

dr hab. inż. Waldemar SUSEK, prof. WAT
Wojskowa Akademia Techniczna
Wydział Elektroniki
Instytut Radioelektroniki, Zakład Mikrofal

Warszawa, 7 września 2021r.

PW WEiTI Kancelaria
wpięnięto dnia 15.09.21r.
numer

*RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY
NAUKOWEJ DYSCYPLINY AUTOMATYKA, ELEKTRONIKA I ELEKTROTECHNIKA
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ*

Tytuł rozprawy: **Projektowanie oraz realizacja sprzęgaczy o dużej kierunkowości**

Autor rozprawy: **mgr inż. Arkadiusz GOŁASZEWSKI**

Recenzję przygotowano w związku z uchwałą Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Warszawskiej z dnia 29.06.2021r. i pismem Przewodniczącego Rady prof. dr. hab. inż. Tomasza Stareckiego z dnia 02.08.2021r. Recenzja została przygotowana zgodnie z Ustawą z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016, poz. 882).

Pkt 1.

Mgr inż. Arkadiusz Gołaszewski w przedstawionej rozprawie doktorskiej „*Projektowanie oraz realizacja sprzęgaczy o dużej kierunkowości*” porusza ważne dla techniki mikrofalowej zagadnienie naukowe związane z syntetyzowaniem sprzęgaczy kierunkowych charakteryzujących się bardzo dużą kierunkowością dla potrzeb szeroko rozumianej telekomunikacji, techniki pomiarowej czy systemów akceleratorów cząstek stałych. Zagadnienie to jest o tyle ważne, że jak wynika z utrwalonego w literaturze przedmiotu modelu sprzęgacza zbliżeniowego zrealizowanego z dwóch sprzężonych linii mikropaskowych, opartego o analizę modów parzystego i nieparzystego fal propagujących się w strukturze sprzęgacza, możliwość uzyskania dużej kierunkowości zmniejsza się wraz ze zmniejszaniem się sprzężenia. Problem uzyskiwania dużej kierunkowości w sprzęgaczu zbliżeniowym realizowanym w technologii linii mikropaskowej został ujęty w postawionej przez Doktoranta tezie rozprawy a mianowicie: „*Możliwe jest projektowanie oraz realizowanie sprzęgaczy kierunkowych o dużej kierunkowości z odcinków niesprzężonych linii transmisyjnych oraz skupionych pojemności sprzęgających na podstawie zależności uzyskanych drogą analizy obwodowej ogólnej struktury sprzęgacza wielosekcyjnego i analiz obwodowych dla szczególnych struktur sprzęgaczy*”, którą to Autor stawia nie tylko ze względu na podstawowe zadanie sprzęgacza ale rozszerza ją na zagadnienie transformowania impedancji przez

sprzęgacz. Autor w tezie rozprawy jasno i precyzyjnie formułuje swój problem badawczy, który zakłada opracowanie metody projektowej sprzęgaczy kierunkowych wielosekcyjnych, w tym sprzęgaczy dwusekcyjnych, jednosekcyjnych oraz sprzęgaczy z transformacją impedancji, zbudowanych z odcinków niesprzężonych linii i skupionych pojemności sprzęgających. Autor weryfikuje zaproponowaną metodę poprzez liczne realizacje praktyczne zaprojektowanych sprzęgaczy. Rozprawa w sposób kompleksowy ujmuje problem badawczy od momentu jego zdefiniowania do jego rozwiązania. Przedstawione w pracy analizy, wnioski i pomiary eksperymentalne nadają pracy charakter teoretyczno – doświadczalny.

Pkt 2.

W rozprawie zamieszczono 105 pozycji literaturowych z czego Doktorant jest współautorem 12 pozycji. W pracy w sposób jak najbardziej właściwy przywołano poszczególne pozycje literaturowe, korespondują one z treściami zamieszczonymi w rozprawie i pozwalają na rozszerzenie wiedzy z omawianego zagadnienia jak i na weryfikację przekazywanych w rozprawie informacji. Zamieszczona literatura obejmująca 33 pozycje opisujące aktualny, światowy poziom wiedzy w kwestii analizy i projektowania sprzęgaczy kierunkowych o dużej kierunkowości. Dobrze udokumentowano literaturowo (poz. 8 ÷ 9, 11, 17 ÷ 18, 23 ÷ 24, 39, 54, 64 ÷ 65, 71, 81, 87 ÷ 89, 95) opis znanych metod zwiększania kierunkowości sprzęgaczy w tym metod optymalizacji tego parametru. Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że Autor rozprawy przeprowadził w sposób właściwy analizę źródeł literaturowych i zapoznał się ze stanem wiedzy w dziedzinie analizy i projektowania sprzęgaczy o dużej kierunkowości, co świadczy o posiadaniu przez niego dużego zasobu wiedzy na ten temat. Autor korzystał ze źródeł wszędzie tam, gdzie przedstawiał porównanie wyników własnych z wynikami publikowanymi na świecie czyniąc to w sposób jasny i przekonujący.

Pkt. 3.

