

МІКРОСМУЖКОВИЙ НАПРЯМЛЕНИЙ ФІЛЬТР — БАЗОВИЙ НВЧ-КОМПОНЕНТ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ РАДІОВИПРОМІНЮВАНЬ

К. т. н. Е. М. Глушеченко

ПрАТ «НВП «Сатурн»
Україна, м. Київ
gen-nto@ukr.net

Розглянуто принципи формування частотно-селективних систем. Обґрунтовано виняткову необхідність використання у таких системах напрямлених фільтрів біжучої хвилі. Наведено та проаналізовано структуру мікросмушкового напрямленого фільтра. На конкретному прикладі продемонстровано можливість реалізації багатоканальних систем на базі таких фільтрів.

Ключові слова: НВЧ, мікросмушкова лінія, напрямлений фільтр, відгалужувач, резонатор, біжуча хвиля.

В Україні в умовах війни з РФ електромагнітний простір щільно насичений різного роду радіоелектронними випромінюваннями. Цей значний потік частотних сигналів потребує моніторингу їх основних параметрів для використання у різних сферах діяльності, наприклад, у системах радіоелектронної розвідки або радіоелектронної боротьби. Слід зазначити, що такі системи створюються на базі багатоканальних частотно-селективних систем, основним функціональним вузлом яких є приймачі миттєвого вимірювання частоти (ПМВЧ) радіовипромінювань [1], структурна схема яких наведена на рис. 1.



Рис. 1. Послідовна структурна схема ПМВЧ

Визначальною особливістю ПМВЧ є можливість виконувати приймання та вимірювання параметрів кожного окремого радіоімпульса без пропусків частоти. В умовах високої щільності потоку радіосигналів на вхід багатоканального ПМВЧ одночасно можуть надходити сигнали різних радіоелектронних засобів, амплітудно-частотні характеристики (АЧХ) яких перекриваються. Але такі ПМВЧ у традиційному виконанні мають суттєві масогабаритні показники, тому безумовно доцільним є створення ПМВЧ НВЧ у компактнішому інтегральному виконанні, наприклад, на базі мікросмушкових ліній (МСЛ) передачі.

Для функціонування ПМВЧ потрібне безпосередньо послідовне включення частотно-селективних каналів, як це показано на рис. 1, але використання відомих смугопропускних фільтрів (СПФ) для їх реалізації неможливе, бо поза смугою пропускання вони мають коефіцієнт відбиття близько 1. Для каскадування частотних каналів необхідні селективні пристрої з малим коефіцієнтом відбиття у всій смузі робочих частот ПМВЧ. З роботи [2] відомо, що такими пристроями у діапазоні НВЧ можуть бути тільки напрямлені фільтри з кільцевими резонаторами біжучої хвилі (НФБХ). Серед таких пристроїв відомий мікросмушковий НФБХ [3]. З аналізу його структурної схеми, наведеної на рис. 2, зрозуміло, що він утворений з двох напрямлених відгалужувачів (НВ) типу «тандем» [4] та двох відтинків МСЛ L_1 та L_2 довжиною $\lambda/4$, де λ — довжина хвилі робочої частоти фільтра.

Своєю чергою, кожний НВ типу «тандем» утворено з двох НВ на зв'язаних МСЛ (НВ₁₁ і НВ₁₂ та, відповідно, НВ₂₁ і НВ₂₂) вторинні канали яких, з'єднані відтинками МСЛ L_3 , L_4 , L_5 та L_6 , створюють кільцевий резонатор біжучої хвилі (КРБХ).

Вимірюваний спектр НВЧ-сигналів зі входу НФБХ потрапляє до КРБХ. Виділений на резонансній частоті КРБХ майже без втрат опиняється у СПФ. Залишки спектра у НВЧ сигналів опиняються у каналі смугозагороджувального фільтра (СЗФ) НФБХ і можуть подаватися на вхід наступного каналу ПМВЧ. АЧХ суміжних каналів ПМВЧ можуть частково перекриватися, що ретельно розглянуто у [5].

З метою перевірки запропонованої схеми побудови ПМВЧ з мікросмужкових НФБХ було проведено проектування за відомою методикою [6] та експериментальне виготовлення пристрою. Методом прецизійної фотолітографії на керамічній підкладці з полікору з діелектричною проникністю $\epsilon = 9,6$ товщиною 1 мм було виготовлено два варіанти мікросмужкових частотно-селективних каналів ПМВЧ з двома та чотирма НФБХ (рис. 3).

Ці пристрої були розраховані на частоту 9,9 ГГц. При цьому прямі втрати кожного НФБХ не перевищують 0,5 дБ, глибина селекції не менше 50 дБ, а коефіцієнт стоячої хвилі КСХН $\ll 1,4$.

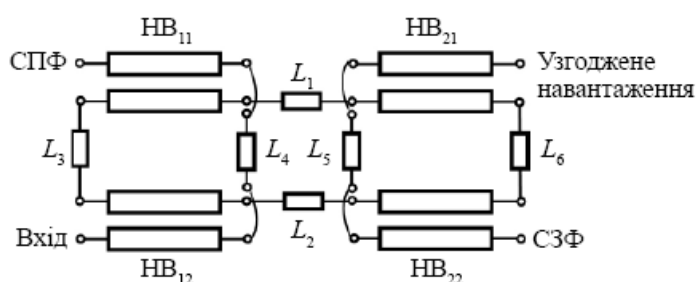


Рис. 2. Структурна схема мікросмужкового НФБХ



Рис. 3. Мікросмужкові схеми дво- та чотирьоканального ПМВЧ

Проведена експериментальна реалізація каналів ПМВЧ підтвердила теоретичні розрахунки. Це дозволяє продовжувати дослідження у напрямку створення сучасних частотно-селективних систем НВЧ до 3-см діапазону довжин хвиль включно.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Радзиевский В.Г., Сирота А.А. *Теоретические основы радиоэлектронной разведки*. М.: Радиотехника, 2004. 432 с.
2. Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т. *Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи*. Т. 2. М.: Связь, 1972. 496 с.
3. Глушеченко Э.Н. *Микрополосковый направленный фильтр бегущей волны*. А.с. СССР № 1406668. 1988, БИ № 24.
4. Shelton P., Wolf J.J., Van Wagoner R. Tandem couplers and phase shifters. *Microwaves*, 1965, April, p. 14–19.
5. Глушеченко Е.М. Критерії реалізації мікросмужкових багатоканальних систем частотної селекції з резонаторами біжучої хвилі. *Труди 24-ї МНПК «СІЕТ-2023»*, Україна, м. Одеса, 2023, с. 7–8.
6. Глушеченко Е.М. Конструктивно-технологические особенности микрополосковых направленных фильтров бегущей волны. *Збірник наукових праць ВІКНУ імені Тараса Шевченка*, 2012, вип. № 36, с. 33–37.

Е. М. Glushechenko

Microstrip directional filter: basic UHF component of radio emissions monitoring systems

The author considers the principles of designing the frequency-selective systems justifying the exceptional necessity of using directional traveling wave filters in such systems. The study analyzes the structure of the microstrip directional filter and uses a specific example to demonstrate the possibility of implementing multi-channel systems based on such filters.

Key words: microwave, microstrip line, directional filter, splitter, resonator, traveling wave.