

**МЕТОДИ ПОЛІПШЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК
МІКРОСМУЖКОВИХ ФІЛЬТРІВ.**

Частина 2: видалення частини екрану та зміна опору резонаторів

Степан САВЕНКО, Ірина ЗВЯГІНА

e-mail: stepan.savenko@nure.ua, iryna.zviahina@nure.ua

Науковий керівник – к.т.н., доц. Дмитро ГАВВА

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КРiCTЗI
м. Харків, Україна

The global goal of the work is to study methods for improving the characteristics of microstrip filters. This is the second part, which shows the results of numerical studies in the HFSS program of those methods that were described in the first part of the work.

Дана доповідь є продовженням роботи «Методи поліпшення характеристик мікросмужкових фільтрів. Частина 1: опис методів», де було розглянуто низку основних методів, які можна застосовувати для зміни маса-габаритних та електричних характеристик мікросмужкових фільтрів (МСФ). Тут же ми на прикладах, застосовуючи методи комп'ютерного моделювання, подивимося на ефективність описаних методів.

Для дослідження обрано смуговий фільтр (СФ) Баттерворта, призначений для FPV систем, передавачі яких працюють у діапазоні від 5325 до 5945 МГц. Тип фільтра – мікросмужковий на паралельно-пов'язаних регулярних резонаторах, характеристики яких досить точно визначаються на основі розрахунку одновимірних моделей у квазістатичному наближенні. Задаємося центральною робочою частотою – 5,65 ГГц, смугою пропускання (СП) 700 МГц, пульсаціями в смузі 1 дБ та мінімальним придушенням 20 дБ, кількістю резонаторів – 3. Як матеріал взято скло з відносною діелектричною проникністю 5,5, висотою 1,8 мм і товщиною міді 18 мікрон. Для спрощення створення фільтра застосовувалася програма Qucs, за допомогою якої можна швидко розрахувати наближені геометричні розміри фільтра за заданими вихідними параметрами. На рис. 1 зображено синтезовану схему фільтра та отриману його АЧХ.

Отримавши наближені конструкторські характеристик СФ, для більш точного моделювання використовуємо ANSYS HFSS. І спершу подивимося, як працює метод видалення частини екрану. Спочатку використаємо одиночний виріз зі зміною його геометричних розмірів (рис. 2), а потім збільшемо кількість вирізів однакового розміру позиціонуючи їх під парою пов'язаних резонаторів (рис. 3).

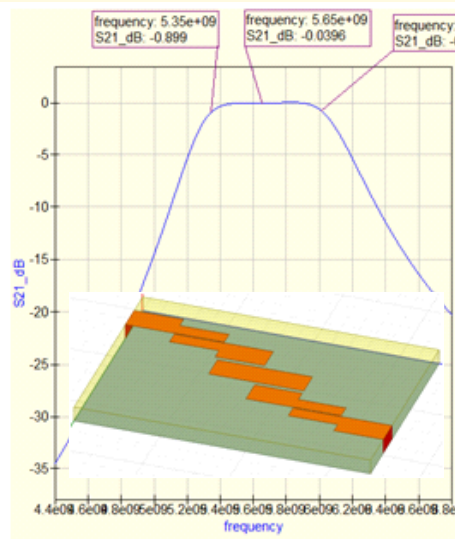
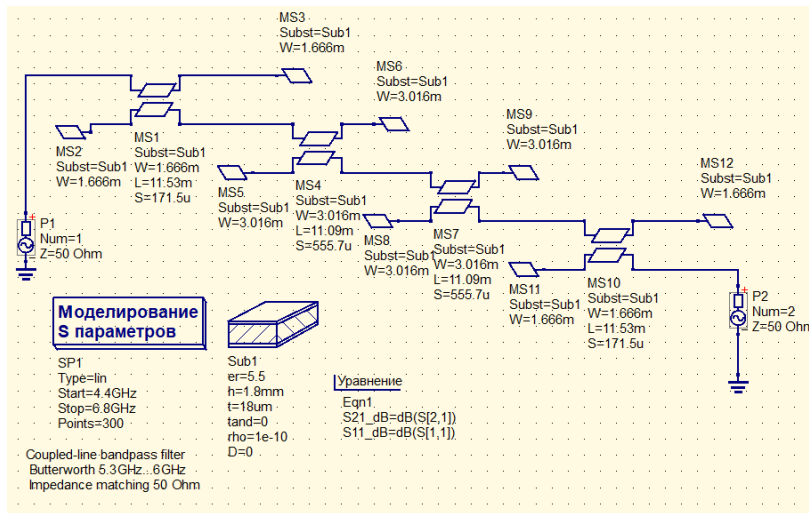


Рис. 1

Після математичного аналізу 3D моделей отримано нові АЧХ та інші характеристики, в тому числі й коефіцієнт відбиття (S_{11}) від входу фільтра (рис. 2).

