

## ОТРАЖАТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА СЕТЧАТЫХ СТРУКТУР С ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОКРЫТИЕМ

**Н.Ю. Сицко**

**Научный руководитель – В.И. Демидчик**  
**Белорусский государственный университет**

Сетчатые экраны находят широкое применение в антенной технике. Они используются в разнообразных устройствах электромагнитной защиты, в качестве рефлекторов зеркальных и вибраторных антенн. В зависимости от назначения антенной системы применение сетчатого экрана позволяет решать такие задачи как уменьшение массы. Однако при эксплуатации этих систем не исключено образование различного рода налетов на сетке, которые можно аппроксимировать идеальным диэлектриком. Это обуславливает актуальность и практическую значимость исследований, связанных с моделированием электродинамических свойств устройств использующих сетчатые структуры.

Цель работы – моделирование характеристик излучения полуволнового электрического вибратора над сетчатым экраном, покрытым диэлектриком, и определение зависимости этих характеристик от диэлектрической проницаемости и толщины слоя диэлектрика. Обычно отражательные свойства сетчатых экранов исследуют на основе результатов решения задачи о падении плоской электромагнитной волны на структуру бесконечных размеров [1]. Однако на практике приходится иметь дело с элементами конечных размеров. Решение указанной задачи проводилось в рамках тонкопроволочного приближения с использованием интегрального уравнения (ИУ) типа ИУ Поклингтона [2].

$$\int_L I(s') K(s, s') ds' = i\omega \epsilon_0 E'_t \quad (1)$$

$$K(s, s') = -k^2 \overline{ss'} G_a(s, s') - \frac{1}{\epsilon_r} \frac{\partial^2}{\partial s \partial s'} G_a(s, s') + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r} \frac{\partial^2}{\partial s \partial s'} G_b(s, s') \quad (2)$$

$$G_{a,b} = \frac{e^{-i\alpha r_{a,b}}}{2\pi r_{a,b}}, \quad r_a = \sqrt{\sum_{i=1}^3 (x_i - x'_i)^2 + a^2}, \quad r_b = \sqrt{\sum_{i=1}^3 (x_i - x'_i)^2 + b^2}; \quad s, s' - \text{криволинейные коор-}$$

динаты, отсчитываемые вдоль проводника,  $x_i, x'_i$  - декартсовы координаты точек наблюдения и источника,  $\epsilon_r$  - относительная диэлектрическая проницаемость слоя,  $k$  - волновое число,  $\omega$  - циклическая частота излучения,  $2a$  - толщина проводника,  $b$  - толщина диэлектрического слоя,  $L$  - общая длина вибратора и всех проводников сетки,  $I(s)$  - искомая функция плотности токораспределения,  $E'_t$  - тангенциальная составляющая электрического поля.

ИУ (1) сводится к матричному уравнению методом моментов с выбором в качестве базисных – кусочно-постоянных функций под областей, в качестве весовых – дельта функций [3, 4].

$$E_n = \sum_{m=1}^N K_{mn} I_m, \quad K_{mn} = \int_{\Delta s_m} K(s_n, s') ds', \quad m, n = 1 \dots N. \quad (3)$$

Для обеспечения сходимости решения необходимо выбирать оптимальную длину разбиения проводника на отрезки, причем на стороне ячейки экрана должно укладываться целое число отрезков [5]. Выбор длины отрезка обуславливается характером поведения ядра ИУ (2). С этой целью был проведен анализ зависимости ядра ИУ (2) от параметров диэлектрика на тонкопроволочных структурах различной конфигурации, покрытых слоем диэлектрика. Получено, что оптимальное разбиение для прямолинейных структур -  $\Delta s/\lambda = 0.03 \dots 0.04$ .

С учетом данного условия, рассчитывалось амплитудно-фазовое распределение тока при диэлектрической проницаемости  $\epsilon = 2 \dots 9$  и толщине слоя  $d/\lambda = 0 \dots 0.4$ . По токораспределению вычислялось поле излучения в дальней зоне в двух взаимно перпендикулярных  $E$  и  $H$  плоскостях. По результатам расчета характеристики направленности определялись ширина главного лепестка по половинной мощности, уровень заднего излучения, что позволяет судить об отражательных свойствах сетчатого экрана. По аналогии с [5], в искомой задаче рассматривался квадратный экран размером  $a/\lambda = 0.8 \dots 2.4$ , с размером квадратной ячейки  $b/\lambda = 0.08 \dots 0.3$ , для проводников радиусом  $r_0/\lambda = 0.005; 0.01$ , симметричный полуволновой вибратор разме-

щался на высоте  $h/\lambda = 0.25$  параллельно одной из сторон экрана. Результаты расчетов для экрана с параметрами  $a/\lambda = 2.4$ ,  $h/\lambda = 0.15$ ,  $r_0/\lambda = 0.005$  приведены на рис.1-4.

