

Kraków 10.01.2024r.

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Wincza
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji
Instytut Elektroniki
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

**KWESTIONARIUSZ – RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY NAUKOWEJ DYSCYPLINY
AUTOMATYKA, ELEKTRONIKA I ELEKTROTECHNIKA I TECHNOLOGIE KOSMICZNE WOJSKOWEJ
AKADEMII TECHNICZNEJ**

Tytuł rozprawy: Cyfrowy mikrofalowy detektor częstotliwości z wykorzystaniem macierzy Butlera 4 x 4

Autor rozprawy: Hubert Stadnik

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

Praca ppłk. mgr. inż. Huberta Stadnika zatytułowana „Cyfrowy mikrofalowy detektor częstotliwości z wykorzystaniem macierzy Butlera 4 x 4” dotyczy zagadnienia natychmiastowego pomiaru częstotliwości w szerokim paśmie pracy z wykorzystaniem dyskryminatora fazy. Zagadnienie natychmiastowego pomiaru częstotliwości nieznanymi sygnałami w szerokim zakresie częstotliwości stanowi istotny problem z punktu widzenia opracowywanych i wciąż rozwijanych systemów rozpoznania elektronicznego. W takich układach interferometryczne metody pomiaru są szczególnie istotne ze względu na fakt, że pozwalają pozyskać znacznie większe czułości, a więc wykrywać sygnały dużo słabsze niż alternatywne układy przestrajanych odbiorników heterodynowych. Z tego względu pomimo znacznego rozwoju metod i technik pomiarowych obserwowanego w ostatnich latach interferometryczne metody określania parametrów nieznanymi sygnałami mikrofalowymi są wciąż przedmiotem prac badawczych. Praca przedstawia projekt i wykonanie układu pomiaru częstotliwości z wykorzystaniem układu macierzy Butlera 4 x 4. Jest to dobrze znany i opisany układ stanowiący połączenie 3 dB/90° sprzęgaczy kierunkowych oraz przesuwników fazy. Celem pracy było zbadanie własności szerokopasmowego detektora częstotliwości realizowanego na bazie takiego układu wraz z opracowaną metodą eliminacji niejednoznaczności, co zostało zawarte w tezie pracy.

Praca ma charakter teoretyczno-eksperymentalny i składa się łącznie z 7 rozdziałów. Rozdziały 1 i 2 stanowią wstęp do opisywanego zagadnienia i definiują cel i zakres pracy. W rozdziale 3 przedstawiona jest analiza teoretyczna układu interferometru realizowanego zarówno z wykorzystaniem klasycznej struktury jak i macierzy Butlera 4 x 4. W rozdziale tym dokonana jest analiza własności układów opisanych za pomocą charakterystyk idealnych niezależnych od częstotliwości -

Wincza

układu klasycznego oraz układu realizowanego z wykorzystaniem macierzy Butlera 4×4 . Następnie przeanalizowany jest wpływ rzeczywistych charakterystyk częstotliwościowych komponentów mikrofalowych wykorzystanych do realizacji tych układów, a więc jednosekcyjnego sprzęgacza kierunkowego oraz dzielników mocy. W rozdziale tym przedstawiona jest analiza wpływu rozrównoważenia charakterystyk sprzężenia i transmisji idealnego sprzęgacza o liniach sprzężonych na pozyskiwane pasmo pracy oraz dokładność określenia częstotliwości, które realizowane jest metodą zliczania przejść przez zero. W takim układzie powstaje niejednoznaczność określenia częstotliwości sygnału.

Rozdział 4 przedstawia analizę cyfrowego detektora częstotliwości, wykorzystującego metodę przejść przez zero. Przedstawiony został problem powstawania niejednoznaczności określenia częstotliwości w takim układzie oraz zaproponowana została metoda ich eliminacji z wykorzystaniem liniowej kombinacji sygnałów wyjściowych. Analiza została przeprowadzona dla układów z jednym, dwoma i trzema torami pomiarowymi wykazując w jaki sposób zwiększenie liczby torów pomiarowych zwiększa dokładność określenia częstotliwości.

