

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ВОЗБУЖДЕНИЯ КВАДРАТНОГО ВОЛНОВОДА

И. В. Ишеева, С. В. Вертей, М. И. Мигачев

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Введение

Развитие различных отраслей радиотехники (радиоразведки и радиопротиводействия, связи с подвижными объектами, радиоуправления, радиотелеметрии, радиоастрономии) вызвало практическую потребность в антеннах, обеспечивающих излучение и прием эллиптически поляризованного поля в заданном диапазоне частот.

Примером антенн с эллиптической поляризацией излучаемого поля может быть антенна на основе открытого конца квадратного волновода с поляризатором из диэлектрической пластины [1]. Для питания подобных антенн используется устройство, позволяющее одновременно возбуждать две ортогонально поляризованные волны H_{10} и H_{01} с равными амплитудами.

В данной работе описан опыт разработки и экспериментального исследования устройства возбуждения квадратного волновода.

Результаты теоретических исследований

На рис. 1 представлен вариант выполнения устройства возбуждения квадратного волновода (главный вид с разрезом, рис. 1а и вид спереди, рис. 1б).

Устройство возбуждения квадратного волновода (рис. 1) содержит прямоугольный волновод 1 с короткозамыкателем 2, плавный волноводный переход 3

от прямоугольного поперечного сечения к квадратному поперечному сечению, коаксиальную линию 4, две металлические пластины 5 и 6, два металлических гребня 7 и 8 [2].

Вход плавного волноводного перехода 3 от прямоугольного поперечного сечения к квадратному поперечному сечению соединен с прямоугольным волноводом 1. При этом стороны поперечного сечения прямоугольного волновода 1 повернуты на 45° относительно сторон поперечного сечения выхода плавного волноводного перехода 3. Каждая металлическая пластина 5, 6 установлена в центре соответствующей широкой стенки прямоугольного волновода 1, при этом металлические пластины 5, 6 расположены симметрично относительно продольной оси устройства возбуждения квадратного волновода. Металлические гребни 7, 8 установлены в плавном волноводном переходе 3 симметрично относительно продольной оси с изменяющимся зазором между ними. В металлическом гребне 7 в плоскости сочленения плавного волноводного перехода 3 и прямоугольного волновода 1 выполнено отверстие, в котором расположена коаксиальная линия 4. Центральный проводник 9 коаксиальной линии 4 удлинен в зазор между металлическими гребнями 7 и 8 соединен с другим металлическим гребнем 8. При этом металлические пластины 5 и 6 и гребни 7 и 8 лежат в одной плоскости продольного сечения устройства возбуждения квадратного волновода [3].