Autor rozprawy po zapoznaniu się z istniejącymi metodami poprawy kierunkowości sprzęgaczy i po przeanalizowaniu ich zalet i wad z punktu widzenia ich realizacji w technologii linii mikropaskowych, przedstawił własne rozwiązanie problemu zmniejszenia różnic prędkości fazowych fal propagujących się w sprzęgaczu dla modów parzystych i nieparzystych. Wykorzystał do tego celu prezentowaną w literaturze przedmiotu ideę kompensacji pojemnościowej sprzęgacza zbudowanego z dwóch sprzężonych linii transmisyjnych. Autor zdając sobie sprawę z złożoności analizy obwodowej takiego rozwiązania, zaproponował metodę modyfikacji tego rozwiązania poprzez przyjęcie a następnie zapewnienie braku sprzężenia między liniami transmisyjnymi oraz zmianę funkcji pojemności kompensujących na

pojemności sprzęgające. Autor zastosował właściwe metody badawcze opierające się na sprawdzonych, potwierdzonych literaturowo metodach analizy obwodowej układów mikrofalowych. W związku z powyższym przyjęte założenie, co do możliwości analizy struktury sprzęgacza kierunkowego zbudowanego z dwóch niesprzężonych mikropaskowych linii transmisyjnych i dwóch kondensatorów sprzęgających (przypadek sprzęgacza jednostopniowego) metodą superpozycji odpowiedzi dla pobudzenia sygnałami wspólnymi i sygnałami przeciwnymi jest jak najbardziej uzasadnione i poprawne. W zastosowanej metodologii badawczej autor uwzględnił weryfikację praktyczną opracowanej metody projektowej sprzęgaczy kierunkowych poprzez wykonanie i pomiary parametrów serii różnego typu sprzęgaczy kierunkowych, których wyniki przedstawił w rozdziałach 4.4, 5.3, 6.4 i 7.4. Wyniki te potwierdziły poprawność przyjętych założeń i poprawność metody projektowej sprzęgacza o dużej kierunkowości.

Pkt 4.

Rozprawa doktorska mgr. inż. Arkadiusza Gołaszewskiego jest niewątpliwie rozprawą oryginalną. Oryginalność ta przejawia się przede wszystkim w tym że:

- zaproponowano odmienne od stosowanego powszechnie w technice mikrofalowej podejście do modelu sprzęgacza kierunkowego, w którym to założono brak sprzężenia pomiędzy mikropaskowymi liniami transmisyjnymi a funkcję sprzężenia zrealizowano za pomocą pojemności skupionych lub rozłożonych,
- stosując analizę obwodową układów mikrofalowych opracowano i opisano metodę syntezy sprzęgacza kierunkowego o dużej kierunkowości, wykonanego w technologii linii mikropaskowych, wykorzystując do tego celu zasadę superpozycji odpowiedzi przy pobudzeniu sprzęgacza sygnałami wspólnymi i przeciwnymi,
- zaprojektowano i wykonano szereg konstrukcji sprzęgaczy na podstawie zaproponowanej metody projektowej oraz przeprowadzono serie pomiarów eksperymentalnych tak wykonanych sprzęgaczy, oraz porównano uzyskane wyniki z wynikami symulacji obwodowych i polowych.

Analizy i wyniki analiz modeli obwodowych sprzęgacza przedstawione w rozdziałach 4, 7 i dodatku A stanowią samodzielny i oryginalny dorobek Autora rozprawy, które ponad to zostały udokumentowane publikacjami (poz. bibliografii 93, 94, 96). Rozprawa doktorska mgr. inż. Arkadiusza Gołaszewskiego stanowi ważną pozycję rozszerzającą stan wiedzy i poziom

techniki raportowany w literaturze światowej, a dotyczący tematyki maksymalizacji kierunkowości sprzęgaczy realizowanych w technologii linii mikropaskowych.

Pkt 5.

Rozprawa napisana jest językiem zwięzłym i poprawnym. Rozdziały i treści w nich zawarte są prawidłowo dobrane i w sposób logiczny przedstawiają poszczególne etapy procesu badawczego jaki przeprowadził Doktorant. Zawierają więc wstęp w którym Autor definiuje swój problem naukowo-badawczy, następnie w rozdziale 2 omawia podstawowe typy i parametry sprzęgaczy. W rozdziale 3 przedstawia ogólne a w dodatku A szczególne rozwiązanie problemu projektowania sprzęgaczy w strukturze z niesprzężonymi elektromagnetycznie odcinkami linii transmisyjnych oraz pojemnościami sprzęgającymi. Natomiast w rozdziałach 4, 5, 6 i 7 analizuje kolejne rozwiązania sprzęgacza w schemacie: symulacja obwodowa, symulacja polowa, pomiary eksperymentalne. Rozdział 8 stanowi pewnego rodzaju rozszerzenie tematyki rozprawy doktorskiej o zagadnienie wykorzystania sprzęgacza kierunkowego jako transformatora impedancji. Podsumowując, zwięzłość przekazywanych informacji, jasność formułowanych założeń i wyciąganych z analiz wniosków, jak również poprawność redakcyjna rozprawy nie budzą zastrzeżeń.

