

ВИЩІ ТИПИ КОЛИВАННЯ ПРЯМОКУТНОГО ДІЕЛЕКТРИЧНОГО РЕЗОНАТОРУ МІЛІМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ

Підгурська Т.В., Трубін О.О., Шелковніков Б.М.
 Науковий керівник: д-р техн. наук., проф. Трубін О.О.
 Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна
 E-mail: lileya15@gmail.com

Анотація — Розглянуті основні тенденції в області досліджень діелектричних резонаторів (ДР). Наведені результати розрахунку та моделювання вищого типу коливання квадрупольного типу в прямокутному ДР.

1. Вступ

Для реалізації пасивних та активних пристроїв НВЧ широко застосовуються ДР в діапазоні частот від 10^9 до 10^{15} Гц з нижчим робочим типом коливання [1]. Суттєвим недоліком таких резонаторів у міліметровому та більш високо частотних діапазонах є недостатня навантажена добротність.

В доповіді наводиться стислий огляд досягнень в області досліджень вищих мод ДР та результат моделювання ДР з коливанням квадрупольного типу.

2. Основна частина

Серед загальноживаних структур ДР, а саме: сферичної, циліндричної та прямокутної, наразі перші дві досліджені досить детально. Знайдені точні рішення рівнянь Максвелла для сферичного ДР, однак, для прямокутного і циліндричного використовуються приблизні моделі розрахунку, в яких в якості ДР використовується усічений діелектричний хвильвід відповідної форми. Актуальність прямокутного ДР полягає в наявності двох додаткових параметрів свободи у виборі відповідних розмірів, що дозволяє гнучко обирати розміри ДР при збереженні відповідних значень добротності та смуги пропускання.

Наразі пошуків дослідження вищих мод ДР [1], в першу чергу, через те, що навантажена добротність таких коливань більша або у випадку антен — через збільшення коефіцієнта підсилення.

В даній доповіді розглянутий вищий тип коливання «квадрупольного» типу, який досліджується вперше. В основу розрахунку характеристичного рівняння було покладено припущення, що вектори електричного поля тангенційні до бокових стінок ДР, а магнітного нормальні. Резонансні частоти такого коливання знаходяться з характеристичного рівняння

$$\sqrt{(F^2 - \pi^2 - \left(\frac{\pi w}{b}\right)^2)} \tan^{-1} \left(0,5 \frac{d}{b} \cdot \frac{b}{w} \sqrt{F^2 - \pi^2 - \left(\frac{\pi w}{b}\right)^2} \right) = -\sqrt{\pi^2 + \left(\frac{\pi w}{b}\right)^2} - \frac{F^2}{\varepsilon_r}, \quad (1)$$

де $F = \frac{2\pi w f_0 \sqrt{\varepsilon_r}}{c}$ — нормована частота; $w, d, b = 2h$ — геометричні розміри прямокутника ДР; f_0, ε_r, c — відповідно резонансна частота, відносна діелектрична проникність ДР, швидкість світла.

Для електродинамічного аналізу діелектричних резонаторів застосовують: прямі чисельні методи (кінцевих різниць, кінцевих елементів), чисельно-аналітичні методи (на основі рішення інтегральних рівнянь), наближені і комбіновані методи (геометричної оптики, розповсюдження променя) тощо. В даній роботі застосовується метод кінцевих елементів, реалізований в САПР HFSS. Розв'язки рівняння (1) для обраних значень w/b показані на рис. 1.

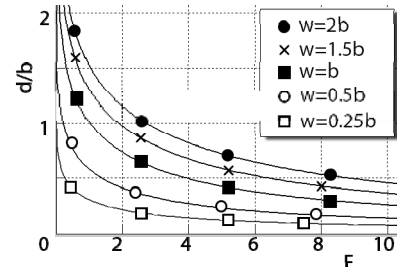


Рис. 1

Змодельований прямокут. ДР з наступними розмірами: $w = d = 7,5$ мм, $h = 15,1$ мм та $\varepsilon_r = 36$. Результат вимірювань резонансної частоти під час моделювання $f_{0_HFSS} = 5,58$ ГГц, добре узгоджується із розрахованим значенням, згідно (1) $f_{0_розрах} = 5,69$ ГГц. Похибка складає 1,9 %.

На рис.2 показані розподіли E - та H -хвиль вищого типу коливання з резонансною частотою 5,58 ГГц.

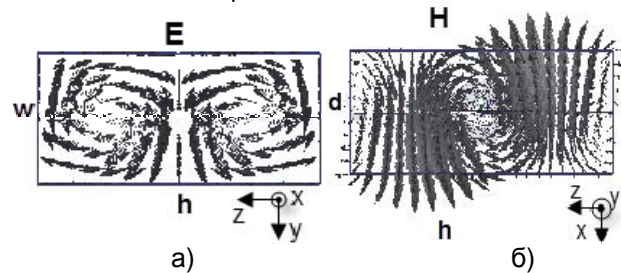


Рис. 2

3. Висновки

Розглянуті тенденції розвитку різних структур ДР, названі методи розрахунку електродинамічних систем резонаторів, а також окреслені перспективні напрямки дослідження ДР. Змодельований прямокутний ДР з використанням методу кінцевих елементів на основі характеристичного рівняння для вищого коливання «квадрупольного» типу. Розраховані та проілюстровані розподіли E - та H -полів ДР.

4. Список літератури

- [1] Pan Y.M. Design of the Millimeter-wave Rectangular Dielectric Resonator Antenna Using a Higher-Order Mode/ Y.M. Pan, K.W. Leung, K.M. Luk // IEEE Trans. on antennas and propag. — 2011. — Vol. 59, № 8. — P. 2780 — 2788.

HIGH ORDER MODES OF MM WAVE RECTANGULAR DIELECTRIC RESONATOR

Pidgurska T.V., Trubin O.O., Shelkovnikov B.M.

Scientific adviser: Trubin O.O.

Institute of Telecommunication Systems
 National Technical University of Ukraine "KPI", Ukraine

Abstract — The basic trends of dielectric resonators' (DR) studies are summarized. The results of calculation and simulation of a high order mode of a quadruple type in rectangular DR have been presented.