

СВЕРХШИРОКОПОЛОСНАЯ ЗЕРКАЛЬНАЯ АНТЕННА С РУПОРНЫМ ОБЛУЧАТЕЛЕМ Н-ОБРАЗНОГО СЕЧЕНИЯ

В.И. Калинин, В.А. Калошин, Л.И. Пангонис
Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН.
vak@cplire.ru

Разработан и исследован сверхширокополосный облучатель зеркальной антенны в виде рупора Н-образного сечения. Исследование проводилось путем математического моделирования с использованием метода конечных элементов и физического эксперимента. Получено хорошее согласование рассчитанных и измеренных диаграмм направленности. Проведено также исследование фазовых диаграмм направленности и положения фазового центра. Экспериментально исследована зеркальная антенна с разработанным облучателем.

Актуальность проблемы создания сверхширокополосных антенн с высокой направленностью связана с интенсивным развитием систем сверхширокополосной радиолокации и связи. В настоящее время для этих целей используются рупорные излучатели Н-образного сечения, ТЕМ рупоры, неоднородные щелевые линии (антенны Вивальди), логопериодические и спиральные антенны, а также зеркальные антенны с ТЕМ-рупором, антенной Вивальди и логопериодической антенной в качестве облучателей [1-3]. В данной работе исследуется рупор Н-образного сечения с целью использования его в качестве облучателя зеркальной антенны. С этой целью на основе метода конечных элементов проводится численное моделирование и оптимизация параметров рупора, обеспечивающих стабильность его амплитудной диаграммы направленности и положения фазового центра. Полученные характеристики сопоставлены с результатами экспериментального исследования лабораторных макетов рупорных излучателей. Проведены измерения характеристик зеркальной антенны с облучателем в виде рупора Н-образного сечения.

Исследуемый облучатель представляет собой пирамидальный рупор с плавно расходящимися

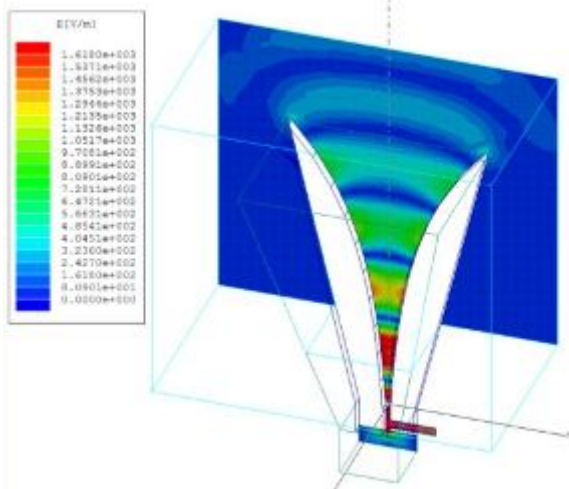


Рис. 1. Модель и распределение поля E внутри рупора Н-образного сечения

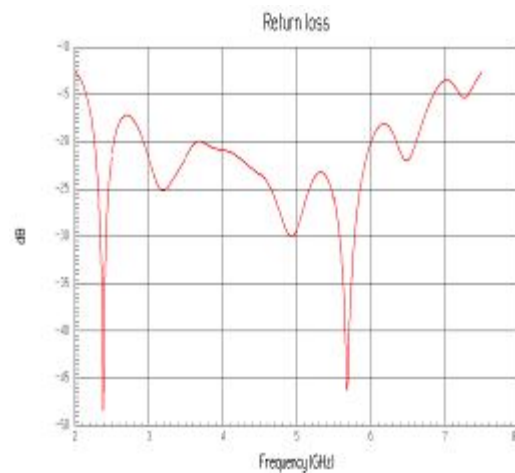


Рис. 2. Зависимость обратных потерь рупора от частоты

ребрами на широких стенках и блоком питания, представляющим собой закороченный с одной стороны отрезок прямоугольного волновода Н-образного сечения (рис.1). На одной из широких стенок волновода расположен коаксиальный разъем, причем центральная жила коаксиала через отверстие в стенке и ребре соединена с противоположным ребром. Длина облучателя – 180 мм, длина рупорной части – 155 мм, сечение апертуры рупора – 100x130 мм, сечение волновода – 29x58 мм.

Зависимость рассчитанного коэффициента отражения облучателя от частоты приведена на рис. 2. Численное моделирование проводилось методом конечных элементов. Видно, что в полосе от 2.21 ГГц до 6.74 ГГц коэффициент отражения не превышает уровень –17 дБ.



