

УДК 621.396.67

Е.Р. Гафаров, Ю.П. Саломатов

## Трехчастотная антенна ГЛОНАСС/GPS

Представлены результаты электродинамического моделирования характеристик трехчастотной микрополосковой антенны (МПА) круговой поляризации, предназначенной для работы в составе радиоприемного устройства навигационных систем ГЛОНАСС/GPS. Рассмотрены вопросы исполнения антенны в единой реализации с одной точкой питания. Исследованы характеристики антенны в диапазонах  $L1$ ,  $L2$ ,  $L3/L5$ .

**Ключевые слова:** ГЛОНАСС, GPS, спутниковая радионавигационная система, микрополосковая антенна.

Аппаратура спутниковых навигационных систем (СНС) становится все более массовым средством, которое находит применение в различных областях нашей жизни. Спутниковые радионавигационные системы являются неотъемлемой частью навигационных систем в авиации и морском транспорте. С их помощью осуществляется контроль над грузовыми перевозками (автомобильными, железнодорожными, морскими), ведется поиск людей в чрезвычайных ситуациях, отслеживается местонахождение потерянных и угнанных транспортных средств, проводятся геодезические, метеорологические работы и многое другое.

Использование диапазона  $L1$  спутниковой радионавигации (стандартной точности) необходимо и достаточно для применений в гражданской отрасли [1]. Совместное с  $L1$  применение диапазона  $L2$  (высокой точности) позволяет устранить ионосферную ошибку определения координат и находит применение в высокоточных системах глобального позиционирования [2, 3]. Однако в 2011 г. запущен спутник для работы с сигналами диапазона  $L3$ . Преимущество использования дополнительного диапазона частот передачи навигационного сигнала космическим аппаратом «ГЛОНАСС-К» позволит повысить точность определения координат навигационными приемниками за счет совместной обработки всех трех диапазонов частот. За счет использования аппаратом «ГЛОНАСС-К» пяти сигналов на трех частотах, количество ошибок, которые может нести каждый сигнал, снижается, т.к. профессиональная аппаратура способна отсеять ошибки, соотнося данные каждого сигнала друг с другом. Дополнительная частота  $L3$  с кодовым разделением сигнала, что в совокупности в два раза повышает точность определения положения.

Таким образом, для работы в трех диапазонах частот, помимо высококачественного приемника, необходимо применение высокоточного антенного устройства, удовлетворяющего необходимым характеристикам системы радионавигации.

Далее представлены результаты исследования компактной трехчастотной антенны ГЛОНАСС/GPS.

**Моделирование квадратурного делителя мощности.** На начальном этапе разработки антенны было решено использовать делитель мощности с разностью фаз в двух плечах  $90^\circ$ . Применение такого делителя в единой реализации с излучателем позволит улучшить поляризационную характеристику антенны и значительно сократить массогабаритные показатели. Квадратурный делитель мощности выполнен в виде гибридного кольца. Задача делителя – распределить подводимую мощность с одного коаксиального входа на две точки питания со смещением по фазе в  $90^\circ$ . Делитель выполнен на отдельном слое. Подстилающий диэлектрик с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_1 = 10,2$  (Duroid 6010), толщина диэлектрика  $H1 = 0,635$  мм. Центральная частота 1,35 ГГц. Диаметр делителя мощности  $D1 = 23,3$  мм,  $D2 = 24,8$  мм. Ширина подводящих линий рассчитана на сопротивление 50 Ом и равна  $F = 0,6$  мм. На рис. 1 приведены характеристики делителя мощности. На рис. 2 представлен квадратурный делитель мощности с указанием размеров.

Данный квадратурный делитель обеспечивает неравное деление мощности на собственной центральной частоте (пик параметра  $S_{11}$ ), несколько лучше на центральных частотах диапазонов  $L1$  (1,575 ГГц),  $L2$  (1,237 ГГц),  $L3$  (1,202 ГГц). Делитель обеспечивает сдвиг фаз  $90 \pm 3^\circ$  на частотах, перекрывающих диапазоны радионавигации.

