

## **Широкополосная вибраторная антенна бегущей волны с управляемой поляризацией**

*Описана новая конструкция вибраторной антенны, в которой реализована возможность управления поляризацией путем возбуждения антенны по двум развязанным входам. Приведены результаты расчета характеристик антенны. Разработанная антенна имеет простую конструкцию и при этом широкополосна. Полученные в работе результаты могут быть использованы при разработке широкополосных антенн с управляемой поляризацией.*

**Ключевые слова:** Широкополосная антенна, управляемая поляризация, вибраторная антенна

Использование управляемой поляризации в радиотехнических системах значительно расширяет их возможности и помехозащищенность [1]. Для излучения и приема волн с управляемой поляризацией в диапазоне метровых и дециметровых волн нашли применение антенны в виде перпендикулярно расположенных вибраторов [2] с развязанными входами. Вместе с тем, рамочные антенны по сравнению с вибраторными более широкополосны, обладают более высоким КНД и меньшими размерами. Управление поляризацией путем возбуждения антенны по двум развязанным входам возможно в шунтовой рамочной антенне [3–5], однако такая антенна имеет высокое входное сопротивление, в том числе и заметную его реактивную составляющую, что затрудняет ее согласование. В работах [6, 7] описаны рамочные антенны, в которых управление поляризацией осуществляется путем переключения их входов, но не рассмотрена возможность управления их поляризацией путем возбуждения антенны по двум развязанным входам. Кроме того, в указанных антеннах присутствует заметное излучение с кроссполяризацией, обусловленное несимметричной конструкцией согласующих элементов относительно Н-плоскости. Указанные недостатки были устранены в двухвходовой рамочной антенне, описанной в [8, 9] путем замены несимметричных согласующих элементов симметричными. В работе [9], кроме антенны с симметричными согласующими элементами и развязанными входами, рассмотрена ее модификация с переключаемыми входами. В этой работе показано, что два новых варианта антенны по своим характеристикам ничем не уступают исходному варианту антенны, рассмотренному в [6, 7]. В работе [10] рассмотрена модификация антенны, описанной в [8, 9], в которой, благодаря добавлению дополнительной согласующей рамки, удалось расширить её рабочий диапазон. В работе [11] проведено уточнение размеров антенны, полученных в работе [10], путем использования трех программ численного моделирования, а также рассмотрена возможность применения разработанной антенны в качестве излучателя линейной синфазной антенной решетки. В работе [12] описан вариант двухвходовой рамочной антенны, обладающей минимальными размерами и максимальной, из всех выше перечисленных вариантов, рабочей полосой частот. Главный недостаток антенн, рассмотренных в работах [6–12], это их высокое входное сопротивление, в случае если антенны рассчитаны на работу в широкой полосе

