metoda segmentacji pozwalająca na wyznaczenie impedancji wejściowej anteny o bardziej złożonej budowie. Rozdział piąty zawiera opisy procesu projektowania anteny fraktalnej Heighwaya oraz przedstawia uzyskane wyniki badań. Analiza dotyczyła uzyskanych wartości modułu współczynnika odbicia anten, których konstrukcje były oparte na drugiej, trzeciej, czwartej i piątej iteracji fraktala Heighwaya. W niniejszej wersji pracy Autor dodał w rozdziale piątym opis konstrukcji anteny opartej na czwartej iteracji fraktala oraz podrozdział opisujący wpływ zmiany wymiarów anteny na położenie rezonansów. Rozdział szósty zawiera wnioski z przeprowadzonych badań. W pracy Doktorant zawarł potwierdzenia sformułowanych we wstępie tez.

Bibliografia nowej wersji rozprawy składa się ze 114 pozycji literaturowych i została rozszerzona o 18 pozycji względem wersji pierwotnej. Doktorant jest współautorem czterech z wymienionych w bibliografii pozycji. Dobór literatury, jak i przedstawiony przegląd rozwiązań świadczy o dobrym rozpoznaniu tematyki przez Autora. Przegląd literaturowy jest jasny i przejrzysty a dobór źródeł prawidłowy.

Celem rozprawy była optymalizacja wymiarów struktury paskowej o kształcie bazującym na strukturze fraktalnej Heighwaya oraz dobór miejsca zasilania dla uzyskania wielorezonansowego charakteru pracy analizowanej anteny. Do rozwiązania problemu Autor użył metody segmentacji wraz z modelem wnątkowym, który można wykorzystać przy założeniu niezmienności pola wzdłuż wysokości struktury, czyli dla cienkich podłoży dielektrycznych względem długości fali oraz pełnofalowej metody różnic skończonych w dziedzinie czasu. Biorąc pod uwagę geometrię badanych konfiguracji anten przyjęte metody i założenia są właściwe do rozwiązania postawionego zagadnienia. Uzyskane wyniki porównał do wyników pomiarów wykonanych prototypów anten. Autor zastosował właściwe metody badawcze, opierając się na znanych metodach analizy i symulacji elektromagnetycznej.

Rozprawa doktorska kpt. mgr. inż. Karola Dragowskiego jest rozprawą oryginalną. Do oryginalnych osiągnięć Autora zaliczyć można przede wszystkim:

- użycie metody segmentacji do analizy struktury anteny mikropaskowej o kształcie fraktala Heighwaya;
- wykonanie i pomiar prototypów anten fraktalnych;
- przeprowadzenie badań wpływu zmiany wymiarów anteny na położenie rezonansów.

W niniejszej wersji pracy Doktorant uwzględnił większość uwag recenzenta i poprawił występujące w wersji pierwotnej błędy formalne i błędy merytoryczne. Mimo to, uzyskane przez Autora wyniki skłaniają recenzenta to po sformułowaniu krytycznych komentarzy, które będą wymagały odniesienia się do nich przez Doktoranta podczas obrony:

- Zaproponowane konstrukcje anten zaprojektowane są do działania w paśmie ISM 2,4 GHz, choć Autor zakłada pracę anteny również w innych pasmach w zakresie częstotliwości

1 – 8 GHz, co ma wyróżniać tę konfigurację anteny na tle innych rozwiązań. O ile dla każdej z analizowanych anten pojawiają się wielokrotne rezonanse w ich charakterystykach odbiciowych to ich lokalizacja wydaje się być przypadkowa i brakuje w pracy konkretnego przepisu, czy procedury która pozwoliłaby zaprojektować antenę na wybrane pasma.

