

ПОЛУСФЕРИЧЕСКАЯ РЕЗОНАТОРНАЯ АНТЕННА С ТРЕХСЛОЙНОЙ
(ДИЭЛЕКТРИК-МЕТАМАТЕРИАЛ-ДИЭЛЕКТРИК) ОБОЛОЧКОЙ

Н.С. Князев¹

(¹ Екатеринбург, ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»,
NKnyazev@yandex.ru;)

HEMISPHERICAL RESONATOR-SLOT ANTENNA WITH 3-LAYER
(CONVENTIONAL DIELECTRIC-METAMATERIAL- CONVENTIONAL DIELECTRIC) SHELL

N.S. Knyazev

Рассмотрим полусферическую антенну над проводящим экраном с многослойной диэлектрической оболочкой (рис.1).

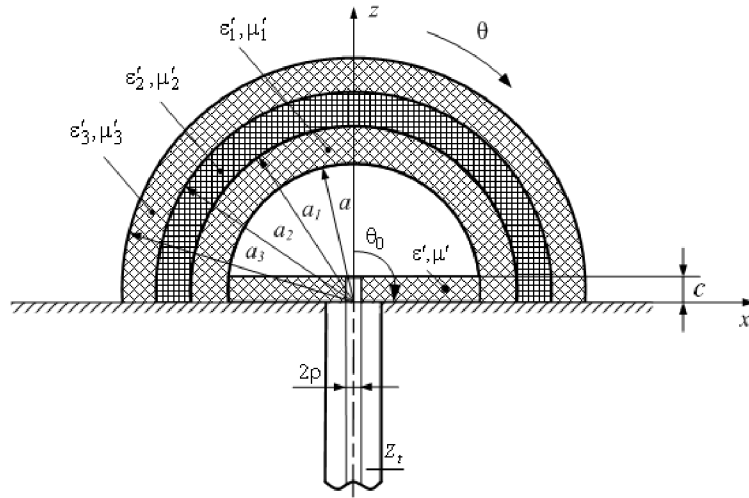


Рис. 1

На рисунке a - радиус двух проводящих сферических сегментов, θ_0 - угол, определяющий положение щели на сфере, c - высота резонатора, ε, μ - диэлектрическая и магнитная проницаемость материала, заполняющего резонатор, ρ - радиус штыря, являющегося продолжением проводника коаксиальной линии питания, $a_{1,2,3}$ - радиусы оболочек, $\varepsilon'_{1,2,3}$ и $\mu'_{1,2,3}$ - диэлектрическая и магнитная проницаемость первой, второй и третьей оболочек соответственно.

Входное сопротивление сферической резонаторной антенны определялось в [1]:

$$\tilde{Z}_{\text{вх}} = \tilde{R}_{\text{вх}} + iX_{\text{вх}} = \tilde{Z}_i + \frac{|N_i|^2}{\tilde{Y}_i + \tilde{Y}_r}, \quad (1)$$

где $\tilde{Y}_r = G_r + iB_r$ - внешняя проводимость щели [2],

$$\tilde{Y}_i = i\sqrt{\frac{\varepsilon'}{\mu'}} \cdot \frac{2\pi}{\tilde{c}} \cdot \frac{J_1(k_0 a \sqrt{\varepsilon' \mu'})}{J_0(k_0 a \sqrt{\varepsilon' \mu'})}, \quad N_i = \frac{J_0(k_0 a \cdot \tilde{\rho} \sqrt{\varepsilon' \mu'})}{J_0(k_0 a \cdot \sqrt{\varepsilon' \mu'})},$$

$$\tilde{Z}_i = i\sqrt{\frac{\mu'}{\varepsilon'}} \cdot \frac{k_0 a \cdot \tilde{c} \cdot \sqrt{\varepsilon' \mu'}}{4} \cdot \frac{J_0(k_0 a \cdot \tilde{\rho} \sqrt{\varepsilon' \mu'})}{J_0(k_0 a \cdot \sqrt{\varepsilon' \mu'})} \times$$

$$\times \left[J_0(k_0 a \cdot \tilde{\rho} \sqrt{\varepsilon' \mu'}) \cdot N_0(k_0 a \sqrt{\varepsilon' \mu'}) - N_0(k_0 a \cdot \tilde{\rho} \sqrt{\varepsilon' \mu'}) \cdot J_0(k_0 a \sqrt{\varepsilon' \mu'}) \right],$$

$J_0(x), J_1(x)$ - цилиндрические функции Бесселя, $N_0(x)$ - цилиндрическая функция Неймана, $\tilde{c} = c/a$, $\tilde{\rho} = \rho/a$.

