

УДК 621.396.677.45.001.63

**Д.В. Семенихина, Ю.И. Маркина**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СПИРАЛЬНОЙ АНТЕННЫ  
В ПАКЕТЕ САПР СВЧ HFSS V.10**

*В статье проводится моделирование широкополосной спиральной антенны в пакете САПР СВЧ HFSS v.10. Описан процесс моделирования и представлены результаты расчета параметров антенны. Приведены результаты вычислений коэффициента стоячей волны, коэффициента эллиптичности, а также трехмерной диаграммы направленности для частот 0,8, 10, 15, 21 ГГц.*

*Спиральные антенны; сверхширокополосные антенны; спираль Архимеда; логарифмическая спираль; конические антенны.*

**D.V. Semenikhina, Y.I. Markina**

**DEVELOPMENT OF BROADBAND SPIRAL ANTENNA USING CAD  
SOFTWARE ANSOFT HFSS V.10**

*In publication the process of modeling of broadband two-arm spiral antenna is described. Modeling was performed with CAD software package called Ansoft HFSS v10. Paper contains explanation of development process and calculated parameters of antenna. Calculation results for standing wave ratio, ellipticity ratio and 3D directional diagram for frequencies 0.8, 10, 15, 21 GHz are listed below.*

*Spiral antennas; ultra-broadband antennas; Archimedean spiral; log-periodic spiral; conical antennas.*

Развитие радиоразведки и противодействия, связи с подвижными объектами, радиоуправления и радиотелеметрии вызвало практическую потребность в антеннах, обеспечивающих излучение и прием эллиптически-поляризованного поля в широком диапазоне частот. Необходимость оперативного получения достоверной информации и улучшения помехозащищенности радиолокационных средств требует применения антенн, работающих в очень широком диапазоне частот.

Спиральные антенны являются слабонаправленными антеннами эллиптической и управляемой поляризации и могут применяться как самостоятельные антенны или в составе антенных решеток [1]. Основное свойство спиральных антенн заключается в их способности работать в очень широком частотном диапазоне.

Существует множество разработок спиральных антенн, работающих с перекрытием по частоте до 6 октав, либо имеющих широкий сектор углов сканирования.

Например, в работе [2] описана двухзаходная спиральная антенна, имеющая сектор углов сканирования  $\pm 70^\circ$ , однако частотный диапазон этой антенны составляет лишь от 1 до 8 ГГц. Извилистая антенна [3] работает в частотном диапазоне от 2 до 18 ГГц, но сектор углов сканирования антенны составляет  $\pm 40^\circ$ .

В настоящей работе проводится проектирование и анализ спиральной антенны, работающей в частотном диапазоне 0,8...21 ГГц, имеющей коэффициент эллиптичности не более -10 дБ в секторе углов сканирования  $\pm 60^\circ$ . При этом коэффициент стоячей волны по входу антенны не должен превышать 3,5 во всем частотном диапазоне. Кроме того, антенну необходимо согласовать по входному сопротивлению с линией питания.

Спроектируем широкодиапазонную антенну как двухзаходную спиральную антенну, состоящую из плоской и конической частей. Плоские логарифмическая и архимедова спирали будут обеспечивать работу антенны на средних и высоких частотах диапазона, а коническая спираль – на нижних и средних частотах.

Проектирование антенны и исследование характеристик модели проводится в пакете САПР СВЧ Ansoft HFSS v.10. С помощью пакета программ проектирование сложной СВЧ-конструкции сводится к моделированию виртуального прототипа, имеющего характеристики и параметры реальной конструкции [4]. Пакет HFSS позволяет проводить анализ результатов СВЧ-устройства, оптимизировать конструкцию непосредственно перед разработкой реальной модели, тем самым на порядок снижая затраты на создание опытных образцов.

Пакет Ansoft HFSS позволяет вычислять электромагнитные поля и многомерные S-параметры в трехмерных структурах произвольной формы.

Для решения уравнений в HFSS используется метод конечных элементов, который включает адаптивное генерирование и деление ячеек. Для повышения точности вычислений применяется адаптивный метод уплотнения сетки. Начальное разбиение на тетраэдры осуществляется базовыми методами, имеющимися в библиотеке HFSS. Такое разбиение предоставляет грубую информацию о поле, выделяя области с высокой напряженностью или с большими градиентами. Затем разбиение на ячейки уплотняется только там, где поле претерпевает значительные изменения, уменьшая при этом затраты на вычисления [4].

