

резонансная мода  $H_{115}$  с частотой 3,705 ГГц (длина волны 8,097 см), со щелью частота резонансного возбуждения становится равной 3,833 ГГц. Из рис.2 и 3 видно, что в основном объеме резонатора структура поля оказывается такой же, как и в резонаторе без щели [3,4], и лишь вблизи последней ее влияние на структуру поля становится заметным.

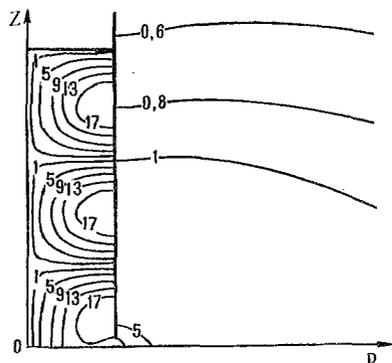


Рис.2. Линии уровня величины функции  $u$  внутри и вне цилиндрического резонатора со щелью

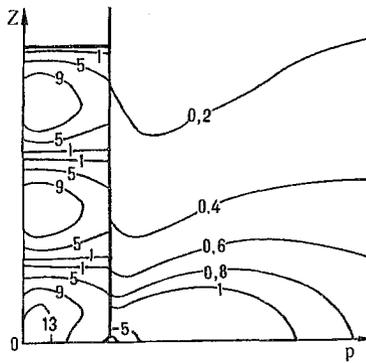


Рис.3. Линии уровня величины электрического поля  $|E|$  внутри и вне цилиндрического резонатора со щелью

В заключение следует отметить, что реальная структура возбуждаемого поля должна несколько отличаться от той, которая получается по описанному выше методу. Дело в том, что при штыревом или щелевом возбуждении реальных резонаторов [3,4] исходное возбуждающее поле будет содержать помимо основной резонансной цилиндрической моды множество других, нерезонансных пространственных компонент, которые будут вносить определенный вклад в полное поле внутри резонатора. Поэтому данная методика определяет, строго говоря, пространственную структуру не всего поля возбуждения, а только основной резонансной моды, и ее искажения, вызываемые утечкой электромагнитной энергии через щель.

1. Григорьев А. Д., Янкевич В. Б. Резонаторы и резонаторные замедляющие системы СВЧ. Численные методы расчета и проектирования. М., 1984.
2. Миттра Р., Ли С. Аналитические методы теории волноводов. М., 1974.
3. Вайнштейн Л. А. Электромагнитные волны. М., 1988.
4. Никольский В. В. Электродинамика и распространение радиоволн. М., 1978.
5. Марков Г. Т., Чаплин А. Ф. Возбуждение электромагнитных волн. М.; Л., 1967.
6. Калиткин Н. Н. Численные методы. М., 1978.
7. Kuharchik P. D., Titovitsky I. A., Belyachits A. Ch., Kourilo N. I. // Summaries of the contributions... on "Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances". San Francisco, California, June 17, 1996. P.135.
8. Вайнштейн Л. А. Теория дифракции и метод факторизации. М., 1966.
9. Справочник по специальным функциям / Под ред. М. Абрамовица, И. Стиган. М., 1979.
10. Федорюк М. В. Асимптотика: Интегралы и ряды. М., 1987.

Поступила в редакцию 11.03.99.

УДК 621.396.67

Н.А.ВОЛЫНЕЦ, В.И.ДЕМИДЧИК

### ОТРАЖАТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА СЕТЧАТОГО ЭКРАНА КОНЕЧНЫХ РАЗМЕРОВ

The calculation method of electrodynamic characteristics of a half-wave symmetric dipole arranged above a grid screen is examined. This method is based on the solution of Pocklington's integral equation. The demonstrated results of analysis allow to evaluate properties of the grid screen depending on the size grid cell, the thickness conductor and the distance between dipole and the screen.

Сетчатые экраны находят широкое применение в антенной технике. Они используются в разнообразных устройствах электромагнитной защиты, в качестве рефлекторов зеркальных и вибраторных антенн, экранов пассивной ретрансляции. Это обуславливает практическую значимость исследований, связанных с моделированием электродинамических свойств устройств, использующих сетчатые структуры.

