

Приемо-передающая широкополосная конусная логоспиральная антенна ОВЧ и УВЧ-диапазона

В.А. Ходунов, А.А. Башкетов, В.В. Дорошенко, Д.С. Аносов

АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга», г. Москва

Аннотация.

Актуальность. Конусные логоспиральные антенны очень популярны, потому что они хорошо работают на разных частотах. Их используют для изучения Земли, наблюдения, навигации и связи. Эти антенны помогают точно находить источники радиоизлучения. Они также могут имитировать маленькие объекты и используются для измерения энергии электромагнитного поля, создания этого поля и проверки, как хорошо работают радиоэлектронные устройства на частотах от 0,1 до 1 ГГц.

Проблематика. Конусные логоспиральные антенны для диапазона рабочих частот близким к 100 МГц имеют настолько большие габариты, что их невозможно использовать на малых объектах-носителях, так же они имеют сложную технологию изготовления и отсутствуют в отечественном производстве.

Научная новизна. Разработана приемо-передающая широкополосная конусная логоспиральная антенна ОВЧ и УВЧ-диапазона (от 0,2 до 1 ГГц) с минимальными возможными габаритами, с учетом сохранения высоких и стабильных параметров и характеристик, на отечественных материалах с согласующим трансформатором в виде печатной платы для отечественного производства.

Ключевые слова: конусная логоспиральная антенна; коэффициент усиления; коэффициент эллиптичности; КСВН; согласующий трансформатор.

1. Введение

Конусная логоспиральная антенна – это специальная антенна, которая состоит из спирали с двумя плечами и трансформатора сопротивлений, который помогает ей работать. У нее есть металлические полоски, которые становятся шире, когда обвиваются вокруг конуса, сделанного из материала, который не проводит электричество. Эти полоски увеличиваются в ширине, что позволяет антенне принимать разные частоты и обеспечивает круговую поляризацию. Антенну придумал Д. Дайсон в 1958 году [1], и у нее всегда один и тот же угол раскрытия. Компания Electro-Mechanics (EMCO) [2] производит три модели таких антенн: ETS-Lindgren 3101, 3102 и 3103. Эта компания занимается радиометрическими измерениями и тестированием электромагнитной совместимости и имеет офисы по всему миру, включая Москву.

Заявленный диапазон рабочих частот антенны модели 3101, при габаритах 813 на 330 мм, составляет от 0,2 до 1 ГГц, но стабильное и высокое значение коэффициента усиления начинается только с 0.3 ГГц. Заявленный диапазон рабочих частот антенны модели 3103, при габаритах 1020 на 660 мм, составляет от 0,1 до 1 ГГц, но стабильное и высокое значение коэффициента усиления начинается только с 0.2 ГГц. Модель 3102 выглядит похоже, но она предназначена для работы на других частотах и имеет другие размеры.

В этой работе мы покажем результаты моделирования логоспиральной антенны, которая работает в диапазоне частот от 0,2 до 1 ГГц. Моделирование было сделано с помощью программы CST Studio Suite [3].

2. Прием-передающая широкополосная конусная логоспиральная антенна ОВЧ и УВЧ-диапазона

По результатам расчета теоретических конструктивных параметров в системе CST Studio Suite разработана прием-передающая широкополосная конусная логоспиральная антенна (рисунок 1-2) ОВЧ и УВЧ-диапазона (от 0,2 до 1 ГГц) с минимальными возможными габаритами, с учетом сохранения высоких и стабильных параметров и характеристик, на отечественных материалах с согласующим трансформатором в виде печатной платы для отечественного производства [4].

