

УДК 520.272.2

СИНУСОИДАЛЬНАЯ АНТЕННА

Т. А РОЩУПКИН., Н. М. ШАРИПА
(Представлено: **К. И. ИВАНОВА**)

В работе рассмотрены особенности синусоидальной антенны, а также основные практики и подходы к проектированию и расчету данной антенны, и ее плеч. Показаны преимущества использования синусоидальной антенны и метод моделирования антенны.

Синусоидальная антенна представляет собой комбинацию спиральной антенны и логопериодической антенны. Эта уникальная структура приводит к созданию антенны, которая обеспечивает широкополосные характеристики, имеет двойную поляризацию, высокий коэффициент усиления и стабильный импеданс. Синусоидальные антенны используются в системах пеленгации, мониторинге здоровья человека, электромагнитных импульсных (ЭМИ) устройствах, системах ближнего зондирования, таких как георадары, там, где необходимо свойство сверхширокополосности (СШП), например, высокоточное позиционирование внутри помещений, и для различных других нужд.

Требование двойной поляризации диктует необходимость иметь две эквивалентные структуры, каждая из которых соответствует одному направлению поляризации. Это достигается сначала созданием одного набора "рукавов" для достижения линейной поляризации, а затем добавлением другого набора рукавов, аналогичного первому, но повернутого на 90 градусов, чтобы обеспечить ортогональное направление поляризации. Часть плеча, расположенная близко к центру, имеет короткую длину волны, в то время как элемент на конце (вдали от центра) имеет большую длину волны. Эта уникальная конфигурация позволяет синусоидальным антеннам иметь широкую полосу пропускания. Необходимо убедиться, что два набора "рукавов" не пересекаются, а геометрия структуры соответствует логопериодическим принципам и является самодополняющей.

Каждый из четырех рукавов имеет угловую ширину δ , при этом расстояние между элементами непрерывно увеличивается до конца последнего элемента антенны. Угловая ширина может использоваться для управления импедансом этой антенны и имеет типичные значения, лежащие в диапазоне от 30° до 70°.

Подходящая линия передачи, такая как полосковая линия или микрополосковый балун, может быть использована в качестве линии подачи к каждому из четырех плеч. Пара антенных плеч, расположенных друг напротив друга, возбуждается за счет подачи мощности по этой линии, которая равна по величине, но на 180° отклоняется по фазе друг от друга. Любые два противоположных плеча физически отделены друг от друга на длину, равную $\frac{\lambda}{2}$. В результате, такой выбор мощности приведет к получению

двух сигналов, которые линейно поляризуются в своих направлениях. Поскольку эти антенны также являются спиральными по своей природе, они демонстрируют круговую поляризацию в двух направлениях. И в зависимости от линии отсчета и выбора осей, одну можно рассматривать как левую круговую поляризацию, а другую как правую круговую поляризацию.

Таким образом, эти антенны демонстрируют поляризационное разнесение из-за этой двойной поляризационной природы. Благодаря такой поляризации в обоих направлениях они могут использоваться для приема сигналов от приемопередатчиков с любой ориентации и на обширной территории. Кроме того, эти две поляризации ортогональны друг другу, т.е. являются пространственно независимыми лучами и не интерферируют друг с другом.

При соответствующем выборе длины волны или частоты и полосы пропускания эта антенна может использоваться для излучения сверхширокополосных сигналов. Это особый тип сигналов, которые имеют полосу пропускания более 500 МГц. Таким образом, излучение СШП сигнала наряду с поляризационным разнесением демонстрируется этой одной синусоидальной антенной, что делает ее идеально подходящей для различных применений СШП и в других случаях, где требуется высокая точность.

Генерация синусоидальной кривой:

Логопериодическая структура считается состоящей из "ячеек", каждая из которых является масштабированной версией своей предшественницы. Ячейки синусоидальной структуры сгенерированы из синусоидальной кривой, которая определяется уравнением

$$\phi = (-1)^p \alpha_p \sin \frac{180 \ln(r/R_p)}{\ln(\tau_p)},$$

где r, ϕ — полярные координаты кривой для p -й ячейки. Ячейка-1 соответствует самой внешней ячейке с радиусом R_1 . Следовательно, $R_{p+1} \leq r \leq R_p$. В общем, $R_p = \tau_{p-1} R_{p-1}$. Чтобы следовать логопериодической

философии проектирования, α_p и τ_p являются константами. Синусоидальная кривая, полученная из этого уравнения, стала основой для создания синусоидального "рукава", как описано ниже.

Создание синусоидального "рукава":

Синусоидальная кривая проведена под углом вокруг своей оси, чтобы сгенерировать один синусоидальный рукав. Затем этот рукав был скопирован после поворота на 180° вокруг начала оси координат. Это создало один диполь. Полученная структура скопирована после поворота на 90° вокруг начала координат для получения желаемого двойного диполя (и, следовательно, двойной поляризации) синусоидальной антенны.

Самодополняющийся синусообразный узор и расчет входного импеданса:

Синусообразная структура сгенерирована, как описано выше, со следующими параметрами: $\alpha = 45^\circ$, $R_1 = 6,35$ сантиметра и $T = 0,75$. Самодополняющаяся структура обеспечена значением $\delta = 22,5^\circ$. Как показал Букер, N-рукавная самодополняющаяся структура имеет сбалансированный входной импеданс каждой пары рукавов, заданный:

$$Z_m = \frac{60\pi}{\sin \frac{M\pi}{N}} \Omega,$$

где M – номер режима. При использовании режима 1 образуется четырехрукавная структура, следовательно, входной импеданс будет составлять 267Ω . Фактический импеданс несколько ниже из-за структуры питания в центре антенны.