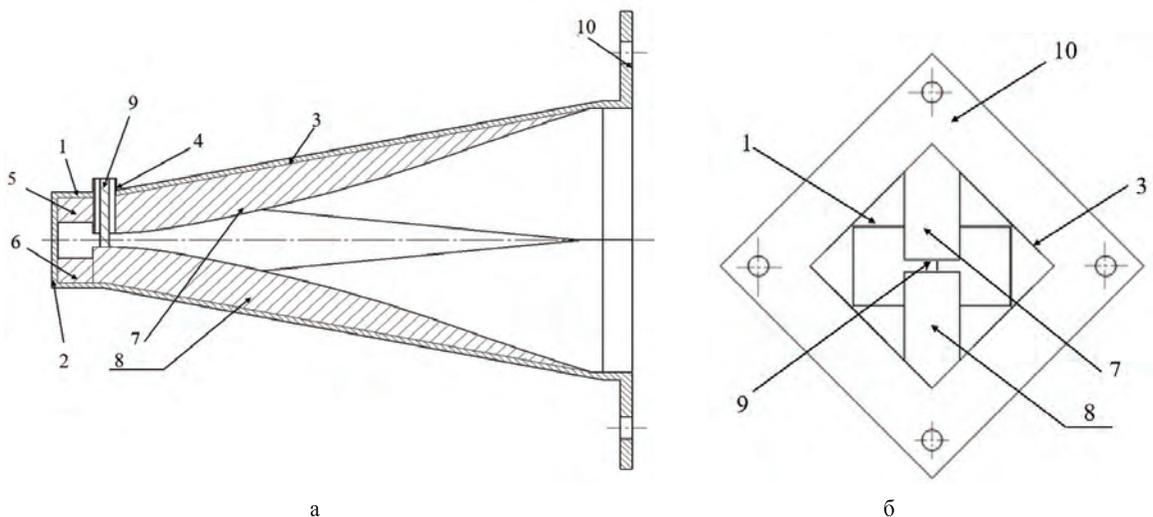


Рис. 1. Устройство возбуждения квадратного волновода: а – главный вид в разрезе, б – вид спереди; 1 – прямоугольный волновод, 2 – короткозамыкатель, 3 – плавный переход, 4 – коаксиальная линия, 5, 6 – металлические пластины, 7, 8 – металлические гребни, 9 – центральный проводник коаксиальной линии, 11 – фланец

Короткозамыкатель 2 выполняют в виде пластины, которую устанавливают на свободном конце прямоугольного волновода 1.

На выходе плавного волноводного перехода 3 могут быть закреплены стандартный фланец 10, необходимый для подсоединения устройства возбуждения квадратного волновода к стандартным СВЧ-узлам.

Устройство возбуждения квадратного волновода работает следующим образом.

Посредством фланца 10 устройство возбуждения квадратного волновода присоединяется к входу возбуждаемого устройства (рис. 2). Сигнал поступает в коаксиальную линию 4 и возбуждает в пространстве между металлическими гребнями 7 и 8 электромагнитную волну типа H_{10} , которая на выходе плавного волноводного перехода 3 делится на равно амплитудные ортогонально поляризованные волны H_{10} и H_{01} . Для обеспечения широкополосного согласования коаксиальной линии 4 с выходом плавного волноводного перехода 3 применяются:

- короткозамкнутый шлейф, образованный прямоугольным волноводом 1, металлическими пластинами 5, 6 и короткозамыкателем 2,
- металлические гребни 7, 8 с плавно изменяющимся зазором между ними, обеспечивающие плавную трансформацию волнового сопротивления коаксиальной линии 4 к волновому сопротивлению возбуждаемого квадратного волновода 3.

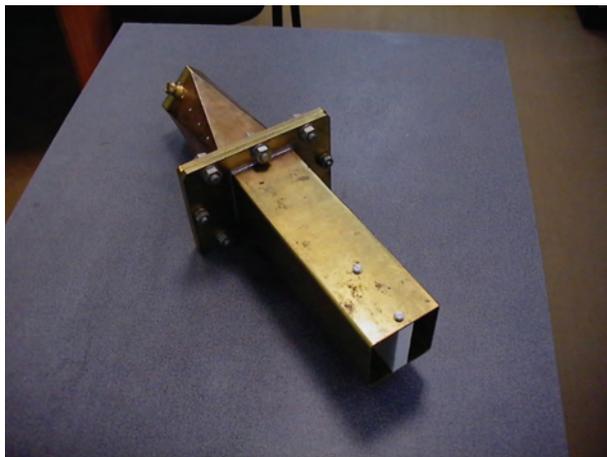
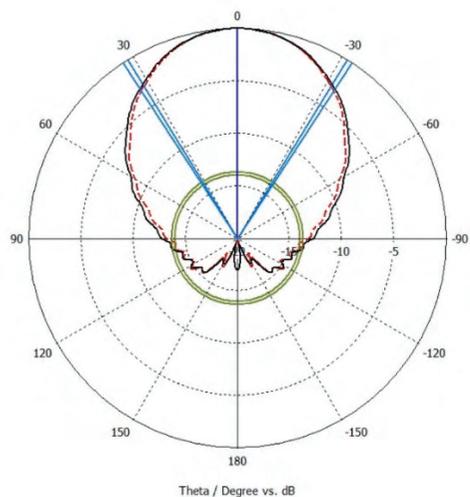


