

РАЗРАБОТКА ВОЛНОВОДНОЙ АНТЕННЫ

И. В. Девина, С. В. Вертей, М. И. Мизачев

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

Введение

В настоящее время антенны сантиметрового диапазона длин волн широко применяются в различных областях радиоэлектроники – связи, телевидении, радиолокации, телекоммуникации, радиоуправления, а также в системах радиоэлектронного подавления, радиотелеметрии. В сантиметровом диапазоне длин волн находят широкое применение апертурные антенны, как в качестве элементов фазированных антенных решеток, облучателей зеркальных антенн, а также как самостоятельные слабонаправленные излучатели. Одним из наиболее часто применяемых апертурных антенн является открытый конец волновода.

В данной работе описан опыт разработки и экспериментального исследования волноводной антенны, выполненной на основе открытого конца круглого волновода с поляризатором в виде диэлектрической пластины [1], который обеспечивает эллиптическую поляризацию излучения. Экспериментально установлено, что для стандартного круглого волновода ширина ДН по уровню половинной мощности составляет не более 75° [2]. Но в ряде случаев возникает необходимость использовать антенну эллиптической поляризацией поля и при этом имеющую более широкую ДН.

Целью работы является разработка волноводной антенны эллиптической поляризации с более широкой ДН по уровню половинной мощности по сравнению с ДН открытого конца круглого волновода, не изменяя при этом поляризационных характеристик излучения.

Результаты моделирования

Антенна представляет собой круглый волновод, в полости которого установлен поляризатор, выполненный в виде диэлектрической пластины. В плоскости раскрытия волновода установлен круглый металлический экран, а кромка волновода продолжена за плоскость раскрытия в виде четырех пилообразных выступов (рис. 1) [3].

При возбуждении электромагнитной волны типа H_{11} в круглом волноводе с поляризатором в виде диэлектрической пластины, установленной под углом 45° по отношению к вектору E электромагнитной волны типа H_{11} , излучается поле с эллиптической поляризацией.

Металлический экран за счет кромочного эффекта увеличивает рассеяние излучаемого электро-

магнитного поля, тем самым, ширина диаграммы направленности в большей степени зависит от размеров металлического экрана. Заметное расширение диаграммы направленности проявляется при внешнем диаметре металлического экрана не более $2 \cdot \lambda$, где λ – длина волны [1], но при этом поляризация излучения изменяется от эллиптической до практически линейной.

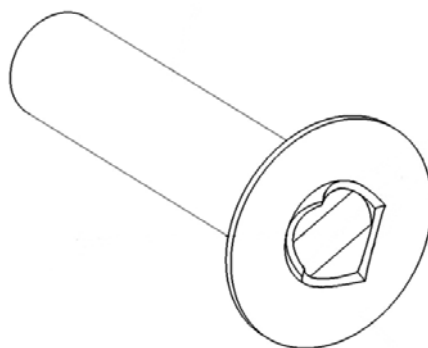


Рис. 1. Модель волноводной антенны

Продолжение кромки волновода за плоскость раскрытия в виде четырех пилообразных выступов, которые выступают в качестве рассеивателя излучаемого электромагнитного поля, позволяет сохранить поляризационные характеристики излучения, то есть сохранить эллиптическую поляризацию поля при установке металлического экрана. Высота зуба h каждого пилообразного выступа равна: $h = d/4$, где d – диаметр волновода

Таким образом, установка в плоскости раскрытия волновода круглого металлического экрана и продолжение кромки волновода за плоскость раскрытия в виде четырех пилообразных выступов на собственное излучение раскрытия волновода накладывает добавочное излучение, появляющееся за счет возбуждения краев экрана и кромок пилообразных выступов, позволяет расширить ширину диаграммы направленности по уровню половинной мощности по сравнению с шириной диаграммы направленности антенны в виде открытого конца волновода, обеспечивая, при этом возможность формирования осевой диаграммы направленности с эллиптической поляризацией поля.

