

УДК 621.396.6

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ОБЗОР СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ АНТЕНН:
ПЛОСКОЙ ЛОГАРИФМИЧЕСКОЙ СПИРАЛЬНОЙ АНТЕННЫ,
МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ, АНТЕННЫ ВИВАЛЬДИ****К.И. КРЕМЕНЯ; канд. техн. наук, доц. В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ
(Полоцкий государственный университет)**

Представлен сравнительный обзор сверхширокополосных антенн: плоской логарифмической спиральной антенны, микрополосковой эллиптической антенны, антенны Вивальди. Для компьютерного моделирования антенн использована программа схемотехнического моделирования (High Frequency Structure Simulator). Приведены изображения модели излучателей антенн с объёмными диаграммами направленности. Демонстрируются основные характеристики, полученные в результате компьютерного моделирования, на основе которых произведено сравнение антенн, – коэффициент стоячей волны по напряжению, диаграмма направленности и величина нормированного входного сопротивления. Также в сравнении учтены сложность формы и габаритные размеры излучателей антенн. Показаны преимущества и недостатки каждой антенны, а также их некоторые сравнительные характеристики.

На сегодняшний день передача большого потока информационных данных без потери качества практически невозможна. При использовании узкополосных антенн единственным выходом для улучшения качества является увеличение размера ретранслятора, что приводит к повышению их стоимости и неудобству в эксплуатации. С появлением цифрового телевидения, мобильной связи, беспроводного Интернета ретрансляторы становятся все более громоздкими и массивными, а также дорогостоящими. Альтернативой нынешним антеннам выступают сверхширокополосные антенны, которые могут заменить все передающие и принимающие антенны мобильной связи, телевидения и беспроводного Интернета. Сверхширокополосная антенна отличается небольшими размерами и легкостью. Она экономична и эстетична [1].

Плоская логарифмическая спиральная антенна. Для компьютерного моделирования антенн использована программа схемотехнического моделирования High Frequency Structure Simulator (HFSS). Модель излучателя плоской логарифмической спиральной антенны с объёмной диаграммой направленности представлена на рисунке 1.

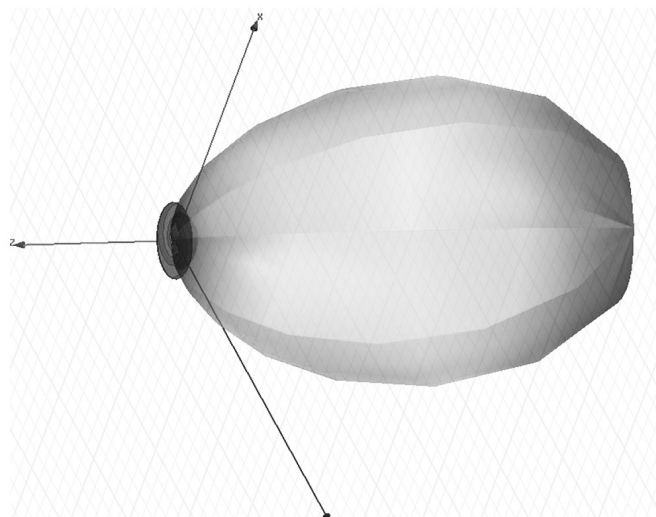


Рис. 1. Модель излучателя плоской логарифмической спиральной антенны с объёмной диаграммой направленности, выполненной в программе HFSS

Значение коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) логарифмической спиральной антенны не превышает 2, что говорит о работоспособности антенны, минимальная частота составляет 0,7 ГГц. На участке от 1,5 до 7 ГГц КСВН наиболее равномерен. Минимальное значение КСВН, равное 1,01, наблюдается на частоте 9,2 ГГц.

Диаграмма направленности (ДН) логарифмической спиральной антенны имеет форму восьмерки и характеризуется как широконаправленная. Усиление ДН на частоте 2,42 ГГц составляет 5,73 дБ. Для ограничения обратного излучения в антеннах данного типа используется рефлектор.

Величина нормированного входного сопротивления логарифмической спиральной антенны изменяется от 0,769 (38,45 Ом) до 0,929 (46,45 Ом). С точки зрения входного сопротивления можно сказать, что данная антенна практически частотно независима, имеется небольшое отклонение, равное 0,16. Это позволяет выполнять хорошее согласование данной антенны в широком диапазоне частот и является большим преимуществом данной конструкции.

Преимущества плоской логарифмической спиральной антенны:

- широкая полоса частот;
- могут изготавливаться методом травления, а значит, имеют высокий показатель повторяемости и интеграции;
- перекрытие по частоте и коэффициент усиления ограничены только размерами антенны;
- низкая нижняя частота, равная 0,7 ГГц;

Недостатки плоской логарифмической спиральной антенны:

- слабая направленность диаграммы направленности (широкая ДН);
- сложность изготовления по сравнению с другими плоскими антеннами, обусловленная формой спирали;
- трудности при подключении фидера из-за малых размеров в области возбуждения антенны;
- увеличение коэффициента усиления требует увеличения габаритов антенны;
- решетки из таких антенн будут относительно больших размеров, так как излучение направлено перпендикулярно плоскости антенны.

