

Разработка антенны круговой поляризации для спутниковой системы связи *Iridium*

В статье представлены результаты проектирования печатной антенны круговой поляризации для морских буйковых терминалов спутниковой системы связи Iridium. Для создания поля круговой поляризации применен интегральный делитель мощности с разницей фаз между портами 90 градусов. Проводится моделирование антенны в пакете CAD FEKO и рассчитываются ее основные характеристики. Изготовлен макет антенны и произведено измерение его характеристик. Антенна формирует слабонаправленное излучение круговой поляризации.

Ключевые слова: печатная антенна, круговая поляризация, спутниковая система связи *Iridium*, CAD FEKO.

Одним из основных источников оперативной контактной информации о состоянии верхнего слоя океана и приподной атмосферы стали автономные дрейфующие платформы сбора и передачи данных по каналам спутниковой связи — поверхностные дрейфтеры.

Одним из основных компонентов дрейфтерной технологии является канал передачи данных. В настоящее время широко применяется спутниковая система связи Iridium [1]. Эта система мобильной персональной связи, предлагающая такие услуги как мобильную телефонную связь в любой точке земного шара, всемирный буквенно-цифровой пейджинг, определение местоположения источника сообщений, мобильный интернет и т.д. [1]. В качестве антенны для работы передатчиков предлагается 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 [2, 3].

Печатные антенны в основном ведут себя как резонаторы, это ведет к сужению 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 [4].

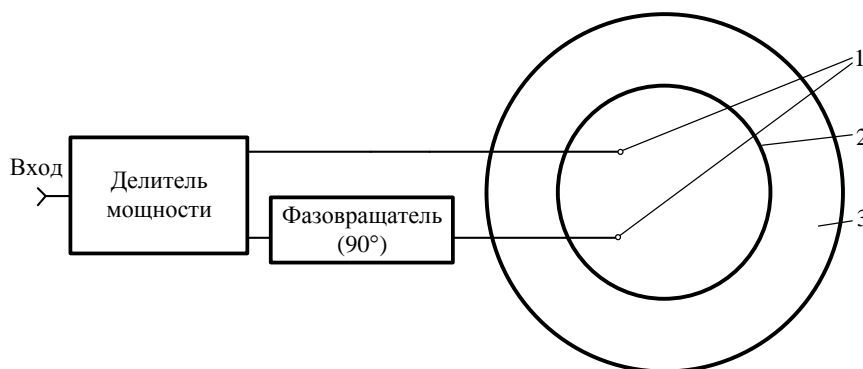
Печатный излучатель с круговой поляризацией может быть реализован в виде одно- и двухканального варианта. Одноканальная схема является более узкополосной. При двухканальной схеме каждый из каналов при излучении волн круговой поляризации настраивают на одну частоту. Для создания круговой поляризации волн каналные токи должны иметь одинаковые амплитуды и разность фаз равную 90 градусов [4].

На рис. 1 изображена функциональная схема двухканальной антенны круговой поляризации с круговым излучателем. Для уменьшения размеров антенны использован фольгированный СВЧ диэлектрик ТММ6 фирмы *Rogers* [5] с относительной

диалектической проницаемостью $\epsilon=6$. Радиус излучающего диска определен по формуле

$r_{\text{изл}} \approx \frac{\lambda}{4\sqrt{\epsilon}}$ [6]. Для центральной частоты *Iridium* 1620 МГц получено, что $r_{\text{изл}}=19$ мм.

Расстояние между излучателем и экраном выбирается равной толщине материала *TMM6* $h=6,35$ мм.



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

Рис. 1. Функциональная схема антенны круговой поляризации

В ходе исследований выполнено моделирование работы антенны в пакете *CAD FEKO*. Геометрические размеры антенны уточнены в процессе моделирования, и получено, что излучающий элемент имеет радиус $r_{\text{изл}}=21$ мм, а экран диаметр $D=67$ мм. На обратной стороне экрана размещен интегральный делитель мощности, который обеспечивает фазовый сдвиг между каналами 90° . Точки подключения питания смещены от центра излучателя на расстояние $F=4,2$ мм.

На рис. 2 показаны рассчитанные в *CAD FEKO* частотные зависимости КСВ модели антенны. В полосе работы системы *Iridium* (1615...1625) МГц КСВ не превышает 1,3. Предполагаем, что отличие характеристик портов обусловлено не идеальностью расчетной методики *CAD FEKO*. На рис. 3 показаны нормированные диаграммы направленности в плоскостях $\varphi=0^\circ$ и $\varphi=90^\circ$ (а) и коэффициент эллиптичности (б) антенны на частоте 1620 МГц. Антенна формирует слабонаправленное излучение, коэффициент эллиптичности в главном направлении составил -1,7 дБ.

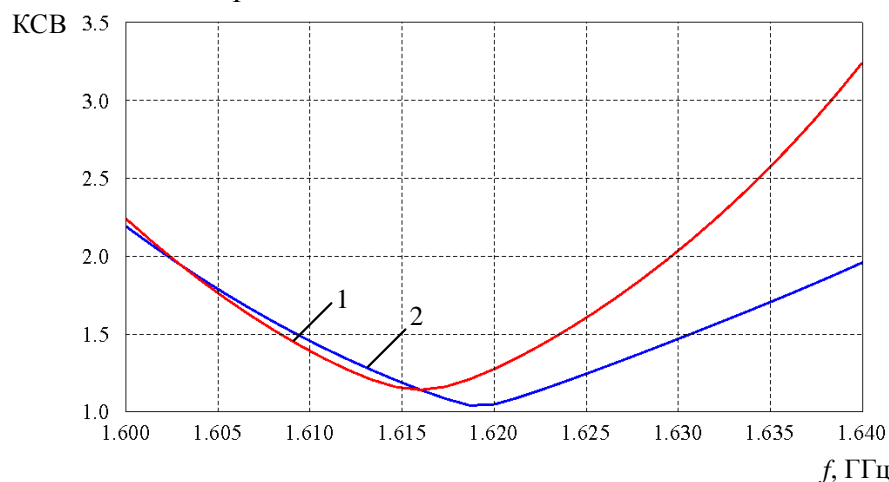


Рис. 2. Частотная зависимость КСВ модели антенны для первого порта (1) и второго порта (2)

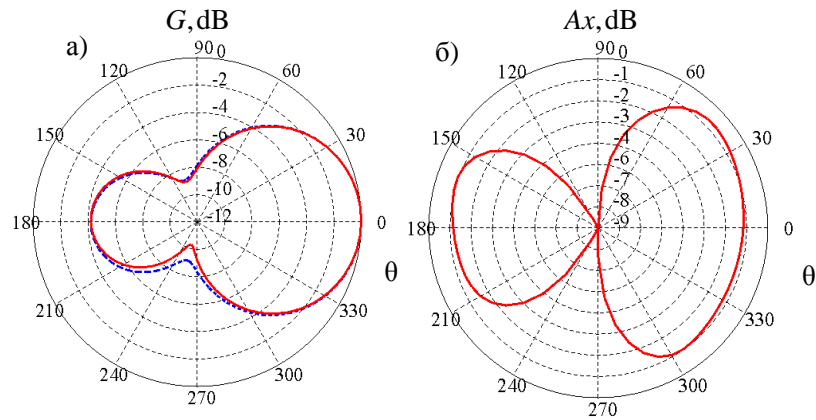


Рис. 3. Нормированные ДН модели антенны в плоскостях $\varphi=0^\circ$ и $\varphi=90^\circ$ (а) и коэффициент эллиптичности (б)

На рис. 4 показаны частотные зависимости коэффициента усиления модели антенны (а) и коэффициента эллиптичности в главном направлении (б). Значение коэффициента усиления в диапазоне (1615...1625) МГц изменяется в небольших пределах от 4,76 дБ до 4,79 дБ. Значение коэффициента эллиптичности в диапазоне (1615...1625) МГц изменяется от -1,3 дБ до -2,2 дБ.

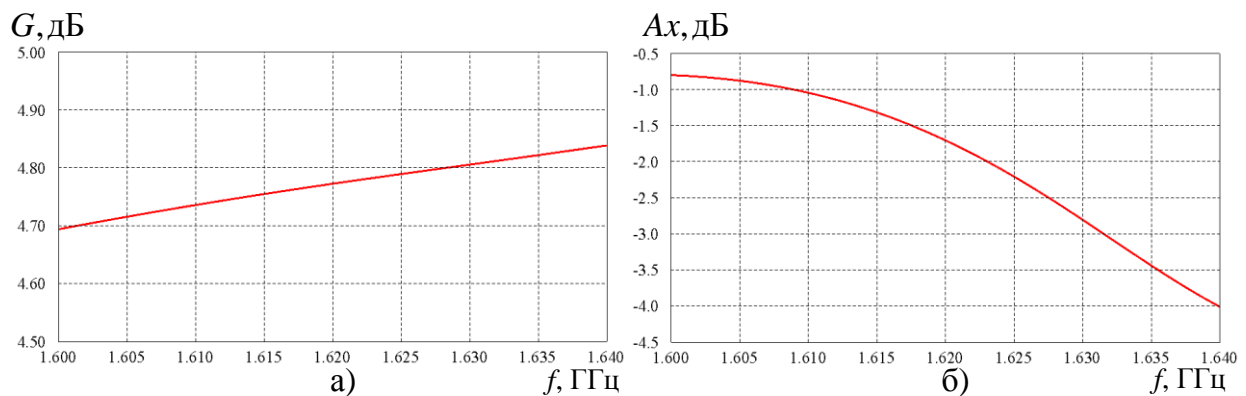


Рис. 4. Частотные зависимости коэффициента усиления модели антенны (а) и коэффициента эллиптичности в главном направлении (б)

По результатам моделирования был разработан и изготовлен макет антенны, фотография которого приведена на рис. 5.

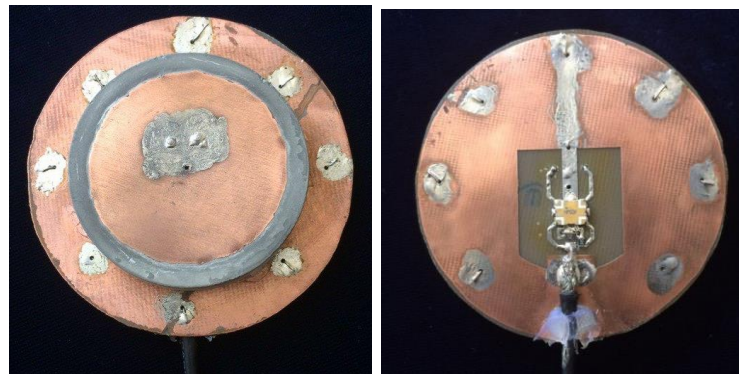


Рис. 5. Макет антенны

Излучатель антенны выполнен из двухстороннего СВЧ диэлектрика *TMM6* и экран изготовлен из фольгированного текстолита толщиной 1 мм. Сигнал подводится с помощью кабеля с разъемом *SMA*. На обратной стороне экрана установлен интегральный делитель *HPG3F*.

Измерение входных характеристик антенны выполнено анализатором цепей *N5242A* фирмы *Keysight*. На рис. 6 показана экспериментальная частотная зависимость КСВ макета антенны. КСВ на частоте 1620 МГц составил 1,03. На рис. 7 показаны экспериментальные нормированные диаграммы направленности макета в плоскостях $\varphi=0^\circ$ и $\varphi=90^\circ$ на частоте 1620 МГц.

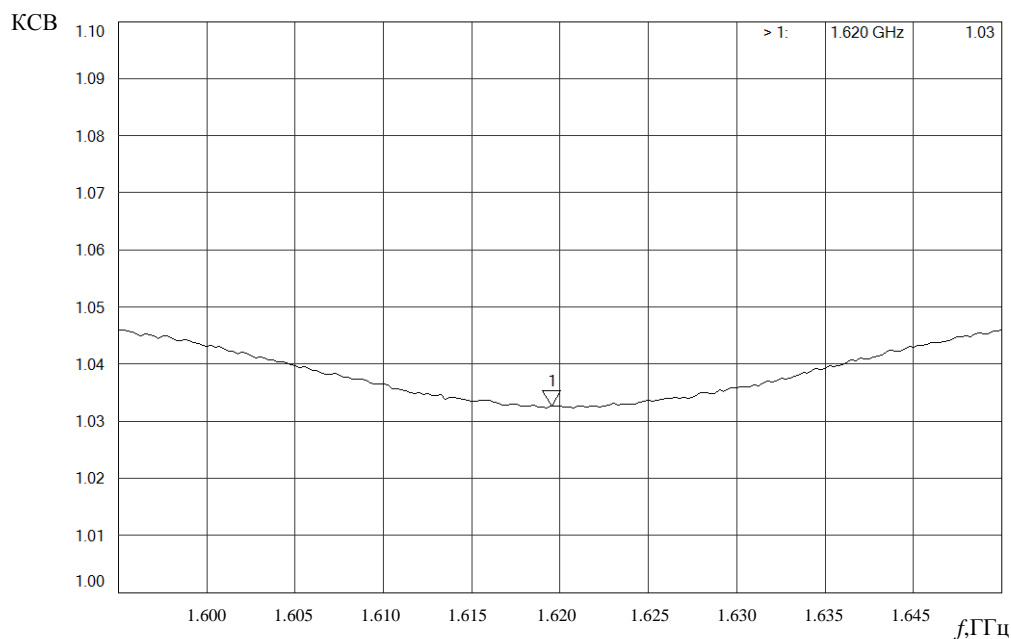


Рис. 6. Частотная зависимость КСВ макета антенны

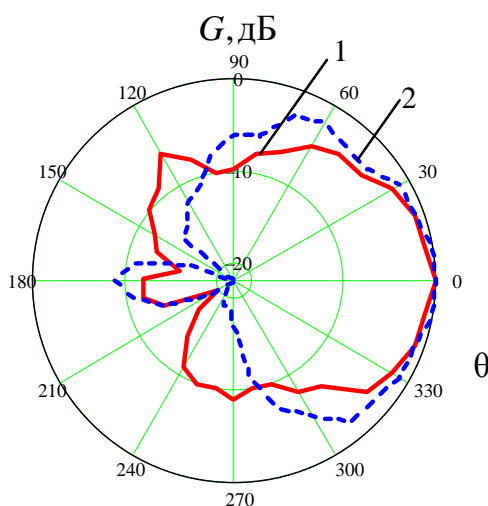


Рис. 7. Экспериментальные ДН антенны (1 — плоскость $\varphi=0^\circ$, 2 — плоскость $\varphi=90^\circ$)

Выполнено измерение коэффициента усиления с помощью вспомогательной антенны *Tallysman TW2605*. Коэффициент усиления макета антенны на частоте 1620 МГц составил 5 дБ.

Таким образом, в результате выполнения работы создана модель в *CAD FEKO* и изготовлен макет антенны круговой поляризации для морских терминалов спутниковой системы связи *Iridium*, выполнено экспериментальное исследование макета антенны. Антенна имеет малые геометрические размеры и обеспечивает формирование поля круговой поляризации с требуемой диаграммой направленности во всей рабочей области углов при хорошем согласовании.

Библиографический список

1. Безгин А.А., Юркевич Н.Ю. Современные системы спутниковой связи и особенности их применения для решения задач оперативной океанографии. // Материалы молодежной научной конференции «Комплексные исследования морей России: оперативная океанография и экспедиционные исследования». Севастополь, 2016. С. 517-522.
2. Безгин А.А., Савочкин А.А. Двухчастотная печатная антенна для морских терминалов связи спутниковой системы Argos-3 // Мат. 4-ой всероссийской конференции «Электроника и микроэлектроника СВЧ». Санкт-Петербург, 2015. С. 268-271.
3. Савочкин А.А., Копцев П.А., Абдулгалиев О.Р. Обоснование методики определения местоположения объектов с использованием технологии радиочастотной идентификации // Материалы XI международной научно-практической конференции «21 век: фундаментальная наука и технологии». 2017. С. 140-142.
4. Безгин А.А., Савочкин А.А. Печатная антенна круговой поляризации Argos-2 // Мат. 5-ой всероссийской конференции «Электроника и микроэлектроника СВЧ». Санкт-Петербург, 2016. С. 301-304.
5. Rogers corporation [Электронный ресурс]: «TMM® 6 Laminates», 2017. URL: <https://www.rogerscorp.com/acs/products/48/TMM-6-Laminates.aspx> (дата обращения: 20.03.2017)
6. Панченко Б.А. Электродинамический расчет характеристик полосковых антенн / Б.А. Панченко, Е.И. Нефедов и др. // М.: Радио и связь, 2002. 256 с.