Частотное покрытие:

Для синусоидальной структуры активная резонансная область находится на радиусе, заданном как

$$r = \frac{\lambda}{4(\alpha + \delta)},$$

где α и δ находятся в радианах. Резонансные радиусы при различных частотах для выбранных параметров формы приведены в таблице ниже, основанной на вышеуказанном соотношении.

Таблица 1. – Резонансные радиусы при различных частотах

Частота, ГГц	Резонансный радиус, см
1,0	6,35
1,2	5,33
1,4	4,57
1,6	4,07
1,8	3,56
2,0	3,05
2,5	2,8

Таким образом, элемент диаметром 12,7 сантиметров, спроектированный ниже, охватывает весь диапазон 1,0 ГГц – 2,5 ГГц.

Моделирование антенны в HFSS:

Извилистая спиральная антенна

Единицы измерения	cm
Средняя частота (ГГц)	1.75
Количество точек вдоль плеча	200
Количество ячеек	8
Альфа (градусы)	45
Прирост	0.75
Внешний радиус	12.7
Дельта (градусы)	22.5
Количество плеч (2 или 4)	4
Высота расширения порта	0.1
Внешняя граница	ABC

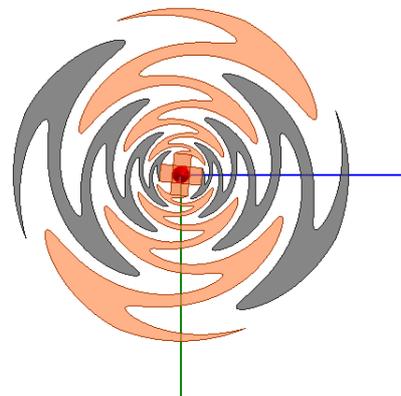


Рисунок 1. – Параметры смоделированной антенны и ее внешний вид

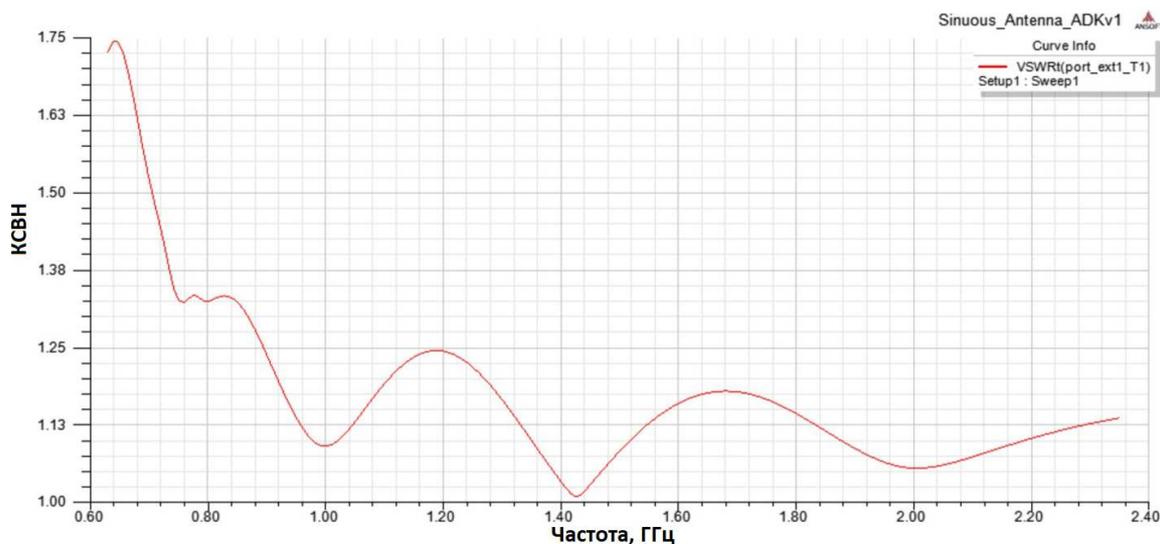


Рисунок 2. – График коэффициента стоячих волн

Заключение. Антенны преобразуют импеданс источника радиочастоты в импеданс свободного пространства. Они должны быть способны достигать этого преобразования на всем диапазоне рабочих частот (независимо от частоты входного сопротивления). Таким образом, система с высокой полосой пропускания требует широкополосной антенны. Диаграмма направленности должна быть одинаковой на всех частотах в рабочем диапазоне. Для некоторых нужд необходимо, чтобы антенна была поляризована, и часто требуется, чтобы размеры антенны были как можно меньше. Легкость изготовления структуры должна рассматриваться как дополнительное преимущество. Синусоидальная антенна, описанная выше, имеет все эти качества и должна быть особенно полезной для изготовления фазированных антенных решеток.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синусоидальная антенна [Электронный ресурс] Режим доступа: https://sites.astro.caltech.edu/~rogero/thesis/Ch5_The_Sinuous_antenna.pdf – Дата доступа: 09.10.2024
2. Что такое синусоидальные антенны [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.everythingrf.com/community/what-are-sinuous-antennas> – Дата доступа: 09.10.2024