- Przyjęta do badań struktura fraktalna ma skomplikowaną konstrukcję oraz jest wrażliwa na dokładność jej wykonania. Brakuje w pracy badań wrażliwościowych, wskazujących jak bardzo parametry anteny są wrażliwe na jej wykonanie, oraz brakuje porównania z innymi strukturami anten, które mogą zrealizować podobne parametry.
- W pracy brakuje parametrów metody FDTD, jakie zostały przyjęte do wygenerowania wyników.
- Użyta metoda segmentacji nie daje wyników zgodnych z wynikami symulacji metodą FDTD (rys. 5.29), co nasuwa pytanie o poprawność jej implementacji lub przyjętych założeń. Dodatkowo, ponieważ na opis metody poświęcono znaczną część pracy, to powinna ona być zastosowana do wszystkich badanych konfiguracji anten (lub przynajmniej kilku) a nie tylko do jednej.

Tematyka poruszana w rozprawie jest niewątpliwie aktualna i ważna. Wraz z nieustannym rozwojem techniki bezprzewodowej na świecie i pojawianiu się nowych aplikacji, w których istnieje potrzeba szybkiej i niezawodnej komunikacji między urządzeniami, opracowywanie nowych typów anten, posiadających specyficzne własności, a przy tym tanich w produkcji i posiadających niewielkie rozmiary ma duże znaczenie praktyczne i ekonomiczne. Zrozumiała jest zatem motywacja Doktoranta do podjęcia niniejszego tematu. Mimo zauważonych w pracy uchybień i niedociągnięć uważam, że rozprawa może stanowić punkt wyjścia do dalszych badań tego typu struktur.

W opinii recenzenta rozprawa opisuje samodzielne rozwiązanie problemu badawczego i stanowi oryginalny wkład w rozwój dziedziny elektronika. Treść i poziom merytoryczny pracy świadczy o zadowalającym poziomie wiedzy Autora w tej dziedzinie. Kpt. mgr inż. Karol Drągowski rozwiązał postawiony cel naukowy i dowiódł postawionych tez. Tym samym wykazał się wiedzą i umiejętnościami wymaganymi dla uzyskania stopnia doktora nauk technicznych.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa **spełnia warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim** przez odpowiednią ustawę o stopniach i tytule naukowym. Jednocześnie wnioskuję o dopuszczenie rozprawy doktorskiej kpt. mgr. inż. Karola Drągowskiego do publicznej obrony przed Radą Naukową Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego.

dr hab. inż. Rafał Lech, prof. PG

25 kwietnia 2023

Recenzja rozprawy doktorskiej

Tytuł rozprawy: Wpływ lokalizacji punktu zasilania na właściwości rezonansowe wielopasmowej anteny fraktalnej Heighwaya

Autor rozprawy: kpt. mgr inż. Karol Drągowski

Promotor rozprawy: prof. dr hab. inż. Mateusz Pasternak

Miejsce wydania rozprawy: Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa

Rok wydania rozprawy: 2023

Recenzję przygotowano na podstawie Uchwały Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego, z dnia 26 lutego 2023 r. oraz pisma z dnia 28 lutego 2023 r. tejże Rady. Recenzja ocenia spełnienie przez rozprawę dokorską warunków określonych w art. 187 ust. 1–2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r.

1. Jakie zagadnienie naukowe/badawcze jest rozpatrywane w pracy (cel i teza rozprawy) i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora?

Rozprawa doktorska kpt. mgr inż. Karola Drągowskiego dotyczy badania możliwości zastosowania przewodzącej struktury paskowej o kształcie bazującym na strukturze fraktalnej Heighwaya w technice antenowej.

Cel pracy nie został w rozprawie jasno sprecyzowany. Z treści rozprawy wynika, że głównym jej celem była optymalizacja wymiarów struktury oraz dobór miejsca zasilania dla uzyskania wielorezonansowego charakteru pracy analizowanej struktury. Aby to osiągnąć Autor użył metod empirycznych oraz metody pełnofalowej do analizy struktury anteny.

Autor sformułował trzy tezy:

- „geometria fraktala Heighwaya pozwala na konstrukcję anteny wielopasmowej o interesujących właściwościach technicznych,”
- „najważniejsze charakterystyki tego rodzaju anteny da się kształtować poprzez dobór lokalizacji jej punktu zasilania,”

- „rozmiar anteny można optymalizować, zachowując jednocześnie pożądane charakterystyki.”