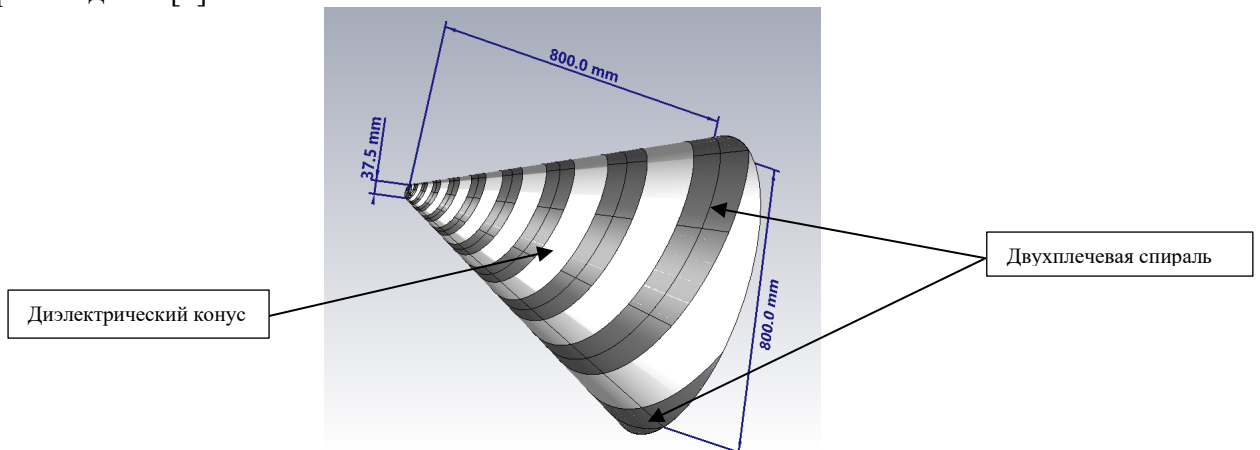


Рисунок 1. Пространственный вид конусной логоспиральной антенны с габаритными размерами

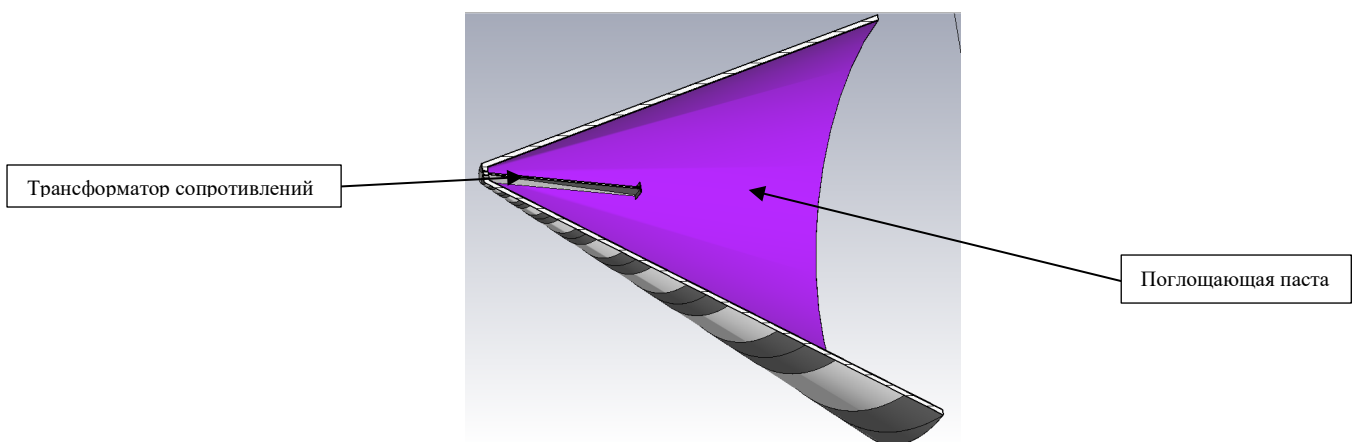


Рисунок 2. Пространственный вид в разрезе конусной логоспиральной антенны металлической

Коническая логоспиральная антенна – это специальная антенна, которая помогает передавать сигналы. Она имеет форму конуса и меняет направление волн, когда они проходят через нее. Эта антенна излучает сигналы с круговой поляризацией, а место, где она подключается к источнику сигнала, находится на вершукке конуса.

