

Kraków 30.08.2021r.

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 POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Tytuł rozprawy: Projektowanie oraz realizacja sprzęgaczy o dużej kierunkowości

Autor rozprawy: Arkadiusz Gołaszewski

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 mgr. inż. Arkadiusza Gołaszewskiego zatytułowana „Projektowanie oraz realizacja sprzęgaczy o dużej kierunkowości” podejmuje zagadnienie opracowania układów sprzęgaczy kierunkowych o dużej kierunkowości wykonanych w układzie sekcji dwóch niesprzężonych linii transmisyjnych o odpowiedniej długości elektrycznej, do których dołączone są dwie pojemności skupione realizujące sprzężenie pomiędzy tymi liniami. Pomimo intensywnych badań prowadzonych w ostatnich latach w obszarze realizacji pasywnych układów podziału i sumowania mocy sprzęgacze kierunkowe są wciąż przedmiotem zainteresowań wielu ośrodków badawczych. Wciąż prowadzone są badania mające na celu opracowanie sprzęgaczy o bardzo dobrych parametrach elektrycznych, w tym dobrego dopasowania impedancyjnego oraz kierunkowości, a także niewielkich rozmiarów zaprojektowanego układu. Z tego względu należy uznać, że tematyka pracy wpisuje się w aktualny obszar badawczy i podejmuje ciekawy problem realizacji sprzęgaczy o dużej kierunkowości. Kierunkowość jest jednym z ważniejszych parametrów sprzęgaczy kierunkowych decydującym o rozplywie sygnału w tym układzie do poszczególnych wrót. Cel pracy został jasno sformułowany we wstępie rozprawy wraz z twierdzeniem, że możliwe jest projektowanie sprzęgaczy kierunkowych o dużej kierunkowości w postaci odcinków niesprzężonych linii transmisyjnych oraz skupionych pojemności sprzęgających stanowiącym tezę rozprawy. Praca stanowi uzupełnienie obecnego stanu wiedzy dotyczącego projektowania i realizacji pasywnych układów pozwalających na kierunkowy podział/sumowanie mocy i skupia się wokół jednej wybranej grupy sprzęgaczy kierunkowych stawiając nacisk na pozyskiwaną kierunkowość w tych układach. Należy podkreślić, że sprzęgacze kierunkowe znajdują szerokie zastosowanie we współczesnych systemach telekomunikacyjnych i pomiarowych, z tego względu należy uznać, że tematyka rozprawy jest istotna z punktu widzenia

Wincza

ewentualnych przyszłych zastosowań. Wśród potencjalnych przyszłych zastosowań Autor rozprawy wymienia systemy akceleratorów cząstek elementarnych, w których nie jest wymagane szerokie pasmo pracy, natomiast kierunkowość sprzęgacza jest decydującym parametrem ze względu na wysoki poziom mocy.