Użyte w tezach sformułowania: „interesujące właściwości techniczne”, „najważniejsze charakterystyki anteny” oraz „pożądane charakterystyki” sprawiają, że zostały one sformułowane w sposób bardzo ogólny, nieprecyzyjny i niezgodny z dobrą praktyką inżynierską. Nie jest wiadome, zarówno czytając tezy jak i po zapoznaniu się z całą treścią pracy, jakie właściwości techniczne struktury Doktorant ma na myśli, oraz które charakterystyki (a może parametry) anteny są najważniejsze i pożądane, i które charakterystyki są zachowane w wyniku optymalizacji rozmiarów anteny.

Praca składa się z sześciu rozdziałów włączając wstęp i wnioski końcowe. We wstępie Autor przedstawił tematykę podjętych badań, cel i tezy pracy oraz jej zakres. Rozdział drugi traktuje o fraktalach, ich budowie i konstrukcji jak również ich zastosowaniu w różnych dziedzinach nauki, w szczególności w technice antenowej. W rozdziale trzecim zawarte są informacje dotyczące budowy i analizy linii mikropaskowych, sposoby ich zasilania, charakterystyka wybranych nieciągłości linii, typu zagięcie oraz łączenie krzyżowe, używanych w późniejszym etapie pracy do konstrukcji anten fraktalnych. W rozdziale tym znalazł się również opis konstrukcji anteny mikropaskowej oraz sposobu jej zasilania. W rozdziale czwartym przedstawione zostały popularne modele empiryczne używane do projektowania i analizy anten mikropaskowych: model transmisyjny dający dobry fizyczny i inżynierski wgląd w działanie anteny oraz bardziej złożony, ale również bardziej dokładny model wnękowy. W rozdziale tym wprowadzone są również zależności pozwalające wyznaczyć impedancje sprzężone portów na promienniku oraz opisana została metoda segmentacji pozwalająca na wyznaczenie impedancji wejściowej anteny o bardziej złożonej budowie. Rozdział piąty zawiera opisy procesu projektowania anteny fraktalnej Heighwaya oraz przedstawia uzyskane wyniki badań. Analiza dotyczyła uzyskanych wartości modułu współczynnika odbicia anten, których konstrukcje były oparte na drugiej, trzeciej i piątej iteracji fraktala Heighwaya. Rozdział szósty zawiera wnioski z przeprowadzonych badań.

W pracy Doktorant nie zawarł potwierdzenia sformułowanych we wstępie tez. W odniesieniu do poszczególnych tez:

- „geometria fraktala Heighwaya pozwala na konstrukcję anteny wielopasmowej o interesujących właściwościach technicznych” – W wyniku przeprowadzonych badań Doktorant uzyskał struktury, dla których współczynnik odbicia miał charakter wielorezonansowy, natomiast nie wskazał, które właściwości techniczne są według Doktoranta interesujące i dlaczego.
- „najważniejsze charakterystyki tego rodzaju anteny da się kształtować poprzez dobór lokalizacji jej punktu zasilania” – Jediną charakterystyką (parametrem) anteny, który w pracy poddany został analizie był moduł współczynnika odbicia. Ponieważ antena traktowana jest jako struktura rezonansowa to oczywistym jest, że lokalizacja punktu zasilania rezonatora może mieć wpływ na wzbudzenie w nim określonego rodzaju pola i wywołanie dla tego rodzaju efektu rezonansowego. Odpowiedni dobór lokalizacji punktu zasilania umożliwia wzbudzenie określonych rodzajów pola oraz zapobiega wzbudzaniu innych rodzajów, co można wykorzystać przy charakteryzacji parametrów materiałów. W tym kontekście oraz przy analizie jedynie współczynnika odbicia anteny teza wydaje się być trywialna.
- „rozmiar anteny można optymalizować, zachowując jednocześnie pożądane charakterystyki” – W wyniku optymalizacji rozmiarów struktury anteny uzyskać można założone parametry jak poziom dopasowania, pasmo pracy, charakterystyka promieniowania, poziom listków bocznych, zysk itp. Z uwagi na fakt, iż w pracy analizie poddano jedynie charakterystyki

dopasowania anteny nie jest wiadome jakie inne charakterystyki/parametry można „zachować” przy optymalizacji jej wymiarów.

