

Из анализа следует, что чем ближе рассматриваемая точка находится к началу системы координат (центру ВЭС), тем меньше членов ряда (4) необходимо для нахождения магнитного поля с заданной точностью. С ростом отношения r/r_v растет вклад в сумму (4) членов с высокими значениями индексов l и m , что связано с большей неоднородностью магнитного поля витка. Поэтому при увеличении относительных размеров ГР вырастет количество высших типов магнитоэлектрических колебаний резонатора, возбуждение которых зависит от наличия соответствующей сферической гармоники в разложении (4).

1. Джексон Дж. Классическая электродинамика. М.: Мир, 1965. 704 с.
 2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных сотрудников и инженеров. М.: Наука, 1974. 832 с.
 3. Никольский В. В. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Наука, 1978. 544 с.
 4. Новицкас М. М., Шугуров В. К. Линейный ферромагнитный резонанс в малых ферритовых образцах. Вильнюс: Мокслас, 1978. 148 с.

Поступила в редколлегию 15.09.86

УДК 621.372.413

А. А. ТРУБИН, мл. науч. сотр.

РЕЗОНАНСНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ШАРА В СВОБОДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

В статье представлены исследования параметров металлодиэлектрического шара при условии вырождения основных электрических и магнитных колебаний, а также расчет коэффициентов связи этого вида открытых диэлектрических резонаторов (ОДР) со свободным пространством с учетом потерь в металле.

Результаты расчета коэффициентов связи металлодиэлектрического шара со свободным пространством имеют вид:

для магнитных колебаний H_{nmt}

$$k_s = 2 |\psi_n(p)/y_n(q)|^2 / \{ [x^3 \{\psi_n^2(x) - \psi_{n-1}(x)\psi_{n+1}(x)\}]_s^2 / (V\sqrt{\varepsilon_{1r}Q_0} + k_0\Delta_0/s^2); \quad (1)$$

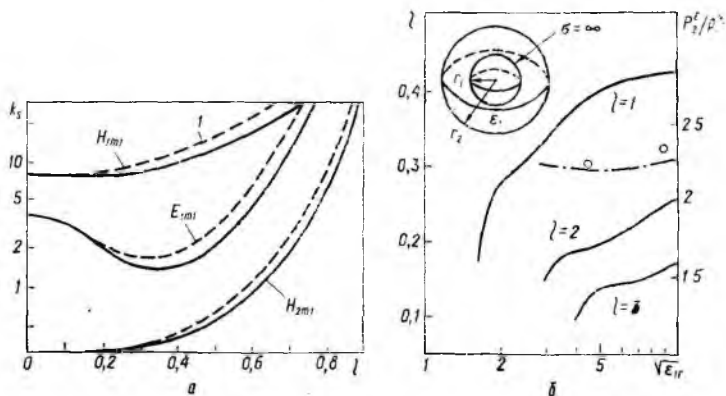
для электрических колебаний E_{nmt}

$$k_s = 2\varepsilon_{1r}(2n+1) |\psi_n(p)/y_n(q)|^2 / \{ [x^3(n+1)\{\psi_{n-1}^2(x) - \psi_{n-2}(x)\psi_n(x)\} + x^3n\{\psi_{n+1}^2(x) - \psi_{n+2}(x)\psi_n(x)\}]_s^2 / (V\sqrt{\varepsilon_{1r}Q_0} + (2n+1)k_0\Delta_0),$$

где $\psi_n(x)$ — линейная комбинация сферических функций $j_n(x) = \sqrt{\frac{\pi}{2x}} I_{n+1/2}(x)$; $y_n(x) = \sqrt{\frac{\pi}{2x}} Y_{n+1/2}(x)$, коэффициенты которой имеют вид: $a_1 = y_n(s)$, $b_1 = -j_n(s)$ — для магнитных колебаний; $a_1 = \frac{d}{ds} \{s y_n(s)\}$; $b_1 = -\frac{d}{ds} \{s j_n(s)\}$ — для электрических колебаний; $[f(x)]_s^p = f(p) - f(s)$; $Q_0 = 1/tg \delta$; $s = k_1 r_1$; $p = k_1 r_2$; $q =$

$= k_0 r_2$ — характеристические параметры, определяемые из решения задачи собственных колебаний [2]; Δ_0 — глубина проникновения [1]; $k_0 = \omega \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$; $k_1 = \sqrt{\epsilon_{1r}} k_0$.

На рисунке приведены результаты вычислений коэффициентов связи металлodieлектрического шара со свободным пространством при вариации отношения радиуса металлической неоднородности r_1 к радиусу диэлектрического шара r_2 : $\nu = r_1/r_2$.



