Prof. dr hab. inż. Yevhen Yashchyshyn

Politechnika Warszawska

Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych

Instytut Radioelektroniki i Technik Multimedialnych

Warszawa, 29.04.2021 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej (w postaci cyklu publikacji naukowych)

opracowanej na zlecenie Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego
w Szczecinie

Tytuł rozprawy: Elektromagnetyczne struktury mikropaskowe do monitorowania kierunku oraz wartości odkształceń w elementach konstrukcyjnych

Autor rozprawy: Mgr inż. Michał Herbko

Promotor rozprawy: Dr hab. inż. Przemysław Łopato, prof. ZUT

Dziedzina: Nauki techniczne

Dyscyplina: Automatyka, elektronika i elektrotechnika

Przedmiotem pracy jest badanie elektromagnetycznych struktur mikropaskowych w postaci czujników do monitorowania kierunku oraz wartości odkształceń w elementach konstrukcyjnych. Czujniki odkształceń i/lub naprężeń mają szerokie zastosowanie
w systemach monitorujących stan konstrukcji (na przykład budowle, statki kosmiczne, samoloty), szczególnie gdy są poddawane dużym obciążeniom grawitacyjnym. Do tych celów zazwyczaj są stosowane tensometry oraz czujniki światłowodowe, piezoelektryczne
i magnetyczne. Pomysł zastosowania rezonatorów mikrofalowych, szczególnie mikropaskowych, jako czujników odkształceń/naprężeń, pojawił się dopiero w ostatnich latach. Zazwyczaj czujniki mikropaskowe charakteryzują się liniową zależnością zmian częstotliwości rezonansowych w funkcji oddziaływania dla jednego kierunku. W ramach recenzowanej pracy doktorskiej zaproponowano rozwiązania szeregu problemów, które pojawiają się podczas pomiarów odkształceń czujnikami mikropaskowymi. Zagadnienie naukowe podjęte w rozprawie ściśle się wiąże z udoskonalaniem rozwiązań technicznych stosowanych we współczesnych systemach monitorujących w celu zwiększenia czułości
i dokładności pomiarowej. Oprócz wartości poznawczej, badania będące przedmiotem rozprawy doktorskiej mają potencjalne znaczenie praktyczne, a ich rezultaty mogą się przyczynić do rozwiązania problemów społecznych.

Tezę pracy sformułowano w postaci „Opracowane nowe geometrie przetwornika
|i uwzględnienie wielu częstotliwości rezonansowych w procesie oceny, umożliwiają poprawę właściwości użytkowych mikropaskowych czujników odkształceń”. Aby udowodnić tak postawioną tezę mgr inż. Michał Herbko zdefiniował i zrealizował cele pracy.

Cele naukowe rozprawy sformułowane na str. 10 Autoreferatu dotyczą zaprojektowania
i analizy struktur mikropaskowych wraz z opracowaniem metodyki pomiarowej wykorzystującej te struktury do badania odkształceń elementów konstrukcyjnych. Praca jest przedstawiona w postaci zbioru publikacji ale działania służące osiągnięciu postawionych celów sprowadzają się do pięciu punktów: 1. Opracowanie nowych geometrii przetworników. 2. Zastosowanie promiennika fraktalnego w celu zminiaturyzowania przetwornika. 3. Wyznaczenia charakterystyk kierunkowych odkształceń dla wielu częstotliwości rezonansowych. 4. Opracowanie systemu pomiarowego do badań odkształceń. 5. Opracowanie algorytmów przetwarzania sygnałów wspomagającej pracę systemu. Osiągnięcie wymienionych celów wymagało rozwiązania wielu poważnych zagadnień naukowo-technicznych. Metodyka realizacji badań przeprowadzonych przez mgr inż. Michała Herbko jest oparta na uzasadnionych założeniach. Kompleksowe,
i na rozważanym etapie wyczerpujące, podejście do opracowania i walidacji proponowanych rozwiązań jest wyróżniającą się cechą badań opisanych w rozprawie. Badania te przyniosły rozwiązanie postawionych problemów. W [1] Autor zbadał przetworniki z prostokątnym promiennikiem, a w [6] z kołowym. W [4] Autor przeprowadził analizę wpływu odkształceń na parametry linii transmisyjnej nie obciążonej rezonatorem. Badania zostały wykonane dla dziewięciu promienników, które były zaprojektowane na zakres częstotliwościowy od 1 do 5 GHz. Maksymalny błąd względny wynikający odkształcenia linii mikropaskowej nie przekroczył 3%. W [5] został zbadany wpływ przenikalności elektrycznej laminatu na czułość czujnika z kołowym promiennikiem. W wyniku badań Autor stwierdza, że optymalnym jest zastosowanie podłoży mikrofalowych o większej przenikalności elektrycznej. Jednym
z głównych osiągnieć mgr inż. Michała Herbko jest zastosowanie dwóch częstotliwości rezonansowych do monitorowania kierunku oraz wartości odkształceń elementów konstrukcyjnych. Badania wykazały, że czułość czujnika rośnie wraz z częstotliwością. Niestety niektóre rozwiązanie dwuczęstotliwościowe okazały się są nieakceptowalne
z powodu dużej odległości pomiędzy częstotliwościami rezonansowymi, co powodowałoby zauważalne zwiększenie kosztów systemu pomiarowego. Wyciągając wnioski Autor pracy słusznie zastosował dwa promienniki o względnie wysokich i bliskich częstotliwościach rezonansowych, które zostały ułożone prostopadle względem siebie. Umożliwiło to zwiększenie dokładności w pomiarze kierunku oraz wartości odkształceń [7]. Niestety zastosowanie opracowanych czujników jest ograniczonym z powodu względnie dużych rozmiarów czujnika. Szczególnie dotyczy to miejsc trudnodostępnych. Z tego powodu Autor pracy zbadał wpływ rożnych sposobów miniaturyzacji czujników na ich czułość [8]. Ponadto, wykorzystanie promiennika mikropaskowego w postaci struktury fraktalnej wskazało dodatkowy kierunek miniaturyzacji. Wartościową stroną pracy jest opracowanie praktycznego systemu pomiarowego współpracującego z przenośnym analizatorem sieci PocketVNA, w którym opracowano algorytm aproksymacji charakterystyk częstotliwościowych, wyznaczenia kierunku oraz wartości odkształceń/naprężeń
w elementach konstrukcyjnych.