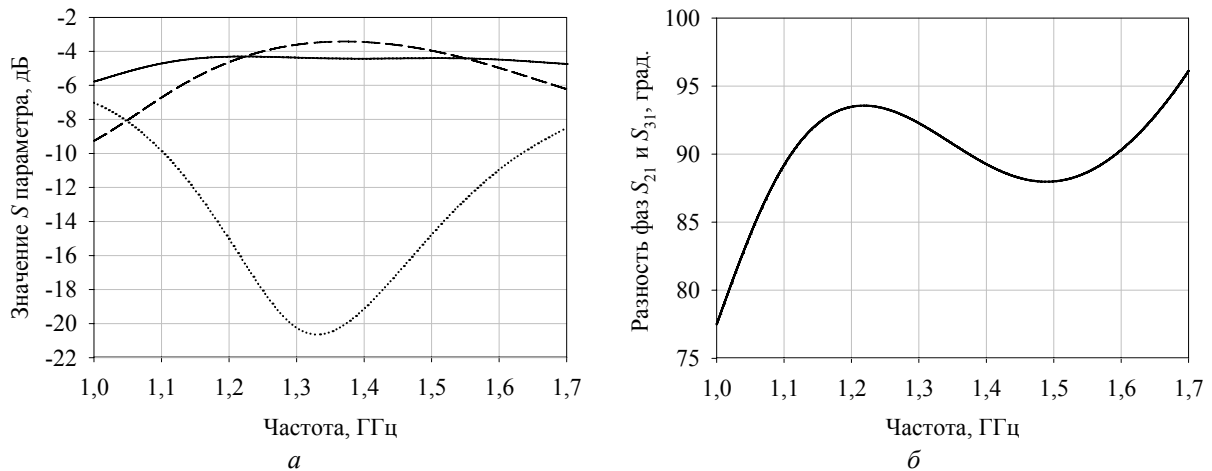


Рис. 1. Характеристики квадратурного делителя мощности: *a* – сплошная линия –  $S_{31}$ , пунктирная –  $S_{21}$ , точечная –  $S_{11}$ ; *б* – разность фаз в выходных плечах делителя

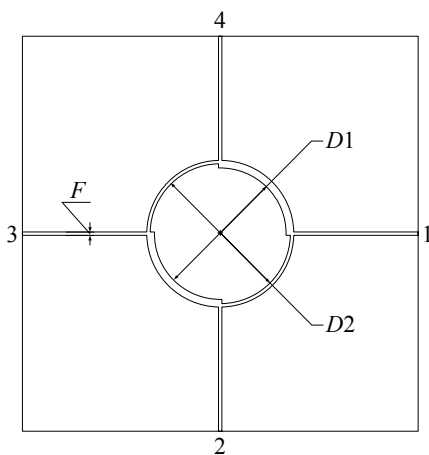


Рис. 2. Квадратурный делитель

Если бы для реализации двух точек питания со сдвигом фаз между ними  $90^\circ$  использовалась линия задержки, рассчитанная на частоту 1,35 ГГц, неравномерность в полосе рабочих частот нужных диапазонов составила бы порядка  $90 \pm 15^\circ$ . Такая неравномерность не желательна для получения требуемого коэффициента эллиптичности антенны.

**Моделирование МПА.** Микрополосковая антенна выполнена в виде трех слоев, первый из которых – делитель мощности, второй и третий слои – микрополосковые излучатели. В качестве подложки излучателей используется материал толщиной  $H2 = 4$  мм с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_2 = 4$ .