Praca ma charakter teoretyczno-eksperymentalny i składa się z 9 rozdziałów oraz 5 dodatków, w tym wstępu i podsumowania. W rozdziale drugim przedstawione są podstawowe parametry sprzęgaczy kierunkowych, a także krótko omówione są podstawowe typy i rodzaje tych układów. W rozdziale 3 zaprezentowany jest opis ogólny sprzęgaczy wielosekcyjnych złożonych z odcinków niesprężonych linii transmisyjnych oraz skupionych kondensatorów sprzęgających. Rozdział 4 przedstawia szczegółowy opis najprostszego przypadku, tj. sprzęgacza jednosekcyjnego. Rozdział ten podsumowuje najważniejsze wnioski i prezentuje otrzymane wyniki, natomiast szczegółowa analiza teoretyczna bazująca na opisie obwodowym znajduje się w dodatku A, dodatek B prezentuje wyniki symulacji obwodowych, a dodatek C wyniki analizy elektromagnetycznej. Rozdział 5 poświęcony jest prezentacji wyników otrzymanych dla jednosekcyjnego sprzęgacza, w którym sprzężenie zrealizowane zostało w postaci pojemności sprzęgającej pomiędzy dwiema warstwami wielowarstwowej płytki drukowanej. W rozdziale 6 przedstawiona została kolejna modyfikacja sprzęgacza jednosekcyjnego, w którym pojemności sprzęgające wykonane zostały w postaci fragmentu laminatu dwustronnie metalizowanego umieszczonego pionowo na płycie drukowanej. W rozdziale 7 zaprezentowane zostały wyniki badań otrzymane dla sprzęgaczy dwusekcyjnych pozwalających na poszerzenie pasma pracy. Rozdział 8 przedstawia analizę teoretyczną oraz wyniki eksperymentalne jednosekcyjnych sprzęgaczy kierunkowych z jednoczesną transformacją impedancji. Rozważone zostały 3 różne przypadki impedancji obciążającej poszczególne wrota układu i wyprowadzone zostały wzory projektowe bazując na analizie obwodowej proponowanych układów. W rozdziale tym zaprezentowane zostały otrzymane wyniki analiz oraz skomentowane wyniki pomiarów wykonanych modeli, natomiast szczegółowa analiza obwodowa tych układów przedstawiona jest w dodatku D, a wyniki analiz elektromagnetycznych w dodatku E. Rozprawę kończy rozdział 9, w którym Autor podsumowuje otrzymane wyniki badań, w szczególności zwracając uwagę na problemy techniczne napotkane w trakcie realizacji poszczególnych układów sprzęgaczy oraz dowodzi prawdziwości postawionej we wstępie rozprawy 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 97 pozycji literaturowych. Autor powołuje się zarówno na starsze fundamentalne prace teoretyczne dotyczące tematyki poruszanej w rozprawie i zawierające podstawowy

opis matematyczny opisywanych układów, jak i najnowsze pozycje literaturowe zawierające głównie różne rozwiązania technologiczne i projektowe. Przedstawiony we wstępie rozprawy przegląd rozwiązań dotyczący realizacji sprzęgaczy kierunkowych świadczy o dobrym rozpoznaniu tematyki oraz dowodzi dostatecznej wiedzy Autora w tym zakresie. Autor bardzo zwięźle przedstawia najnowsze rozwiązania układowe i konstrukcyjne sprzęgaczy realizowanych w różnych strukturach. Pomimo zwięzłości opisu przegląd literaturowy należy uznać za jasny i przejrzysty, a dobór źródeł za prawidłowy.

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

Celem pracy było opracowanie sprzęgaczy kierunkowych realizowanych w postaci połączenia sekcji linii transmisyjnych niesprężonych oraz kondensatorów sprzęgających. Autor dokonał analizy teoretycznej tych układów posługując się metodami analizy obwodowej. Przedstawione wyniki obliczeń potwierdzają, że Autor sprawnie posługuje się metodami opisu tych układów, a przedstawione wyniki pomiarów wykonanych układów sprzęgaczy kierunkowych dowodzą prawidłowości wykonanych obliczeń teoretycznych i wykorzystania prawidłowych metod do rozwiązania postawionego zagadnienia.

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 oryginalnych osiągnięć Autora rozprawy zaliczyć można przede wszystkim:

- Analizę teoretyczną układów sprzęgaczy kierunkowych wielosekcyjnych z wykorzystaniem metod analizy obwodowej.
- Analizę teoretyczną układów sprzęgaczy jednosekcyjnych oraz wyprowadzenie zależności analitycznych ułatwiających projektowanie tego typu sprzęgaczy.
- Wykonanie symulacji obwodowych i elektromagnetycznych wielu rozwiązań układowych jednosekcyjnych oraz dwusekcyjnych sprzęgaczy kierunkowych.
- Wykonanie badań eksperymentalnych łącznie z dostrojeniem opracowanych układów i wykonanie pomiarów poszczególnych rozwiązań sprzęgaczy, w których pojemność sprzęgająca zrealizowana została z wykorzystaniem różnych technik, co pozwoliło na wyciągnięcie wniosków dotyczących realizowalności poszczególnych typów sprzęgaczy.
- Wykonanie badań eksperymentalnych dwusekcyjnych sprzęgaczy kierunkowych, w których pasmo pracy jest znacznie poszerzone w stosunku do rozwiązań jednosekcyjnych.