Рис. 3. Экспериментальный образец рупора

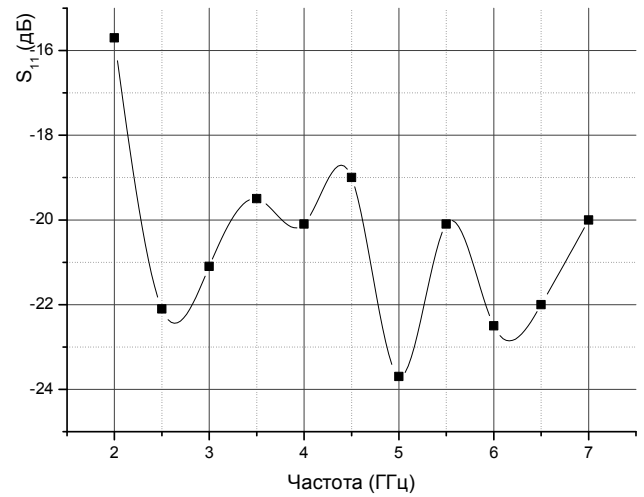
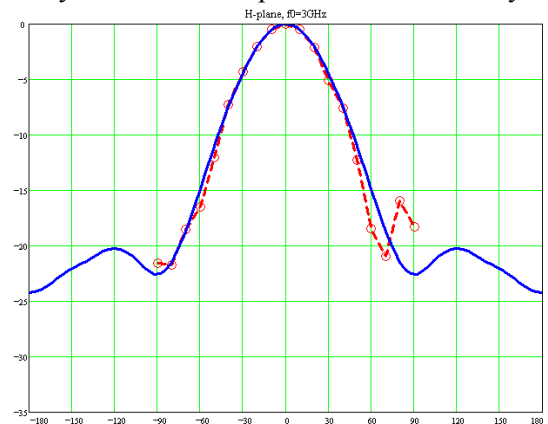
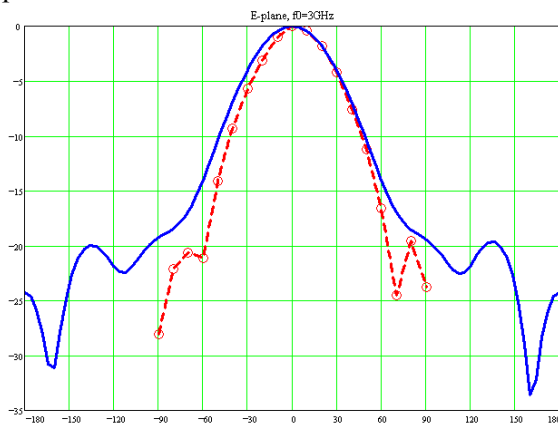


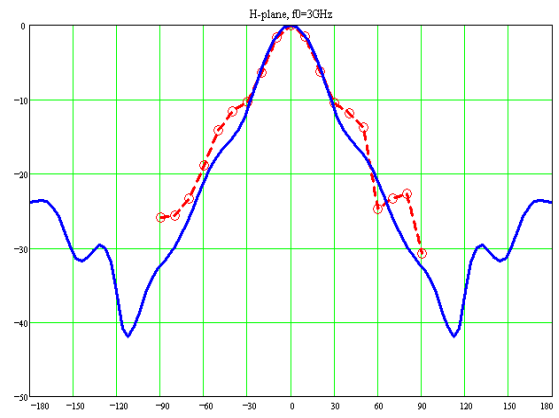
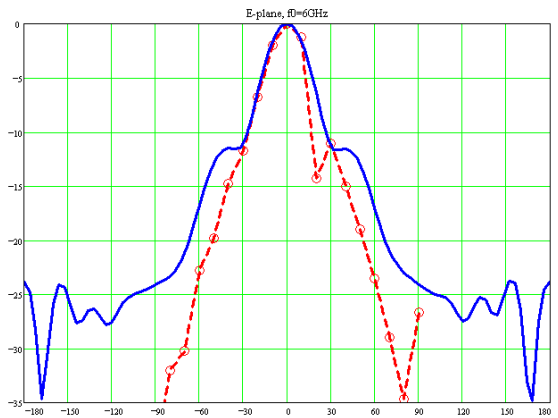
Рис. 4. Зависимость коэффициента отражения экспериментального образца от частоты

Экспериментальная модель облучателя показана на рис. 3. Измеренная зависимость коэффициента отражения облучателя от частоты приведена на рис. 4. Уровень измеренного коэффициента отражения не превысил -18 дБ в полосе от 2.2 до 7 ГГц. Измерение проводилось с использованием анализатора цепей HP- 8720С.