На рис.1 представлена зависимость максимального уровня заднего излучения (МУЗИ)  $\rho$  в  $H$  (кривая  $a$ ) и  $E$  (кривая  $b$ ) плоскостях от диэлектрической проницаемости  $\epsilon$ , нормированная на максимум излучения главного лепестка. Провал МУЗИ связан с расщеплением заднего лепестка на два. Для более объективной оценки введем понятие среднего уровня заднего излучения (СУЗИ)  $\rho$ , как отношение площадей задних лепестков к площади главного лепестка, в  $H$  (кривая  $c$ ) и  $E$  (кривая  $d$ ) плоскостях. Изменение ширины главного лепестка по половинной мощности  $2\theta_{0.5}$  в  $H$  (кривая  $a$ ) и  $E$  (кривая  $b$ ) плоскостях от диэлектрической проницаемости приведено на рис.3 и от толщины диэлектрика на рис.4.

Проведенное численное исследование позволяет сделать вывод, что для сетчатого экрана конечных размеров увеличение диэлектрической проницаемости и толщины слоя диэлектрика приводит к уменьшению экранирующего действия. Это согласуется с аналогичными исследованиями для бесконечномерных объектов [1]. Таким образом, предложенная методика позволяют оценивать отражательные свойства конечноразмерного сетчатого экрана, покрытого диэлектриком.

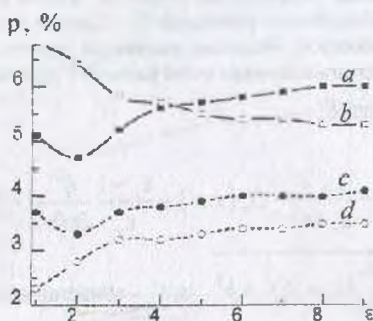


Рисунок 1

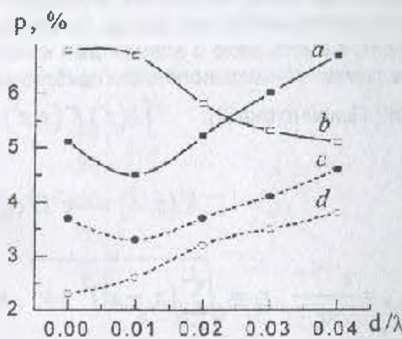


Рисунок 2

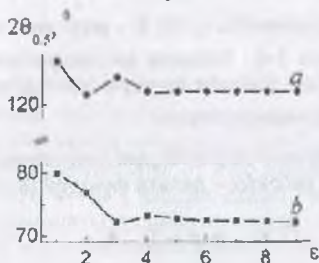


Рисунок 3

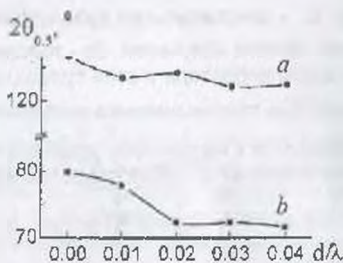


Рисунок 4

#### Литература

1. Электродинамика сетчатых структур / Под ред. Конторовича М.И. — М.: Радио и связь, 1987. — 133 с.
2. Демидчик В.И. Интегральное уравнение для тонких проводников с диэлектрическим покрытием // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 1. 2000. №3. с. 29-31.
3. Демидчик В.И., Калашников Н.В., Рунов А.В. Алгоритм расчета токораспределения электрически длинных криволинейных проводников. — Изв. вузов, Радиоэлектроника, 1983, т.26, №3, с. 82-84.
4. Митра Р. Вычислительные методы электродинамики. — М.: Мир, 1977. — 485 с.
5. Волюнец Н.А., Демидчик В.И., Отражательные свойства сетчатого экрана конечных размеров // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 1. 1999. №2.