

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МИКРОПОЛОСКОВОЙ ФАР КОМБИНИРОВАННЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ, АДЕКВАТНО УЧИТЫВАЮЩАЯ ФИДЕРНУЮ СИСТЕМУ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

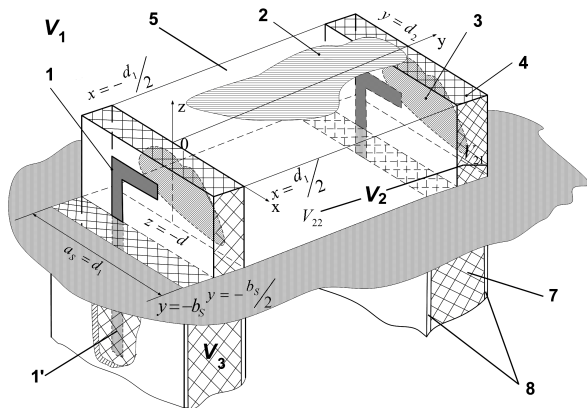
Касьянов А. О.¹, Обуховец В. А.²

Таганрогский технологический институт Южного федерального университета
ГСП-17А, пер. Некрасовский 44, г. Таганрог, 347928, Россия
тел.: +7(863)-4393061, e-mail: ¹kasao@mail.ru, ²vao@tsure.ru

Аннотация – На основе метода ИУ построена математическая модель ФАР из комбинированных (продольных и поперечных) микрополосковых излучателей. В модели адекватно учитывается фидерная система решетки, выполненная на основе симметричных полосковых линий передачи СВЧ (СПЛ). Приведены результаты численных исследований распределений токов продольных печатных излучателей ФАР. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании плоских ФАР, работающих в широкой полосе частот.

I. Введение

Рассматривается микрополосковая ФАР, продольные элементы которой напечатаны на магнито-диэлектрических подложках, периодически расположенных на экранной плоскости (рис. 1). Помимо продольных, решетка содержит поперечные излучатели, нанесенные, как на подложки, так и на разделяющие их магнито-диэлектрические укрытия (рис. 1). Комбинированные печатные элементы такой ФАР возбуждаются периодической системой СПЛ, образующих фидерную систему антенной решетки, как показано на рис. 1. Целью работы является разработка математическую модель такой ФАР, которая позволит адекватно учитывать цепи питания ее печатных излучателей. На основе этой модели необходимо численно исследовать распределения токов на конструктивных элементах ФАР.



1 – центральный проводник СПЛ; 2 – поперечный; 3 – продольный МПИ; 4 – магнито-диэлектрическая подложка; 5 – магнито-диэлектрическое укрытие; 6 – экран; 7 – диэлектрическое заполнение СПЛ; 8 – экранные плоскости СПЛ;

1 – central strip of stripline feeder; 2 – transversal printed radiator; 3 – longitudinal printed radiator; 4 – dielectric substrate for element 3; 5 – dielectric substrate for element 2; 6 – ground plane; 7 – substrate of each stripline; 8 – screens of stripline

Рис. 1. Топология микрополосковой ФАР комбинированных элементов, возбуждаемых периодической системой СПЛ.

Fig. 1. Topology of microstrip phased antenna array with longitudinal printed radiators, excited by striplines

II. Основная часть

Математическая модель [1] построена на основе метода интегральных уравнений и теории периодических структур. Адекватный учет фидерной системы в этой модели достигается включением в полное моделирование отрезков СПЛ, возбуждающих комбинированные излучатели микрополосковой ФАР. Это позволяет, используя фильтрующие свойства линий передачи СВЧ, считать, что решетка возбуждается полями основных типов волн фидеров.

Численные исследования выполнены с помощью разработанной авторами САПР микрополосковых решеток, в основу которой положена математическая модель [1]. Возможности САПР продемонстрируем на примере ФАР, составленной из излучателей Вивальди с емкостным способом возбуждения. Конструктивно такой излучатель представляет собой трехслойную структуру (рис. 2).

