

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

Подход к расчету коэффициентов отражения Γ_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 Γ_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 $\beta_i = P_{\text{изл}} / P_{\text{п}}$; $P_{\text{изл}}$ — мощность излученная ДР в одно из плеч i -го канала; $P_{\text{п}}$ — мощность тепловых потерь ДР для основного вида колебаний, рассчитываемая с учетом соотношения Кра-

мерса — Кронига; $D = 1 + \sum_{q=1}^N \widehat{\beta}_q$; Λ — показывает, что расчет проводится 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; μ_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 β_l , полученные в приближении точечного диполя [3]. Тогда

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

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 ($A \geq B$); $t = \pi \delta/2$; δ — часть полуволны в интервале $(-L/2 \div +L/2)$; χ_{\perp} — поперечная компонента диагонального тензора

↕
электрической восприимчивости χ 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. *Алексейчик 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 ¹

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.