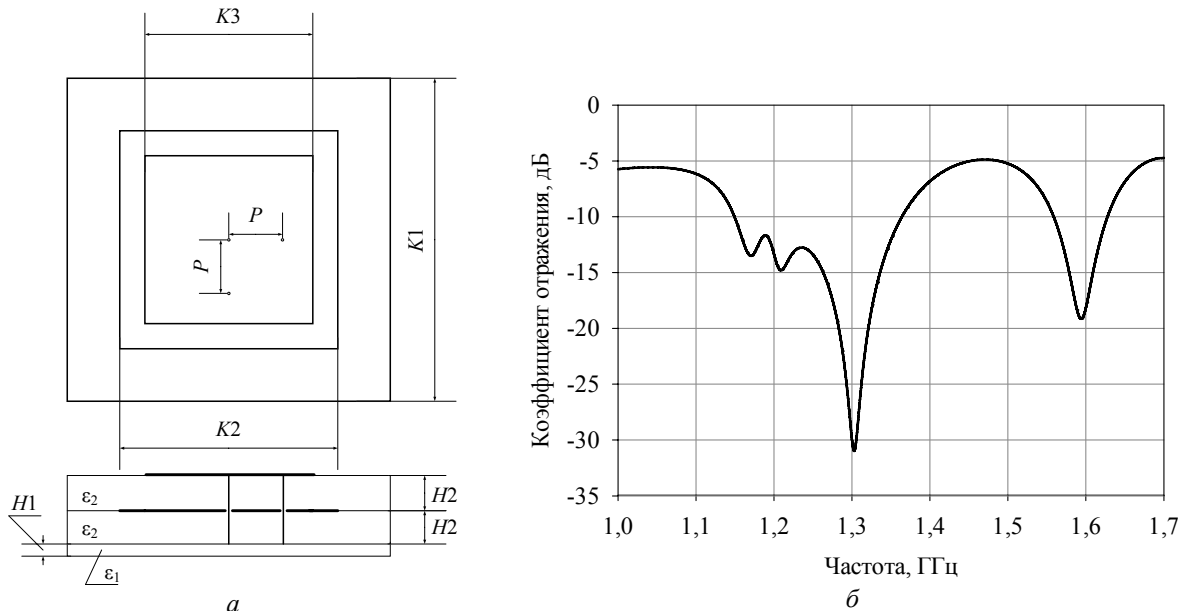


Рис. 3. Размеры излучателей МПА (*a*), коэффициент отражения МПА (*б*)

Как показал предварительный расчет, размеры верхнего резонатора  $K3 = 41,6$  мм, размер нижнего  $K2 = 54$  мм. Размер экрана и подложек составил  $K1 = 80$  мм. Мощность от делителя подводится к верхнему резонатору посредством питающих штырей сквозь отверстия в нижнем излучателе. Расстояние от центра до точки питания  $P = 13,3$  мм выбрано исходя из оптимального согласования на

сопротивление 50 Ом. На рис. 3 представлен вид сверху и вид сбоку для МПА с указанием размеров и коэффициент отражения антенны. По уровню  $-10$  дБ коэффициент отражения охватывает диапазоны частот 1,150–1,366 и 1,560–1,630 ГГц, что полностью перекрывает диапазоны частот  $L1 = 1565$ – $1615$ ,  $L2 = 1,217$ – $1,257$ ,  $L3 = 1,192$ – $1,212$ ,  $L5 = 1,162$ – $1,192$  ГГц.

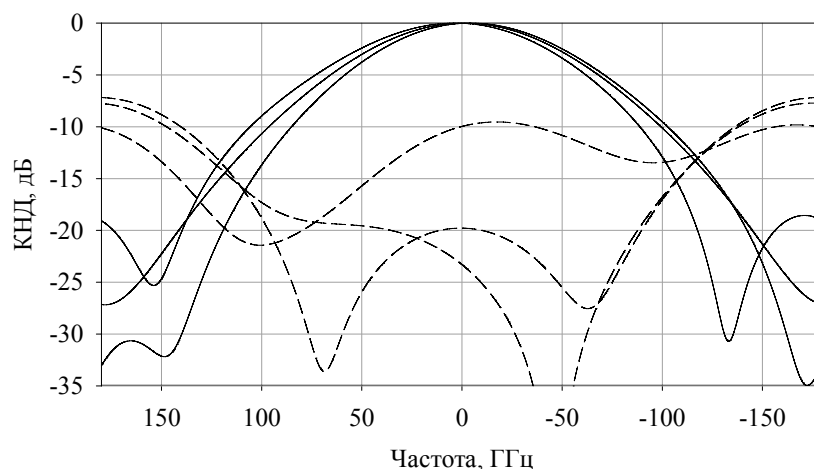


Рис. 4. Диаграммы направленности для правой круговой поляризации (сплошной линией) и кросс-поляризации (пунктирной линией) на частотах 1,175, 1,225, 1,575 ГГц

