

АНАЛІЗ ВПЛИВУ КІЛЬКОСТІ РЕЗОНАТОРІВ У ХВИЛЕВІДНИХ СМУГОВИХ ФІЛЬТРАХ З ІНДУКТИВНИМИ ДІАФРАГМАМИ НА ЇХ ЧАСТОТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Вірченко Л. А., студент; Сушко О. Ю., PhD, доцент

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Використання коаксіальних і смужкових фільтрів у сантиметровому діапазоні стає складним через жорсткі допуски і малі габарити елементів фільтра. Альтернативою є використання хвилевідних ліній передач для конструювання фільтрів, що дозволяє отримати високодобротні характеристики фільтрів.

Найбільшого поширення серед фільтрів такого типу отримали смугові фільтри на об'ємних резонаторах із безпосередніми і чвертьхвильовими зв'язками, фільтри на резонансних діафрагмах та гофровані фільтри[1]. При використанні фільтрів з безпосередніми зв'язками довжина фільтра значно коротша за довжину фільтра з чвертьхвильовими зв'язками.

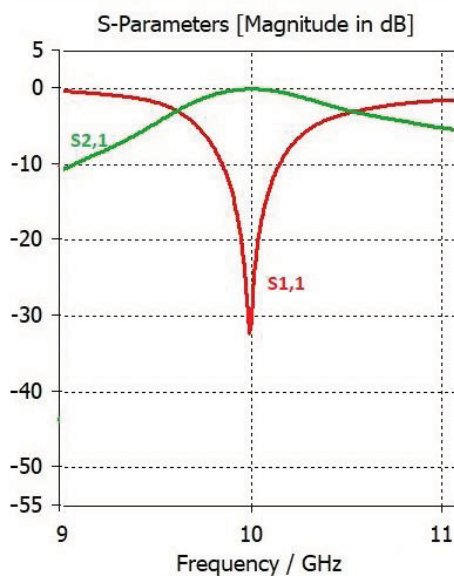


Рисунок 1. Розраховані характеристики однорезонаторного смугового фільтра. Моделювання в програмі CST Studio Suite: S1,1 — зворотні втрати, S2,1 — коефіцієнт передачі

У даному дослідженні аналізуються характеристики одно- та дворезонаторних фільтрів на індуктивних діафрагмах із безпосередніми зв'язками, розрахованих за методикою наведеною у [1]. Це ідеалізована методика, де не беруться до уваги поверхневі струми та втрати, спричинені ними. Індуктивні елементи зв'язку порівняно з ємнісними елементами зв'язку легші у виготовленні та менш критичні до допусків.

При збільшенні висоти камери, що еквівалентно збільшенню висоти діафрагм, у таких фільтрах зростає добротність і вибірковість частотної характеристики фільтра. Частотна характеристика однокамерного фільтра

полога внаслідок його малої вибірковості. Його смуга пропускання за рівнем $S_{11} < -15\text{дБ}$ рівна приблизно 0.196ГГц . Затухання у смузі пропускання становить 0.054дБ (рис. 1). Для отримання вищої вибірковості на практиці часто застосовують багатокамерні фільтри.

Вони утворюються з двох, трьох, чотирьох, і більше резонансних камер, зв'язаних безпосередніми або чверть хвилевими зв'язками. З Рис. 2, де приведені частотні характеристики дворезонаторного фільтра, видно, що смуга пропускання по рівню $S_{11} < -15\text{дБ}$ становить близько 0.218ГГц , але затухання у смузі пропускання рівне 0.1дБ , що викликано більшою кількістю неоднорідностей.

При оптимальній геометрії фільтра, число мінімумів характеристики S_{11} рівне числу камер фільтра, як видно з рис. 2 (у випадку розглянутого фільтра їх два). Розташування максимумів залежить від ступеня зв'язку камер. При зв'язку більше критичного число максимумів рівне двом (рівне числу резонансних камер).