Ширина диапазона частот, которые антенна может принимать, зависит от размеров основания и верхней части конуса. Обычно ожидается, что антенна будет иметь входное сопротивление 188 Ом, но из-за особенностей конструкции оно может снизиться до 150 Ом или даже ниже.

Как антенна работает, зависит от ее формы и угла, под которым спираль намотана. Минимальная частота, на которой она может работать, связана с самым большим диаметром основания, а максимальная частота — с самым маленьким

диаметром верхней части. Если изменить направление спирали, можно поменять поляризацию.

Когда угол спирали увеличивается, антенна становится более мощной, а когда угол уменьшается, ширина луча становится шире. Входное сопротивление также увеличивается, если угол между частями антенны становится меньше.

Расчёт конической логоспиральной антенны был выполнен методом интегральных уравнений (IE) с использованием программы электродинамического моделирования CST Studio Suite, которая не требует обрамления антенны поглощающим коробом.

3. Трансформатор сопротивлений конусной логоспиральной антенны

Питание антенны, которая называется широкополосной конусной логоспиральной, происходит через специальный трансформатор. Этот трансформатор сделан в виде печатной платы с тонкими микрополосками (рисунок 3). Одна сторона платы соединена с элементами питания, которые припаиваются к спиралям антенны. Одна линия подключается к земле, а другая передает основной сигнал. На обратной стороне платы есть металлическая основа для подключения разъема.

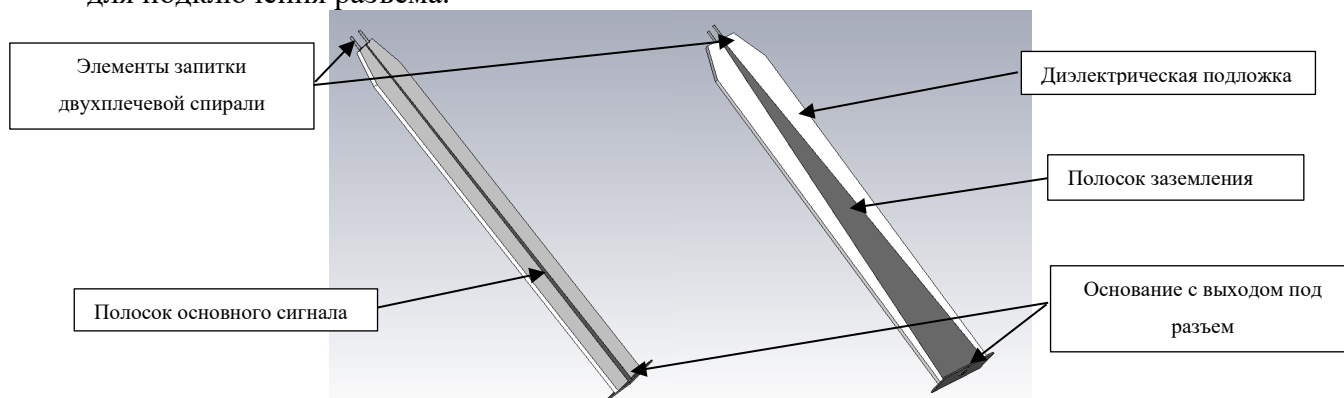


Рисунок 3. Трансформатор сопротивлений конусной логоспиральной антенны

Диэлектрическая подложка заполнена материалом с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2.1$. Переход трансформатора работает как волновод, одна сторона которого имеет неравномерный порт, а другая — сбалансированный порт. Мы использовали CST Studio Suite [5] для моделирования перехода и изучили S-параметры, чтобы понять, как электрические цепи ведут себя с микроволновыми сигналами. Расчеты и измерения показывают, что трансформатор помогает соединить неравномерную линию с сбалансированной нагрузкой в диапазоне частот от 0.2 до 1 ГГц с коэффициентом стоячей волны (КСВН) менее 2.1.