Как видно из рис. 4 нормированные диаграммы направленности для правой круговой поляризации на частотах диапазонов  $L1$ ,  $L2$ ,  $L3$  обладают шириной порядка  $90$ – $110^\circ$  по уровню  $-3$  дБ. Главный лепесток диаграммы равномерно спадает от центра к краю. Уровень кроссполяризации в диапазоне углов места  $\pm 90^\circ$  не превышает  $-10$  дБ для частот диапазона  $L1$  и  $-18$  дБ для  $L2$  и  $L3$ . Коэффициент усиления в полосе рабочих частот диапазона  $L1$  не ниже 5 дБ, в диапазонах  $L2$  и  $L3$  – не ниже 4 дБ. Коэффициент эллиптичности антенны в полосе рабочих частот диапазонов  $L2$  и  $L3$  не ниже 0,7 во всей верхней полусфере рабочих углов места  $\pm 75^\circ$ , на частотах диапазона  $L1$  коэффициент эллиптичности не менее 0,5.

**Заключение.** Проведено исследование трехчастотной микрополосковой антенны, показано, что применение двух излучателей в совокупности с квадратурным делителем мощности позволяет принимать сигналы трех диапазонов частот  $L1$ ,  $L2$  и  $L3$  спутниковой радионавигации. Единая реализация антенны позволила существенно сократить размеры, тем самым повысив применимость данной антенны в различных областях высокоточных измерений. Высота структуры составляет порядка 9 мм. Максимальный габаритный размер 80х80 мм. Следует отметить основные преимущества рассматриваемой антенны:

- 1) низкопрофильность структуры антенны;
- 2) малая масса и габариты;
- 3) одна точка питания;
- 4) КСВ не более 2 в диапазонах рабочих частот;
- 5) коэффициент усиления не ниже 4 дБ в диапазонах рабочих частот;
- 6) ширина ДН порядка  $90$ – $110^\circ$  по уровню  $-3$  дБ.

В дальнейшем возможно применение данной антенны в составе замедляющей структуры для повышения эффективности с точки зрения подавления многолучевой интерференции [4].

Работа выполнена при поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (конкурс 2011–1.3.2–215–009).

#### Литература

1. Lin Sh.Y. A Compact Microstrip Antenna for GPS and DCS Application / Shun-Yun Lin, Kuang-Chih Huang // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. – 2005. – Vol. 53, № 3. – P. 1227–1229.
2. Basilio L.I. A comparative study of a new GPS reduced-surface-wave antenna / Lorena I. Basilio, Jeffery T. Williams, David R. Jackson, Michael A. Khayat // IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. – 2005. – Vol. 4. – P. 233–236.

3. Basilio L.I. A New Planar Dual-Band GPS Antenna Designed for Reduced Susceptibility to Low-Angle Multipath / L.I. Basilio, R.L. Chen, J.T. Williams, D.R. Jackson // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. – August 2007. – Vol. 55, № 8. – P. 2358–2366.

4. Гафаров Е.Р. Антенна ГЛОНАСС/GPS с частотно-селективной поверхностью / Е.Р. Гафаров, Ю.П. Саломатов // Известия высших учебных заведений. Физика. Ежемесячный научный журнал (Томск). – 2010. – Т. 53, № 9/2. – С. 60–61.

---

**Гафаров Евгений Раисович**

Аспирант каф. радиотехники Института инженерной физики и радиоэлектроники (ИИФиРЭ) СФУ

Тел.: 8-923-306-27-05

Эл. почта: slazen@mail.ru

**Саломатов Юрий Петрович**

Канд. техн. наук, доцент, заместитель директора, зав. каф. радиотехники ИИФиРЭ СФУ

Тел.: 8 (391-2) 91-29-67

Эл. почта: YSalomatov@sfu-kras.ru

Gafarov E.R., Salomatov Y.P.

**Tri-band GLONASS/GPS antenna**

In the article there are presented the results of electrodynamic simulation of tri-band microstrip antenna characteristics (MSA), designed to work in the radio receiver GLONASS/GPS. There are considered the performance issues in a single antenna implementation with a single point of supply. The performance of the antenna in the range of  $L1$ ,  $L2$ ,  $L3/L5$  is investigated.

**Keywords:** GLONASS, GPS, radio navigation system, microstrip antenna.

---