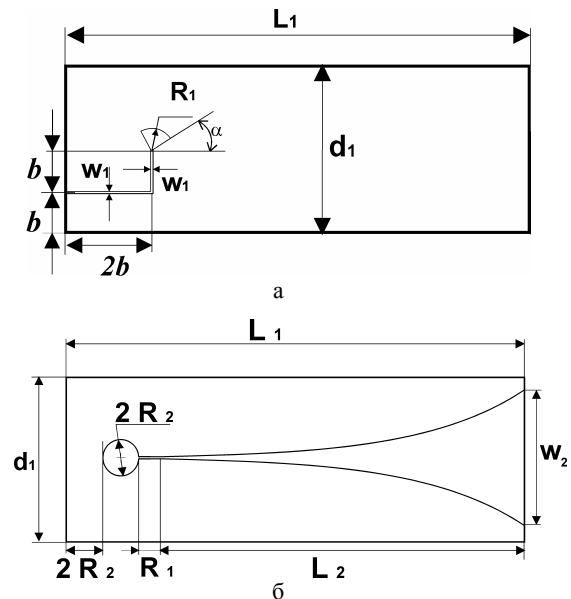


Рис. 2. Топология макета широкополосного продольного печатного излучателя ФАР.

Fig. 2. Topology of a pre-production model of a broadband printed radiator of the phased antenna array

При этом фидер в виде полосковой линии передачи с шлейфом на основе радиальной линии помещается между двумя диэлектрическими слоями (Рис.2,а), на внешних сторонах которых печатным способом выполнены экспоненциально расширяющиеся щелевые линии, представляющие собой излучающую систему такого элемента ФАР (рис.2,б).

На рис. 3. приведены распределения поверхностного магнитного тока в 1-м продольном и 14 поперечных сечениях конструкции, показанной на рис. 2.

THE FULL-WAVE ANALYSIS OF MICROSTRIP PHASED ARRAY OF COMBINED PRINTED RADIATORS WITH ADEQUATE SIMULATION OF FEEDS

Kasyanov A. O., Obukhovets V. A.

Taganrog Institute of Technology
Southern Federal University of Russia
TiT SFU, 44 Nekrasovskiy Ave.

GSP-17A, Taganrog, Rostov region, Russia
Ph.: +78634393061, e-mail:kasao@mail.ru;vao@tsure.ru

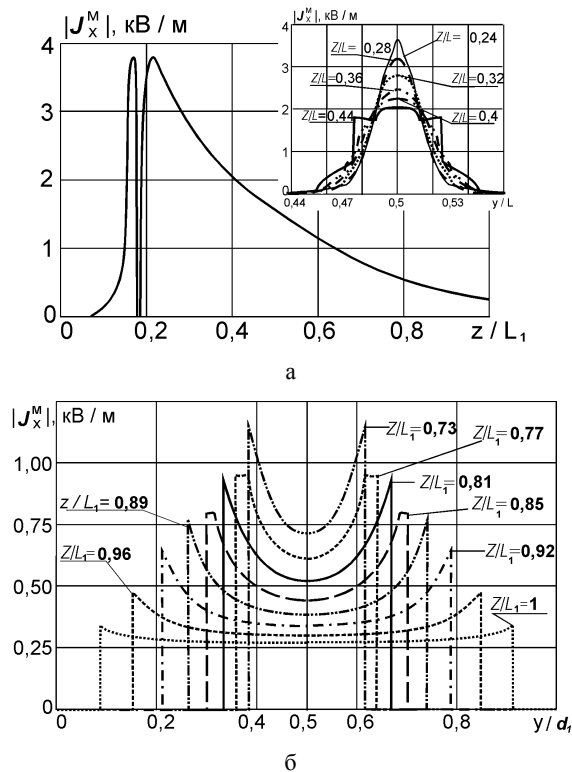


Рис. 3: а – распределение основной составляющей вектора поверхностного магнитного тока в продольной плоскости (плоскость $y=0$ на Рис. 1) широкополосного МПВ ФАР; б – то же, но в поперечных плоскостях элемента.