Моделирование диаграмм направленности рупорного облучателя Н-образного сечения также проводилось на основе метода конечных элементов. Результаты моделирования для амплитудной



а)



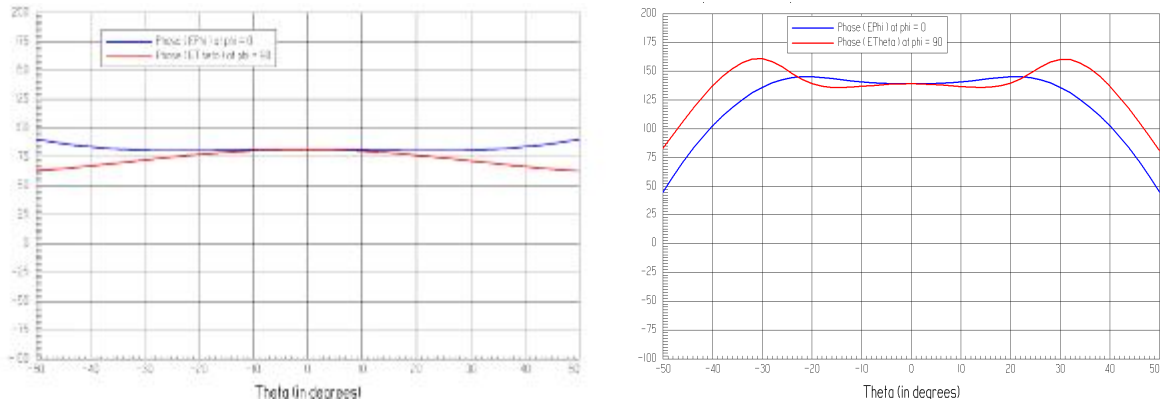
б)

Рис. 5 Теоретические и экспериментальные диаграммы направленности рупора в Е и Н плоскостях: а) на частоте 3 ГГц, б) на частоте 6 ГГц

диаграммы направленности в Е и Н плоскостях представлены на рис.5а и5б сплошными линиями, соответственно, для частот 3 и 6 ГГц. На этих же рисунках штриховыми линиями приведены соответствующие экспериментальные результаты.

На рисунках видно хорошее совпадение рассчитанных и измеренных диаграмм в Н плоскости в области главного лепестка. В Е плоскости ширина главного лепестка измеренной диаграммы несколько уже, чем у рассчитанной. Видно также сужение ширины лепестка при увеличении частоты.

На рис. 6а, и 6б представлены рассчитанные фазовые характеристики рупорной антенны в двух главных плоскостях на тех же частотах: 3 ГГц (положение фазового центра 30 мм от плоскости апертуры) и 6 ГГц (положение фазового центра 75 мм от плоскости апертуры). На этих рисунках красный цвет относится к Е-плоскости, синий цвет – к Н-плоскости.



а

б

Рис.6. Фазовые диаграммы рупора в Е и Н плоскостях: а) на частоте 3 ГГц, б) на частоте 6 ГГц



