

УДК 539.216:546.824-31

## АКТИВНАЯ АНТЕННА ДЛЯ ПРИЕМА СИГНАЛОВ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ GPS/ГЛОНАСС/EGNOS

И.Ю. МАЛЕВИЧ, Ю.Ю. БОБКОВ, Е.Н. КАЛЕНКОВИЧ,  
М.И. КРЮЧКОВ, А.С. ЛОПАТЧЕНКО

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

*Поступила в редакцию 15 мая 2013*

Приведены результаты разработки и лабораторных испытаний технологичной активной антенны на керамической подложке с уменьшенными размерами и питанием по радиочастотному кабелю, обеспечивающей прием сигналов спутниковых систем GPS, ГЛОНАСС и EGNOS.

*Ключевые слова:* активная антенна, прием сигналов спутниковых систем GPS, ГЛОНАСС и EGNOS.

### Введение

В современном мире трудно переоценить роль спутниковых радионавигационных систем (СРНС). Для приема GPS/ГЛОНАСС/EGNOS сигналов используются специализированные приемники, оснащенные высокочувствительными активными антеннами (АА) [1–3]. Активная антенна является входным элементом радиочастотного тракта приема и ее характеристики определяющим образом влияют на эффективность работы аппаратуры потребителей.

Актуальность задачи разработки новых технических решений АА для приема GPS/ГЛОНАСС/EGNOS сигналов, наряду с высокой востребованностью таких устройств, определяется необходимостью создания автономных технологически простых конструкций, способных комплексироваться с типовыми мульти- и моносистемными приемо-индикаторами СРНС.

В числе перспективных подходов, решающих задачу реализации бюджетного варианта АА, особым образом выделяется метод, основанный на комплексировании диапазонной резонансной антенны с широкополосным усилительным модулем.

### Особенности функционирования АА для приема GPS/ГЛОНАСС/EGNOS сигналов

АА является входным устройством аппаратуры потребителей (т.е. приемо-индикаторов) СРНС, и предназначена для приема сигналов навигационных спутниковых систем GPS/ГЛОНАСС/EGNOS, находящихся в зоне радиовидимости. На вход мультисистемной АА поступает многоканальный (от 4 до 22 каналов) сигнал уровнем не менее  $-130 \dots -135$  дБм в диапазоне  $1565 \dots 1616,5$  МГц [1–3]. Принятый групповой сигнал фильтруется и усиливается малошумящим усилителем (МШУ) и с выхода АА через интегрированную фидерную линию длиной  $2,5 \dots 5$  м с оконечным разъемом (SMA-male либо SMB-male) подводится к 50-омному входу приемо-вычислителя, в котором расположен модуль унифицированного источника питания напряжением  $2,5 \dots 3,3$  В.

В современных компактных моделях АА обычно используются микрополосковые антенны на керамической подложке. Коэффициент направленного действия (КНД) таких

антенн не превышает 3. Это обуславливает необходимость применения МШУ с коэффициентом усиления 15...30 дБ и коэффициентом шума не более 3...4 дБ.

Практика использования АА показала, что наряду с низким коэффициентом шума, важно обеспечить высокую перегрузочную способность МШУ. Так, для условий функционирования АА в зоне действия передатчиков Bluetooth и сотовых сетей, точка компрессии усилительного модуля должна быть не менее -15 дБм.

### Техническая реализация АА для приема GPS/ГЛОНАСС/EGNOS сигналов

Современный рынок СВЧ устройств переживает стадию интенсивного развития. Постоянно совершенствуются и характеристики АА СРНС. Причем, кроме традиционного для АА набора параметров – диапазон частот, линейность, уровень собственных шумов, напряжение питания, на первый план выходят технологичность, универсальность и стоимость. В этом ракурсе и был проведен синтез элементов структуры АА для приема GPS/ГЛОНАСС/EGNOS сигналов.

В качестве антенной структуры АА был выбран одиночный микрополосковый печатный элемент прямоугольной формы, возбуждаемый штырем (рис. 1). Круговая поляризация обеспечивается смещением точки возбуждения излучателя по двум координатам. С целью уменьшения габаритов печатного излучателя активной антенны до размеров 25×25×5 мм в качестве подложки был использован керамический диэлектрик на основе оксида алюминия с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 18$  и тангенсом угла диэлектрических потерь  $\text{tg } \delta \approx 10^{-5}$ . Общий вид излучающего элемента изображен на рис. 1, б.

