

**РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВОЛН  
В СИСТЕМЕ МНОГОВОЛНОВЫХ ВОЛНОВОД —  
ОТКРЫТЫЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РЕЗОНАТОР**

Подход к расчету коэффициентов отражения  $\Gamma_s$  и передачи  $T_s$  одноволновых систем с диэлектрическими резонаторами (ДР), основанный на применении теоремы о среднем [1], а также многоволновых систем с ДР, при котором используется обобщенная теорема о среднем [2, 3], при расчете коэффициентов преобразования волн  $R_s$  в общем случае не пригоден. Коэффициенты  $R_s$  должны определяться в результате решения более общей задачи, когда представляемые точечными диполями ДР расположены в особых точках (ОТ) [2, 3] (где они выделяют волну только одного типа), а распространяющиеся волны имеют индексы различной четности —  $E(H)_{2m, 2n}$ ,  $E(H)_{2k+1, 2t+1}$ , где  $n, m, k, t=0, 1, 2, 3, \dots$ , а  $s=(2k+1, 2m; 2n, 2t+1)$ . Анализ решения задачи с учетом конечных размеров ДР позволит выработать рекомендации по выбору, установке и ориентации ДР для минимального преобразования волн в фильтрующих системах. Из общего решения автоматически определяются и поправки для  $\Gamma_s$  и  $T_s$ .

Представляя исследуемую систему многополюсником, опишем ее матрицей рассеяния [S]

$$[S] = \begin{bmatrix} S_{aa} & S_{ab} \\ S_{ba} & S_{bb} \end{bmatrix},$$

где субматрицы  $[S_{aa}]$  и  $[S_{bb}]$  характеризуют обобщенные коэффициенты отражения от входа и выхода, а  $[S_{ab}]$ ,  $[S_{ba}]$  — обобщенные коэффициенты передачи (преобразования от выхода ко входу и от входа к выходу многополюсника соответственно). В случае выделения (при  $\omega = \omega_0$ ) ДР волны только одного типа, диагональный —  $S_{ii}$  и внедиагональный —  $S_{ji}$  элементы субматрицы  $[S_{aa}]$  представим в виде

$$[\widehat{S}_{ii}] = \widehat{\beta}_i / D; \quad [\widehat{S}_{ji}] = \widehat{\beta}_p / D, \quad (1)$$

где  $\beta_i = P_{i\text{изл}} / P_n$ ;  $P_{i\text{изл}}$  — мощность излученная ДР в одно из плеч  $i$ -го канала;  $P_n$  — мощность тепловых потерь ДР для основного вида колебаний, рассчитываемая с учетом соотношения Кра-

мерса — Кронига;  $D = 1 + \sum_{q=1}^N \widehat{\beta}_q$ ;  $\Lambda$  — показывает, что расчет про-

водится с учетом конечных размеров резонатора и интегрирование по объему ведется для всех полей; падающая волна принадлежит  $i$ -му каналу, а излученная  $p$ — $j$ -му каналу ( $i, p \leq m$ );

$m$  — число каналов волн. Выражения для диагональных и внедиагональных элементов субматрицы  $[S_{bb}]$  вычисляются аналогично (1).

С целью упрощения вычислений и получения окончательных результатов в виде, удобном для программирования, введем параметр преобразований  $F_{pl}$

$$F_{pl} = N_l \int_V \vec{J}_{(l)}^m \vec{H}_p dv / j N_p \omega_0 \mu_0 \vec{M}_{(l)} \vec{H}_{(l)}, \quad (2)$$

где  $N_l$ ,  $N_p$ , — нормы  $l$ -й  $p$ -й волн;  $j = \sqrt{-1}$ ,  $\vec{J}_{(l)}^m$  — сторонний магнитный ток;  $\mu_0$  — магнитная постоянная;  $\vec{M}$  — дипольный магнитный момент ДР;  $\vec{H}_p$  —  $p$ -я собственная волна. Используя  $F_{pl}$ , (1) можно представить через уже рассчитанные параметры  $\beta_l$ , полученные в приближении точечного диполя [3]. Тогда

$$[\widehat{S}_{ii}] = \beta_l F_{li} / G, \quad |R_s| = |S_{ji}| = \beta_l F_{pl} / G, \quad (3)$$

