

МНОГОСЛОЙНЫЙ ОТКРЫТЫЙ КОАКСИАЛЬНЫЙ ВОЛНОВОД

Использование новых типов направляющих систем позволит расширить возможности современных функциональных узлов СВЧ. Одной из таких систем является многослойный феррито-диэлектрический волновод с проводящим стержнем. На его основе возможно создание оригинальных открытых резонаторов, которые в отличие от известных диэлектрических резонаторов с проводящими стержнями [1] могут перестраиваться с помощью слабых внешних полей.

Рассмотрим поперечно неоднородную открытую бесконечную систему (см. рисунок), предполагая, что внутренний цилиндрический стержень идеально проводящий ($\sigma = \infty$), остальные области запол-

нены изотропными материалами без потерь (диэлектрическая и магнитная проницаемости в i -й области равны $\epsilon_i = \epsilon_0 \epsilon_{ri}$, $\mu_i = \mu_0 \mu_{ri}$), причем $\epsilon_1 \mu_1 > \epsilon_5 \mu_5 > \epsilon_2 \mu_2$.

Зависимость от времени примем в форме $e^{i\omega t}$, а от координаты z в форме $e^{-i\chi_2 z}$, где χ_2 — продольное волновое число; $\omega = 2\pi f$ — круговая частота.

Собственные функции и значения системы определим обычным методом [2]. Зададим поля в каждой области в наиболее общем виде. Во внутренней области электромагнитное поле, по определению, отсутствует. В области I функции E_z и H_z равны

$$\left. \begin{aligned} E_{z1} &= [A_1 J_n(\chi_1 r) + A_3 N_n(\chi_1 r)] \cos n\alpha, \\ H_{z1} &= [B_1 J_n(\chi_1 r) + B_3 N_n(\chi_1 r)] \cos(n\alpha - \varphi) \end{aligned} \right\} R_2 \leq r \leq R_3. \quad (1)$$

В области II

$$\left. \begin{aligned} E_{z2} &= A_2 K_n(\chi_2 r) \cos n\alpha, \\ H_{z2} &= B_2 K_n(\chi_2 r) \cos(n\alpha - \varphi). \end{aligned} \right\} r \geq R_3. \quad (2)$$

В области V

$$\left. \begin{aligned} E_{z5} &= [A_4 I_n(\chi_5 r) + A_5 K_n(\chi_5 r)] \cos n\alpha, \\ H_{z5} &= [B_4 J_n(\chi_5 r) + B_5 K_n(\chi_5 r) \cos(n\alpha - \varphi)] \end{aligned} \right\} R_1 \leq r \leq R_2. \quad (3)$$

В уравнениях (1)—(3) A_q , B_q — неизвестные постоянные коэффициенты; $J_n(p)$, $N_n(p)$ — функции Бесселя и Неймана n -го порядка, соответственно; $I_n(p)$ — модифицированная

функция Бесселя; $K_n(p)$ — функция Макдольда, $n = 0, 1, 2, \dots$; χ_i — поперечное волновое число в i -й области. Связь между волновыми числами χ_i и χ_z определяется следующим образом: $\chi_1^2 = k_1^2 - \chi_z^2$; $\chi_2^2 = \chi_z^2 - k_2^2$; $\chi_5^2 = \chi_z^2 - k_5^2$, откуда

$$\begin{aligned} \chi_1^2 + \chi_2^2 &= k_1^2 - k_2^2; \quad \chi_1^2 + \chi_5^2 = \\ &= k_1^2 - k_5^2, \end{aligned} \quad (4)$$

где $k_i^2 = \omega^2 \varepsilon_i \mu_i$.

Определив из уравнений Максвелла поперечные зависимости поля, накладывая требования их непрерывности на границах раздела $r \in (R_2 \cap R_3)$ и учитывая граничные условия для E_z и E_α при $r = R_1$, получим систему уравнений с неизвестными коэффициентами A_q и B_q . Решение системы существует, если ее определитель равен нулю. Полученное дисперсионное уравнение системы имеет вид

$$n^2 f(\chi r, k) = F^e(\gamma_2^e, \chi r) F^h(\gamma_2^h, \chi r). \quad (5)$$

Рассмотрим случай, когда $n = 0$. Тогда уравнение (5) распадается на два независимых уравнения, соответствующих E - и H -волнам:

E -волны

$$F^e(\gamma_2^e, \chi r) = \frac{M + \gamma_2^e S}{\gamma_2^e D + T} + \frac{N_0(x) W(\chi r) - N_1(x) V(\chi r)}{J_1(x) V(\chi r) - J_0(x) W(\chi r)}; \quad (6)$$

H -волны

$$F^h(\gamma_2^h, \chi r) = \frac{M + \gamma_2^h S}{\gamma_2^h D + T} - \frac{N_0(x) X(\chi r) - N_1(x) Y(\chi r)}{J_1(x) Y(\chi r) - J_0(x) X(\chi r)}, \quad (7)$$

где

$$M = \chi_1 K_1(l) N_0(y); \quad S = \chi_2 K_0(l) N_1(y); \quad D = \chi_2 K_0(l) J_1(y);$$

$$T = \chi_1 K_1(l) J_0(y); \quad W(\chi r) = \chi_1 [K_1(d) I_0(h) + K_0(h) I_1(d)];$$

$$V(\chi r) = \chi_5 \gamma_5^e [K_0(h) I_0(d) - K_0(d) I_0(h)];$$

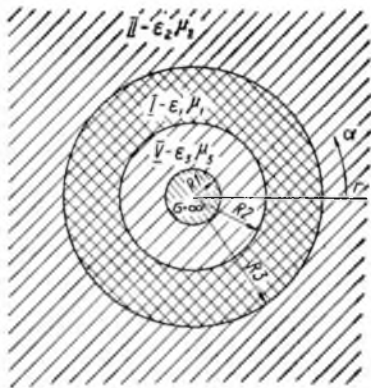
$$X(\chi r) = \chi_1 [K_1(h) I_1(d) - K_1(d) I_1(h)];$$

$$Y(\chi r) = \chi_5 \gamma_5^h [K_0(d) I_1(h) + K_1(h) I_0(d)];$$

$$l = \chi_2 R_3; \quad x = \chi_1 R_2; \quad y = R_3 x / R_2; \quad d = \chi_5 R_2;$$

$$h = R_1 d / R_2; \quad \gamma_2^h = \mu_1 / \mu_2; \quad \gamma_2^e = \varepsilon_1 / \varepsilon_2.$$

Уравнения (6) и (7) решаются совместно с (4) численным путем.



1. *Кравец Е. Н., Куц С. Н.* Поля открытых диэлектрических резонаторов с проводящими стержнями.— Вестн. Киев. политехн. ин-та. «Радиотехника», 1979, вып. 16, с. 20—22. 2. *Никольский В. В.* Электродинамика и распространение радиоволн. М., Наука, 1973. 607 с.

Поступила в редколлегию 01.09.79

E. N. Kravets, S. N. Kushch

MULTILAYER OPEN COAXIAL WAVEGUIDE

The dispersion's equation of multilayer coaxial waveguide is obtained.