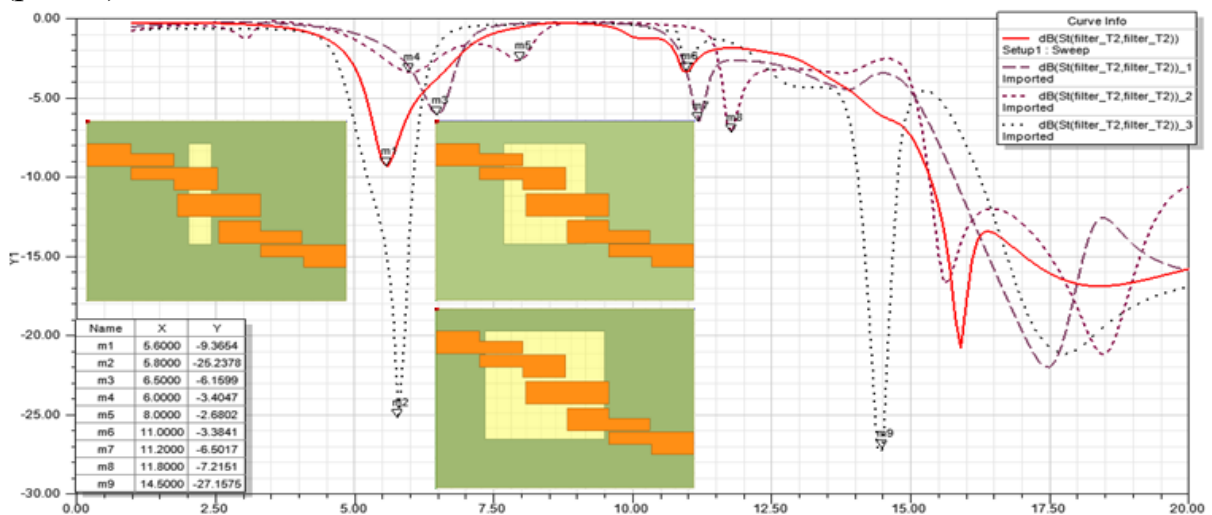


Рис. 2

Вони показали, що часткове видалення шару металу змінює центральну частоту СП та відносну ширину СП. Центральна частота СП фільтра з найменшим вирізом зміщується з 5,6 ГГц до 6 ГГц, відносна ширина смуги пропускання зростає з 22% до 27%. Подальше розширення вирізу призводить до ще більшого зміщення смуги. Величина втрат у СП вище ніж у немодифікованого фільтра, але слід зазначити, що спостерігається зменшення втрат зі зростанням розмірів видаленої ділянки (в експериментах з 3 дБ до менш ніж 1 дБ у порівнянні з не модифікованим фільтром). S11 на вході зменшився з 27 дБ до 3 дБ для найменшого вирізу і до 9 дБ для найбільшого, для середнього вирізу відбиття склало 6 дБ. Схожа тенденція спостерігається і з шириною смуги загородження і рівнем загородження. При видаленні частини екрану різко погіршуються загороджувальні властивості фільтра на другій гармоніці з 25 дБ до 6 дБ у разі найменшого віддаленого екрану. Пропорційно до збільшення розміру вирізу збільшується рівень загородження другої гармоніки.