- Wykonanie analizy teoretycznej sprzęgaczy jednosekcyjnych, w których możliwe jest pozyskanie jednocześnie transformacji impedancji. Wykonane zostały obliczenia i analizy dla różnych wariantów impedancji obciążającej poszczególne wrota układów. Autor dowiódł, że w takim układzie możliwe jest obciążenie dwóch dowolnych wrót sprzęgacza inną impedancją niż impedancja obciążająca pozostałe wrota sprzęgacza. Prowadzi to do realizacji trzech różnych układów sprzęgaczy kierunkowych.
- Weryfikację eksperymentalną opracowanych metod projektowych sprzęgaczy transformujących impedancję poprzez wykonanie pomiarów zaprojektowanych i wykonanych układów.

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 jasny i przejrzysty. Autor w zwięzły i przejrzysty sposób zarysowuje problem i komentuje otrzymane wyniki, jednakże stosując niekiedy pewne sformułowania żargonowe. Dodatkowo uwagę zwraca fakt prezentacji wyników teoretycznych. Praca zawiera bardzo dużą ilość rysunków przedstawiających wyniki analiz obwodowych i elektromagnetycznych. Prezentacja tych wyników powinna być bardziej zwięzła, a skala wartości decybelowych lepiej dobrana (niekiedy sięga -130 dB), co jest wartością nierealną w praktyce, aczkolwiek w odniesieniu do wyników analizy analitycznej dość oczywista.

6. Jakie są słabe strony i jej główne wady?

Praca przedstawia zagadnienia związane z projektowaniem i realizacją sprzęgaczy kierunkowych realizowanych jako połączenie sekcji linii niesprzężonych oraz skupionych kondensatorów sprzęgających. Praca stanowi logiczną całość, a prezentacja wyników zarówno teoretycznych jak i wyników prac eksperymentalnych przedstawiona została w jasnej i zwięzłej formie. W pracy można jednakże wskazać pewne słabsze strony, których wyjaśnienie uzupełni treść prezentowanych w rozprawie zagadnień, tj.:

- Autor nie ustrzegł się drobnych literówek i błędów w trakcie redakcji rozprawy. Dodatkowo można znaleźć w rozprawie słownictwo żargonowe. Nie jest to jednakże znacząca liczba błędów, która mogłaby w istotny sposób rzutować na przejrzystość rozprawy, więc poszczególnych błędów w recenzji nie cytuję.
- W rozprawie można znaleźć czasami sformułowania nieprecyzyjne, np. na str. 11 Autor wspomina, że „w dwóch sprzężonych niesymetrycznych liniach paskowych rozchodzą się rodzaje parzysty i nieparzysty...”, jest to oczywiście prawda ale tylko w odniesieniu do pasków symetrycznych. W ogólnym przypadku mamy do czynienia z rodzajami typu c i π.