В формуле (1) нормировка сопротивлений и проводимостей произведена к характеристическому сопротивлению свободного пространства $Z_0 = 120\pi = 377 \text{ Ом}$.

Анализ формулы (1) показывает, что при использовании оболочки из метаматериала происходит компенсация реактивных составляющих внешней B_r и внутренней B_i проводимостей щели. Таким образом, становится возможным получить приемлемое согласование антенны с линией питания при малых электрических размерах сферы a/λ .

Наиболее перспективным с практической точки зрения является использование трехслойной оболочки диэлектрик-метаматериал-диэлектрик. В этом случае внутренний слой будет изолировать металлические элементы метаматериала от проводящей сферы, а внешний диэлектрический слой выполнять функцию укрытия, предохраняющего антенну от негативного влияния окружающей среды. Кроме того, в этом случае появляется возможность дополнительной регулировки параметров антенны при помощи изменения толщины и электрофизических параметров диэлектрических оболочек.

На рис. 2 показан график зависимости величины обратных потерь от k_0a для полусферической антенны над экраном с трехслойной оболочкой. Первый слой – материал с параметрами $\epsilon'_1 = 2,7 - i0,001$; $\mu'_1 = 1$, относительная толщина первой оболочки $t_1 = 1,025$, второй слой - ENG материал с $\epsilon'_2 = -5 - i0,001$; $\mu'_2 = 1$, относительная толщина второй оболочки принята равной $t_2 = 1,3$, внешний слой - материал с параметрами $\epsilon'_3 = 2,7 - i0,001$; $\mu'_3 = 1$, относительная толщина внешней оболочки $t_3 = 1,325$, $2\Delta = 10^\circ$, резонатор имеет воздушное заполнение ($\epsilon' = 1, \mu' = 1$).

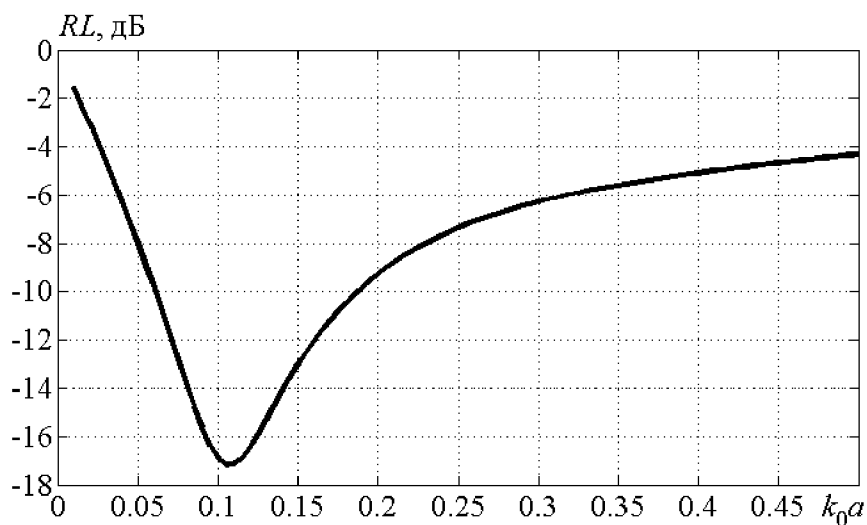


Рис. 2

Как видно из графика, при использовании трехслойной оболочки удастся достичь согласования антенны с линией питания ($RL = -17,2 \text{ дБ}$, $KCB=1,32$) при очень малом значении $k_0a = 0,105$, $(a/\lambda) = 0,02$.

Литература

1. Н.С. Князев, Б.А. Панченко. Определение входного сопротивления сферической антенны / Н.С. Князев, Б.А. Панченко // Физика и технические приложения волновых процессов: материалы IX Международной научно-технической конференции / под общ. ред. В.И. Тамбовцева. – Челябинск: Изд-во Челябинского государственного университета, 2010. С. 55.
2. Н.С. Князев, Б.А. Панченко. Полное решение задачи излучения антенны Стреттона-Чу / Н.С. Князев, Б.А. Панченко // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2011, Вып.2, С. 3-8. Санкт-Петербург, издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ».