УДК 621.396

Безгин А.А., Савочкин А.А.
Севастопольский государственный университет

Печатная антенна круговой поляризации *Argos*-2

В статье представлены результаты проектирования печатных антенн круговой поляризации для терминалов спутниковой системы связи Argos-2. Для создания поля круговой поляризации предложено два вида излучателей с одной точкой питания: излучатель в виде ромба и квадратный излучатель с крестовым вырезом в центре. Проводится моделирование антенн в пакете CAD FEKO и рассчитываются их основные характеристики. Результаты моделирования показывают, что антенна с вырезом более предпочтительна для практической реализации.

Ключевые слова: круговая поляризация, печатная антенна, спутниковая система *Argos*.

Основным источником оперативной метеорологической информации о состоянии верхнего слоя океана и приводной атмосферы стали автономные дрейфующие платформы сбора и передачи данных по каналам спутниковой связи — поверхностные дрифтеры.

Одним из основных компонентов дрифтерной технологии является канал передачи данных. Традиционно с момента начала систематических дрифтерных исследований использовалась спутниковая система сбора данных и определения координат платформ *Argos* с бортовым оборудованием *Argos*-2 [1]. В качестве антенны для работы передатчиков дрифтера целесообразно использовать печатную антенну.

Печатные антенны находят широкое применение в различных радиоэлектронных устройствах и системах благодаря их миниатюрности и высокой технологичности. Особое место среди них занимают антенны круговой поляризации. Интерес к этим антеннам обусловлен перспективами их использования в системах спутниковой навигации и системах связи (*GPS*, ГЛОНАСС, *Galileo*, *Argos* и др.) и системах радиочастотного распознавания объектов.

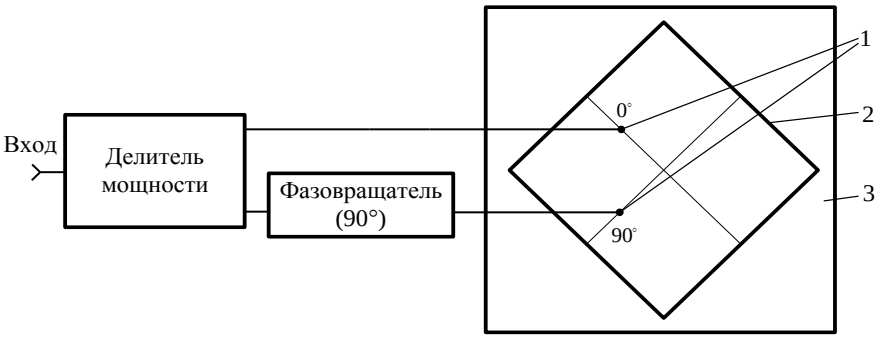
Печатные антенны в основном обладают резонансными свойствами, что сопровождается сужением относительной полосы рабочих частот, наиболее часто до нескольких процентов. Антенны круговой поляризации обычно отличаются от аналогичных антенн линейной поляризации большими габаритами и более сложными схемами питания [2].

Печатный излучатель с круговой поляризацией может быть реализован в виде одно- и двухканального варианта. При двухканальной схеме каждый из каналов при излучении волн круговой поляризации настраивают на одну частоту. Для создания круговой поляризации волн канальные токи должны иметь одинаковые амплитуды и разность фаз равную 90 градусов. Однако для этого в состав антенны необходимо добавить делитель мощности и фазосдвигающие элементы. При малой толщине подложки взаимная связь между каналами невелика и рассчитать характеристики каждого из каналов можно по методике расчета одноканального излучателя с линейной поляризацией поля излучения [3].

На рис. 1 изображена функциональная схема антенны круговой поляризации с излучателем квадратной формы.

С целью упрощения схемы питания, возможно, изменить конструкцию антенны и исключить делитель мощности. В этом случае излучатель следует выполнить в виде ромба.

На рис. 2 изображена конфигурация излучателя антенны предлагаемой конфигурации. В данной антенне используется только одна точка питания, что и приводит к опрощению конструкции антенны и системы питания. Отличие диагоналей ромба (*A*-*B*) позволит обеспечить некоторое расширение полосы частот антенны и обеспечить необходимый фазовый сдвиг для создания круговой поляризации.



1 — точки подключения питания с разностью фаз 90°; 2 — излучающий элемент; 3 — экран.

Рис. 1 — Функциональная схема антенны круговой поляризации

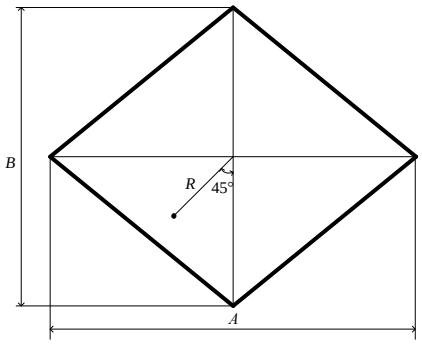


Рис. 2 — Излучающий элемент ромбической формы

В ходе исследований выполнено моделирование работы антенны в пакете *CAD FEKO*. Для моделирования выбран фольгированный стеклотекстолит *FR*-4 толщиной 2 мм. Размеры экрана выбраны 0,35×0,35 м. Установлено, что для работы на частоте 401,6 МГц и создания круговой поляризации длина диагонали *A* должна составлять 11,6 см и длина диагонали *B* должна составлять 11,3 см. Точка питания смещена на величину *R*=4 см от центра и повернута на 45° относительно каждой диагонали антенны.

На рис. 3 показана частотная зависимость КСВ ромбической антенны, которая рассчитана в *CAD FEKO*. Из графика видно, что КСВ с уровнем меньше 2 наблюдается в диапазоне частот (398,5…403) МГц. На рис. 4, (а) показаны нормированные диаграммы направленности в *E* и *H* плоскостях. Коэффициент эллиптичности в главном направлении составил –0,6 дБ (рис. 4, б). Коэффициент эллиптичности по уровню –3 дБ наблюдается в диапазоне углов от –67° до 67° (суммарно в угловом секторе 134°).

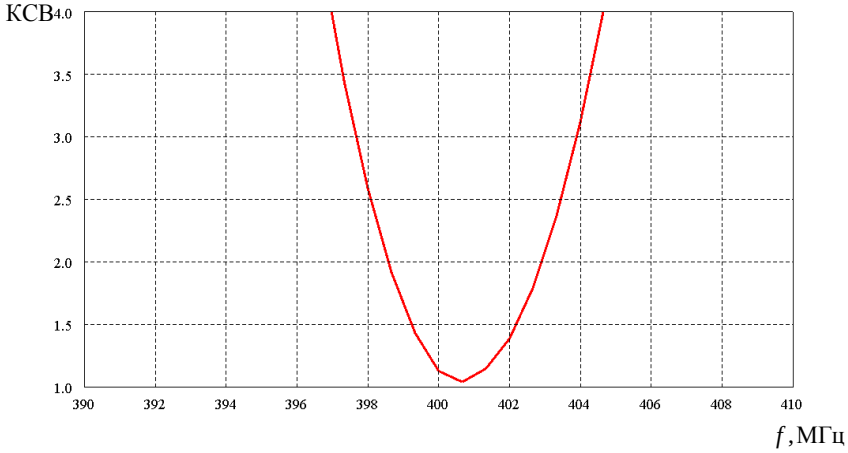
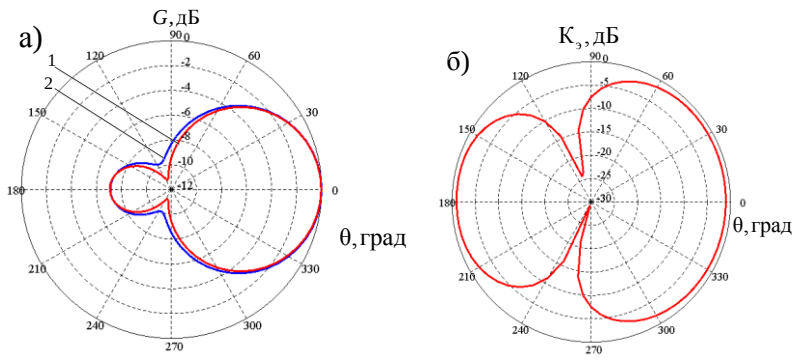


Рис. 3 — Частотная зависимость КСВ антенны в виде ромба



1 — плоскость φ=0°; 2 — плоскость φ=90°.

Рис. 4 — Нормированные ДН антенны (а) и коэффициент эллиптичности (б) антенны

Моделирование показало, что антенна обладает резонансными свойствами, и небольшое изменение размеров приводит к ухудшению ее параметров.

Второй вариант антенны круговой поляризации выполнен с использованием излучателя в форме квадрата с вырезом в центре. На рис. 5 показана конфигурация варианта антенны [4, 5].

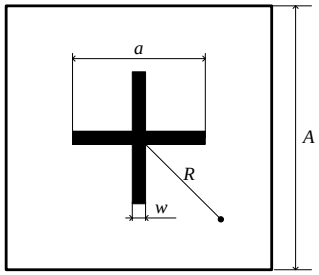


Рис. 5 — Излучающий элемент антенны с вырезом в центре

Для излучателя сторона квадрата выбрана *A*=7,4 см, длина вырезов *a*=7 см, ширина вырезов *w*=0,4 см. Точка питания удалена от центра квадрата на *R*=6 см. Моделирование проводилось для фольгированного стеклотекстолита *FR*-4. В данной конфигурации антенны, круговая поляризация создается за счет крестообразного выреза в центре квадратной излучающей пластины. Конфигурация отверстия обусловливает разность хода возбуждаемых поперечных и продольных волн на поверхности антенны.

На рис. 6 показана рассчитанная в *CAD FEKO* частотная зависимость КСВ антенны с вырезом в центре излучателя. Характеристика КСВ с уровнем меньше 2 наблюдается в диапазоне частот (395…402,5) МГц. На рис. 6, (а) показана нормированная диаграмма направленности в *E* и *H* плоскостях. Коэффициент эллиптичности в главном направлении составил –2,5 дБ (рис. 6, б). Коэффициент эллиптичности по уровню –3 дБ наблюдается в диапазоне углов от –65° до 65° (суммарно в угловом секторе 130°).

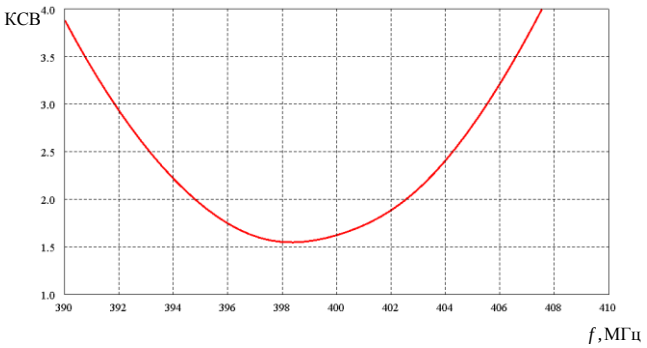
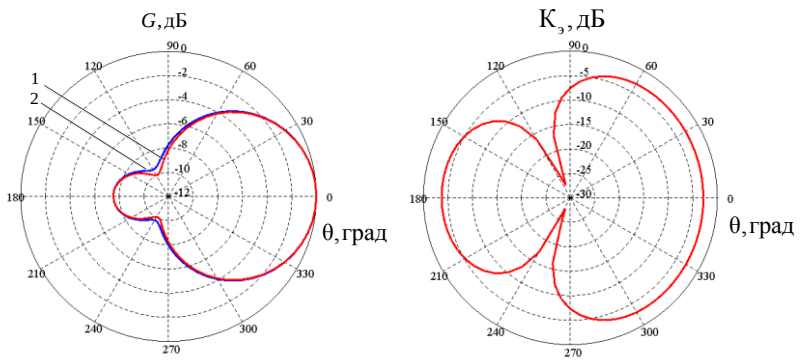


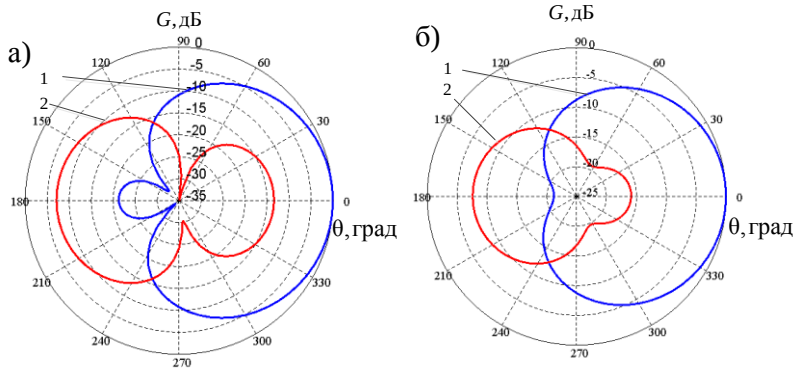
Рис. 6 — Частотная зависимость КСВ антенны с вырезом



1 — плоскость φ=0°; 2 — плоскость φ=90°.

Рис. 7 — Нормированные ДН антенны (а) и коэффициент эллиптичности (б) антенны с вырезом

Оба варианта антенн обеспечивают левостороннюю круговую поляризацию (рис. 8).



1 — левосторонний базис; 2 — правосторонний базис.

Рис. 8 — Нормированная ДН антенны при круговой поляризации антенны с излучателем в виде ромба (а) и антенны с вырезом (б)

Результаты исследований показали, что антенна с вырезом имеет меньший, чем у ромбической антенны коэффициент эллиптичности в главном направлении, но антенна с вырезом менее подвержена влиянию размеров излучателя на свойства поля круговой поляризации. Режим круговой поляризации зависит от длины и ширины выреза, размеры которого, на практике можно реализовать с достаточно большой точностью. Полоса частот, в которой коэффициент эллиптичности превышает –3 дБ для модели с ромбическим излучателем составила 0,8 МГц, для модели антенны с вырезом — 1,4 МГц.

Таким образом, созданы две модели компактных антенн с круговой поляризацией для терминалов спутниковой системы связи *Argos*-2 с удовлетворяющими электрическими свойствами (формой диаграммы направленности и характеристикой согласования).

Библиографический список

1. User’s manual [Электронный ресурс]: CLS group. Режим доступа: http://www.argos-system.org/web/en/76-user-s-manual.php.

2. Панченко Б.А. Микрополосковые антенны / Б.А. Панченко, Е.И. Нефедов. — М.: Радио и связь, 1986. — 144 с.

3. Панченко, Б.А. Электродинамический расчет характеристик полосковых антенн / Б.А. Панченко, Е.И. Нефедов и др. — М.: Радио и связь, 2002. — 256 с.

4. Yang K. P., Wong K. L., Dual band circularly polarized square microstrip antenna, IEEE Trans. Antennas Propagat., March 2001 — IEEE — Vol. 49, No. 3, 2001. — P. 378–382.

5. Yu, A., Yang F., Elsherbeni A., A dual band circularly polarized ring antenna based on composite right and left handed metamaterials, Progress In Electromagnetics Research — Massachusetts: — USA: EMW Publishing Cambridge — Vol. 78, 2008 — P. 73–81.