

# Разработка V-образного широкополосного излучателя для печатной антенной решетки

### 77-30569/248346

# 11, ноябрь 2011 Митрохин В. Н., Фадеева Н. Ю., Литун В. И. УДК. 621.396.67

НИИ РЭТ МГТУ им. Н.Э. Баумана <u>fadeeva.n.u@gmail.com</u> v.i.litun@gmail.com

Задача обзора земной и водной поверхности вокруг охраняемых объектов сегодня может быть с успехом решена в комплексах, оснащенных зеркальными антеннами (ЗА) со специальной формой диаграммы направленности (ДН). ЗА обеспечивают эффективное излучение сверхкоротких импульсов, что необходимо для обнаружения с высоким разрешением малогабаритных объектов [1]. Очевидными недостатками таких антенн являются их высокие массогабаритные характеристики и сопряженные с ними сложности конструирования и производства системы транспортировки в случае мобильных комплексов. Также множество технологических производстве 3A трудностей возникают при с большой апертурой (т.е. обеспечивающих узкий луч).

Одним из наиболее простых и высокотехнологичных решений поставленной задачи могло бы явиться использование в качестве антенны радиолокационного комплекса микрополосковой антенной решетки. ДН специальной формы может быть сформирована за счет особенностей системы распределения сигнала. Вопросы разработки и конструирования печатных антенных решеток и элементов решеток сантиметрового диапазона длин волн рассмотрены в докладе [2].

Существуют несколько вариантов конструкции излучателей, применяемых для использования в широкой полосе частот [3]. Одним из наиболее интересных вариантов исполнения широкополосного излучателя АР является трехмерный V-образный излучатель [4]. Питание в этом случае может осуществляться зондом (коаксиальной линией), либо микрополосковой линией. Трехмерные модели с двумя вариантами подачи энергии приведены на рис. 1.



Рис. 1. Геометрия широкополосного трехмерного V-образного излучателя: а) с коаксиальной запиткой; б) с микрополосковой запиткой

Эскиз модели такого излучателя приведен на рис. 2.



Рис.2. Геометрия широкополосного трехмерного V-образного излучателя: а) фронтальный вид, б) вид сбоку);

ширина антенны – W; длина антенны – L; ширина плоскостной части – d; угол подъёма боковых частей – θ; толщина подложки – h

В качестве подложки взят тонкий металлизированный диэлектрик, удобный для построения такой конструкции.

При такой форме излучателя с одной стороны, длина зонда h, а значит и его реактивное сопротивление минимально, с другой – значительное расстояние между подложкой и кромкой излучателя, связанное с углом наклона θ, позволяет увеличить эффективную толщину подложки. Малое реактивное сопротивление зонда дает возможность согласовать линию передачи и излучатель в широкой полосе частот. Увеличенная эффективная толщина подложки улучшает согласование излучателя со свободным пространством. На рис.3 приведены графики КСВН в полосе частот

элементарного двумерного прямоугольного излучателя и трехмерного V-образного излучателя при различных углах наклона печатного элемента к горизонтали.



Рис. 3. КСВН элементарного двумерного прямоугольного излучателя (θ=0°) и трехмерного V-образного излучателя при различных углах подъема боковых частей θ

Анализ электродинамических характеристик начальной модели производился методом моментов. Особенно удобно его использование при отсутствии в модели диэлектрической подложки.

При учёте наличия подложки было произведено сравнение результатов моделирования методом конечных элементов (диэлектрик вплотную прилегал к излучателю) и метода моментов с использованием функции Грина плоскослоистых структур (диэлектрик параллелен земле и имеет ту же толщину, что и в первом случае). Определённый таким образом КСВН по входному 50-омному порту различался для описанных выше случаев на доли процента, что позволило сделать выбор для дальнейшего анализа свойств исследуемой антенны в пользу метода моментов.