Wyniki przeprowadzonych badań zostały przedstawione w trzech artykułach opublikowanych w czasopismach z listy A MNiSW [3, 7, 8]. Udział mgr inż. Michała Herbko
w wyżej wymienionych publikacjach wynosi 50%. Sumaryczny IF=7.834. Ponadto, wyniki badań zostały przedstawione w jednym artykule z listy B MNiSW, w trzech materiałach konferencyjnych indeksowanych w Scopus oraz w jednym artykule spoza listy MNiSW. Wart uwagi także jest fakt, że mgr inż. Michała Herbko jest w posiadaniu jednego patentu
z wkładem własnym wynoszącym 70%, a także jedno zgłoszenie patentowe. Ten fakt świadczy o dużych właściwościach użytkowych opracowanych czujników. Może to pozytywnie wpłynąć na konkurencyjność i zwiększenie obszaru zastosowań opracowanej technologii. Na uznanie zasługuje także fakt, że mgr inż. Michała Herbko został wyróżniony nagrodą im. prof. Zdzisława Pawłowskiego za referat pod tytułem „Monitorowanie naprężeń w elementach konstrukcyjnych za pomocą czujnika mikropaskowego” przyznaną przez Komitet Naukowy 47. Krajowej Konferencji Badań Nieniszczących w 2018 roku.

Mgr inż. Michał Herbko zaplanował i przeprowadził badania dowodzące, że opracowane nowe rozwiązania cechują się większą funkcjonalnością w porównaniu do istniejącego stanu wiedzy. Wartość i znaczenie pracy zostały docenione przez innych badaczy społeczności międzynarodowej. Oryginalne osiągnięcia naukowe mgr inż. Michała Herbko zostały opublikowane także w pięciu publikacjach z listy A i B MNiSW. Sumaryczny IF prac Autora wynosi ponad 11,indeks Hirscha wynosi 3 (Web of Science), a liczba cytowań 28 (bez autocytowań).

Moja ocena zakresu, wyników i prezentacji badań naukowych przeprowadzonych przez mgr. inż. Michała Herbko w ramach ocenianej rozprawy doktorskiej jest wysoka. Jednak
w niektórych przypadkach brakuje pewnych szczegółów, na przykład dla anteny z falą wyciekającą nie pokazano zysku anteny i nie wiadomo, jak jego wartość się zmienia ze zmianą kąta odchylenia wiązki, który deklaruję się od kierunku wstecznego do kierunku
w przód. Jest to o tyle ważne, że na tej podstawie można ocenić stosowalność przedstawianego rozwiązania, uwzględniając fakt, że wyniki nie są potwierdzone eksperymentalnie. Czasem bowiem można wygenerować pożądaną charakterystykę kierunkową, przy niskiej sprawności promieniowania anteny.

Mgr inż. Michał Herbko przedstawił oryginalne rozwiązanie istotnego problemu naukowego w dziedzinie nauk technicznych. Kandydat posiada wiedzę teoretyczną i praktyczną potrzebną do prowadzenia badań naukowych w dyscyplinie „Automatyka, elektronika
i elektrotechnika”. Stwierdzam w związku z tym, że Kandydat spełnił wymagania Ustawy z 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym z późniejszymi zmianami (Dz. U., 27 września 2017 r., poz. 1789) i wnioskuję o dopuszczenie rozprawy doktorskiej do publicznej obrony.