W rozdziale 5 przedstawiona jest fizyczna realizacja komponentów mikrofalowych wykorzystywanych w projektowanym układzie dyskryminatora fazy. Wykonano i przetestowano $3\text{-dB}/90^\circ$ sprzęgacz kierunkowy zrealizowany w układzie dwóch linii sprzężonych poprzez szczelinę we wspólnym ekranie, dzielnik mocy wraz z linią opóźniającą oraz szerokopasmowy przesuwnik fazy 45° .

Rozdział 6 poświęcony jest wynikom badań eksperymentalnych opracowanych układów. Przetestowane zostały układy z jednym, dwoma i trzema torami pomiarowymi zaprojektowane z wykorzystaniem macierzy Butlera 4×4 , a otrzymane wyniki pomiarów porównane z wynikami obliczeń teoretycznych. W tym wypadku zastosowanie dodatkowych sygnałów nie spowodowało wyeliminowania wszystkich niejednoznaczności, z tego względu zaproponowane zostało wykorzystanie większej liczby sygnałów będących liniową kombinacją sygnałów wyjściowych w celu eliminacji wszystkich występujących niejednoznaczności. Rozdział 7 podsumowuje otrzymane wyniki prac w odniesieniu do postawionej tezy.

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?

Bibliografia rozprawy składa się z 38 pozycji literaturowych, które zasadniczo są cytowane we wstępnych rozdziałach pracy. Brakuje w wykazie literatury najnowszych prac z zakresu omawianej tematyki, zwłaszcza prac obejmujących zagadnienia układów interferometrów pracujących w bardzo szerokim paśmie pracy przekraczającym dekadę częstotliwości. W kontekście realizacji interferometrycznych układów

pomiarowych cytowane są głównie prace krajowe. Dodatkowo, uwagę zwraca brak precyzyjnego cytowania zależności wykorzystywanych do analizy teoretycznej układu dyskryminatora fazy, tj. podania źródła cytowanych zależności, które są dobrze znane i opisane w literaturze światowej. Wyjątek stanowi wykorzystywany w pracy układ sprzęgacza kierunkowego – w tym przypadku w bibliografii można znaleźć publikacje o zasięgu międzynarodowym, w których układ ten został po raz pierwszy zaproponowany.

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

Celem pracy było opracowanie układu dyskryminatora fazy wykorzystującego macierz Butlera 4×4 . Układ ten został przeanalizowany teoretycznie z wykorzystaniem zależności opisujących charakterystyki częstotliwościowe poszczególnych komponentów, a następnie wykonany i przetestowany eksperymentalnie. Uzyskane wyniki pomiarów potwierdzają zgodność obliczeń z wynikami analizy teoretycznej, co uzasadnia poprawność przyjętych założeń i metod analizy.

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?

Do osiągnięć Autora rozprawy zaliczyć można przede wszystkim:

- analizę teoretyczną układów dyskryminatora fazy realizowanych w układzie klasycznym oraz wykorzystującym macierz Butlera 4×4 ,
- porównanie właściwości dyskryminatora fazy w układzie klasycznym z układem zrealizowanym z wykorzystaniem macierzy Butlera 4×4 ,
- wykazanie wpływu rozrównoważenia charakterystyk transmisji i sprzężenia sprzęgacza kierunkowego na pozyskiwane pasmo pracy oraz dokładność określenia częstotliwości analizowanego dyskryminatora fazy,
- zaproponowanie metody eliminacji niejednoznaczności w określeniu częstotliwości sygnału wykorzystującej liniową kombinację sygnałów wyjściowych,
- opracowanie i wykonanie komponentów mikrofalowych będących elementami składowymi projektowanego dyskryminatora fazy,
- badania eksperymentalne opracowanych dyskryminatorów fazy w układzie z jednym, dwoma oraz trzema torami pomiarowymi oraz porównanie ich z wynikami analiz teoretycznych.