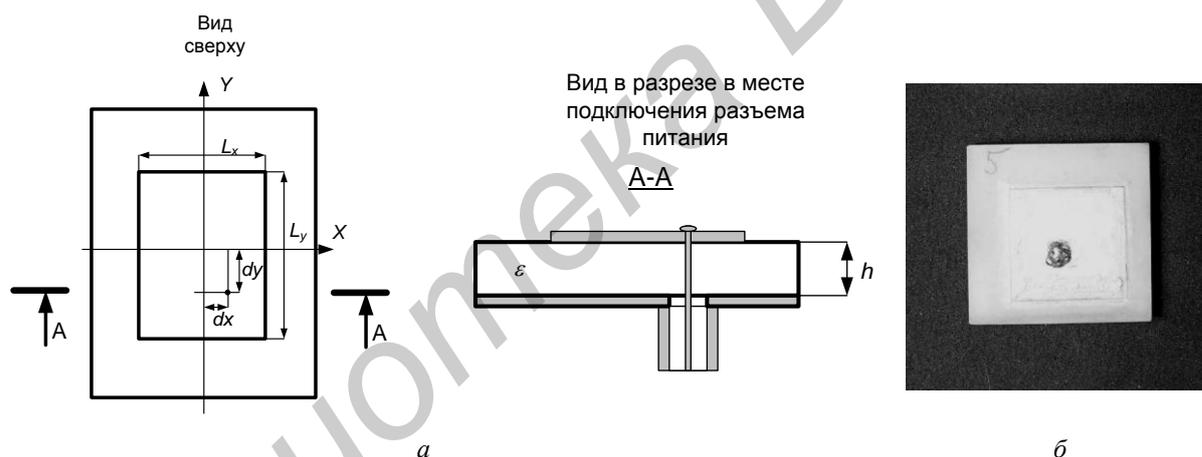


Рис. 1. Конструкция (а) и общий вид (б) приемного элемента АА:  
 $L_x = 20,15$  мм;  $L_y = 21,26$  мм;  $d_x = 3,29$  мм;  $d_y = 3,5$  мм;  $h = 2$  мм;  $\epsilon = 18$

Размеры антенной структуры, указанные рис. 1, определены путем инженерного синтеза в процессе численного моделирования и обеспечивают стабильность параметров диаграммы направленности и согласования антенны при разбросе параметров подложки в пределах  $\epsilon = 16...20$ . Численное моделирование осуществлялось с помощью метода конечных разностей во временной области (FDTD).

В соответствии с полученными размерами элементов антенной структуры составлена ее 3D-модель и проведено моделирование в CST Microwave Studio. Частотные зависимости КСВ и диаграммы направленности антенного элемента приведены на рис. 2.