Микрополосковая эллиптическая антенна. Модель микрополосковой эллиптической антенны, выполненной в программе HFSS, представлена на рисунке 2.

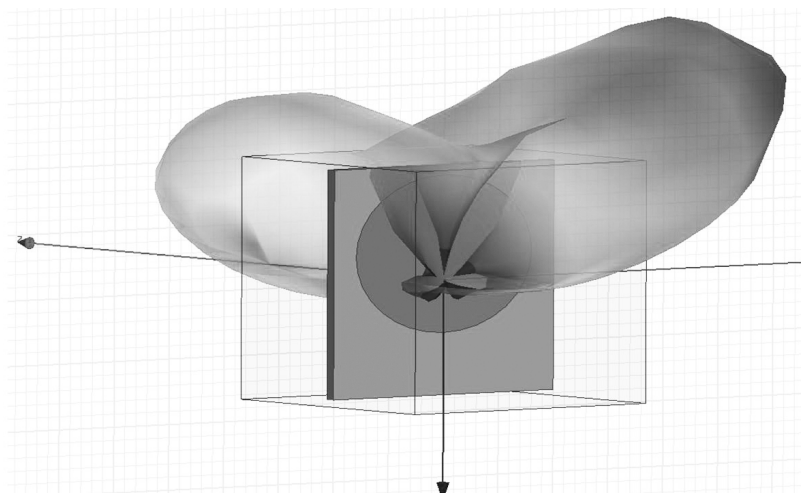


Рис. 2. Модель микрополосковой эллиптической антенны с объемной диаграммой направленности, выполненной в программе HFSS

Коэффициент стоячей волны по напряжению микрополосковой эллиптической антенны не превышает 2 в диапазоне частот от 3 до 10 ГГц (что говорит о работоспособности антенны в этом диапазоне частот) и является относительно равномерным с небольшими отклонениями. Минимальное значение КСВН, равное 1,07, достигается на частоте 5,7 ГГц. На участке от 6,2 до 9,4 ГГц данный коэффициент наиболее линеен.

Усиление ДН микрополосковой эллиптической антенны на частоте 10 ГГц составляет 2 дБ в прямом направлении и 1,1 дБ – в обратном. Большой задний лепесток – нежелательная характеристика. Диаграмма антенны более узконаправленная. На диаграмме входное сопротивление сильно неравномерно, что говорит о частотной зависимости характеристик антенны. Наибольшая неравномерность проявляется в диапазоне от 4,3 до 5,5 ГГц.

Преимущества микрополосковой эллиптической антенны:

- широкая полоса частот;
- могут изготавливаться методом травления, а значит, имеют высокий показатель повторяемости и интеграции;
- диаграмма более направленная;
- планарные – могут выполняться вместе с микросхемами, невысокая стоимость, хорошо интегрируются;
- компактные – можно разместить много в антенных решетках.

Недостатки микрополосковой эллиптической антенны:

- высокое значение нижней частоты, равное 3 ГГц;
- большой задний лепесток;
- толщина моделируемой антенны составляет 1,5 мм. Для изготовления такой антенны необходим дорогостоящий материал. При использовании распространенного материала-диэлектрика с толщиной 1 мм характеристики антенны значительно ухудшаются;
- неравномерность входного сопротивления.

Антенна Вивальди. Модель антиподальной антенны Вивальди, выполненной в программе HFSS, представлена на рисунке 3.

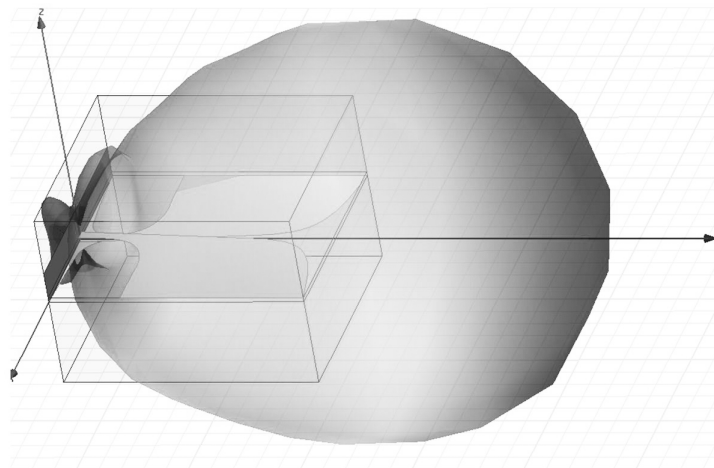


Рис. 3. Модель антиподальной антенны Вивальди с объемной диаграммой направленности, выполненной в программе HFSS

Коэффициент стоячей волны антиподальной антенны Вивальди не превышает 2 на участке от 0,95 до 10 ГГц и является крайне нелинейным, имеются дифракционные максимумы и минимумы характеристики.