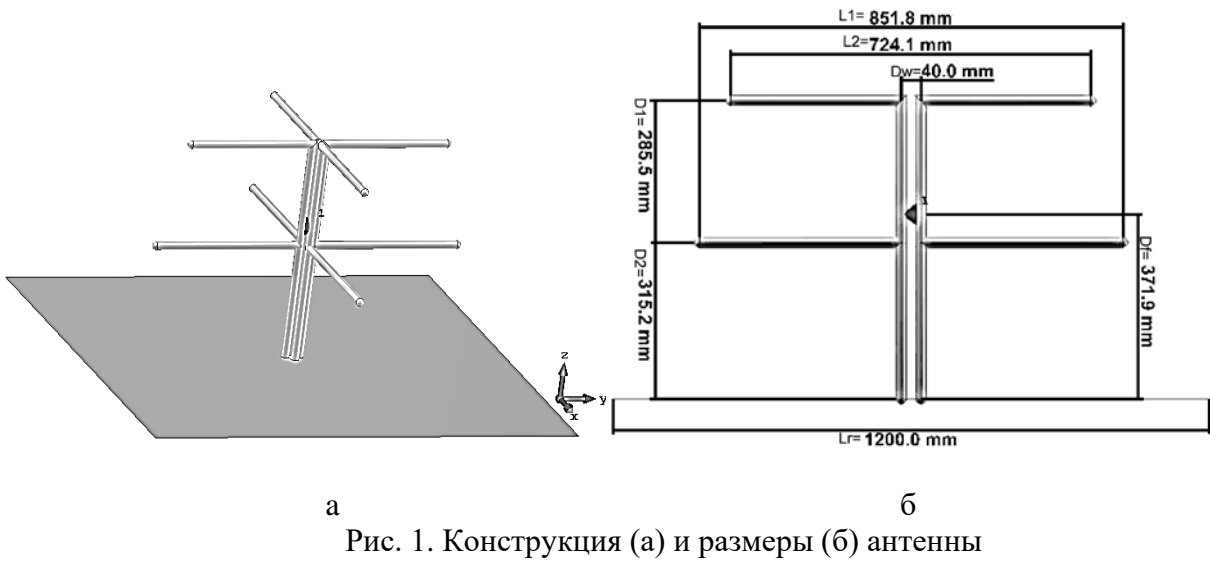
частот. Для устранения этого недостатка антенну приходится делать высокоомной и питать через широкополосный согласующе-симметрирующий трансформатор, который усложняет конструкцию антенны и снижает технологичность ее изготовления. Настоящая статья является продолжением работ [6–12]. Для устранения названного недостатка разработана вибраторная антенна, обладающая примерно такими же диапазонными свойствами, что и антенна [12], но имеет более простую конструкцию, хотя и более крупные габариты. Проблема узкого рабочего диапазона у обычного полуволнового вибратора [2] решена параллельным включением нескольких вибраторов через двухпроводную линию, что позволяет компенсировать реактивную составляющую входного сопротивления отдельных вибраторов в широкой полосе частот. По принципу работы эту антенну можно отнести к антеннам бегущей волны.

Конструкция антенны показана на рис.1. Антенна состоит из плоского рефлектора и двух (или более) двухполяризационных вибраторов, соединенных между собой двумя двухпроводными симметричными линиями. Количество вибраторов, расстояния между ними и параметры двухпроводной линии подбираются, исходя из требуемых диапазонных свойств антенны. Благодаря симметричной конструкции антенна обладает очень низким уровнем поля с кросс-поляризацией. Коаксиальный кабель прокладывается внутри одной из трубок линии и в точке питания через отверстие в стенке трубки выводится наружу, при этом оплетка кабеля подключается к трубке, через которую проложен кабель, а центральная жила соединяется с противоположной трубкой. Антенна выполнена из металлической трубки диаметром 22 мм. Размеры антенны показаны на рис.1 б, параметр  $D_f$  обозначает расстояние от рефлектора до точки питания,  $D_w$  – расстояние между центрами трубок, составляющих двухпроводную линию, в размеры вибраторов  $L_1$ ,  $L_2$  – не входит размер металлических заглушек, в форме полусфер с диаметром, равным диаметру трубок.