С помощью уравнений Максвелла определяются все характеристики модели, с учетом возникновения и преобразования одних типов волн в другие, потерь в материалах на излучение и так далее. Решающее устройство, которое содержится в пакете, позволяет с достоверной точностью определять все параметры и характеристики устройства [4].

Построение спиралей модели проводилось с помощью уравнений. Первые три витка плоской части антенны представляют собой спираль Архимеда, после трех витков которой – логарифмическая (равноугольная) спираль. Коническая часть представляет собой логарифмическую спираль с тем же углом подъема, что и у плоской, являясь продолжением плоской спирали. Общий вид модели спиралей показан на рис. 1.

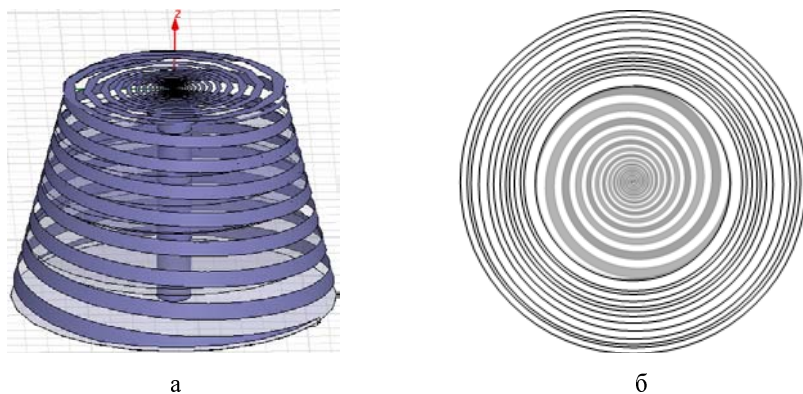


Рис. 1. Спиральная антенна: а – вид сбоку; б – вид сверху

Питание антенны осуществляется с помощью волноводного порта (рис. 2), входное сопротивление которого равно 50 Ом.

В соответствии с назначением антенны необходимо обеспечить её однонаправленное излучение, для чего в конструкцию антенны включены металлический экран и поглощающие слои. С этой же целью концы конической спирали нагружены на согласующие сопротивления.

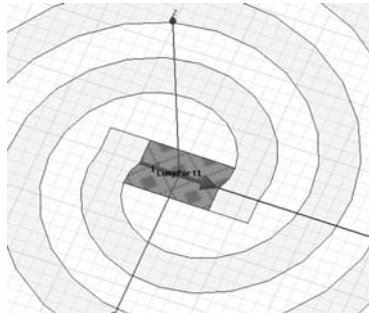


Рис. 2. Создание волноводного порта

С помощью металлического экрана осуществляется отражение нижнего лепестка ДН-антенны, а затем происходит его полное подавление поглотителями электромагнитного излучения.

Приведены результаты расчета антенны на частотах 0,8, 5, 10, 15 и 21 ГГц. Коэффициент стоячей волны изменяется от 1,95 до 3,5 на всех заданных частотах.

На рис. 3 представлена трехмерная диаграмма направленности антенны для различных частот.

