

ЗАСТОСУВАННЯ НЕРЕГУЛЯРНИХ ХВИЛЕВОДІВ З ДІЕЛЕКТРИКОМ В ЕЛЕКТРОННИХ КОМПЛЕКСАХ АВІАТРАНСПОРТУ

С.О. Івко, А.С. Коломієць
(Полтавський військовий інститут зв'язку)

Розглянуто можливість застосування нерегулярного комбінованого хвильоводно-діелектричного резонатору в якості елемента направлених антен льотно-підйомних засобів. Щілинні антени на комбінованих хвильоводно-діелектричних резонаторах дозволяють створювати не виступаючі над поверхнею обшивки антени, що актуально для об'єктів, які швидко рухаються, наприклад літаків або ракет. В роботі розглянуті питання визначення зовнішніх параметрів нерегулярного хвильоводно-діелектричного резонатору з щілинами в бічних поверхнях, для випадку, коли діелектрична пластина прямокутного поперечного перетину не торкається стінок хвильоводу. Проведений електродинамічний аналіз нерегулярного комбінованого хвильоводно-діелектричного резонатору з щілинами в широкій та вузькій стінках дозволив визначити провідності, що характеризують направлені властивості щілин.

нерегулярний комбінований хвильоводно-діелектричний резонатор, направлена антена, льотно-підйомний засіб, щілинна антена

Актуальність теми. Одними з найбільш поширених типів антен з нульовим аеродинамічним опором являються щілинні антени, що обумовлює їх застосування в електронних комплексах льотно-підйомних засобів. На антени, що розташовують на швидкісних аерокосмічних об'єктах, крім зазначеного, накладаються додаткові вимоги щодо зменшення їх масо-габаритних показників.

Щілинні антени характеризуються високим коефіцієнтом корисної дії і добрими діапазонними властивостями. Та все ж прорізання щілини в обшивці літака приводить до ослаблення міцності його конструкції, що обмежує допустимі розміри щілини [2].

В перспективній техніці зв'язку, системах радіолокації і радіонавігаційних системах тракти надвисокої частоти (НВЧ), які розраховані на великі рівні потужності можуть бути реалізовані на нерегулярних хвильоводах з діелектричним заповненням. Це дозволить знизити масо-габаритні показники не тільки трактів але й пристроїв НВЧ, а також покращити їх електричні характеристики [3].

Постановка задачі. Визначення електричних характеристик щілин-

них антен одностороннього випромінювання при розподіленому збудженні щілини на плоских екранах, є складною задачею яка вирішується дифракційним методом або методом поверхневих струмів. Для розробки пасивних пристроїв НВЧ, таких як мости, направлені відгалужувачі, фільтри необхідно також знання зовнішніх параметрів відрізків нерегулярних хвелеводів з отворами в бічних стінках. Питання визначення зовнішніх параметрів нерегулярного хвелеводно-діелектричного резонатора (НХДР) з щілинами в бічних поверхнях, розглядається для випадку, коли діелектрична пластина прямокутного поперечного перетину не торкається стінок хвелеводу. Під нерегулярним резонатором розуміється комбінований хвелеводно-діелектричний резонатор з щілинами в бічних поверхнях.

Збудження хвелеводно-щілинних антен виникає тільки при перетині ними поверхневих струмів провідності, тому розглядаються випадки, для щілини 1 в широкій та щілини 2 в вузькій стінках хвелеводу (рис. 1).

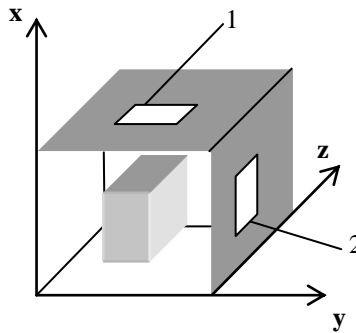


Рис. 1. Нерегулярний хвелеводно-діелектричний резонатор з щілинами в бічних поверхнях

Провідність Y_{\perp} що характеризує розподіл поля на поперечній щілині в широкій стінці НХДР визначається за формулою [1]:

$$Y_{\perp} = \frac{1}{2} Y_{\sim} N_{\perp} + jB_{\perp}, \quad (1)$$

де Y_{\sim} – хвильова провідність прохідного прямокутного хвелеводу; jB_{\perp} – реактивна провідність, враховуюча реакцію місцевих полів виникаючих на стикі НХДР та щілини;

$$N_{\perp} = \int_{S_{\perp}} [\bar{n} \bar{\mathcal{E}}_{\perp}] \bar{\mathcal{E}}_{\perp v} \cos \tilde{\gamma}_{h10} z dS; \quad Y_{\sim} = (aY_d / 2b) \sqrt{\epsilon_{ef} - (\lambda_0 / \lambda_{1p})^2};$$

$$\begin{aligned} \mathbf{jB}_{\perp} &= \sum_{v=1}^{\infty} N_1^2 Y_{dv}; \quad N_1 = \int_{S_{\perp}} \bar{\epsilon}_{\perp} \bar{\epsilon}_{dv} dS; \\ \bar{\epsilon}_{\perp v} &= \sqrt{128/dl(64+q^2+r^2+q^2r^2)} \times \\ &\times [Ce_1'(x,q)Ce_0(z,r)\bar{x}^0 + Ce_1(x,q)Ce_0'(z,r)\bar{y}^{\circ}]; \end{aligned}$$