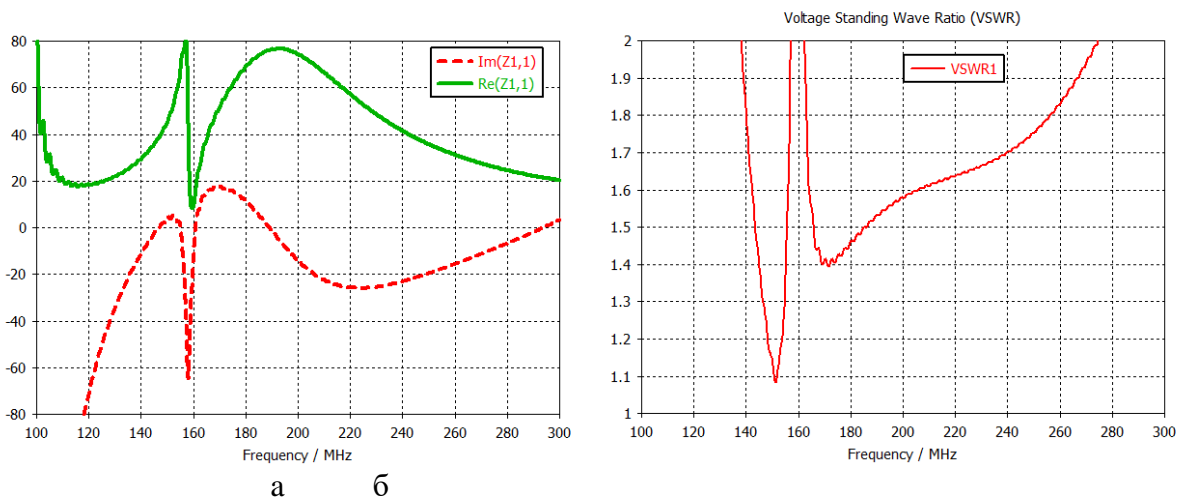
Расчет характеристик и оптимизация геометрических параметров производились в программе CST MICROWAVE STUDIO с использованием метода конечных разностей во временной области. Характеристики антенны для случаев возбуждения горизонтальной и вертикальной поляризации одинаковы. Различия заключаются в том, что при смене поляризации плоскости E и H меняются местами. Поэтому расчеты ДН произведены для случая возбуждения горизонтальной поляризации (XZ – горизонтальная плоскость, YZ – вертикальная). Оптимизация геометрии проводилась в CST по критерию максимальной относительной полосы частот при заданном значении максимального коэффициента стоячей волны  $K_{СВ\max}=2.0$ . При моделировании антенны рефлектор моделировался бесконечно тонким металлическим листом.

На рис.2 приведены зависимости входного сопротивления (рис.2 а) и КСВ (рис.2 б) антенны от частоты. На рис.3 показаны ДН антенны в горизонтальной плоскости (рис.3 а) и вертикальной плоскости (рис.3 б), рассчитанные для трех частот: 170, 220 и 270 МГц. В таблице 1 приведены зависимость КНД антенны от частоты.

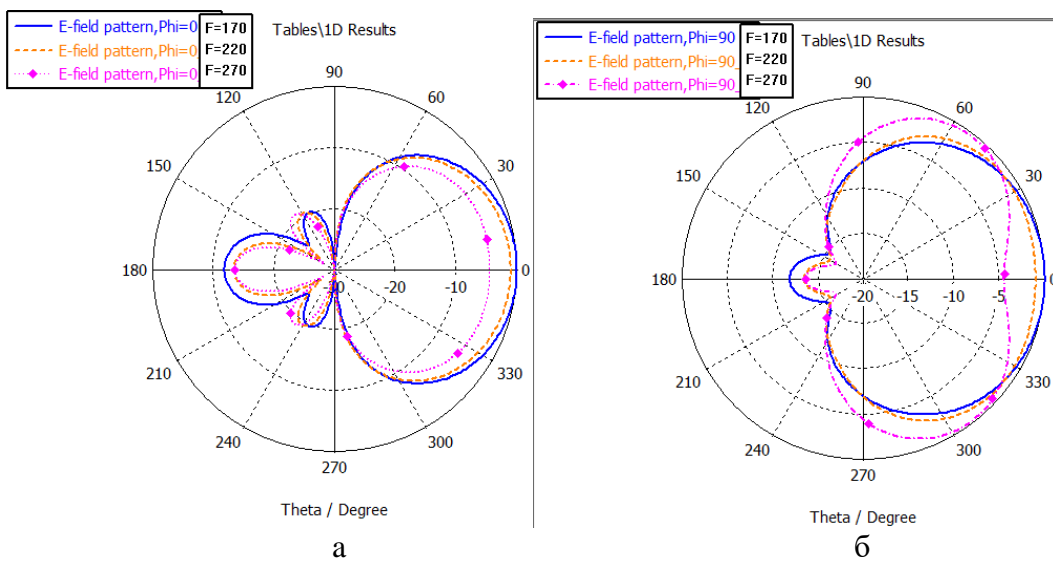
Из результатов моделирования видно, что антенна широкополосна, относительная полоса частот, в которой значения КСВ не превышают 2.0, составляет 52%, что всего на 3% меньше чем в более сложной антенне, рассмотренной ранее [12]. Антенна имеет КНД 5.6-6.5 дБ и однолепестковую ДН в относительной полосе частот не менее 25%, при этом в более широкой полосе частот наблюдается раздвоение ДН антенны в вертикальной плоскости (рис. 3 б частота 270 МГц) и, как следствие, снижение КНД на верхнем краю диапазона (Таблица 1).