Расчет проводился для случая: $\epsilon_{1r}=81$; $f=4$ ГГц; $\Delta_0=64,2/\sqrt{f}$ мм (серебро); $Q_0=10^3$. Коэффициенты связи, рассчитанные без учета потерь в металле, изображены пунктирными кривыми, а с учетом потерь в металле — сплошными. Видно, что при $\nu < 0,1$ потерями в металле можно пренебречь. Однако следует учитывать, что с увеличением частоты потери в металле возрастают, поэтому при расчете связи их следует принимать во внимание. Отметим аномальное поведение коэффициентов связи электрических видов колебаний при увеличении размера металлической неоднородности. Наблюдаемое уменьшение связи можно объяснить втягиванием поля собственных колебаний внутрь диэлектрика. Поле магнитных колебаний H_{1m1} , H_{2m1} выталкивается из материала ОДР металлической неоднородностью, поэтому излучение из резонатора возрастает, а мощность потерь в диэлектрике уменьшается. Коэффициенты связи при этом увеличиваются.

Результаты расчета кривых совпадения частот электрических E_{1m1} и магнитных H_{1m1} колебаний металлodieлектрического шара приведены на рисунке (б). Как видно, с увеличением относительной диэлектрической проницаемости размер металлической неоднородности возрастает, а с увеличением номера корня l — уменьшается. Штрих-пунктирная кривая изображает отношение частоты колебания E_{1m2} к частоте вырожденных колебаний H_{1m1} , E_{1m1} . Эта зависимость показывает, что разре-

жение спектра при $\sqrt{\epsilon_{1r}} > 3$ равно приблизительно 2,25. Результаты измерения отношения частот таких ОДР показаны кружками.

Рассмотренный вид диэлектрических резонаторов может быть использован в качестве элементов фильтров СВЧ с эллиптической характеристикой.

1. Никольский В. В. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Наука, 1973. 607 с. 2. Трубин А. А. О влиянии металлической неоднородности на резонансные колебания диэлектрического шара // Вестн. Киев. политехн. ин-та. Радиотехника. 1984. Вып. 21. С. 81—82.

Поступила в редколлегию 15.09.86

УДК 621.372.54.073 : 372

В. С. АЗАРОВ, асп.

УСЛОВИЕ ОТСУТСТВИЯ ПРЕДЕЛЬНЫХ ЦИКЛОВ ПОСТОЯННОГО УРОВНЯ В ВЫСОКОДОБОТНЫХ ЗВЕНЬЯХ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Рассмотрим цифровой фильтр (ЦФ) второго порядка, в котором используется усечение результатов арифметических операций. Его разностное уравнение имеет вид

$$y(n) = \gamma_0(n) [x(n) + \gamma_1(n) b_1 y(n-1) + \gamma_2(n) b_2 y(n-2)], \quad (1)$$

где $\gamma_k(n)$ — коэффициенты усечения, $k = 0, 1, 2$, и $\gamma_k(n) = 0$ или $0,5 < \gamma_k(n) \leq 1$.

Перепишем (1)

$$y(n) = \gamma_0(n) x(n) + \gamma'_1(n) b_1 y(n-1) + \gamma'_2(n) b_2 y(n-2), \quad (2)$$

где $\gamma'_k(n) = \gamma_0(n) \gamma_k(n)$, $k = 1, 2$, и $\gamma'_k(n) = 0$ или $0,25 < \gamma'_k(n) \leq 1$.

Рассмотрим возможность возникновения в ЦФ, описываемом уравнением (2), предельных циклов при нулевом входе, т. е. при $x(n) = 0$. Причем будем исследовать только предельные циклы постоянного уровня, для которых $|y(n)| = \text{const}$. В этом случае переменные $\gamma'_k(n)$, $k = 1, 2$ становятся константами, и тогда передаточная функция ЦФ примет вид

$$H(z) = \gamma_0 / (1 - \gamma'_1 b_1 z^{-1} - \gamma'_2 b_2 z^{-2}).$$

Известно [1], что фильтр с такой передаточной функцией будет устойчив, если его коэффициенты находятся внутри треугольника устойчивости, что соответствует неравенству

$$\gamma'_2 b_2 > \gamma'_1 |b_1| - 1, \quad |b_2| < 1. \quad (3)$$

Учитывая, что $\gamma'_{1\max} = 1$, а $\gamma'_{2\min} = 0,25$, неравенство (3) можно свести к выражению

$$0,25 b_2 > |b_1| - 1. \quad (4)$$