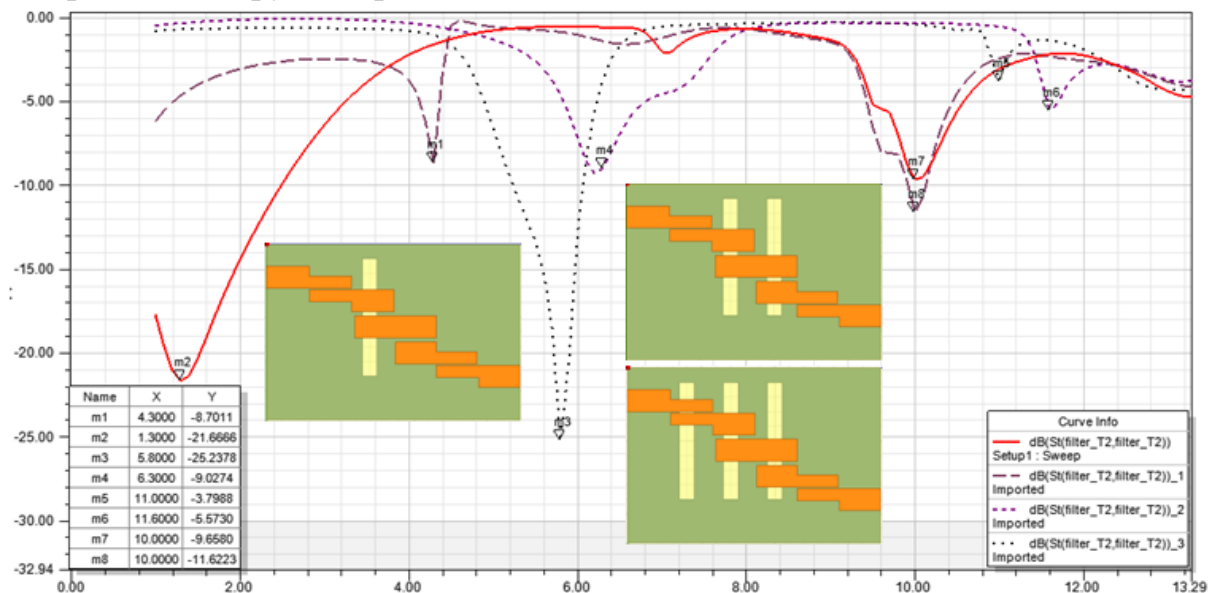


Рис. 3

Частотна залежність S11 при зміні кількості однакових вирізів в екрані зображено на рис. 3. З цієї та інших характеристик СФ можна побачити, що якщо видалення першої ділянки екрану дає зсув центральної частоти та збільшення ширини СП, то внесення 2-го та 3-го вирізу збільшує кількість СП, які не є гармоніками. Ми отримали дво- і трисмугові фільтри, але з великими втратами. Спостерігається зростання S11 зі збільшенням розмірів видаленого екранування, і він гірше, ніж у фільтра з цілим шаром металізації.

Наступний метод – застосування стрибкоподібної зміни хвильового опору резонаторів. Для реалізації методу в резонаторах видаляємо металізацію прямокутної форми (рис. 4). Я можна бачити з рис. 4, де також зображено частотну характеристику S11 та АЧХ фільтра, це не вплинуло на

центральну робочу частоту СФ, але відносна ширина СП помітно зменшується зі збільшенням кількості вирізів. Перша паразитна смуга, яка була на частоті 10,5 ГГц, зміщується ближче до робочої СП. При цьому спостерігається значне зменшення смуги загородження для фільтра з 3-а вирізами в резонаторі, та зсув паразитної смуги якого перевищив зсув для фільтра з 5-а вирізами. Рівень втрат у робочій СП для фільтрів з вирізами в мікросмушкових резонаторах майже не змінюється і варіюється в межах 1 дБ.

Рівень загородження поза СП росте зі збільшенням кількості вирізів. Якщо для не модифікованого фільтра найбільше загородження становило 38 дБ, то для фільтрів з кількістю вирізів $n=3$ і $n=5$ воно зросло на 13 дБ. Збільшення кількості вирізів негативно вплинуло на придушення першої паразитної СП. Рівень характеристики першого побічного каналу зріс на 7 дБ для фільтра з 3-а вирізами і майже на 10 дБ у фільтрі з 5-а вирізами в резонаторах. У разі одного вирізу – навпаки, спостерігається зниження побічного каналу на 7 дБ. Результати дослідження відхиляються від теорії, викладеної в першій частині роботи. Поруч із збільшенням придушення в окремих ділянках СП ми побачили зниження придушення побічних каналів. Найбільший коефіцієнт відбиття (рис. 4) має фільтр з 3-а вирізами, який становить 28 дБ, та який на 3 дБ більше ніж у фільтра без видалень. Для фільтра 5-а вирізами коефіцієнт відбиття становив 23 дБ, а у разі 1-го вирізу – 19 дБ. У першому побічному каналі найбільший S11 зафіксовано на рівні 8 дБ для фільтрів з 3-а та 5-а вирізами, що вдвічі більше, ніж у стандартного фільтра.