Fig. 3: а – longitudinal distribution (plane $y=0$ in Fig. 1) of surface magnetic current in Vivaldi radiator of microstrip array; б – current distributions in transversal planes

Продольные печатные элементы расположены в узлах сетки с квадратной ячейкой. Шаг решетки равен 112,5 мм. Широкополосные печатные вибраторы имеют размеры: $L_1 = 315$ мм; $L_2 = 250$ мм; $w_1 = 1,4$ мм; $w_2 = 92,5$ мм; $R_1 = 15$ мм; $R_2 = 12,5$ мм; $\alpha = 25^\circ$; $d_1 = 112,5$ мм; $b \approx 28$ мм. Приведенные на рис. 3 распределения токов на комбинированных печатных элементах ФАР, рассчитаны на частоте $f_0 = 550$ МГц. Характеристики согласования таких излучателей в составе бесконечной плоской ФАР представлены авторами в [2]. Там же показано, что рассчитанные характеристики хорошо соответствуют результатам, известным из литературы.

III. Заключение

На основе метода интегральных уравнений разработана математическая модель ФАР комбинированных печатных излучателей. Проведенное тестирование позволило убедиться в адекватности предложенной электродинамической модели ФАР.

IV. Список литературы

- [1] Касьянов А. О. Математическая модель антенной решетки продольных печатных излучателей // Антенны, № 5. 2007 — М.: Радиотехника, 2007 — С. 15-22.
- [2] Касьянов А. О., Обуховец В. А. Численное моделирование микрополосковых антенных решеток из продольных широкополосных излучателей // Антенны, №1, 2007. — М.: Радиотехника, 2007. — С. 61-65.

Abstract – Full-wave solution of electromagnetic problem about lumped excitation microstrip phased array with longitudinal printed radiators has been obtained. Novelty of the offered mathematical model consists in the adequate description of a stripline feeder influence on characteristics of the microstrip array. It is reached by full-wave modeling, as a microstrip radiator of the phased antenna array, as that part of a stripline feeder which directly adjoins to antenna element of an array.

I. Introduction

Microstrip phased antenna array (MSPAA) which printed elements are etched on the dielectric substrates perpendicular planes of its aperture is considered. One end face of each substrate lies on the flat conducting screen. Other end face of each substrate adjoins the flat aperture of an antenna array. Hence, the conducting screen is parallel to a plane of the phased antenna array aperture. The dielectric substrates form a linear array. The linear antenna array of printed dipoles is etched on each of the dielectric substrates. Thus, the flat antenna array with a longitudinal arrangement of printed radiators is created. This antenna consists of arbitrary-shape printed radiators excited periodic system of central strips and semi-open rectangular cavities simulating striplines as MSPAA feeders (Fig. 1). Microstrip dipoles, Vivaldi's aeriels and other printed elements can be longitudinal radiators. The mathematical model allows investigating such printed radiators, which contain the controllable elements. These elements are applied to expand MSPAA scanning angles sector.

II. Main Part

The purpose of present paper is development of mathematical model and numerical simulation of microstrip phased antenna arrays with a longitudinal arrangement of broadband printed elements. The mathematical model [1] foundation for the microstrip is the concept of infinite periodic array. Such an approach is reasonable because of consideration of multiple element arrays with rather complicated element structure. Proposed mathematical model is based on the periodical structure conception and an integral equations (IE) solution. A set of IE's for the magnetic currents on the surface of the array unit cell has been developed. The moment method is used for IE numerical solution. The subsection rooftop function set is used for magnetic current approximation. By solving these IE's, we determine magnetic currents. Then we can determine input impedance of printed radiator, radiation fields and other important parameters of considered antenna array.

Numerical researches results for the microstrip phased array with radiators (Fig. 2,b), excited by striplines (Fig. 2,a), have been shown in Fig. 3.

The surface magnetic current distributions for this printed radiator at frequency 550 MHz are shown in Fig. 3. Its matching characteristics have been presented by author in [2].

IV. References

- [1] Obukhovets V. A. ., Kasyanov A. O. Microstrip Reflectarrays. Design Approaches and Numerical Simulation. – Moscow "RadioEngineering", 2006. – 240 p. (In Russian)
- [2] Kasyanov A. O., Obukhovets V. A. "Numerical simulation microstrip antenna arrays of longitudinal broadband radiators," Antennas, Moscow, Radioengineering no. 1(116), pp. 61-65, 2007, (in Russian).