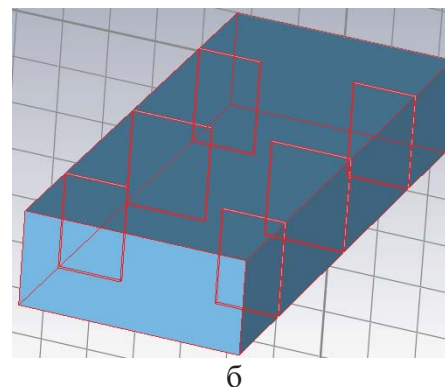
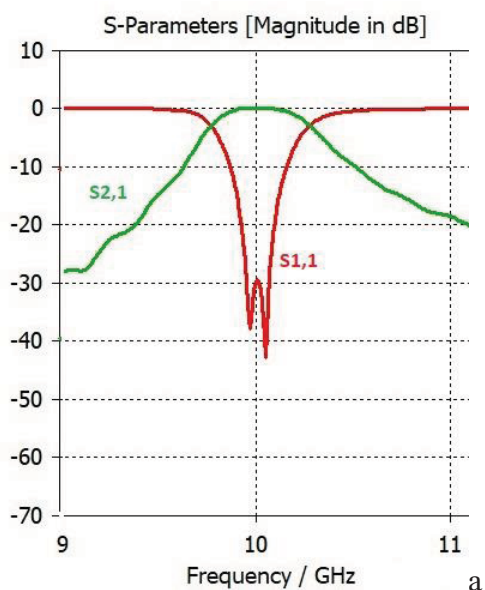


Рисунок 2. Розраховані характеристики (а) та будова (б) дворезонаторного смугового фільтра. Моделювання в програмі CST Studio Suite: $S_{1,1}$ — зворотні втрати, $S_{2,1}$ — коефіцієнт передачі

Частотна характеристика дворезонаторного фільтра збігається з частотною характеристикою двох зв'язаних контурів. Отже, ми можемо представити фільтр у вигляді еквівалентних схем із зосередженими реактивностями.

Фільтри на резонансних діафрагмах широко застосовуються при проектуванні фільтрів з шириною смуги більше 10% [2]. Хоча більша кількість резонаторів у таких фільтрах дає змогу отримати більш добротні характеристики але збільшення кількості резонаторів призводить до збільшення втрат,

оскільки при цьому неминуче збільшується кількість неоднорідностей у фільтрі, а кожна неоднорідність вносить свої втрати. Тому більш доцільно використовувати замість індуктивних діафрагм індуктивні стержні. Вони вносять менші втрати та більш технологічні, оскільки неоднорідності у вигляді стержнів дозволяють відмовитись від дорогих фрезерувальних робіт, необхідних для створення пазів при установці діафрагм у хвилевід [3]. У випадку фільтра зі стержнями при виготовленні можна візуально контролювати якість внутрішньої поверхні хвилеводу і процес пайки.

Перелік посилань

1. Устройства СВЧ и антенны: учебник / А. А. Филонов, А. Н. Фомин, Д. Д. Дмитриев [и др.]; ред. А. А. Филонов. — Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. — 492 с.
2. Расчет и измерение характеристик устройств СВЧ и антенн: учеб. пособие / Ю. Е. Мительман, Р. Р. Абдуллин, С. Г. Сычугов, С. Н. Шабунин; под общ. ред. канд. техн. наук, доц. Ю.Е. Мительмана. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. — 140 с.
3. Курушин А. А., Пластиков А. Н. Проектирование СВЧ устройств в среде CST Microwave Studio. — М. Издательство МЭИ, 2011. — 155 с.

Анотація

Розглянуто частотні характеристики смугових хвилевідних фільтрів, а також конструктивні особливості фільтрів з неоднорідностями у вигляді діафрагм та штирів. Детально описано вплив кількості діафрагм на частотні характеристики фільтрів. Збільшення кількості резонансних камер дозволяє покращити добротність, але призводить до більших втрат в смузі пропускання.

Ключові слова: індуктивна діафрагма, смуговий фільтр, хвилевідний фільтр

Аннотация

Рассмотрены частотные особенности полосовых фильтров, а также конструктивные особенности фильтров с неоднородностями в виде диафрагм и штырей. Подробно описано влияние количества диафрагм на частотные характеристики фильтров. Увеличение количества резонансных камер позволяет улучшить добротность и существенно уменьшить полосу пропускания, но приводит к большим потерям в полосе пропускания.

Ключевые слова: индуктивная диафрагма, полосовой фильтр, волноводный фильтр, частотные характеристики

Abstract

The frequency characteristics of bandpass filters and the design features of filters with inhomogeneities in the form of inductive diaphragms and pins are considered. The effect of the number of diaphragms on the frequency characteristics of the filters is described in detail. Increasing the number of resonant cavities improves the quality factor, but leads to greater losses in the passband.

Keywords: inductive diaphragm, bandpass filter, waveguide filter