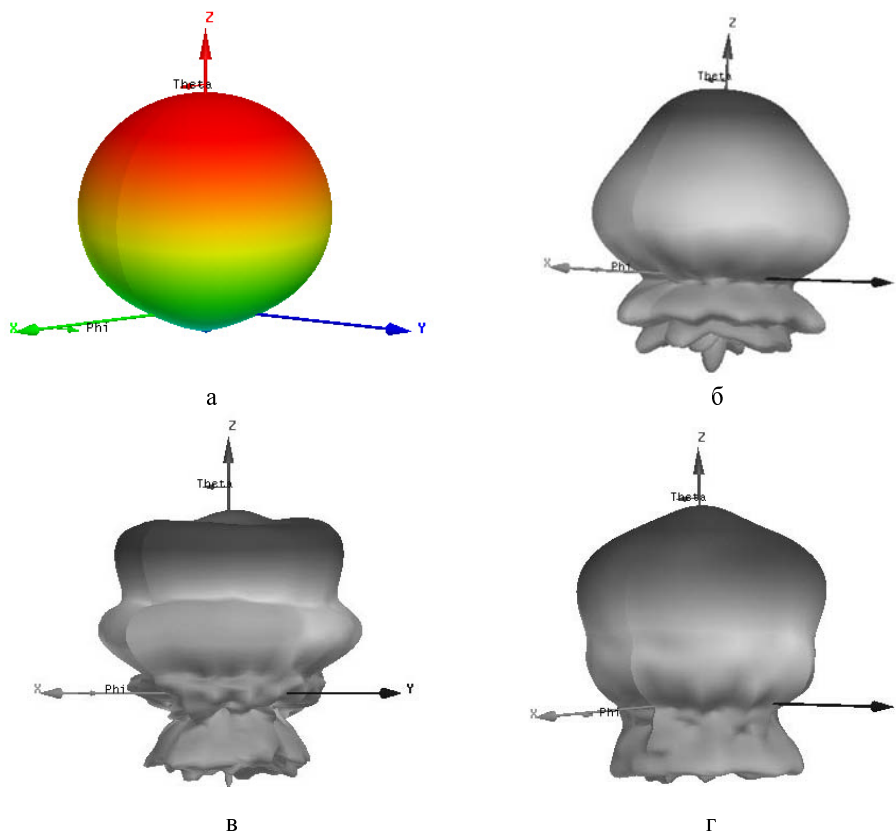


Рис. 3. Трехмерная диаграмма направленности: а – на частоте 0,8 ГГц; б – на частоте 10 ГГц; в – на частоте 15 ГГц; г – на частоте 21 ГГц

На рис. 4 приведены диаграммы коэффициента эллиптичности (вычисленного как отношение большой полуоси эллипса поляризации к малой) в меридиональной плоскости, рассчитанные для углов наблюдения  $\varphi = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ, 180^\circ$ .

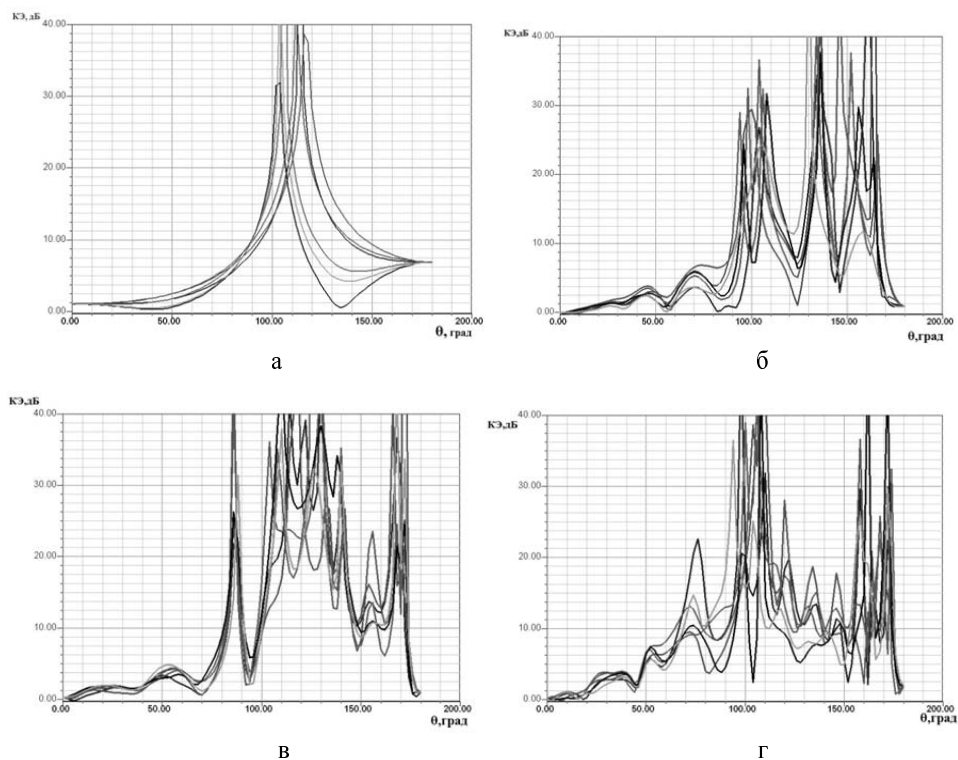


Рис. 4. Диаграммы коэффициента эллиптичности: а – для частоты 800 МГц; б – для частоты 10 ГГц; в – для частоты 15 ГГц; г – для частоты 21 ГГц

Результаты расчетов показывают, что полученные параметры и характеристики антенны удовлетворяют поставленным требованиям. Например, на частоте 800 МГц она имеет эллиптическую поляризацию с заданным коэффициентом эллиптичности в секторе углов  $\pm 90^\circ$  (рис. 4,а), а на частоте 21 ГГц – в секторе  $\pm 65^\circ$ .