2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł, w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle?

Bibliografia rozprawy składa się ze 96 pozycji literaturowych, z czego Doktorant jest współautorem 1 pozycji. Autor powołuje się głównie na starsze prace z tematyki poruszanej w pracy zarówno książkowe jak i artykuły konferencyjne, czy w czasopismach branżowych. Z najnowszych prac jedna pozycja wydana została w 2021 roku oraz trzy pozycje w 2020 w tym artykuł autorstwa Doktoranta. Dobór literatury, jak i przedstawiony przegląd rozwiązań świadczy o dobrym rozpoznaniu tematyki przez Autora, jednakże nie wyczerpuje opracowań związanych z poruszaną w pracy tematyką. Przegląd literaturowy jest jasny i przejrzysty a dobór źródeł prawidłowy.

3. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Celem rozprawy była optymalizacja wymiarów struktury paskowej o kształcie bazującym na strukturze fraktalnej Heighwaya oraz dobór miejsca zasilania dla uzyskania wielorezonansowego charakteru pracy analizowanej anteny. Do rozwiązania problemu Autor użył metody segmentacji wraz z modelem wnękowym, który można wykorzystać przy założeniu niezmienności pola wzdłuż wysokości struktury, czyli dla cienkich podłoży dielektrycznych względem długości fali oraz pełnofalowej metody różnic skończonych w dziedzinie czasu. Biorąc pod uwagę geometrię badanych konfiguracji anten przyjęte metody i założenia są właściwe do rozwiązania postawionego zagadnienia. Uzyskane wyniki porównał do wyników pomiarów wykonanych prototypów anten. Autor zastosował właściwe metody badawcze, opierając się na znanych metodach analizy i symulacji elektromagnetycznej.

Mimo, użycia właściwych narzędzi, w opinii recenzenta, postawione zagadnienie nie zostało w pełni rozwiązane. Wymiary rezonansowe struktury determinują wystąpienie w niej określonych rezonansów. To czy te rezonanse będą widoczne w wynikach analizy, czy pomiarów będzie zależało od umiejscowienia punktu zasilania struktury, co jest oczywiste ze względu na powstające w rezonatorze fale nakładające się w różnych fazach. Zatem, samo stwierdzenie faktu, że takie zjawisko występuje w strukturze anteny fraktalnej, analizowanej przez Doktoranta, bez odniesienia się do pozostałych parametrów anteny nie stanowi elementu nowości i ma znikomą wartość merytoryczną z punktu widzenia techniki antenowej. Wnioski, jakie wyciągnął Doktorant, z przeprowadzonych badań, w ostatnim rozdziale pracy są albo trywialne, albo ukazują pewną cechę struktury, która nie ma zastosowania praktycznego, a przynajmniej nie zostało to wskazane w pracy. Doktorant zaobserwował mianowicie, że kolejne częstotliwości rezonansowe badanych wariantów anteny układają się w „pewien wzorec”. Nie wskazał jednak co wynika z tej obserwacji, jakie może być zastosowanie otrzymanej cechy układu oraz czy owa cecha jest szczególna tylko dla wybranych do analizy struktur opartych na geometrii fraktala Heighwaya, czy może występuje też w innych strukturach fraktalnych. W pracy zabrakło również odniesienia uzyskanych wyników do innych typowych dla anteny parametrów jak np. charakterystyki promieniowania, poziomy listków bocznych, zysk kierunkowy i energetyczny, sprawność czy parametry polaryzacyjne.

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy i poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Rozprawa doktorska kpt. mgr. inż. Karola Drągowskiego jest rozprawą oryginalną. Do oryginalnych osiągnięć Autora zaliczyć można przede wszystkim:

- użycie metody segmentacji do analizy struktury anteny mikropaskowej o kształcie fraktala Heighwaya;
- wykonanie i pomiar prototypów anten fraktalnych.