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

Praca napisana jest w języku polskim w sposób stosunkowo zwięzły. Autor nie ustrzegł się zwrotów oraz określeń żargonowych (np. str. 29 - „sygnał podany na wejścia”). Dodatkowo uwagę zwraca fakt prezentacji niektórych wyników, zwłaszcza eksperymentalnych, które nie są do końca czytelne, jak np. w rozdziale 5. Jednakże Autor komentuje w sposób przejrzysty otrzymane wyniki zarówno badań teoretycznych jak i eksperymentalnych. Również struktura pracy oraz konstrukcja poszczególnych rozdziałów nie budzi większych zastrzeżeń.

6. Jakie są słabe strony i jej główne wady?

Praca przedstawia zagadnienia związane z projektowaniem i realizacją układu dyskryminatora fazy realizowanego z wykorzystaniem macierzy Butlera 4×4 . Zawarte w pracy analizy teoretyczne oraz wyniki prac eksperymentalnych tworzą logiczną całość, jednakże w pracy można wskazać słabsze strony, do których należy zaliczyć:

- brak odniesienia do światowej literatury zwłaszcza w kontekście realizowanych układów interferometrycznych o bardzo szerokim paśmie pracy,
- nieprecyzyjne cytowanie prac zwłaszcza w odniesieniu do zaczerpniętych zależności analitycznych, które prezentowane są bez podania źródła (np. str. 31),
- zbyt ogólna teza rozprawy w kontekście prowadzonych prac i analiz ze względu na fakt, że układy interferometryczne na bazie klasycznych sześciowrotników czy macierzy Butlera są dobrze znane, więc lepszym pomysłem wydaje się być skupienie wokół zagadnień pozyskiwania dużej dokładności określenia częstotliwości,
- nieprecyzyjna pod względem formalnym prezentacja zależności analitycznych, gdyż parametry S mnożone są bezpośrednio przez napięcia co wydaje się być błędem formalnym chociaż prowadzi do tych samych wyników,
- w pracy brakuje również podsumowania poszczególnych wyników analiz teoretycznych oraz wyników eksperymentalnych. Autor zauważa np. wpływ parametrów poszczególnych komponentów na właściwości dyskryminatora fazy, zauważa różnice w otrzymanych własnościach układów klasycznych oraz układów zrealizowanych z wykorzystaniem macierzy Butlera, jednakże nie podaje przyczyn i nie wyciąga w pełni wniosków na podstawie otrzymanych wyników.

Niewątpliwie wadą prezentowanej rozprawy doktorskiej jest fakt, że wyniki badań zrealizowanych w trakcie rozprawy doktorskiej zaprezentowane w jednym artykule opublikowanym w czasopiśmie SPIE. Z tego względu dorobek naukowy nie może zostać uznany za znaczący.

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Przedstawiona rozprawa doktorska stanowi uzupełnienie literatury dotyczącej metod natychmiastowego pomiaru częstotliwości za pomocą

układów interferometrycznych. Przedstawione analizy teoretyczne i porównawcze stanowią oryginalny wkład Autora w dyscyplinę. Omawiana tematyka pomiaru nieznanymi sygnałami z wykorzystaniem układów interferometrycznych jest wciąż aktualna i posiada szeroki zakres potencjalnych zastosowań, zwłaszcza w odniesieniu do układów szerokopasmowych i może mieć zastosowanie w obecnie rozwijanych systemach, w tym w systemach walki elektronicznej.

8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

Pracę można zaliczyć jako: spełniającą wymagania.

9. Wniosek końcowy:

Podsumowując stwierdzam, że przedstawiona do oceny praca, zarówno w odniesieniu do przedstawionych analiz teoretycznych, jak i zaprezentowanych wyników prac eksperymentalnych stanowi wkład w rozwój dziedziny elektroniki. Pomimo przedstawionych braków rozprawa doktorska spełnia wymagania stawiane przez odpowiednią ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym i z tego względu wnioskuję o dopuszczenie jej do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.



Krzysztof Wincza