Исследования, посвященные изучению отражательных свойств сетчатых экранов, базируются, как правило, на результатах решения задачи о падении плоской электромагнитной волны на сетчатую структуру бесконечных размеров [1,2]. На практике же приходится иметь дело с антенными системами в виде излучателя и сетчатого экрана конечных размеров. В роли излучателя зачастую выступает полуволновой симметричный вибратор или решетка таких вибраторов.

Цель работы – моделирование характеристик излучения электрического вибратора, расположенного над сетчатым экраном и определение зависимости этих характеристик от геометрических параметров экрана.

Решение задачи проводилось методом моментов на основе решения интегрального уравнения Поклингтона в рамках тонкопроволочного приближения [3]:

$$E^{\tau}(s) = \frac{j}{\omega \epsilon} \int_S I(s') \left[ k^2 G(r, r') s s' - \frac{\partial^2 G(r, r')}{\partial s \partial s'} \right] ds', s' \in S,$$

где  $G(r, r') = \exp(-jkR / 4\pi R)$ ,  $R = \sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2 + a_0^2}$ ,  $S$  – общая длина вибратора и всех проводников сетки,  $s, s'$  – криволинейные (в общем случае) координаты, отсчитываемые вдоль проводника,  $s, s'$  – единичные векторы, касательные к проводнику,  $x, y, z, x', y', z'$  – координаты точек наблюдения и источника,  $E^{\tau}(s)$  – тангенциальная составляющая электрического поля источника возбуждения,  $a_0$  – радиус проводника,  $I(s)$  – искомая функция токораспределения.

Численное решение интегрального уравнения проводилось путем сведения его к матричному с выбором в качестве базисных кусочно-постоянных функций подобластей, в качестве весовых – дельта-функций. Отрезки разбиения проводника при этом выбирались таким образом, чтобы на длине проводника, образующего сторону ячейки сетки, укладывалось целое число отрезков. Это означает, что участки разбиения не содержат точек пересечения проводников. Выполнение этого условия, а также дополнительные ограничения на величину отрезков разбиения и толщину проводника обеспечивают устойчивость алгоритма решения матричного уравнения и исключают возможность появления искажений в искомом распределении тока [4,5].

На основании информации об амплитудно-фазовом распределении тока рассчитывались поле излучения и основные характеристики и параметры системы вибратор – сетчатый экран. Оценка электродинамических свойств проводилась по результатам анализа характеристики направленности (ХН). Уровень заднего излучения в зависимости от геометрических параметров сетки и позволял судить об отражательных свойствах сетчатого экрана.

Геометрия задачи показана на рис.1, где облучатель параллелен плоскости экрана. Ячейки экрана прямоугольной формы.

Расчет поля излучения проводился в двух взаимно перпендикулярных плоскостях  $E$  и  $H$ . Коэффициент прохождения оценивался по максималь-

ному уровню заднего лепестка относительно максимального уровня главного лепестка (ХН). Результаты расчетов приведены на рис.2а, где показана зависимость коэффициента прохождения от расстояния  $b$  между проводниками экрана, параллельными вибратору, поскольку, как известно [2], перпендикулярные вибратору проводники не влияют на отражательные свойства экрана. Менялась также и толщина проводника, из которого выполнен экран (кривая 1 соответствует  $a_0=0,004\lambda$ , кривая 2 –  $a_0=0,005\lambda$ , кривая 3 –  $a_0=0,01\lambda$ , кривая 4 –  $a_0=0,015\lambda$ ,).