Duży niedosyt w recenzowanej pracy stanowi brak publikacji Autora, w czasopiśmie branżowych o zasięgu międzynarodowym oraz wystąpień konferencyjnych. Doktorant jest współautorem jedynie jednej publikacji o zasięgu krajowym (20 punktów na liście czasopism punktowanych MEiN), w której przedstawione zostały wyniki częściowe związane z tematyką poruszaną w pracy. Biorąc pod uwagę braki, oszczędny opis uzyskanych wyników jak i wyciąganych wniosków pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy i poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową jest niska.

5. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?

Rozprawa doktorska zawiera streszczenie, wprowadzenie, cztery rozdziały, wnioski, bibliografię oraz jeden dodatek. Praca napisana jest w języku polskim w sposób jasny i przejrzysty i ma objętość 132 stron. Układ pracy, jak i kolejność oraz kompletność poszczególnych rozdziałów (poza wspomnianymi w punkcie 3 recenzji brakami) jest dostosowany do poruszanej tematyki i zakresu badań. Autor w zwięzły sposób opisuje badany problem i komentuje otrzymane wyniki, choć wyciągane przez Doktoranta wnioski są niewystarczające i o niskiej wartości merytorycznej. Autor nie ustrzegł się też drobnych błędów literowych i redakcyjnych (więcej w punkcie 6 niniejszej recenzji).

6. Jakie są słabe strony i główne wady rozprawy?

Oprócz wcześniej wspomnianych uwag natury ogólnej poniżej przedstawiam moje uwagi i komentarze szczegółowe dotyczące dostrzeżonych błędów lub niejasności w rozprawie (w kolejności występowania):

- Strona 53, linia 1: nieprawidłowo użyte odwołanie [60].
- Strona 53, wzory (3.6) i (3.7): brak zdefiniowania zmiennych W_1 i W_2 .
- Strona 62, rysunek 4.2: normalna zewnętrzna powinna mieć symbol $\vec{n}$ lub $\mathbf{n}$ (jak we wzorze (4.21)), zamiast $\hat{h}$.
- Strona 63, wzór (4.1): natężenie pola magnetycznego jest wielkością wektorową, zatem stosując konwencję przyjętą w lewej stronie równania wektor ten powinien być oznaczony jako $\mathbf{H}$.
- Strona 63, wzór (4.2): analogicznie do uwagi powyżej – natężenie pola elektrycznego jest wielkością wektorową, zatem stosując konwencję przyjętą w lewej stronie równania wektor ten powinien być oznaczony jako $\mathbf{E}$. Dodatkowo przed pierwszym członem prawej strony równania nie powinno być znaku minusa.
- Strona 63, wzory (4.2) i (4.3): efektywna przenikalność elektryczna podłoża, jak zdefinio-

współosiowej zaczeplone na dwóch końcach struktury.

- Strona 93, tabele 5.7 i 5.8: Zastosowanie innych oznaczeń miejsca zasilania struktury w obu tabelach.
- Strona 98, rysunek 5.12: Wszystkie numery portów są takie same.
- Strona 103 i 104, rysunki 5.13 i 5.15: Błędne wartości impedancji i modułu współczynnika odbicia otrzymane na początku analizowanego pasma w okolicach 1 GHz oraz w okolicach 6 GHz, gdzie część rzeczywista impedancji przyjmuje wartości ujemne (!) i tym samym moduł współczynnika odbicia przyjmuje wartości powyżej zera w decybelach (!).
- Strona 111, rysunek 5.22: fotografie wykonanych prototypów pokazane są w różnych skalach, co jest mylące gdyż może sugerować inny wymiar analizowanych struktur, mimo iż z opisu wynika, że wymiary struktur są takie same.

