

УДК 621.396.67

## ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА РЕЗОНАТОРНОЙ АНТЕННЫ

*В.А. Бухарин, Н.И. Войтович*

Исследованы поляризационные свойства оригинальной плоской резонаторной антенны. Приведены основные характеристики антенны в главных плоскостях. Указаны направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: антенная решетка; резонатор; поляризация; электромагнитное поле.

### Введение

Плоские резонаторные антенны (РА) обладают высокими электродинамическими, массогабаритными и конструкторско-технологическими характеристиками [1, 2]. РА являются перспективными для применения в аэродромных радиотехнических системах. Одним из наиболее важных требований, предъявляемых к антенне, в указанных системах является требование по обеспечению линейного типа поляризации и стабильности характеристик антенны при изменении факторов окружающей среды.

Простая конструкция РА сочетается с высокой пространственно-временной избирательностью, обеспечивающей высокую помехозащищенность системы.

В РА нет сложной диаграммообразующей схемы, распределяющей электромагнитную энергию между излучателями. Роль делителя мощности выполняет резонатор. Внешняя поверхность одной из стенок резонатора, выполненная в виде частично прозрачной пластины, является излучающей апертурой. Принцип работы РА основан на синфазном возбуждении излучающих элементов частично прозрачной стенки резонансной модой основного колебания объемного резонатора антенны.

Применение плоской резонаторной антенны в аэродромных радиотехнических системах повышает точностные характеристики системы и создает множество преимуществ системам по сравнению с применением традиционных антенн в виде линейных вибраторных решеток с аperiодическим рефлектором.

### Постановка задачи

Целью работы является исследование поляризационных характеристик плоской резонаторной антенны.

Плоская резонаторная антенна выполнена из алюминиевого сплава в виде низкого объемного цилиндрического резонатора с частично прозрачной стенкой (рис. 1). Диаметр исследуемой РА равен  $1,55\lambda$ ; высота резонатора  $0,497\lambda$ ; где  $\lambda$  – длина волны, соответствующая середине диапазона рабочих длин волн:  $\lambda \pm 0,01\lambda$ .

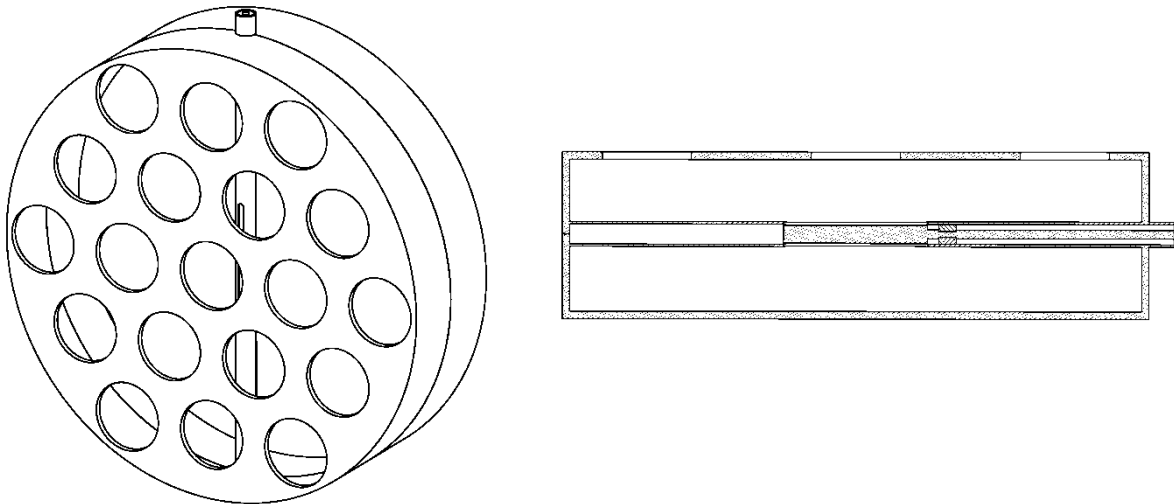


Рис. 1. Плоская резонаторная антенна

Резонатор возбуждается щелевыми излучателями, расположенными на расстоянии  $0,235\lambda$  от частично прозрачной стенки. Щелевые излучатели вместе с коаксиальным волноводом образуют специальное устройство, обеспечивающее преобразование типов волн и согласование антенны в рабочей полосе частот. Коэффициент стоячей волны во всем диапазоне не превышает 1,083. Частично прозрачная стенка является излучающей апертурой антенны. Она изготовлена из металлической пластины с круглыми отверстиями. Диаметр отверстий  $0,2724\lambda$ ; расстояние между отверстиями  $0,31\lambda$ ; толщина металлической пластины  $0,0033\lambda$ .