При различных значениях угла θ проводилась оптимизация методом Нелдера-Мида (симплекс-методом) продольного размера антенны и положения точки запитки по критерию минимизации усреднённого КСВН и минимизации максимума КСВН в полосе (9...10) ГГц при шаге 0.25 ГГц.

В случае, когда θ=0°, излучатель представляет собой прямоугольный патч с зондовым питанием. Излучатель согласован с линией питания по уровню КСВН=2 в чрезвычайно узкой полосе. Согласование для излучателей с большими значениями угла θ значительно лучше. При θ=50° КСВН не превышает 1.1 в полосе 1 ГГц.

Как следует из анализа графиков на рис.3, при больших углах  $\theta$  между плоскостью основания и печатным элементом согласование зонда и излучателя лучше. Величина углов ограничивается свойствами материала. При угле сгиба подложки  $\beta$ =180-2 $\theta$  меньшем, чем 90 градусов, слой металлизации материала подложки деформируется. Таким образом, угол  $\theta$  может быть выбран в пределах от 30 ° до 45 °.

Анализ электродинамических характеристик модели методом конечных элементов смешанного порядка позволяет получить значения КСВН для различных вариантов питания. Моделирование было проведено для случаев зондовой (модель с сосредоточенным портом (СП)) и микрополосковой (МП) запитки. Результаты моделирования приведены в таблице.

	Модель с СП запиткой		Модель с МП запиткой	
Угол подъёма боковых частей θ, град.	Полоса по уровню КСВН<2.0, ГГц	Полоса по уровню КСВН< 1.5, ГГц	Полоса по уровню КСВН<2.0, ГГц	Полоса по уровню
10	0.20, 0.60	0.35		
20	1.10, 1.30	0.60	0.60	0.30
30	4.15	3.35	0.50, 1.15	0.10
40	4.15	3.15	3.80	0.90
50	4.00	2.65	3.65	2.35
60	3.70	1.10	2.70	

Ширина полосы излучателя при различных вариантах запитки

Видно, что для выбранного диапазона углов θ=30°...40° наибольшая ширина полосы достигается при использовании зондовой запитки.

На рис. 4 и 5 приведены иллюстрирующие таблицу диаграммы Смита и графики КСВН для случаев СП и МП при θ=40°.



a)



Рис. 4. Расчет КСВН для модели излучателя с сосредоточенным портом: a) диаграмма Смита; б) график КСВН



Рис. 5. Расчет КСВН для модели излучателя с микрополосковым портом: a) диаграмма Смита; б) график КСВН

Для экспериментальной проверки результатов моделирования был собран одиночный излучатель, показанный на рис.6. Угол подъема боковых частей  $\theta$ =45°. В качестве подложки выбран материал Rogers RT 5880. Толщина диэлектрика составляет 0,38 мм. Этот материал достаточно гибкий, чтобы соблюсти геометрические размеры. С одной стороны подложки металлизация полностью стравлена. Большой размер металлизированного экрана позволяет сделать говорить об адекватности экспериментального образца расчетной модели, в которой рассматривается излучатель с бесконечной плоскостью земли.



Рис. 6. Экспериментальный образец V-образного излучателя

При помощи анализатора цепей Agilent E8363В произведены измерения КСВН, результаты которых показаны на рис. 7.





Полоса излучателя по уровню КСВН<2,0 составляет 6,6 ГГц.

Одним из достоинств V-образного излучателя является симметричная диаграмма направленности без провалов, показанная на рис. 8. Это позволит использовать излучатель в качестве элемента антенной решетки.



Рис. 8. Диаграмма направленности излучателя

Результаты моделирования элемента в составе прямоугольной решётки с шагом 20 мм между в обеих плоскостях позволяют сделать вывод о взаимовлиянии на уровне ниже -16 дБ в рабочей полосе частот.

На рис. 9 приведён вариант конструкции фрагмента антенной решетки.