где  $G = 1 + \sum_{q=1}^N \beta_l F_{ql}$ . Отметим, что при вычислении  $F_{pl}$  даже несобственный интеграл от функции продольного поля  $f(z)$ , абсолютно интегрируемой на плусси, в общем случае должен рассматриваться с симметричными пределами.

Рассмотрим частные случаи. При выделении в многоволновом прямоугольном волноводе волны  $H_{10}$  [2] прямоугольным ДР с видом колебаний  $\langle H_{11\delta} \rangle$ , параметр  $F_{10,10}$  имеет вид

$$F_{10,10} = \frac{\left[ \frac{\sin(q+t)}{q+t} + \frac{2 \sin t}{t} + \frac{\sin(q-t)}{q-t} \right] \chi_{\perp} t \sin t + 4 \cos^2 t}{4(\chi_{\perp} \sin^2 t + \cos^2 t)},$$

где  $q = \pi L/a$ ;  $a$  и  $b$  — размеры поперечного сечения волновода ( $a \geq b$ );  $L$  — толщина ДР, имеющего поперечные размеры  $A$  и  $B$  ( $A \geq B$ );  $t = \pi \delta/2$ ;  $\delta$  — часть полуволны в интервале  $(-L/2 \div +L/2)$ ;  $\chi_{\perp}$  — поперечная компонента диагонального тензора

↔

электрической восприимчивости  $\chi$  материала ДР. При точном расположении центра тяжести ДР в ОТ  $F_{p,10} = 0$  ( $p \neq 10$ ). В случае выделения волны  $H_{20}$  [2], упрощенное выражение для  $F_{20,20}$  имеет вид  $F_{20,20} = 1 - (2A/a)^2 (\pi^2 - 8)$ , а  $F_{p,20} = 0$  ( $p \neq 20$ ).

Выражения (1) и (3) справедливы и в случае  $\langle E \rangle$  — колебаний ДР, а  $F_{p,l}^E$  рассчитываются аналогично (2). Например, при выделении прямоугольным ДР с видом колебаний  $\langle E_{11\delta} \rangle$  волны  $H_{10}$ , —  $F_{10,10}^E = S$ , а при выделении волны  $E_{11}$ , —  $F_{11,11}^E = S [1 + \cos(\pi B/b)] / [1 - (2B/t)^2]$ . В этих выражениях  $S = 0,5 [1 + \cos(\pi A/a)] / [1 - (2A/a)^2]$ .

**Список литературы:** 1. *Алексеичик Л. В. и др.* Возбуждение открытого диэлектрического резонатора в линии передачи.—Раднотехн. и электрон., 1972, т. 17, 11, с. 2261—2269. 2. *Ильченко М. Е., Куц С. Н.* Диэлектрический резонатор в волноводных фильтрах типов волн.—Вестн. Киев. политехн. ин-та. Серия радиотехн. и электроак., 1973, 10, с. 22—24. 3. *Куц С. Н.* Частотно-селективное разделение волн в линиях передачи СВЧ.—Вестн. Киев. политехн. ин-та. Серия радиотехн. и электроак., 1975, 12, с. 24—27.

*S. N. Kushch*

DESIGN SOEFFICIENTS TRANSDUCE WAVE IN THE SYSTEM  
MULTIMODE WAVEGUIDE-OPEN DIELECTRIC RESONATOR <sup>1</sup>

The element of matrix scattering multimode systems with dielectric and ferromagnetic resonators are obtained with help parameters coupling. Parameters coupling rectangular dielectric resonator with E- and H-mode are calculated.