Podsumowując, liczba błędów i uchybień występująca szczególnie we wzorach, które zostały zaczerpnięte głównie z opracowań [87] i [89], jest na tyle duża, że sprawia, iż opis zastosowanej metody jest mało czytelny. Opisy zawarte w [87] i [89] dotyczą podobnych, aczkolwiek różnych struktur, których wymiary oznaczone są przy użyciu innych symboli. Nieuwzględnienie tego faktu i niedostosowanie przez Autora wzorów i symboli do struktury zdefiniowanej i opisanej w rozprawie świadczy o niedołożeniu należytej staranności przez Autora w opracowanie recenzowanej pracy.

Inną, bardziej istotną kwestią jest zaniedbanie i nie opatrzenie przez Autora komentarzem ewidentnych błędów numerycznych otrzymanych w wyniku analizy badanych struktur. Wartości impedancji oraz współczynnika odbicia wykreślone na wspomnianych wcześniej rysunkach 5.13 i 5.15, jak również na rysunkach 5.4, 5.10, 5.18, 5.19 i 5.20, gdzie w dolnych zakresach częstotliwości współczynnik odbicia przyjmuje wartości dodatnie w decybelach, są wynikiem albo niepoprawnie zaimplementowanej metody albo źle dobranych jej parametrów, o których Autor nie pisze w rozprawie. Dotyczy to zarówno metody segmentacji jak i metody FDTD. Brakuje również informacji o tym czy użyta metoda FDTD została przez Doktoranta zaimplementowana samodzielnie czy użył on do analizy komercyjnego pakietu oprogramowania wykorzystującego tę metodę. Fakt uzyskania w wyniku symulacji rezultatów sugerujących, że układ pasywny staje się aktywny powinno zwrócić uwagę każdego inżyniera, kandydata do stopnia doktora nauk technicznych w szczególności.

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk inżynierjno-technicznych?

Tematyka poruszana w rozprawie jest niewątpliwie aktualna i ważna. Wraz z nieustannym rozwojem techniki bezprzewodowej na świecie i pojawianiu się nowych aplikacji, w których istnieje potrzeba szybkiej i niezawodnej komunikacji między urządzeniami, opracowywanie nowych typów anten, posiadających specyficzne własności, a przy tym tanich w produkcji i posiadających niewielkie rozmiary ma duże znaczenie praktyczne i ekonomiczne. Zrozumiała jest zatem motywacja Doktoranta do podjęcia niniejszego tematu (choć nie została ona jednoznacznie wskazana w pracy). Biorąc pod uwagę zauważone przez recenzenta błędy i braki w rozprawie jak i niską zgodność uzyskanych wyników, zarówno między obiema zastosowanymi metodami numerycznymi jak i wynikami pomiarów uważam, że przydatność rozprawy w obecnej formie jest nieznacząca.

wano w (3.10) jest wielkością względną, bez jednostki, zatem we wzorach brakuje wartości bezwzględnej przenikalności elektrycznej próżni ϵ_0 .

- Strona 64, wzór (4.13): Doktorant wprowadza liczbę falową dla promiennika prostokątnego nie definiując jego wymiarów.
- Strona 64, wzór (4.13): Liczba falowa dla przypadku wnęki prostokątnej jest błędnie zdefiniowana. Powinno być:

$$k_{mn}^2 = \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2$$

- Strona 65, wzory (4.18) i (4.19): Wymiary d i W odnoszą się odpowiednio do wysokości podłoża oraz szerokości paska zasilającego (portu) użytych do opisu struktury w [87], skąd Autor zaczerpnął wzory. Na rysunku 4.2 przedstawiającym analizowaną strukturę te wymiary oznaczone są jako h oraz S . Szerokość portu S autor definiuje też przed wzorami (4.18) i (4.19). Mimo to, wzory te nie zostały zmodyfikowane i nie uwzględniają oznaczeń przyjętych w rozprawie.

Dodatkowo wzór (4.19) zawiera niezdefiniowany prąd i_n oraz czynnik '2' przed całką, który dotyczy struktury trójwarstwowej analizowanej w [87] i nie ma zastosowania dla struktury analizowanej w recenzowanej rozprawie.

