

Politechnika Warszawska
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
Instytut Radioelektroniki

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgra inż. Kamila Staszka

Broadband measurements of scattering parameters utilizing Butler matrices

**(Szerokopasmowe pomiary parametrów rozproszenia obwodów mikrofalowych
z wykorzystaniem macierzy Butlera)**

opracowana na zlecenie Rady Wydziału Informatyki, Elektroniki Telekomunikacji
Akademii Górniczo-Hutniczej

1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy /teza rozprawy/ i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?

Przedstawiona do recenzji rozprawa ma charakter teoretyczno - doświadczalny. Głównym jej celem było wykazanie, że przy pomiarach zespolonych parametrów rozproszenia zastosowanie macierzy Butlera w wielowrotowych systemach pomiarowych pozwala uzyskać większą dokładność niż przy stosowaniu klasycznych systemów sześciowrotowych. Tezy rozprawy zostały jasno sformułowane:

- a. zastosowanie macierzy Butlera umożliwia wykonanie pomiarów zespolonych parametrów rozproszenia metodą wielowrotową
- b. proponowana metoda umożliwia zmniejszenie niepewności pomiarowych w stosunku do rozwiązań klasycznych
- c. możliwe jest uzyskanie wielooktawowego pasma pracy dla wielowrotowego układu pomiarowego z macierzami Butlera

Autor klarownie opisuje wyniki swoich rozważań teoretycznych i eksperymentów, kończąc każdy rozdział krótkim podsumowaniem. Czytelnik może dzięki temu bez trudu zorientować się jakie są oryginalne osiągnięcia autora.

2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł / w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle /świadczący o dostatecznej wiedzy autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?

Autor we właściwy sposób wykorzystuje informacje zawarte w literaturze, w tym przypadku wyłącznie anglojęzycznej. Dobór źródeł nie budzi zastrzeżeń recenzenta. W rozprawie można znaleźć odniesienia do ponad 100 pozycji literaturowych, co dowodzi biegłości i rozeznania autora w opisywanej tematyce. Warto podkreślić, że w przypadku 11 publikacji wymienionych w bibliografii pierwszym współautorem jest autor rozprawy. We wstępie doktorant dokonał krótkiego przeglądu zasady działania wielowrotowej metody pomiarowej w oparciu o klasyczne pozycje literaturowe [Engen, Hoer]. W kolejnych rozdziałach przedstawił zalety metody pomiarowej i źródła niepewności pomiarowych. Przeprowadził dogłębną analizę metod kalibracji ze szczególnym uwzględnieniem wpływu metod na niepewności pomiarowe. Opisał macierze Butlera jako dogodne, powszechnie znane, układy umożliwiające układową realizację szerokopasmowych wielowrotników pomiarowych. Macierze Butlera pozwalają na większą elastyczność układową konstrukcji wielowrotników pomiarowych zarówno w pomiarach odbiciowych jak i transmisyjnych. Autor wykazał także, że zastosowanie macierzy Butlera umożliwia większą dokładność pomiarów niż układy klasyczne.

Autor nie wspominał o przełączanych układach wielowrotowych spotykanych w literaturze umożliwiających znaczne uproszczenia układowe w konstrukcji wielowrotników.

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

Autor wykazał, że macierze Butlera mogą z powodzeniem być zastosowane w pomiarowych układach wielowrotowych. Pokazał teoretycznie i eksperymentalnie zalety zastosowania macierzy Butlera w stosunku do rozwiązań klasycznych. Macierze Butlera umożliwiają uproszczenia układowe w stosunku do rozwiązań tradycyjnych przy zachowaniu co najmniej tej samej dokładności pomiarowej. Autor wykazał się wiedzą i umiejętnościami zarówno w zakresie konstrukcji biernych układów mikrofalowych jak i numerycznych metod kalibracyjnych pomiarowych układów wielowrotowych. Duża liczba wykonanych układów (w sumie siedmiu – dwa układy klasyczne, trzy odbiciowe z macierzami Butlera i dwa układy do pomiarów transmisyjnych z macierzami Butlera) i eksperymentów zasługuje na wyróżnienie. Pokazuje nieprzeciętny wysiłek Autora przy realizacji rozprawy.