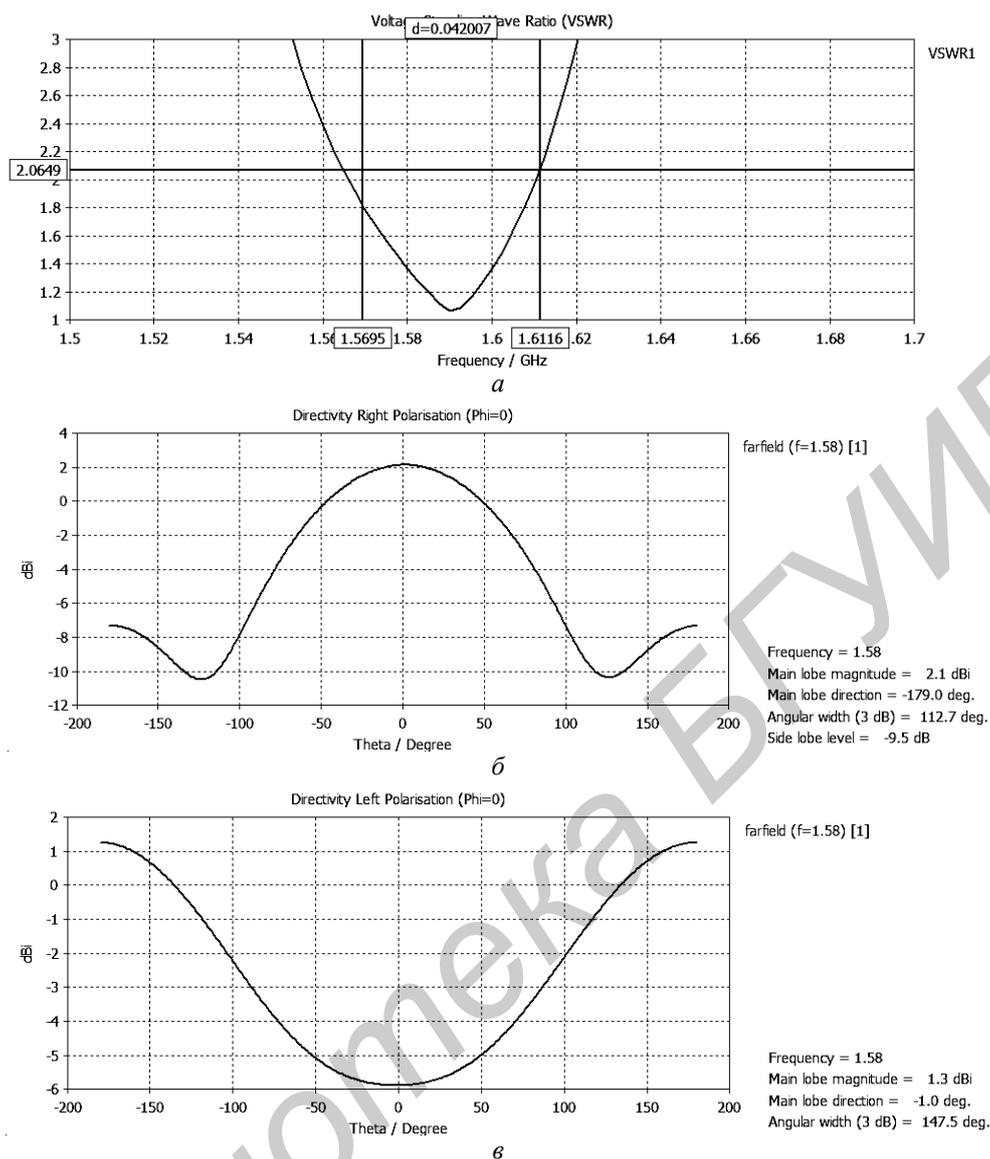


Рис. 2. Частотная зависимость КСВ ( $a$ ) и диаграммы направленности для правой круговой ( $b$ ) и левой круговой ( $c$ ) поляризации приемного элемента АА

Из результатов моделирования видно, что антенный элемент соответствует ГОСТ Р 50860-2009 [4].

Частотные свойства структуры дают возможность использовать такой антенный элемент как эффективную селективную цепь для приема GPS/ГЛОНАСС/EGNOS сигналов и выполнить МШУ по широкополосной схеме.

Успехи развития СВЧ техники позволяют создавать относительно простые и технологичные конструкции МШУ с приемлемыми характеристиками на интегральных модулях. На рис. 3 представлена схема разработанного МШУ с системой питания по фидеру.

Лабораторные испытания МШУ с интегрированным радиочастотным кабелем RG-174 (погонное затухание 1,19 дБ/м) длиной 2,5 м и оконечным разъемом типа SMA-male показали, что при напряжении питания 3,0 В в 50-омном тракте секция обеспечивает усиление 22,5 дБ в диапазоне частот GPS/ГЛОНАСС/EGNOS сигналов, коэффициент шума 2,3 дБ и точку компрессии -5 дБм.

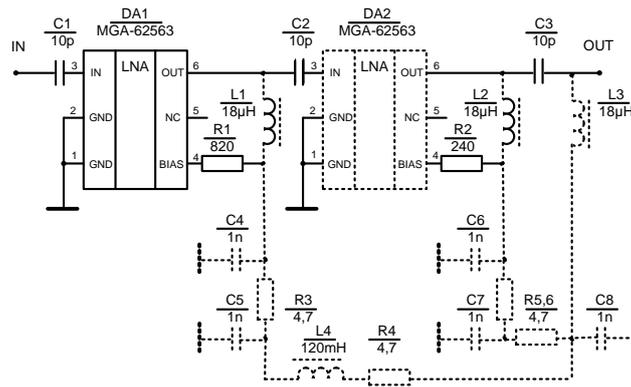


Рис. 3. Схема электрическая принципиальная МШУ АА с питанием по фидеру  
Общий вид конструктивного исполнения разработанной АА представлен на рисунке.



Рис. 4. Конструктивное исполнение разработанной АА

На рис. 5 представлены результаты экспериментальных исследований сквозных коэффициентов передачи двух радиоканалов: с приемным модулем в виде одиночного антенного элемента с фидером и конструктивно завершенной АА.