4. Результаты моделирования конусной логоспиральной антенны

CST Studio Suite – это мощная программа, которая может решать разные задачи, связанные с физикой. Для изучения характеристик антенны, которая называется конусной логоспиральной, был выбран метод, который называется интегральные уравнения. Этот метод не требует много вычислений, что очень удобно.

Мы проверили, как антенна работает на разных частотах и оценили её параметры, такие как КСВН, диаграмма направленности (ДН) (как антенна направляет сигнал) и коэффициент эллиптичности (КЭ) (как форма сигнала). Моделирование показало интересные результаты: мы получили графики КСВН, ДН по коэффициенту усиления (КУ), максимальный КУ и 3D ДН на разных частотах.

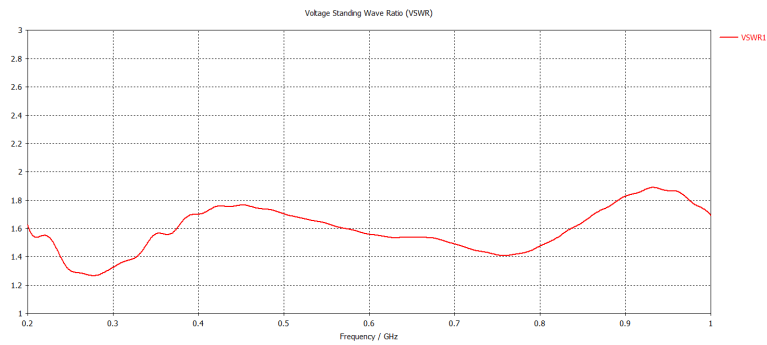


Рисунок 4. КСВН в рабочем диапазоне частот конусной логоспиральной антенны

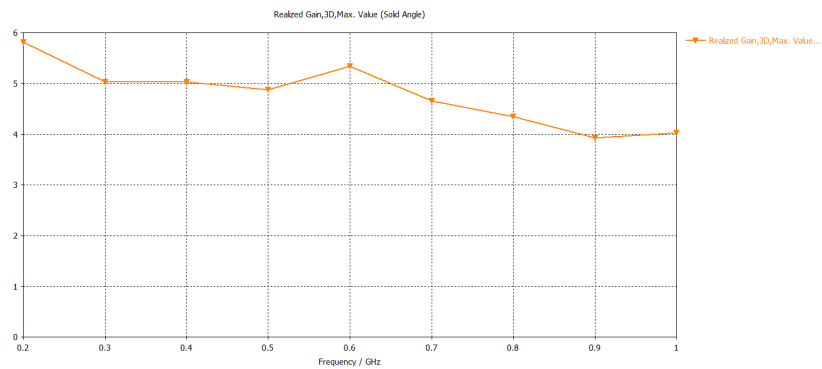


Рисунок 5. Максимальный КУ в рабочем диапазоне частот конусной логоспиральной антенны