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

Rozprawa pokazuje samodzielny dorobek Autora, świadczący o jego dojrzałości naukowej i wnoszący nowe elementy wobec aktualnego stanu wiedzy prezentowanej w znanej recenzentowi literaturze. Stanowi istotny wkład w rozwój wielowrotowej techniki pomiarowej. Autor dokonał porównania teoretycznego i doświadczalnego pięciu (dwóch klasycznych i trzech z macierzami Butlera) reflektometrów pomiarowych oraz dwóch układów do pomiarów transmisyjnych (z macierzami Butlera). Zastosowanie macierzy Butlera 8x8 do pomiarów odbiciowych oraz użycie dwóch macierzy Butlera 4x4 do pomiarów transmisyjnych stanowi oryginalny dorobek Autora potwierdzony kilkoma publikacjami w czasopismach z „listy filadelfijskiej”, w szczególności zaś w najbardziej renomowanym periodyku światowym *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*. Wykorzystanie redundancji pomiarowej dla układów z macierzą Butlera 8x8 stanowi zaletę pomiarowych układów odbiciowych wykorzystywaną w celu poprawienia niepewności pomiarowej. Pełną listę 13 oryginalnych osiągnięć autor zawarł w podsumowaniu.

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

Rozprawa została napisana w bardzo interesujący sposób, zapoznając czytelnika we właściwej kolejności z zasadniczymi zagadnieniami koniecznymi do zrozumienia zaproponowanych i przeprowadzonych analiz i badań. Poprawność redakcyjna również nie budzi żadnych zastrzeżeń recenzenta. Uzyskane wyniki analiz i pomiarów zostały zaprezentowane w postaci przejrzystych wykresów, opatrzonych trafnymi komentarzami. Znaczna liczba tych wykresów świadczy o wysiłku badawczym Autora. W kilku miejscach zdarzyły się drobne uchybienia, co jednak nie wpływa na merytoryczną zawartość pracy. Przykładowo dla istotnych dla rozprawy rysunków 2.20 i 2.21 rozróżnienie koloru niektórych krzywych stanowi duży problem. Także użycie skali dB dla pokazania niepewności pomiaru modułu współczynnika odbicia w zakresie małych wartości nie jest najlepszym wyborem. Poza tym jednak bezpośrednie wnioski i komentarze podane zostały w sposób zwięzły i przekonujący. Dużą zaletą pracy jest to, że każdy rozdział zakończony jest stosowną konkluzją.

6. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Recenzent nie dostrzegł w rozprawie żadnych rażących błędów merytorycznych. Szkoda jednak, że Autor nie opisał parametrów użytkowych stosowanych układów wielowrotowych takich jak czas wykonania pomiaru i kalibracji. Ponieważ stosowane są w obu przypadkach optymalizacyjne metody numeryczne można się spodziewać obliczeniowych problemów z wydajnością w przypadku szerokopasmowych pomiarów dla dużej (rzędu kilkuset) liczby punktów częstotliwości. Trudno stwierdzić czy w metodach stosowanych przez Autora był taki problem czy nie. Brakuje też dyskusji stabilności kalibracji w czasie, która stanowi problem w mikrofalowych układach pomiarowych.

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Szerokopasmowy pomiar parametrów rozproszenia układów wysokich częstotliwości jest podstawowym narzędziem weryfikacji poprawności ich konstrukcji. Dlatego znajomość metod i technik pomiarowych ma bardzo duże znaczenie. Pomiarowe układy wielowrotowe są stosowane w technice pomiarowej, jednak stanowią zwykle uzupełnienie typowych VNA i najbliższej przyszłości nic nie zapowiada, aby ta sytuacja mogła się zmienić. Z drugiej jednak strony w zastosowaniach specjalnych i przemysłowych jest miejsce dla układów wielowrotowych, gdzie może odgrywać dużą rolę koszt układu pomiarowego lub dokładność pomiarowa.

8. Do której z następujących kategorii recenzent zalicza rozprawę:

Podsumowując ocenę recenzowanej rozprawy doktorskiej należy stwierdzić, że jest ona oryginalną pracą badawczą o charakterze teoretyczno-doświadczalnym, poświęconą istotnym i aktualnym zagadnieniom. Biorąc również pod uwagę fakt, że wyniki pracy zostały udokumentowane w kilkunastu publikacjach anglojęzycznych, w tym aż pięć w periodykach z „listy filadelfijskiej”, oceniam rozprawę doktorską mgr inż. Kamila Staszka jako **wybitnie dobrą, zasługującą na wyróżnienie** i wnoszę o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

.....

Podpis