По результатам расчетов, волноводная антенна в диапазоне частот $F_3 \pm 1$ ГГц формирует однонаправленные ДН с шириной по уровню половинной

мощности не менее $2\theta_{0,5} = 100^\circ$. В направлении максимума излучения поляризация эллиптическая (коэффициент эллиптичности ($KЭ$) не менее 0,8).

Экспериментальные исследования макета волноводной антенны и стандартного круглого волновода

На рис. 2 и рис. 3 представлены макеты разработанной волноводной антенны и стандартного круглого волновода.

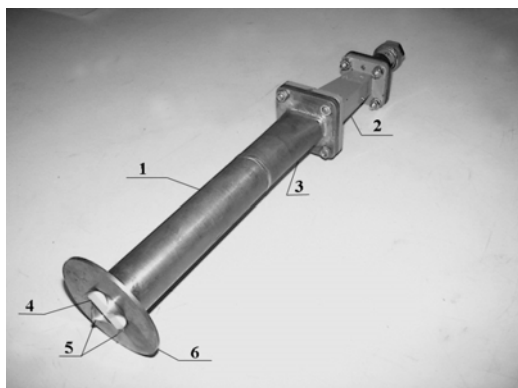


Рис. 2. Макет волноводной антенны: 1 – круглый волновод; 2 – волноводно-коаксиальный переход; 3 – переход с круглого волновода на прямоугольный волновод; 4 – поляризатор; 5 – пилообразные выступы; 6 – экран

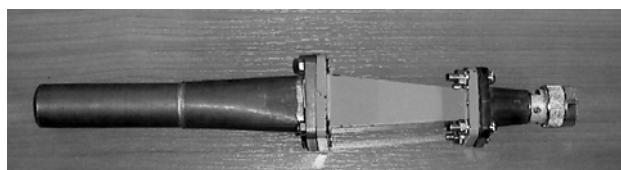


Рис. 3. Макет стандартного круглого волновода

Экспериментальные ДН разработанной волноводной антенны и ДН стандартного круглого волновода на частотах F_3-1 ГГц, F_3 и F_3+1 ГГц приведены на рис. 4.

Значения ширины ДН по уровню половинной мощности для волноводной антенны и стандартного круглого волновода, а также их значения $KЭ[4]$ в главном направлении на частотах F_3-1 ГГц, F_3 и F_3+1 ГГц представлены в таблице.

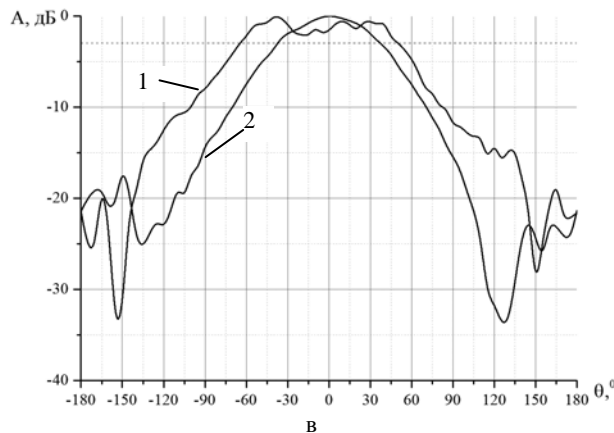
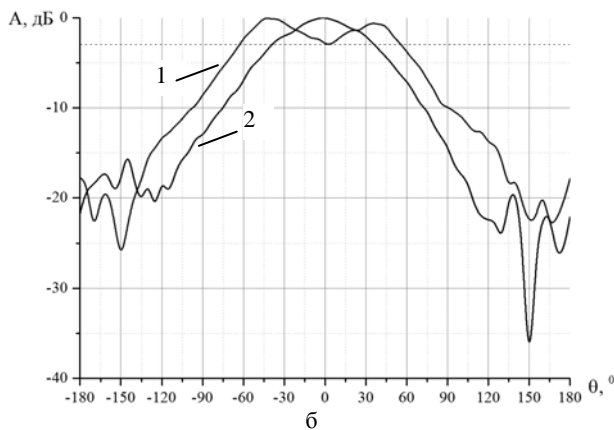
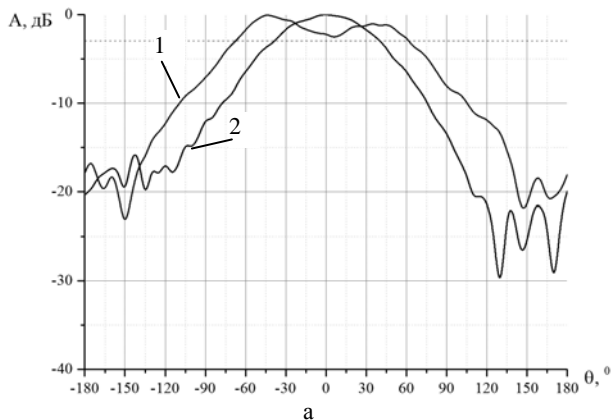