Рис. 9. Фрагмент антенной решетки: 1 – металлизированный участок; 2 – диэлектрическая подложка; 3 – диэлектрическое основание; 4 – зонд; 5 – диаграммообразующая схема; 6 – конструкционные диэлектрические пирамиды Основную конструктивную нагрузку несут пирамиды из вспененного полистирола (ПС1-150) 6. Диэлектрическая проницаемость этого материала близка к диэлектрической проницаемости воздуха и не влияет на согласование линии питания и излучателя. Вспененный полистирол обладает также малой плотностью и прост в обработке. Металлизированный с двух сторон твердый диэлектрик является основанием конструкции 3. На плоскости А выполнена система распределения мощности антенной решетки 5. Излучатели соединены с системой распределения через металлизированные отверстия. Таким образом, основание несет как конструктивную нагрузку, так и является частью диаграммообразующей схемы. Достоинством такой конструкции является то, что паразитное излучение микрополосковой линии, образующей диаграммообразующую схему, не влияет на диаграмму направленности фрагмента антенной решетки.

В настоящее время проводятся работы по изготовлению и экспериментальному исследованию предлагаемого фрагмента антенной решетки. Разрабатываются технологии и оснастка для серийного производства элемента антенной решетки.

#### Список литературы:

1. Фадеева Н.Ю., Голубцов М.Е., Парщиков А.А. Разработка зеркальной антенны со специальной формой диаграммы направленности применительно к условиям производства. В кн.: XVI международная научно-техническая конференция «Радиолокация, навигация, связь» [Воронеж, 13-15 апреля 2010 г.]. – Воронеж: НПФ «САКВОЕЕ» ООО, 2010.

2. Литун В.И., Прохорова В.В., Русов Ю.С., Фадеева Н.Ю. Печатная антенная решетка сантиметрового диапазона волн. В кн.: 21-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2011). Севастополь, 12-16 сентября 2011 г.: материалы конф. в 2т. – Севастополь: Вебер, 2011.

 Kin-Lu Wong Compact and Broadband Microstrip Antennas. – New York: John Wiley & Sons, 2002. – 327 c.

4. Фадеева Н.Ю., Литун В.И., Митрохин В.Н. Трехмерный широкополосный микрополосковый излучатель. В кн.: XVII международная научно-техническая конференция «Радиолокация, навигация, связь» [Воронеж, 13-15 апреля 2011 г.]. – Воронеж: НПФ «САКВОЕЕ» ООО, 2011.

# electronic scientific and technical periodical SCIENCE and EDUCATION EL № FS 77 - 30569, №0421100025, ISSN 1994-0408

# **Design of V-shaped wideband radiation source** for printed antenna array

#### 77-30569/248346

# 11, November 2011 Mitrohin V.N., Fadeeva N.Yu., Litun V.I.

> Bauman Moscow State Technical University fadeeva.n.u@gmail.com v.i.litun@gmail.com

The authors present results of 3D wideband microstrip antenna design. Dependence of simulated VSWR on the geometrical characteristics is shown. Constructional features and manufacturing method of phased array fragment are described. Results of prototype antenna VSWR measurements are given.

Reference:

- 1. Fadeeva N.Iu., Golubtsov M.E., Parshchikov A.A., in: Proceedings of the XVI international scientific and technical conference on Radiolocation, Navigation and Communication, Voronezh, April 13-15, 2010, Voronezh, NPF «SAKVOEE» OOO, 2010.
- 2. Litun V.I., Prokhorova V.V., Rusov Iu.S., Fadeeva N.Iu., in: Proc. of the 21-th International Crimean conference "MICROWAVE technique and telecommunication technologies" (KryMiKo'2011), Sevastopol', September 12-16, 2011, Sevastopol', Veber, 2011.
- 3. Kin-LuWong, Compactand Broadband Microstrip Antennas, NewYork, JohnWiley & Sons, 2002, 327 p.
- 4. Fadeeva N.Iu., Litun V.I., Mitrokhin V.N., in: Proceedings of the XVI international scientific and technical conference on Radiolocation, Navigation and Communication, Voronezh, April 13-15, 2010, Voronezh, NPF «SAKVOEE» OOO, 2010.