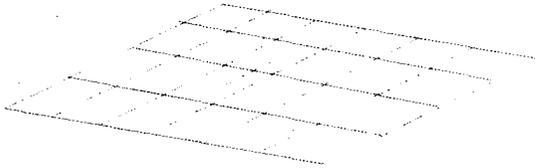


Рис.1

Результаты, близкие к приведенным на рис.2а, получаются, если расстояние  $h$  от вибратора до экрана находится в пределах  $0,12 - 0,28\lambda$ . При  $h/\lambda \approx 0,3$  главный лепесток (ХН) начинает раздвигаться. При этом размеры экрана, как установлено численными экспериментами, должны быть не меньше чем  $2,5?2,5?^2$ . В противном случае зависимость коэффициента прохождения, определяемого как отношение максимального значения заднего лепестка к максимуму главного лепестка (ХН), от размеров экрана носит осциллирующий характер.

Для сравнения на рис.2б приведены аналогичные данные по расчету коэффициента прохождения на основании известного соотношения:

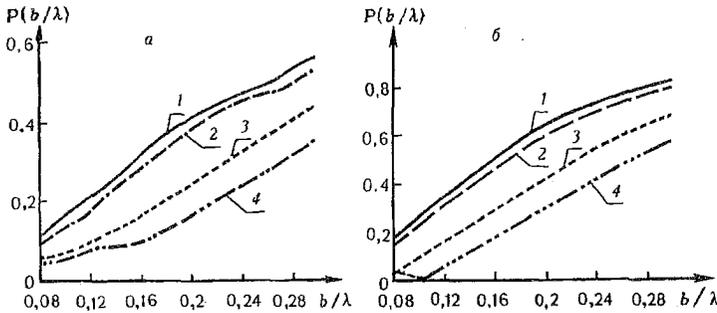


Рис.2

Для сравнения на рис.2б приведены аналогичные данные по расчету коэффициента прохождения на основании известного соотношения:

$$p = \sqrt{1 / (1 + (\lambda / 2b \ln(b / 2\pi a_0))^2)},$$

полученного по методу, предложенному в[2], где коэффициент прохождения  $p$  определялся как отношение напряженности поля прошедшей волны к полю падающей плоской волны. Рассчитанный подобным образом коэффициент прохождения дает, как видно из рис.2 завышенные результаты по сравнению с предложенной методикой.

В разработанном комплексе программ предусмотрена возможность изменения произвольным образом ориентации вибратора относительно экрана, что позволяет оценивать влияние ошибок установки вибратора на его характеристики. К примеру, на рис.3а показана ХН в плоскости  $E$  вибратора, параллельного экрану; на рис.3б – вибратора, имеющего наклон  $5^0$  по отношению к плоскости экрана.

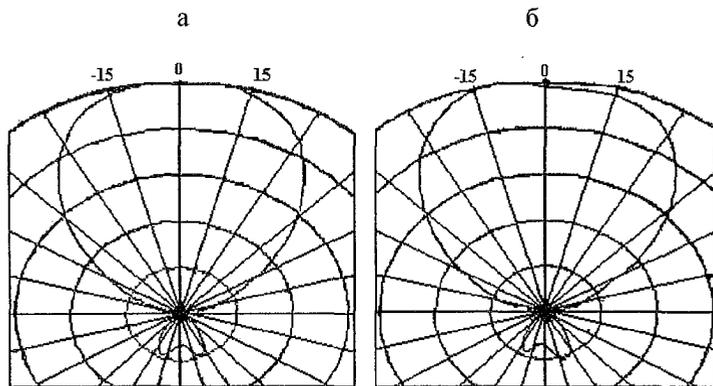


Рис.3

Таким образом, предложенная методика и комплекс программ позволяют оценивать отражательные свойства сетчатого экрана в зависимости от его геометрических параметров и толщины проводников, из которых он выполнен.

1. Электродинамика сетчатых структур / Под ред. М.И.Коиторовича. М., 1987.
2. Айзенберг Г.З., Ямпольский В.Г., Терешин О.Н. Антенны УКВ. М., 1977. Ч.2.
3. Mei K. K. // IEEE Trans.1965.Vol. AP-13. N5. P. 374.
4. Дручинин С.В. // Радиотехника и электроника.1998. Т. 43. N3. С. 276.
5. Демидчик В.И., Рунов А.В., Калашников Н.В. // Изв. вузов. Радиоэлектроника. 1983. Т. 26. N3. С. 82.

Поступила в редакцию 14.12.98