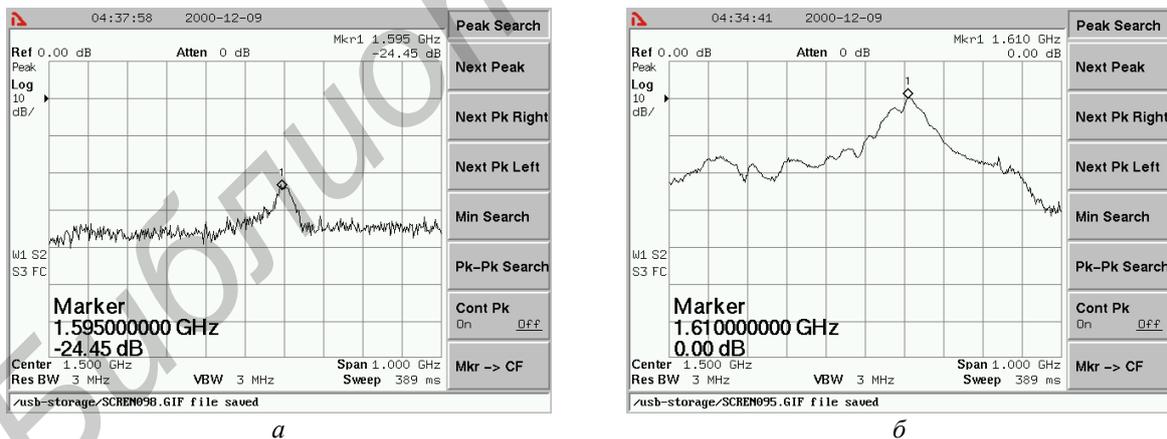


Рис. 5. Экспериментальные зависимости сквозного коэффициента передачи радиоканала с одиночным антенным элементом (а) и АА (б)

Видно, что диапазонная неравномерность сквозного коэффициента передачи радиоканала не превышает 3 дБ.

На рис. 6 приведены результаты исследований диаграмм направленностей трех экспериментальных образцов разработанных АА.

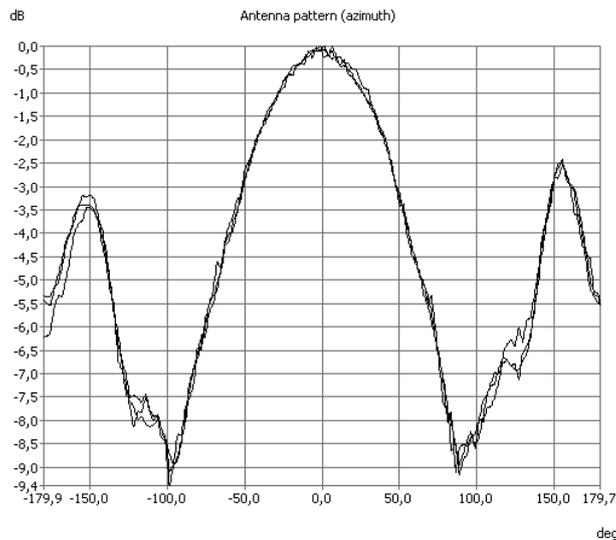


Рис. 6. Диаграммы направленности трех образцов разработанных АА в плоскости  $\varphi = 0$  на частоте  $f = 1,6$  ГГц

### Заключение

Разработаны техническое решение и конструкция универсального бюджетного варианта активной антенны для приема GPS/ГЛОНАСС/EGNOS сигналов, которая имеет уменьшенные габариты и систему питания по радиочастотному кабелю. Проведенные результаты испытаний АА показали эффективность и высокую повторяемость характеристик разработанных устройств.

## ACTIVE ANTENNA FOR GPS/GLONASS/EGNOS SATELLITE SYSTEMS SIGNALS RECEIVING

I.Yu. MALEVICH, Y.Y. BOBKOV, E.N. KALENKOVICH,  
M.I. KRUCHKOV, A.S. LOPATCHENKO

### Abstract

The article describes the result of development and laboratory testing of the active antenna for receiving signals of satellite systems GPS/GLONASS/EGNOS with powered from the RF cable. The antenna element is designed on a ceramic substrate with high permittivity and reduced dimensions.

### Список литературы

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. М., 2010.
2. *Elliott D. Kaplan, Christopher J. Hegarty. Understanding GPS Principles and Applications. Boston, 2006.*
3. *James Bao-Yen Tsui. Fundamentals of Global Positioning System Receivers: A Software Approach. New Jersey, 2004.*
4. ГОСТ Р 50860-2009. Самолеты и вертолеты. Устройства антенно-фидерные радиосвязи, навигации, посадки и управления воздушным движением. Общие технические требования, параметры, методы измерений.