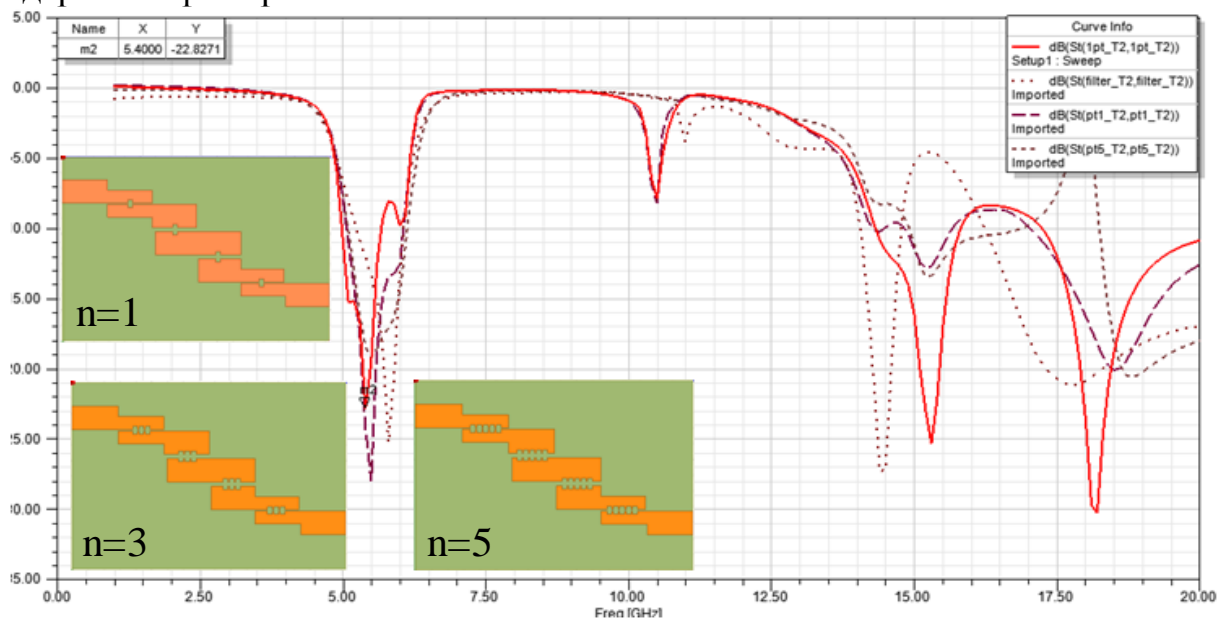


Рис. 4

На рис. 5 наведено порівняльні характеристики досліджених СФ.

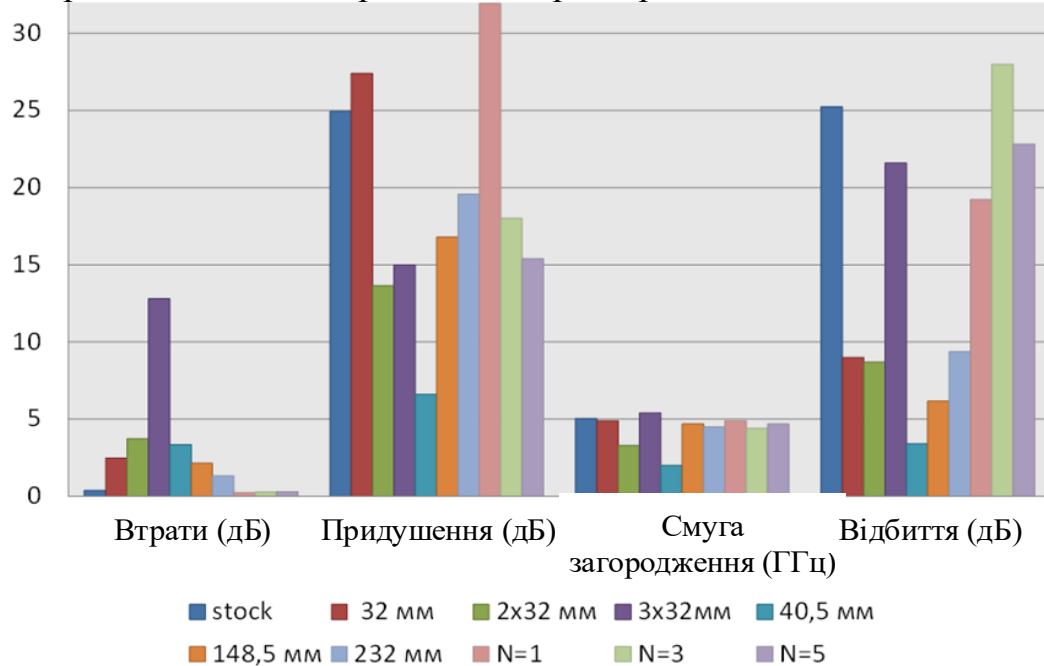


Рис. 5

Отже стрибкоподібна зміна хвильового опору за допомогою внесення вирізів в резонатори мало дає можливість зменшити втрати у СП та збільшити рівні загородження, але придушити першу паразитну смугу не вдалося. Метод часткового видалення шару екрану найкраще вплинув на частотні характеристики фільтра, одночасно вдалося збільшити відстань між основною та паразитною СП та посилити придушення паразитних смуг. Метод може бути використаний для створення широкосмугового СФ, оскільки збільшення апертури веде до збільшення ширини СП. Збільшення кількості вирізів в екрані може використовуватися для збільшення кількості СП, але це призводить до збільшення втрат у СП.