- Strona 66, linia 2: Autor błędnie przetłumaczył fragment testu z [87] pisząc „Stosując prawo Gaussa...”, choć w rzeczywistości przejście ze wzoru (4.20) do (4.21) możliwe jest przy zastosowaniu twierdzenia Gaussa lub dokładniej – twierdzenia Ostrogradskiego-Gaussa.
- Strona 67, wzór (4.26): Całkowanie powinno być wykonane po $dx_0 dy_0$, a nie po $dx dy$.
- Strona 68, wzory (4.32), (4.34) i (4.35): Błędnie użyty symbol d zamiast h określający wysokość podłoża w strukturze (przy zaczerpnięciu wzorów z [87]).
- Strona 68, wzory (4.33) i (4.34): Brak oznaczenia granic całkowania. Wzory zaczerpnięte z [87], gdzie też błędnie nie oznaczono granic całkowania.
- Strona 69, wzory (4.37), (4.38) i (4.39): Błędnie użyty symbol d zamiast h określający wysokość podłoża w strukturze (przy zaczerpnięciu wzorów z [87]).
- Strona 69, wzór (4.39): użycie w jednym wzorze oznaczeń dotyczących szerokości portów zarówno z [87] jak i z rys. 4.2 w recenzowanej pracy.
- Strona 70, wzór (4.41): Błędnie użyty symbol d zamiast h określający wysokość podłoża w strukturze (przy zaczerpnięciu wzorów z [87]).
- Strona 70, wzór (4.42): Błędny odnośnik przed wzorem. Wzór zaczerpnięty z [89].
- Strona 71, rysunek 4.3: Inne oznaczenie szerokości portów przez W_p i W_q , niespójne z wcześniej wprowadzonymi oznaczeniami na rysunku 4.2.
- Strona 71, wzór (4.44): Prawa strona równania w liczniku powinna zawierać $W_p W_q$, zamiast $WpWq$. Również p i q powinny być indeksami w dolnych granicach całkowania.
- Strona 72, wszystkie wzory: p i q powinny być indeksami w dolnych granicach całkowania.
- Strona 81, wzory (4.67a) i (4.67b): Brak zdefiniowanych symboli Γ_1 i Γ_2 będących macierzami połączeń.
- Strona 85 i 86: Błędny akronim metody różnic skończonych w dziedzinie czasu. Powinno być FDTD zamiast FTDT.
- Strona 87: W tytule rozdziału 5.2 jak i w innych miejscach w tekście rozprawy błędnie użyto wyrażenia „oparta o”, które odnosi się do czynności fizycznych, zamiast poprawnej formy „oparta na” odnoszącej się do abstraktów.
- Strona 91, rozdział 5.3.1: Niezrozumiałe jest dla recenzenta zastosowanie przez Autora nazwy zasilania anteny „linią mikropaskową”, jeżeli na rysunku 5.6 widoczne jest złącze linii

8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

- ☐ niespełniająca wymagań,
- ☐ **wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania,**
- ☐ spełnia wymagania,
- ☐ spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem,
- ☐ wybitnie dobra zasługująca na wyróżnienie.

W opinii recenzenta opisywany w rozprawie problem badawczy nie został w pełni rozwiązany i nie stanowi oryginalnego wkładu w rozwój dziedziny elektronika. Treść i poziom merytoryczny pracy świadczy o tym, że Kandydat nie posiadał ogólnej wiedzy w dyscyplinie oraz umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Tym samym kpt. mgr inż. Karol Drągowski nie wykazał się wiedzą i umiejętnościami wymaganymi dla uzyskania stopnia doktora nauk technicznych.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa w obecnej postaci nie spełnia warunków i wymagań stawianym rozprawom doktorskim przez odpowiednią ustawę o stopniach i tytule naukowym. Jednakże, praca ta porusza ważną i aktualną tematykę w technice antenowej i zdecydowanie posiada potencjał rozprawy doktorskiej, o ile zostanie ona uzupełniona i poprawiona oraz określony zostanie cel rozprawy i tezy, które zostaną wykazane w wyniku przeprowadzonych prac.

RJT L

dr hab. inż. Rafał Lech, prof. PG