Требуется определить тип поляризации, отношение амплитуд главной компоненты электрического поля к кросс-составляющей компоненте и фазовый сдвиг между ортогональными компонентами.

#### Метод решения задачи

Электродинамическая задача сформулирована в строгой дифракционной постановке. Пространственно-временная нестационарная система уравнений Максвелла с заданными начальными и граничными условиями решается численно во временной области методом конечных интегралов (Finite Integration Technique, FIT). Метод конечных интегралов представляет собой последовательную схему дискретизации уравнений Максвелла в интегральной форме. Алгебраическая модель дискретной формулировки системы уравнений Максвелла (Maxwell's Grid Equations, MGE) включает законы сохранения энергии и заряда. Электромагнитное поле определяется в данный момент времени на основании известных значений полей в предыдущие моменты времени при заданных начальных и граничных условиях. Вычислительная процедура выполняется последовательными шагами во времени, что позволяет создавать устойчивый алгоритм расчета и контролировать точность проводимых численных вычислений.

Прямой временной метод дает полную информацию об электромагнитном поле электродинамической системы в сверхширокой полосе частот.

### Результаты

На рис. 2 показана структура электрического поля в плоскости апертуры РА [1, 2]. Силовые линии вектора напряженности электрического поля  $\mathbf{E}$  в каждом отверстии имеют строение силовых линий электрического поля волны  $H_{11}$  – основной волны в круглом волноводе.

В центре апертуры антенны расположено начало  $O$  сферической системы координат. Ось  $Oz$  направлена по нормали к плоскости апертуры. Ось  $Oy$  параллельна продольной оси коаксиальной линии передачи. Ось  $Ox$  на рис. 2 направлена горизонтально. Меридиональный угол  $\Theta$  отсчитывается от оси  $Oz$ . Картина поля полностью симметрична относительно оси  $Ox$  и относительно оси  $Oy$ .

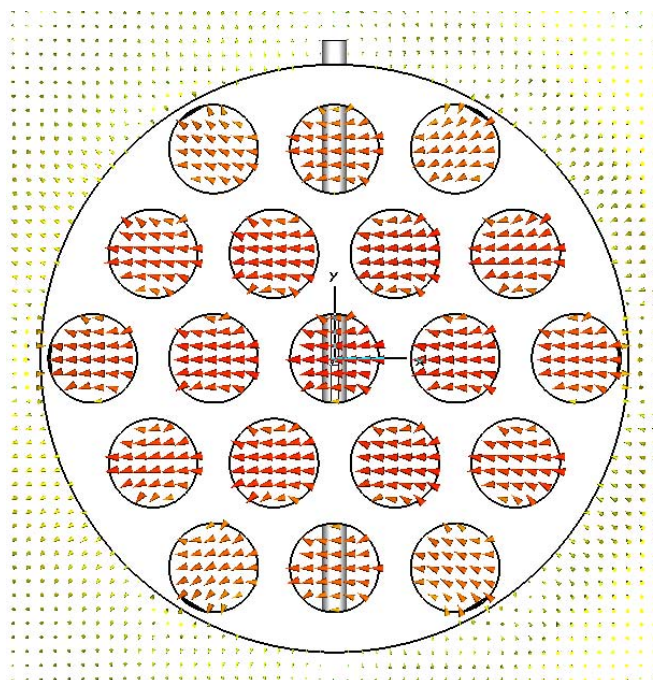


Рис. 2. Структура электрического поля в плоскости апертуры РА

Ширина ДН антенны в плоскости вектора напряженности электрического поля по уровню половинной мощности составляет 38,2 градуса, в плоскости вектора напряженности магнитного поля – 43,8 градусов. Ширина ДН по нулевому уровню, примерно, равна 55,8 градусов.