а б  
Рис. 1. Конструкция (а) и размеры (б) антенны



а б  
Рис. 2. Зависимость входного сопротивления (а) и КСВ (б) антенны от частоты



а б  
Рис. 3. ДН антенны в горизонтальной (а) и вертикальной (б) плоскости на трех частотах

Таблица 1. Зависимость КНД антенны от частоты

F, МГц	170	220	270
КНД, дБ	6.5	5.6	2.4

Таким образом, разработана и численно исследована широкополосная вибраторная антенна простой конструкции, в которой реализована возможность управления поляризацией. Полученные в работе результаты могут быть использованы при разработке антенн для широкополосных радиотехнических систем с управляемой поляризацией.

#### Библиографический список

1. Канарейкин, Д.Б. Поляризация радиолокационных сигналов / Д.Б. Канарейкин, Н.Ф. Павлов, В.А. Потехин. – М.: Сов. Радио, 1966. – 439 с.
2. Mailloux Robert J. Phased Array Antenna Handbook / Robert J. Mailloux. – Artech house, 2005. – P. 515.
3. Ротхаммель, К. Антенны (11-е изд.): в 2 т. / К. Ротхаммель, А. Кришке. – М. : Данвел, 2007.
4. Григоров, И.Н. Практические конструкции антенн / И.Н. Григоров. – М. : ДМК Пресс, 2005. – 352 с.
5. Колчев, Г.И. УКВ антенна с управляемой поляризацией поля / Г.И. Колчев // Радиоаматор. – 2005. – № 4(140) – С.47.
6. Юрцев, О.А. Новая модификация рамочной антенны / О.А. Юрцев, Ю.Ю. Бобков, В.В. Кеда // Доклады БГУИР. – 2015. – № 6 - С. 30–35.
7. Кеда, В.В. Рамочная антенна с переключаемой поляризацией / В.В. Кеда, Ю.Ю. Бобков, О.А. Юрцев // Физика и технические приложения волновых процессов: материалы XIII междунар. науч.-техн. конф., Казань, 21–25 сентября 2015 г. / под общ.ред. В.А. Неганова, Г.А. Морозова. – Казань: ООО «Новое знание». – С. 60
8. Кеда, В.В. Рамочная антенна с управляемой поляризацией / В.В. Кеда, А.В. Рубаник, Г.П.Турук // Электроника инфо. – 2016. – № 6(132). – С. 53–58.
9. Кеда, В.В. Двухходные рамочные антенны с низким уровнем поля с ортогональной поляризацией / В.В. Кеда, И.С. Садовский, О.А. Юрцев// Радиолокация навигация связь: материалы XXI междунар. науч.-техн. конф., Воронеж, 19–21 апреля 2016 г. – Воронеж: – НПФ «САКВÓЕЕ» ООО, 2016 – С.794–801.
10. Кеда, В.В. Новая конструкция рамочной антенны / В.В. Кеда // IV Всерос. микроволновая конференция: материалы конф., Москва, 23–25 ноября 2016 г. – М.: – Издание JRE – ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН, 2016 – С.54–58.
11. Кеда, В.В. Линейная антенная решетка рамочных излучателей с переключаемой поляризацией // 7-я междунар. научная конф. по воен.-техн. проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения: сб. науч. ст., Минск, 20–22 мая 2017 г. – Ч.2. – С.111–120.
12. Кеда В.В. Широкополосная компактная рамочная антенна с управляемой поляризацией / В.В. Кеда // Доклады БГУИР. - 2018. – № 1.