Таким образом, в ходе работы была спроектирована спиральная антенна, работающая в диапазоне частот, по крайней мере от 0.8 до 21 ГГц. Сектор углов одновременного обзора антенны составляет не менее  $\pm 65^\circ$ , коэффициент стоячей волны не превышает 3,5 во всем диапазоне частот. В настоящее время ведется работа над расширением полосы частот антенны.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юрцев О.А., Рунов А.В., Казарин А.Н. Спиральные антенны. – М.: Сов. радио, 1974. – 224 с.
2. A-Info. Test Report for JXTXLX-1080. – URL: [http://www.ainfoinc.com/en/pro\\_pdf/new\\_products/antenna/Spiral%20Antenna/tr\\_JXTXLX-1080.pdf](http://www.ainfoinc.com/en/pro_pdf/new_products/antenna/Spiral%20Antenna/tr_JXTXLX-1080.pdf) (дата обращения 26.02.2010).
3. L-3 communications Sinuous antennas // 2.4" diameter switch selected polarization E/J band sinuous antenna. – URL: <http://www.l-3com.com/randtron/img/SwtchAnt53620.pdf> (дата обращения 26.02.2010).
4. Банков С.Е., Курушин А.А., Разевиг В.Д. Анализ и оптимизация СВЧ-структур с помощью HFSS. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 283 с.

**Семенихина Диана Викторовна**

Технологический институт Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: airpu@tsure.ru.

347900, г. Таганрог, ул. Энгельса, 1.

Тел.: 88634371733.

**Маркина Юлия Ивановна**

E-mail: jmarkina@gmail.com.

347900, г. Таганрог, Мариупольское шоссе, 27/2.

Тел.: 889281565244.

**Semenikhina Diana Viktorovna**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: airpu@tsure.ru.

1, Engels, Taganrog, 347900, Russia.

Phone: 88634371733.

**Markina Yulia Ivanovna**

E-mail: jmarkina@gmail.com.

27/2, Mariupol'skoe road, Taganrog, 347900, Russia.

Phone: 889281565244.

УДК 621.396.677

**В.Н. Колесников**

**УСЛОВИЯ РЕАЛИЗУЕМОСТИ В ЗАДАЧАХ СИНТЕЗА АНТЕНН  
С КОМПЕНСАЦИЕЙ ПОМЕХ\***

*Для задачи синтеза антенной решетки с компенсацией помех определяются условия выполнимости требований к диаграмме направленности основной антенны. Условия реализуемости основаны на сопоставлении максимальных производных диаграмм направленности основной и компенсационной антенн. Проверка сформулированных условий осуществляется на примере решения задачи синтеза линейной антенной решетки изотропных точечных излучателей с учетом характеристик направленности компенсационной антенны из двух элементов.*

*Антенна; антенная решетка; диаграмма направленности; задача синтеза; изотропный излучатель; условия реализуемости.*

**V.N. Kolesnikov**

**REALIZED CONDITIONS IN THE SYNTHESIS PROBLEMS  
OF THE ANTENNAS WITH COMPENSATION FOR INTERFERENCE**

*For the synthesis problem of antenna array with interference compensation determined by the condition of feasibility requirements for the radiation pattern of the main antenna.*

*Terms of feasibility based on a comparison of the maximum derivatives of the directional patterns of primary and compensatory antennas. Checking the conditions set forth is carried on the example of solving the problem of synthesis of linear antenna array of isotropic point radiators with the characteristics of directional antennas the compensation of two elements.*

*Antenna; antenna array; radiation pattern; synthesis problem; isotropic radiators; conditions of realization.*

---

\* Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента РФ в рамках программы государственной поддержки молодых российских ученых (грант № МД-1145.2009.8).