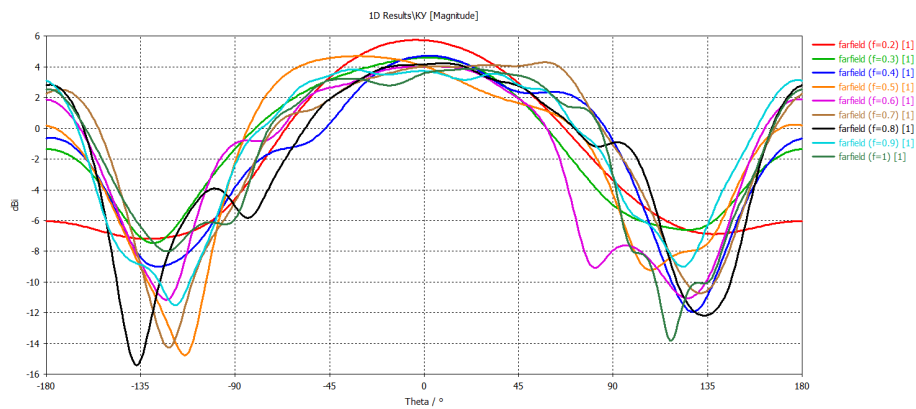


Рисунок 6. ДН КУ в рабочем диапазоне частот конусной логоспиральной антенны

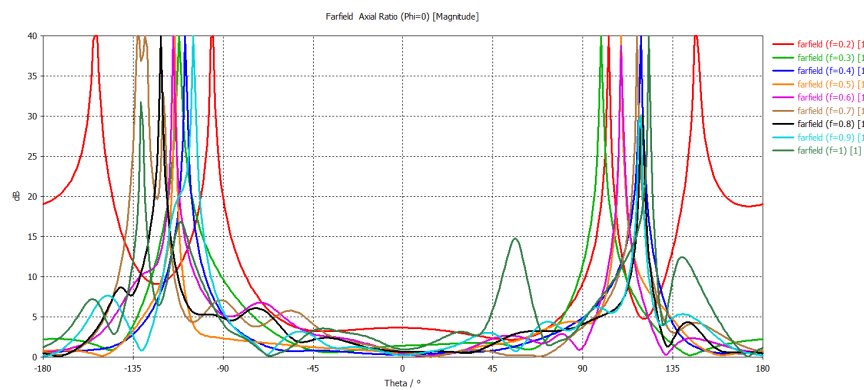


Рисунок 7. ДН КЭ в рабочем диапазоне частот конусной логоспиральной антенны

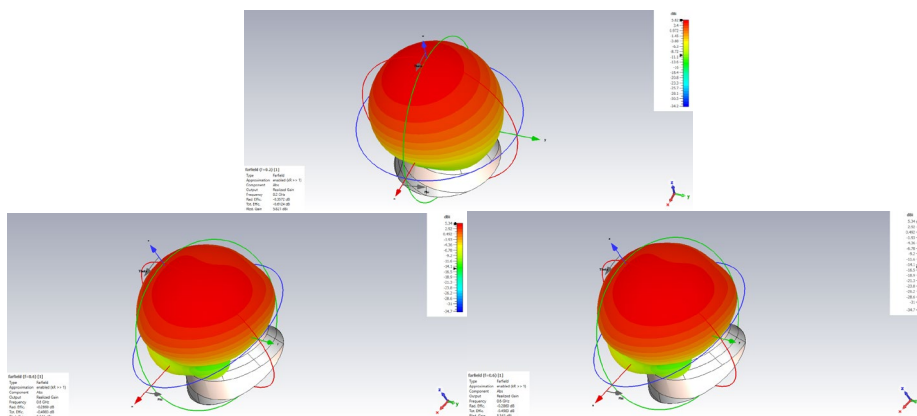


Рисунок 8. 3D ДН КУ на крайних и центральной частотах рабочего диапазона частот конусной логоспиральной антенны

5. Заключение

Конусная логоспиральная антенна, выполненная на отечественных материалах, отлично подходит для радиосвязи на частотах от 0,2 до 1 ГГц. У нее есть круговая поляризация и она может излучать сигналы с большой шириной ДН. Мы создали модель этой антенны, размеры которой больше длины волн, с помощью программы CST Studio Suite.

Список литературы

1. Филиппов С.Б. Разработка и исследование двухзаходных конических логоспиральных антенн радиотехнических систем космических аппаратов. Диссертационная работа. Самара. 2016.
2. www.ets-lindgren.com. Производитель конических логоспиральных антенн.
3. www.eurointech.ru. Разработчик системы CST Studio Suite.
4. Zhen-Yu Zhang, Yong-Xin Guo, L.C. Ong M.Y.W. Chia. A New Planar Marchand Balun. IEEE Transactions. On MTT-53. № 4. 2005.
5. Неганов В.А., Нефёдов Е.И., Яровой Г.П. Электродинамические методы проектирования устройств СВЧ и антенн. Учебное пособие для вузов. Под ред. Неганова В.А. - Москва: Радио и связь; 2002. 416 с.