

Zminiaturyzowany dwuzakresowy mikrofalowy sprzęgacz gałęziowy

Przedmiotem wynalazku jest zminiaturyzowany dwuzakresowy mikrofalowy sprzęgacz gałęziowy zrealizowany w technologii linii mikropaskowej mający zastosowanie w zrównoważonych wzmacniaczach, sieciach zasilających promienniki antenowe (anten o polaryzacji kołowej), szykach antenowych (macierze Butlera), czy dzielnikach mocy.

Sprzęgacze gałęziowe realizowane w technologii mikropaskowej są powszechnie stosowane w systemach mikrofalowych i antenowych. Ich projektowanie ma na celu uzyskanie geometrii, która zapewnia pożądane parametry elektryczne takie jak szerokość pasm pracy, dopasowanie, izolacja, współczynnik odbicia, czy sprzężenie. Innym istotnym kryterium z punktu widzenia projektowania tych układów jest zapewnienie małej powierzchni układu.

Najprostsze konstrukcje sprzęgaczy gałęziowych składają się z dwóch prostopadłych par linii transmisyjnych o długości elektrycznej odpowiadającej ćwierci długości fali i różnych wartościach impedancji charakterystycznej. Struktury takie pozwalają uzyskać wybraną wartość sprzężenia dla zadanej częstotliwości pracy, przy czym sprzężenie 3-dB jest popularne z punktu widzenia w/w zastosowań. Wadą struktur konwencjonalnych są stosunkowo duże wymiary geometryczne (obwód układu wynosi około jednej długości fali). Ponadto umożliwiają one pracę tylko w jednym zakresie częstotliwości. Współczesne systemy mikrofalowe i antenowe często charakteryzuje praca wielozakresowa, dlatego mogą one zawierać wiele sprzęgaczy, co zwiększa ich złożoność i wymiary geometryczne. Zastąpienie konwencjonalnych układów poprzez sprzęgacze dwupasmowe jest zatem istotne z punktu widzenia ograniczenia liczby komponentów oraz rozmiarów wielozakresowych systemów mikrofalowych/antenowych.

Jednym ze znanych rozwiązań umożliwiających uzyskanie sprzężenia 3-dB dla dwóch częstotliwości pracy jest konstrukcja zaproponowana przez Cheng, K.-M., Wong, F.-L.: "A novel approach to the design and implementation of dual-band compact planar 90° branch-line coupler," - *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 52, no. 11, Nov. 2004. Konstrukcja takiego sprzęgacza wykorzystuje trzy rodzaje linii transmisyjnych o długości elektrycznej 90°. Linie połączono w taki sposób, że dwie pary umieszczono prostopadle względem siebie, natomiast cztery pozostałe linie trzeciego typu podłączono do wrót zasilających układ w postaci rozwartych sęków. Wadą tego rozwiązania są duże wymiary

geometryczne struktury wynikające z umieszczenia sęków na zewnątrz układu. Modyfikację tego rodzaju sprzęgacza zaproponowano w Zhang, H., Chen, K.J.: "A stub tapped branch-line coupler for dual-band operations," - *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 17, no. 2, Feb. 2007. W układzie pracę dwuzakresową uzyskano przy użyciu czterech par linii transmisyjnych połączonych w taki sposób, że dwie pary są połączone prostopadle jak w konstrukcji konwencjonalnej, natomiast pozostałe dwie pary tworzą prostopadle seki podłączone w osi sekcji tworzących konstrukcję konwencjonalną. Każda z par linii transmisyjnych ma inną impedancję charakterystyczną oraz długość elektryczną. Zastosowanie większej liczby stopni swobody oraz zmodyfikowanej konfiguracji pozwala na zmniejszenie wymiarów sprzęgacza poprzez skierowanie sęków do wewnątrz układu, przy jednoczesnym zapewnieniu pożądanych charakterystyk pracy. Odmierna konstrukcja sprzęgacza gałęziowego zorientowana na wykorzystanie przestrzeni wewnątrz struktury została zaproponowana przez Park, M.-J., Lee, B.: "Dual-band, cross coupled branch line coupler," - *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 15, no. 10, Oct. 2005. W konstrukcji tej pracę w dwóch zakresach częstotliwości uzyskano poprzez zmodyfikowanie konwencjonalnego układu sprzęgacza gałęziowego wykorzystując skrzyżowaną parę linii transmisyjnych umieszczonych wewnątrz par linii transmisyjnych połączonych jak w konwencjonalnej strukturze sprzęgacza gałęziowego. Układ składa się z trzech rodzajów linii transmisyjnych o jednakowej długości elektrycznej i różnych wartościach impedancji charakterystycznych. Modyfikację ostatniej omówionej struktury zorientowaną na miniaturyzację powierzchni zaproponowano w Bekasiewicz, A., Koziel, S.: "Miniaturised dual-band branch-line coupler," - *Electronics Letters*, vol. 51, no. 10, may 2015. W układzie sekcje linii transmisyjnych zostały zastąpione przez odpowiednio wyprofilowane linie meandrowe. Wadą zaproponowanej konstrukcji jest ograniczona możliwość kontroli sprzężeń pomiędzy liniami meandrowymi wynikająca ze stosunkowo małej liczby zmiennych projektowych, która utrudnia wyznaczenie wysokiej jakości rozwiązań układowych.