- W rozdziale 7 przedstawiona jest analiza sprzęgacza dwusekcyjnego. Autor wyprowadził formuły opisujące odpowiednie napięcia w tym układzie, ale nie podjął próby analitycznego wyznaczenia poszczególnych parametrów wymaganych do projektowania tego sprzęgacza. Czy można analitycznie wyznaczyć wartości wymaganych pojemności bez użycia metod optymalizacyjnych?
- W pracy Autor prezentuje poszczególne etapy projektowania układów prezentując wszystkie charakterystyki częstotliwościowe otrzymane zarówno na drodze obliczeń obwodowych jak i elektromagnetycznych. Efektem tego jest dość duża liczba rysunków, dodatkowo niekiedy poszczególne charakterystyki przedstawiane są w skali decybelowej sięgającej -130 dB. Tak niskie wartości są oczywiście nierealizowalne i są wynikiem zastosowania modelu analitycznego. W mojej ocenie prezentacja mogłaby być bardziej zwięzła, co by ułatwiło również porównanie otrzymanych wyników, zwłaszcza że symulacje elektromagnetyczne w dużej mierze znajdują się w dodatkach i ciężko je porównać z wynikami pomiarów.
- Wykonane w rozdziale 7 dwusekcyjne sprzęgacze o poszerzonym paśmie wykazują niekiedy brak drugiego minimum w charakterystykach częstotliwościowych. Wskazuje to na niedostrojenie sprzęgaczy. Czy Autor może wyjaśnić ten efekt?
- Również w przypadku sprzęgaczy jednosekcyjnych wyniki eksperymentalne pokazują, że dla niektórych typów sprzęgaczy minimum izolacji nie pokrywa się z minimum współczynnika odbicia. Czy Autor mógłby wskazać główne przyczyny tego efektu? Ze względu na stosunkowo prostą strukturę sprzęgaczy wydawać by się mogło, że można wskazać powód tej rozbieżności dość precyzyjnie.
- W pracy brakuje również podsumowania poszczególnych metod realizacji kondensatorów sprzęgających, którym Autor poświęcił dość dużo uwagi. Jakie własności mają poszczególne rozwiązania i jakie są wady i zalety poszczególnych rozwiązań?

Przedstawione wyżej uwagi mają charakter dyskusyjny i nie stanowią istotnych wad przedstawionej rozprawy doktorskiej. Niewątpliwie wadą prezentowanej rozprawy doktorskiej jest fakt, że wyniki badań zrealizowanych w trakcie rozprawy doktorskiej prezentowane były prawie wyłącznie na konferencjach, natomiast brak jest w wykazie dorobku Autora rozprawy publikacji w uznanych periodykach. W dorobku Autora znajduje się jeden artykuł opublikowany w IEEE MTT, jednakże tematyka tej publikacji nie jest bezpośrednio związana z tematyką rozprawy doktorskiej.

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Przedstawiona rozprawa doktorska stanowi ciekawe uzupełnienie literatury światowej dotyczącej projektowania i realizacji sprzęgaczy kierunkowych. W rozprawie przedstawiono prosty sposób realizacji

takich układów, w których możliwe jest pozyskanie dużej kierunkowości. Pomimo faktu, że są to układy głównie wąskopasmowe ich prosta konstrukcja powoduje, że tego typu układy mogą znaleźć potencjalne zastosowanie w obecnych systemach telekomunikacyjnych i pomiarowych zwłaszcza pracujących przy wysokich mocach, w których podstawowym wymaganiem stawianym sprzęgaczom kierunkowym jest duża kierunkowość. Szczególnie interesujące są przedstawione w rozprawie układy sprzęgaczy z jednoczesną transformacją impedancji, które mogą znaleźć zastosowanie we wzmacniaczach dużej mocy realizowanych np. w układach zrównoważonych. Podsumowując należy stwierdzić, że rozprawa doktorska stanowi istotny wkład w rozwój dziedziny, a opracowane układy sprzęgaczy mogą znaleźć zastosowanie w obecnie rozwijanych systemach.

8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

Pracę można zaliczyć jako: spełniająca 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 oryginalny wkład w rozwój dziedziny elektronika. Mgr inż. Arkadiusz Gołaszewski rozwiązał postawiony cel naukowy, dowodząc postawionej we wstępie rozprawy tezy i wykazał się wiedzą oraz umiejętnościami wymaganymi dla uzyskania stopnia doktora nauk technicznych. 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