Рис. 7

Общий вид антенны

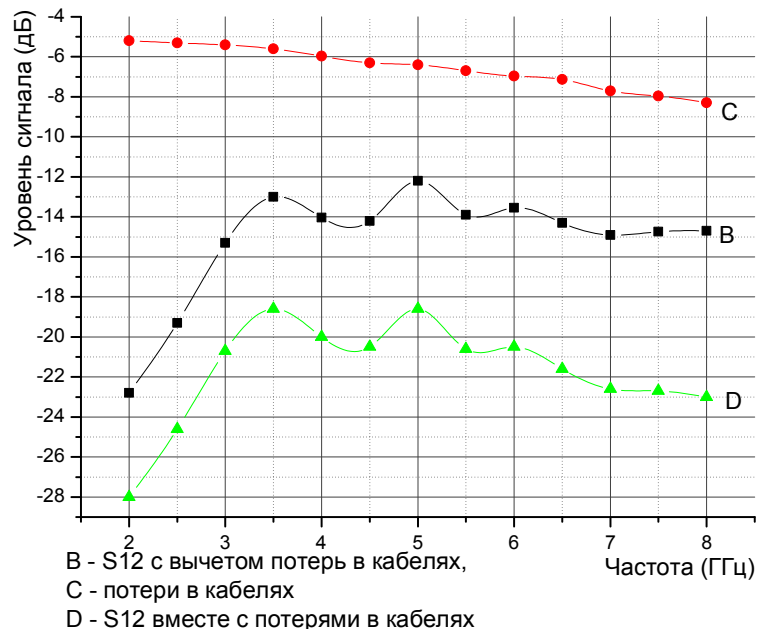


Рис. 8

Коэффициент передачи между двумя зеркальными антеннами

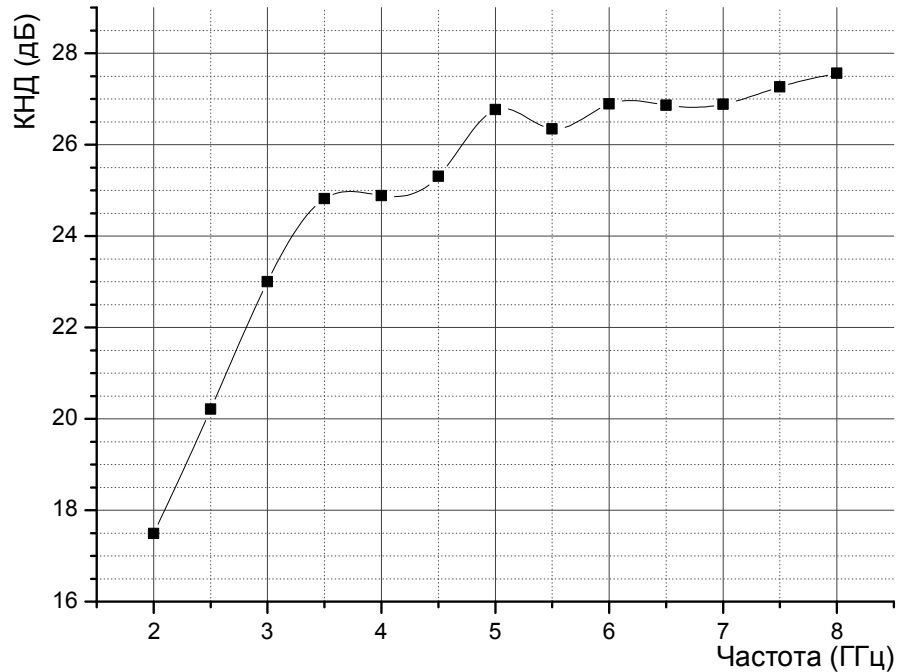


Рис. 9. Зависимость коэффициента усиления зеркальной антенны от частоты

На рис. 7 показан экспериментальный макет зеркальной антенны с описанным выше рупорным облучателем Н-образного сечения. На рис. 8 зеленым цветом приведена зависимость коэффициента передачи между двумя одинаковыми зеркальными антеннами, изображенными на рис. 7, от частоты. Входы антенн в эксперименте были подключены через коаксиальные кабели к анализатору цепей HP- 8720С. На этом же рисунке красным цветом приведены потери в коаксиальных кабелях, а черным цветом – коэффициент передачи без потерь в коаксиальных кабелях. Видно, что в широкой полосе частот этот коэффициент передачи слабо зависит от частоты. Используя результаты, приведенные на рис. 8, нетрудно получить зависимость коэффициента усиления зеркальной антенны от частоты. Эта зависимость показана на рис. 9.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bruns Christian, Leuchtman Pascal, Vahldieck Ruediger, Analysis and Simulation of a 1–18-GHz Broadband Double-Ridged Horn Antenna //IEEE Trans. on Electromagnetic Compat., 2003, V. 45, No. 1, P. 55-60.
2. Carl E. Baum, Alexander P. Stone, J. Scott Tyo, Ultra-Wideband Short-Pulse Electromagnetics 8, Springer, 2007
3. R. Olsson, P.-S. Kildal and S. Wienreb, The Eleven Antenna: A Compact Low-Profile Decade Bandwidth Dual Polarized Feed for Reflector Antennas//IEEE Trans. on Antennas and Propagation, 2006, V. 54, No. 2, Pt. 1, P. 368-375.