Pkt 6.

Rozprawa jako całość nie zawiera istotnych wad czy błędów merytorycznych, można jednak zauważyć pewne nieprecyzyjne zapisy. Poniżej przedstawiam następujące przykłady:

- Str. 8, oznaczenie S_{nm} . Oznaczenie to, używane później w pracy, rozumiane jest jako wyraz macierzy rozproszenia i jest to wartość napięciowa określająca transmitancję pomiędzy wrotami m i n . Nie można wobec tego używać go do określenia stosunku mocy we wrotach n i m .
- Str. 22, wzór 3.21. Wyrażenie to jest błędne. Po lewej stronie równania należy zapisać kwadrat modułu parametru S_{41} .
- Str. 27, wzór 4.1, oznaczenie C . Oznaczenie C zostało już użyte do zdefiniowania parametru sprzęgacza jakim jest sprzężenie rozumiane jako transmitancja pomiędzy wrotami 1 i 3, która jest w ogólności funkcją częstotliwości. Autor definiuje to oznaczenie jako sprzężenie, gdzie w istocie jest to współczynnik sprzężenia, czyli wartość transmitancji C dla częstotliwości środkowej sprzęgacza.
- Str. 42, tabela 4.3. Autor dodatkowo opisuje kierunkowość jako różnicę modułów parametrów S_{31} i S_{41} co jest ewidentnym błędem. Jeżeli już chciano doprecyzować określenie kierunkowości, to należało to przedstawić jako iloraz kwadratów tych

modułów, który sprowadza się do różnicy kwadratów tych modułów wyrażonych w decybelach. Takie same uwagi odnoszą się do tabel 5.1, 5.2, 6.3 i 8.3.

➤ Str. 146. Powtórzona pozycja literaturowa [93] wcześniej wymieniona w pozycji [7].

Wymienione niedociągnięcia nie zmniejszają jednak jej waloru naukowego oraz wartości uzyskanych z dobrze przeprowadzonego i udokumentowanego projektu badawczego zakończonego przedstawioną do recenzji dysertacją.

Pkt 7.

Stwierdzam, że przedstawiona rozprawa doktorska ma istotne znaczenie dla nauk technicznych a szczególnie dla techniki mikrofalowej. Mikrofalowe sprzęgacze kierunkowe, w tym sprzęgacze o dużej kierunkowości, wykorzystywane są praktycznie w każdym systemie mikrofalowym, zarówno w telekomunikacji jak i w technice pomiarowej oraz są niezbędne w systemach przenoszących sygnały o dużych mocach. Przedstawione w niniejszej rozprawie metody projektowe oraz zrealizowane sprzęgacze w technologii planarnej, wypełniają lukę w zakresie projektowania i realizacji sprzęgaczy o dużej kierunkowości. Są to jednocześnie sprzęgacze o prostej konstrukcji i mniejszych rozmiarach, niż tradycyjne sprzęgacze. W rozprawie wyprowadzono zależności projektowe dla sprzęgacza wielosekcyjnego oraz sprzęgaczy jednosekcyjnych i dwusekcyjnych. Podobne zależności wyprowadzono dla trzech typów sprzęgaczy jednosekcyjnych z transformacją impedancji. Niniejsza rozprawa ma również znacznie praktyczne, ponieważ zaproponowane wzory projektowe skrócą czas projektowania zaprezentowanych struktur. Zaprezentowane w pracy analizy i wyniki badań mogą stanowić podstawę do przyszłych działań w kierunku rozwoju sprzęgaczy o dużej kierunkowości i szerokich pasmach. Dzięki wielu fizycznie wykonanym strukturom sprzęgaczy, ujawniono i opisano zasadnicze wady realizacji praktycznych sprzęgaczy o dużej kierunkowości a co bardziej istotne, w wielu przypadkach zaproponowano postępowanie zaradcze co ma duże znaczenie dla praktyki inżynierskiej.

Pkt 8.

Rozprawę zaliczam do następującej kategorii:

- a) nie spełnia wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy
- b) wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania
- c) spełnia wymagania**
- d) spełnia wymagania z wyraźnym nadmiarem
- e) wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie

Podsumowanie

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Arkadiusza Gołaszewskiego spełnia kryteria oryginalności rozwiązania problemu naukowego i umiejętności prowadzenia pracy badawczej sformułowane w *Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*. Doktorant wykazała się wysokim poziomem wiedzy teoretycznej, oraz wysokimi kompetencjami badawczymi. Warto podkreślić, że wynikiem prowadzonych przez Doktoranta prac są zweryfikowane metody projektowania sprzęgaczy o dużej kierunkowości. Metody te są gotowe do zastosowania w procesie syntezy sprzęgaczy kierunkowych.

Mając powyższe na uwadze wnoszę o dopuszczenie pracy doktorskiej mgr inż. Arkadiusza Gołaszewskiego do publicznej obrony.

07 WRZ. 2021


dr hab. inż. Waldemar Susek, prof. WAT