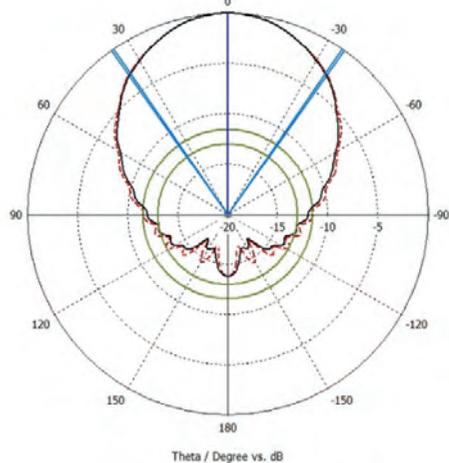
Рис. 2. Макет антенны на основе квадратного волновода с поляризатором в виде пластины из диэлектрика и устройством возбуждения

Таким образом, использование описанной выше конструкции позволяет возбудить в квадратном волноводе ортогонально поляризованные волны H_{10} и H_{01} с равными амплитудами при помощи коаксиальной линии без увеличения продольных размеров устройства и подавить высшие типы волн.

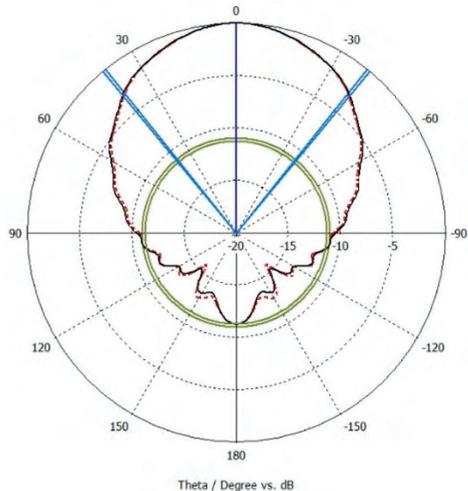
На рис. 3 представлены диаграммы направленности (ДН) волноводной антенны, рассчитанные на частотах $F_0 - \Delta$ МГц, F_0 и $F_0 + \Delta$ МГц для антенны на основе квадратного волновода с поляризатором в виде пластины из диэлектрика и устройством возбуждения в горизонтальной и вертикальной плоскостях.



а



б



в

Рис. 3. ДН волноводной антенны, рассчитанные на частотах: а – $F_0 - \Delta$ МГц, б – F_0 , в – $F_0 + \Delta$ МГц; — — — вертикальная плоскость, - - - - горизонтальная плоскость

На рис. 4 представлен график рассчитанного значения коэффициента стоячей волны (КСВ) волноводной антенны.

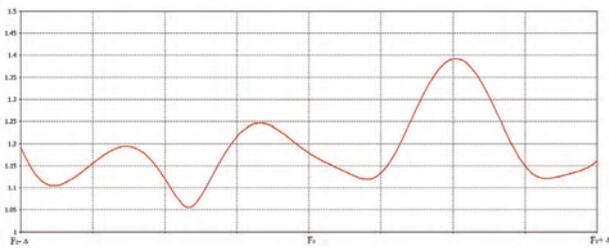


Рис. 4. Рассчитанное значение КСВ волноводной антенны

Экспериментальные исследования макета антенны на основе квадратного волновода с поляризатором и устройством возбуждения

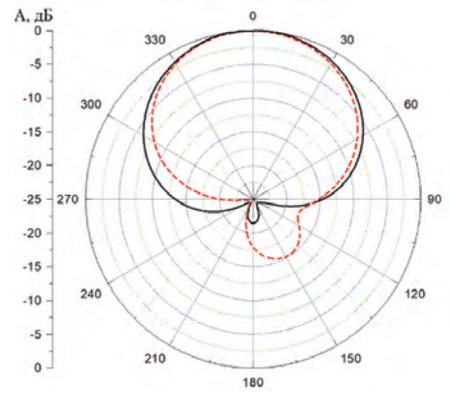
ДН волноводной антенны, полученные экспериментально на частотах $F_0 - \Delta$ МГц, F_0 и $F_0 + \Delta$ МГц для измерительной антенны на основе квадратного волновода с поляризатором в виде пластины из диэлектрика и устройством возбуждения при вертикальной и горизонтальной поляризациях, приведены на рис. 5.

На рис. 6 представлен график измеренного значения КСВ волноводной антенны.