Zminiaturyzowany dwuzakresowy mikrofalowy sprzęgacz gałęziowy zawierający mikropaskowe linie meandrowe tworzące połączone ze sobą sekcje, które umieszczone są jedna nad drugą na podłożach dielektrycznych, pomiędzy którymi znajduje się wspólna warstwa metalizacji charakteryzuje się według wynalazku tym, że pierwsza sekcja umieszczona na górnym podłożu dielektrycznym składa się z pary komórek o jednakowych

wymiarach podłączonych bezpośrednio do wrót zasilających sprzęgacz. Druga sekcja umieszczona na dolnym podłożu dielektrycznym zawiera dwie meandrowe komórki oraz jedną komórkę, które są ze sobą bezpośrednio połączone. Druga sekcja jest podłączona do wrót zasilających układu przy użyciu przelotek wykonanych w podłożach dielektrycznych górnym oraz dolnym. Zwarcie przelotek do warstwy metalizacji masy zapobiegają otwory w warstwie metalizacji masy.

W układzie sprzęgacza według wynalazku zastosowano trzy typy komórek. Przelotki w sprzęgaczu mogą mieć postać metalizacji otworów wykonanych w podłożach dielektrycznych metodą galwaniczną, bądź cylindrycznych drutów zawierających wyodrębnione sekcje układu. Zwarcie przelotek do masy zapobiegają otwory o średnicy większej niż średnica przelotek.

Konstrukcja dwuzakresowego sprzęgacza gałęziowego według wynalazku pozwala na uzyskanie małych wymiarów obwodu, przy zachowaniu 3-dB sprzężenia, a także małych strat odbiciowych i dużej izolacji dla obu częstotliwości pracy. Zastosowane rozwiązanie pozwala na uzyskanie małych wymiarów geometrycznych struktury przy zapewnieniu dobrych charakterystyk pracy. Ponadto topologia struktury gwarantuje zwiększoną liczbę stopni swobody w stosunku do znanego rozwiązania układowego wykorzystującego wyprofilowane linie meandrowe oraz nie nakłada istotnych ograniczeń dotyczących długości elektrycznych, czy impedancji charakterystycznych poszczególnych komórek rezonansowych.

Wynalazek jest bliżej objaśniony w przykładach wykonania na rysunku, na którym:

- fig. 1 przedstawia strukturę w konfiguracji z dwoma typami komórek umieszczonymi na dolnym podłożu dielektrycznym, przy czym nie pokazano przelotek łączących wyodrębnione sekcje sprzęgacza,
- fig. 2 przedstawia szczegóły geometrii z fig. 1: (a) wyodrębnioną sekcję układu umieszczoną na górnym podłożu dielektrycznym, (b) wyodrębnioną warstwę metalizacji masy układu wspólną dla górnego i dolnego podłoża dielektrycznego, (c) wyodrębnioną sekcję układu umieszczoną na dolnym podłożu dielektrycznym, oraz (d) przekrój poprzeczny sprzęgacza z zaznaczonymi przelotkami oraz otworami zapobiegającymi zwarcie przelotek do masy,
- a fig. 3 przedstawia przykładowe charakterystyki pracy: (a) znanego układu sprzęgacza dwuzakresowego, oraz (b) sprzęgacza według wynalazku.

W przykładzie realizacji sprzęgacza pokazanym na fig. 1 i fig. 2 pierwsza sekcja 1 umieszczona na górnym podłożu dielektrycznym 2 składa się z pary komórek 6 podłączonych bezpośrednio do wrót zasilających sprzęgacz 8. Wymiary komórek 6 są jednakowe. Druga sekcja 3 umieszczona na dolnym podłożu dielektrycznym 4 zawiera dwie komórki 7 oraz jedną komórkę 9. Komórki 7 oraz komórka 9 są bezpośrednio połączone. Druga sekcja 3 jest podłączona do wrót zasilających układu przy użyciu przelotek 10 wykonanych w podłożach dielektrycznych 2 oraz 4. Zwarcie przelotek do metalizacji masy 5 zapobiegają otwory 11 w warstwie metalizacji masy. Komórki wykorzystane do zbudowania sprzęgacza mogą mieć inne kształty i rozmieszczenie. Wymiary komórek dobiera się i projektuje w zależności od parametrów pracy sprzęgacza.

Przykładowy zminiaturyzowany sprzęgacz gałęziowy zrealizowany według wynalazku charakteryzuje się pasmem pracy rzędu 10% dla dolnej częstotliwości pracy oraz 6% dla górnej częstotliwości pracy przy różnicy pomiędzy poziomem transmisji i sprzężenia dla częstotliwości pracy poniżej 0.5 dB. Ponadto charakteryzuje się on redukcją zajmowanej powierzchni o 71% w porównaniu do znanego dwuzakresowego sprzęgacza gałęziowego wykorzystującego skrzyżowaną parę linii transmisyjnych.

Rzecznik Patentowy

Malgorzata Kluczyk
Malgorzata Kluczyk