Усиление ДН антиподальной антенны Вивальди на частоте 5 ГГц составляет 5,7 дБ в прямом направлении и 1,8 дБ – в обратном. Относительно небольшие задние лепестки. Диаграмма довольно широкая.

На диаграмме (см. рис. 3) входное сопротивление сильно неравномерно, что говорит о частотной зависимости характеристик антенны.

Преимущества антенны Вивальди:

- планарная – может выполняться вместе с микросхемами, недорогая, хорошо интегрируется;
- компактная – можно разместить много в антенных решетках;
- диаграммы направленности – одинаковые в плоскостях E и H ;
- небольшое значение нижней частоты, которое составляет 0,95 ГГц;
- может работать в большой полосе пропускания частоты и излучает от конца или края с хорошим усилением и низкими задними лепестками. Излучающая часть изменяет ширину щели, поэтому на различных частотах излучают различные части антенны. Таким образом, антенна теоретически имеет бесконечную полосу пропускания, и её можно считать независимой от частоты. Когда длина волны изменяется, излучение происходит от различных частей антенны, которая имеет в раскрытии размер, пропорциональный длине волны. Это дает очень большую полосу пропускания.

Недостатки антенны Вивальди:

- с точки зрения согласования имеется неравномерность входного сопротивления относительно частот;
- нижняя частота зависит от входной ширины щели.

Заключение. Рассмотренные сверхширокополосные антенны являются простыми в изготовлении и расчётах геометрии. Логарифмическая спиральная антенна является относительно простой в расчётах параметров, в то время как эллиптическая антенна и антенна Вивальди симулируется лишь машинными методами. Они планарные и, значит, могут выполняться вместе с микросхемами, недорогие, хорошо интегрируются. Являются компактными, что позволяет использовать их для построения антенных решеток, увеличивая тем самым направленность и компенсируя такой недостаток, как небольшое усиление. Для построения решеток наиболее подходит антенна Вивальди и эллиптическая, так как у них излучение направлено вдоль платы, что позволяет расположить их большее количество в решетке.

Широкий диапазон антенн можно использовать для следующих целей:

- многоканальной передачи;
- научных измерений;
- изучения внутренней структуры объектов;
- передачи сигналов с огромной базой;
- сотовой связи;
- цифрового телевидения и беспроводного Интернета.

В результате компьютерного моделирования получены 3 модели данных антенн, каждая из которых оптимизирована.

Некоторые сравнительные характеристики рассматриваемых антенн сведены в таблицу.

Сравнительные характеристики антенн

Параметр сравнения	Спиральная антенна	Эллиптическая антенна	Антенна Вивальди
Нижняя частота	0,7 ГГц	3 ГГц	0,95 ГГц
Форма	Сложная	Относительно простая	Средней сложности
Диаграмма направленности	Широкая в форме восьмерки	Более направленная, но большой задний лепесток	Широкая, небольшие задние лепестки
Габаритные размеры, мм	200 × 200 × 1	40 × 35 × 1,5	52 × 57 × 1

Самое малое значение нижней частоты у спиральной антенны, самое большое – у эллиптической. У спиральной антенны самая широкая диаграмма направленности, эллиптическая – самая направленная. У эллиптической антенны самые малые габаритные размеры, у спиральной – самые большие.

Анализируя выходные параметры, можно сказать, что наилучшими характеристиками обладает антенна Вивальди. Нижняя частота у неё небольшая, диаграмма направленности имеет большую направленность, чем у спиральной антенны, и задние лепестки намного меньше, чем у эллиптической антенны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перспективы антенн нового поколения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wifiantenna.org.ua/antennas/perspektivy-antenn-novogo-pokoleniya/>. – Дата доступа: 12.09.2014.

Поступила 15.09.2014

COMPARATIVE REVIEW ULTRA-WIDEBAND ANTENNAS: LOGARITHMIC SPIRAL ANTENNAS FLAT, MICROSTRIP ELLIPTICAL ANTENNA, VIVALDI ANTENNA

K. KREMENIA, V. YANUSHKEVICH

This article presents the comparative review of ultra-wideband antennas: logarithmic spiral antennas flat, microstrip elliptical antenna, Vivaldi antenna. For computer modeling of antennas used circuit simulation program High Frequency Structure Simulator. There are drawings representing models of antenna radiators with volume radiation patterns. As a result of computer simulation obtained the basic characteristics, such as voltage standing-wave ratio, radiation pattern and input impedance. Comparison of antennas based on them. Also in comparison incorporated the complex form and overall dimensions of antenna radiators. There are advantages and disadvantages of each antenna. Some comparative characteristics are tabulated.