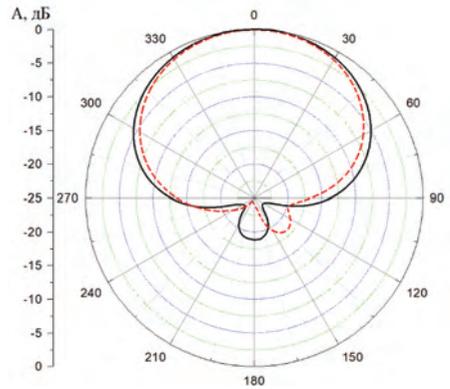
Сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований волноводной антенны на основе квадратного волновода с поляризатором в виде пластины из диэлектрика и устройством возбуждения приведены в таблице.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований волноводной антенны

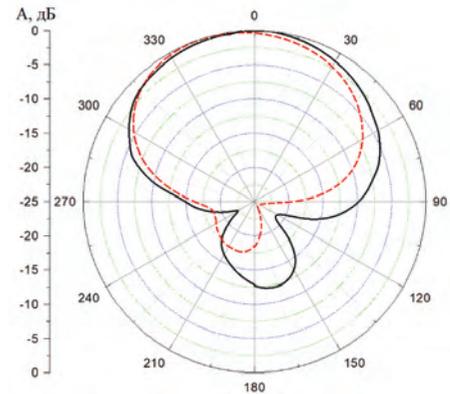
Частота, МГц	Ширина ДН				Коэффициент усиления		Коэффициент эллиптичности	
	2θ°, град		2θ°, град		теор.	эксп.	теор.	эксп.
	теор.	эксп.	теор.	эксп.				
$F_0 - \Delta$	68,5	70,8	66,5	72,5	8,9	8,2	0,8	0,8
F_0	78,0	83,9	73,4	81,4	8,4	7,9	0,8	0,85
$F_0 + \Delta$	77,5	83,0	83,3	92,4	7,6	6,6	0,87	0,85



а



б



в

Рис. 5. Экспериментальные ДН макета волноводной антенны на частотах: а - $F_0 - \Delta$ МГц, б - F_0 , в - $F_0 + \Delta$ МГц, — — — — — вертикальная плоскость, - - - - - горизонтальная плоскость

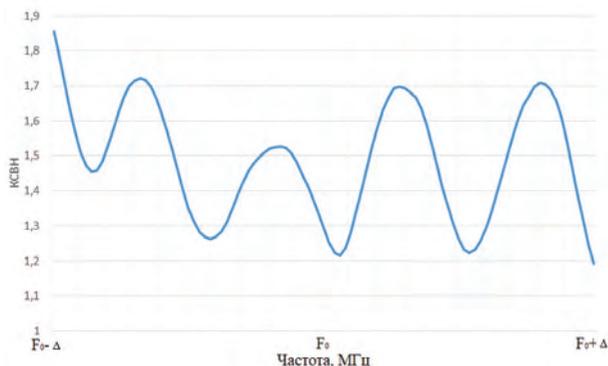


Рис. 6. КСВ макета волноводной антенны

Заключение

Таким образом, использование разработанного устройства возбуждения позволяет возбудить в квадратном волноводе две ортогонально поляризованные волны H_{10} и H_{01} с равными амплитудами при помощи коаксиальной линии без увеличения продольных размеров устройства и подавить высшие типы волн.

Полученные результаты численного моделирования хорошо согласуются с результатами экспериментального исследования макета волноводной антенны на основе квадратного волновода с поляризатором в виде пластины из диэлектрика и устройством возбуждения. В процессе разработки устройства возбуждения квадратного волновода был проведен патентный анализ и подана заявка для проверки на патентоспособность технического решения. В результате проверки на патентоспособность был получен патент на изобретение № 2634334.

Литература

1. Жук М. С., Молочков Ю. Б. Проектирование линзовых, сканирующих, широкодиапазонных антенн и фидерных устройств. М.: Энергия, 1975.
2. Фельда Я. Н. Техника сверхвысоких частот. М.: Советское радио, 1952.
3. Пат. № 2634334 РФ МПК H01Q 21/24. Устройство возбуждения квадратного волновода / С. В. Вертей, М. И. Мигачев, И. В. Девина // Бюл. № 31. 2017.