В таблице 1 представлены отношения амплитуды главной компоненты электрического поля к кросс-составляющей компоненте в плоскости вектора напряженности магнитного поля  $\mathbf{H}$  в рабочем диапазоне длин волн; в таблице 2 – в плоскости напряженности электрического поля  $\mathbf{E}$ .  $\lambda_{\min}=0,99\lambda$ ;  $\lambda_{\max}=1,01\lambda$ . В пределах главного лепестка ДН отношения компо-

нент составляет, примерно, 53–71 дБ. Плоская резонаторная антенна в главных ортогональных плоскостях имеет линейную поляризацию.

В таблице 3 представлены отношения амплитуды главной компоненты электрического поля к кросс-составляющей компоненте в рабочем диапазоне длин волн в точках наблюдения в плоскости, проходящей через ось Oz и составляющей с осью Ox угол 45 градусов.

Таблица 1

Отношение ортогональных компонент вектора напряженности электрического поля **E** в плоскости вектора **H**

Θ, град	Отношение ортогональных компонент, дБ		
	$\lambda_{\max}$	$\lambda$	$\lambda_{\min}$
0	60,30	60,80	59,11
22	53,70	59,10	56,72
45	44,67	51,30	53,74
90	19,80	27,60	30,71

Таблица 2

Отношение ортогональных компонент вектора напряженности электрического поля **E** в плоскости вектора **E**

Θ, град	Отношение ортогональных компонент, дБ		
	$\lambda_{\max}$	$\lambda$	$\lambda_{\min}$
0	60,30	60,80	59,11
19	58,90	65,87	71,40
45	57,32	57,19	48,54
90	56,78	55,91	55,33

В пределах главного лепестка ДН РА отношения компонент близки к единице, фазовый сдвиг составляет, примерно, 178–181 градусов. РА в этой плоскости имеет линейную поляризацию.

Таблица 3

Отношение ортогональных компонент вектора напряженности электрического поля **E** в плоскости под углом 45 градусов к оси Ox

Длина волны	Θ, град	Отношение ортогональных компонент	Разность фаз, град
$\lambda_{\max}$	0	1,00	-180,0
	20	1,09	-178,7
	45	1,88	-167,3
$\lambda$	0	1,00	-179,9
	20	1,11	-178,7
	45	2,36	195,9
$\lambda_{\min}$	0	1,00	180,1
	20	1,13	181,2
	45	3,34	202,9

Полученные результаты подтверждают предположение о хороших поляризационных свойствах плоской резонаторной антенны.

### Выводы

Плоская резонаторная антенна обладает уникальными электродинамическими характеристиками. В пределах рабочего полупространства не наблюдается изменения типа поляризации. Изменения в соотношении ортогональных компонент и фазовых сдвигах не имеют существенного значения. В диапазоне углов главного лепестка ДН РА поляризация строго линейная.

Плоская РА имеет низкий уровень кросс-поляризационного излучения. Она может быть использована в высокоточных радиофизических измерениях, где требуется высокая пространственно-временная избирательность и помехозащищенность радиотехнических систем.

В дальнейших исследованиях целесообразно провести анализ поляризационных характеристик РА в напряженно-деформированном состоянии в поле высоких температур и в условиях воздействий внешних факторов окружающей среды.

*Работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках комплексного проекта «Создание высокотехнологичного производства антенн и аппаратных модулей для двухчастотного радиомаячного комплекса системы посадки метрового диапазона формата ILS III категории ICAO для аэродромов гражданской авиации, включая аэродромы с высоким уровнем снежного покрова и сложным рельефом местности» по договору № 02.G25.31.0046 между Министерством образования и науки Российской Федерации и Открытым акционерным обществом «Челябинский радиозавод «Полет» в кооперации с головным исполнителем НИОКТР – Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет).*

### Библиографический список

1. Бухарин, В.А. Плоская резонаторная антенна / В.А. Бухарин, Н.И. Войтович, Н.Н. Репин // Сборник трудов Второй Всероссийской научно-технической конференции «РАДИОВЫСОТОМЕТРИЯ-2007». – Екатеринбург: ИД «Третья столица», 2007. – С. 160–164.
2. Бухарин, В.А. Влияние нагрева на параметры резонаторной антенны / В.А. Бухарин, Н.И. Войтович // Доклады V Всероссийской конференции «Радиолокация и радиосвязь». – М.: Издание JRE-ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН, 2011. – С. 105–108.

[К содержанию](#)