Рис. 4. Экспериментальные ДН: 1 – разработанная волноводная антенна, 2 – стандартный круглый волновод: а – на частоте $F_3 - 1$ ГГц, б – на частоте F_3 , в – на частоте $F_3 + 1$ ГГц

Частота, МГц	Ширина ДН, град		КЭ	
	волноводная антенна	стандартный круглый волновод	волноводная антенна	стандартный круглый волновод
$F_3 - 1$	130	75	0,78	0,78
F_3	119	73	0,79	0,79
$F_3 + 1$	115	70	0,79	0,79

На рис. 5 представлен график измеренного значения коэффициента стоячей волны (КСВ) разработанной волноводной антенны в рабочем диапазоне частот $\Delta F = F_3 \pm 1$ ГГц.

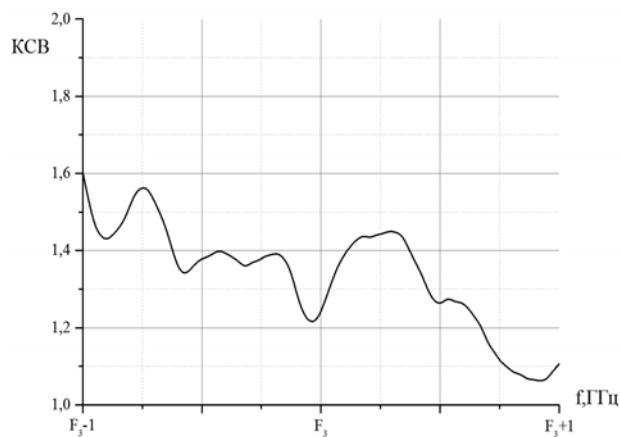


Рис. 5. КСВ волноводной антенны в рабочем диапазоне частот

Заключение

Таким образом, результаты измерения показывают, что использование разработанной волноводной антенны позволяет расширить диаграмму направленности по уровню половинной мощности примерно на 40° по сравнению с диаграммой направленности стандартного круглого волновода, не изменяя поляризационных характеристик излучения. Полученные результаты численного моделирования хорошо согласуются с результатами экспериментального исследования макета разработанной антенны.

Литература

1. Драбкин А. Л., Зузенко В. Л., Кислов А. Г. Антенно-фидерные устройства. – М. Советское радио, 1974. С. 331, Рис. XV.27.
2. Фельда Я. Н. Антенны сантиметровых волн / Под ред. – М.: Советское радио, 1950. С. 9, рис. X.3.
3. Патент на изобретение № 2565352 «Волноводная антенна» от 22.07.2014.
4. Патент на изобретение № 2509316 «Метод разложения волны на ортогонально-поляризованные компоненты».