де $Ce_0(z,r), Ce_1(x,q)$ – парні функції Мат'є нульового і першого порядків; $Ce_0'(z,r), Ce_1'(x,q)$ – похідні парних функцій Мат'є; ϵ_{ef} – ефективна діелектрична проникність визначається за методикою викладеною в [2]; a, b – розміри широкої і вузької стінок прямокутного хвилеводу; d, l – ширина і довжина щілини прямокутної форми; Y_{mn} – характеристичні провідності вищих типів хвиль НХДР; $\bar{\epsilon}_{\perp}, \bar{\epsilon}_{dv}$ – апроксимуюча функція поля на щілині і поперечні електричні власні векторні функції НХДР [4]; S_{\perp} – площа щілини.

Для Е-сполучення, апроксимуючою функцією може бути вибрана парна функція з набору власних функцій частково заповненого прямокутного хвилеводу у відповідних координатах [2]:

$$\bar{\epsilon}_{\perp} = \sqrt{128/dl(64+q^2)} Ce_1(x,q)\bar{z}_0. \quad (2)$$

Вираз для коефіцієнта трансформації N_{\perp} з урахуванням апроксимуючої функції (2) прийме вигляд

$$N_{\perp} = F \int_{S_{\perp}} Ce_0(z,r) Ce_1(x,q) Se_1(x,q) \cos \tilde{\gamma}_{h10} z dS, \quad (3)$$

де $F = 128/dl \sqrt{(64+q^2+r^2+q^2r^2)(64+q^2)}$; $Se_1(x,q)$ – непарна функція Мат'є першого порядку.

Коефіцієнт трансформації може бути знайдений декількома способами.

Перший спосіб полягає в розкладі функцій Мат'є за тригонометричними функціями, а другий в ряди по функціям Беселя.

Розглянемо НХДР з поздовжнім отвором у вузькій стінці. Провідність такого хвилеводу визначається за формулою:

$$Y_z = \frac{1}{2} Y_{\sim} N_z + jB_z, \quad (4)$$

$$\text{де} \quad N_z = (\chi_{h10} / \tilde{\gamma}_{h10}) \int_{S_z} [\bar{n} \bar{\epsilon}_z] \bar{\epsilon}_{zv} \cos \tilde{\gamma}_{h10} z dS;$$

$$\bar{\epsilon}_{zv} = \sqrt{128/dl(64+p^2+r^2+p^2r^2)} Ce_1(y,p) Ce_0(z,r)\bar{z}^{\circ};$$

$$j\mathbf{B}_z = \sum_{v=1}^{\infty} N_2^2 Y_{dv}; \quad N_2 = \int_{S_2} \bar{\epsilon}_z \epsilon_{dv} dS;$$

χ_{h10} – поперечне хвильове число НХДР при розповсюдженні в ньому основної хвилі квазі- H_{10} .

Для Н-сполучення апроксимуюча функція поля на отворі має вигляд

$$\bar{\epsilon}_z = \sqrt{128/dl(64+r^2)} Ce_1(z,r) \bar{y}^\circ \quad (5)$$

Вираз для коефіцієнта трансформації N_z з урахуванням апроксимуючої функції (5) прийме вигляд

$$N_z = G(\chi_{h10} / \tilde{\gamma}_{h10}) \int_{S_z} Ce_1(y,p) Ce_0(z,r) Ce_1(z,r) \cos \tilde{\gamma}_{h10} z dS, \quad (6)$$

де $G = 128/dl \sqrt{(64+p^2+r^2+p^2r^2)(64+r^2)}$.

Обчислення інтегралу (6) також можливо двома способами.

Висновки. Проведені дослідження [4] показують, що труднощі визначення провідностей Y_1, Y_2 по формулах (1) та (4) пов'язані перш за все із знаходженням коефіцієнтів трансформації N_\perp, N_z (3) та (6). Обчислення активних провідностей Y не викликає труднощів, а по обчисленню реактивних типу B_1, B_2 накопичений певний досвід [2]. Таким чином, запропонований в роботі теоретичний підхід може бути основою інженерного проектування пристроїв НВЧ на НХДР для різних радіофізичних систем, у тому числі і хвилеводно-щілинних антен льотно-підйомних засобів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Машковцев Б.М., Цибизов К.Н., Емелин Б.Ф. Теория волноводов. – М.: Наука, 1966. – 351 с.
2. Почерняев В.Н. Устройства на частично заполненных диэлектриком волноводах. – К.: УКНИПСК, 2000. – 224 с.
3. Резников Г.Б. Самолетные антенны. – М.: Сов. радио, 1962. – 365 с.
4. Почерняев В.М., Івко С.О. Зовнішні параметри частково заповненого прямокутного хвилеводу з отворами в боковій поверхні // Зб. наук. пр. КВІУЗ. – 2000. – №5. – С. 120 – 124.

Надійшла 13.07.2005

Рецензент: доктор технічних наук, професор О.М. Фоменко,
Харківський університет Повітряних Сил.