МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

РЯЗАНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

Кафедра радиоуправления и связи

# КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Антенны и устройства СВЧ»

на тему: «Диэлектрическая линзовая антенна»

Выполнил: студент гр.217

Кузанкин С.Ю.

Проверил: преподаватель

Елумеев В.И.

Рязань 2005г.

1. Введение и краткие теоретические сведения

Любая радиотехническая установка, предназначенная для излучения или приёма радиоволн, содержит антенну. Антенные устройства играют важнейшую роль в радиотехнике, так как основным отличительным признаком радио является наличие излучения или приёма радиоволн. Само слово «Радио» происходит от греческого слова «излучать».

Требования, предъявляемые к антенне, различны в зависимости от назначения радиостанции. Все антенны чаще всего принято классифицировать по диапазонам волн. Рассматриваемая в данной работе линзовая антенна относится к антеннам дециметровых и более коротких волн.

Линзовые антенны представляют собой совокупность электромагнитной линзы и облучателя. Облучателем может быть любой однонаправленный излучатель. Важно, чтобы возможно большая часть энергии попадала на линзу, а не рассеивалась в других направлениях. Линзой называется радиопрозрачное тело с определённой формой поверхности, имеющее коэффициент преломления, отличный от единицы. В основе проектирования линзовых антенн лежит использование оптических свойств электромагнитных волн, которые проявляются при размерах и радиусах кривизны поверхности линзы много больших длины волны.

Для антенн-линз характерно то, что в них цилиндрический или сферический фронт волны преобразуется в плоский. Это позволяет получить очень узкую диаграмму направленности антенны с углом раствора всего лишь в несколько угловых минут.

Есть два основных типа линзовых антенн: замедляющие (см. рис. выше) и ускоряющие.

В замедляющих линзах фазовая скорость распространения электромагнитной волны меньше скорости света, а в ускоряющих - больше. В курсовой работе рассматривается замедляющая линза из искусственного диэлектрика. Для таких линз коэффициент преломления n>1.

Сейчас зачастую используются металлодиэлектрические линзы, которые обладают лучшими массогабаритными показателями, но при этом коэффициент преломления таких линз оказывается сильно зависящим от частоты.

Линзовые антенны, несмотря на ряд ценных качеств (возможность получения высокой направленности излучения при малом уровне побочных лепестков), пока ещё находят ограниченное применение. В настоящее время они применяются, главным образом, в радиорелейных линиях связи. Основным препятствием к широкому внедрению линзовых антенн является их высокая стоимость, связанная с высокой точностью изготовления, и относительная сложность конструкции.

Однако они представляют большой принципиальный интерес. Не исключена возможность, что в дальнейшем будущем они найдут более широкое применение.

2. Расчёт параметров линзы

Геометрические параметры линзы, прежде всего, определяются заданной диаграммой направленности антенны и распределением поля в раскрыве антенны. Зададимся законом распределения, исходя из уровня поля на краю линзы:

Е=Δ+(1-Δ)\*cos(π\*z/(2\*L))

(где Δ-уровень поля на краю линзы, z-текущая координата, L-размер). Тогда:



Ширина антенны



Высота антенны

,

2a

2b

где:



ширина диаграммы направленности на уровне 0.5 по мощности в соответствующих плоскостях;



уровень поля на краю раскрыва линзы для выбранного аппроксимирующего распределения;

-коэффициент из таблицы для данного распределения поля;

-длина волны.



Отсюда находим, что a=8.4cм , b=6.3cм.



Для обеспечения найденных размеров осуществим вырезку из гиперболоида вращения, радиус которого можно рассчитать по теореме Пифагора:



2b

2a

Ra

Уточним законы распределения поля вдоль поверхности линзы и построим их с обозначением уровня поля на краю раскрыва:

-распределение поля вдоль вертикальной оси линзы:



-распределение поля вдоль горизонтальной оси линзы:



Рассчитаем коэффициент усиления, исходя из найденных размеров антенны. Для этого выберем диэлектрик, из которого будет изготавливаться линза. С точки зрения хорошего сочетания качественных свойств (очень малая зависимость коэффициента преломления от частоты, морозоустойчивость и малый вес), и экономических затрат (сравнительная простота обработки и дешевизна) выберем в качестве диэлектрика полистирол. Его коэффициент преломления n=1.6. КПД для такой линзы можно вычислить по формуле : η=exp(-2\*π\*n\*D\*tg(δ)/λ) (tg(δ)-потери в диэлектрике). Тогда получаем:

Для полистирола



Из таблицы



Рассчитаем профиль линзы. Расчёт профиля линзы производится на основе обеспечения одинаковой оптической длины пути лучей 1 и 2.

Ψ

2Ra

x

Луч 2

Луч 1

D

f

Y

В полярных координатах:



где расстояние до линзы

-угол на линзу 

-фокусное расстояние f

Данное соотношение представляет собой уравнение гиперболы в полярных координатах. Теперь можно найти толщину линзы. Для этого запишем уравнение гиперболы в прямоугольной системе координат:



зададимся фокусным расстоянием



-фокусное расстояние



D=0.036

-толщина линзы

Построим закон распределения поля в зависимости от угла:



-закон распределения поля вдоль вертикальной оси.

Рассчитаем угол раскрыва в вертикальной плоскости. Для этого зададимся значением поля на краю линзы и из закона распределения поля выразим φ.



Отсюда находим

 (рад)







-закон распределения поля вдоль горизонтальной оси.

3. Расчёт облучателя

Так как размеры линзы в различных плоскостях разные, то целесообразно будет выбрать в качестве облучателя остроконечный пирамидальный рупор с диаграммой направленности, обеспечивающей допустимое «переливание» энергии через края линзы, а также заданное распределение поля в раскрыве линзы. При расчёте облучателя необходимо учитывать допустимую величину фазовых искажений.

a1

b1



-множитель линзы



ДН рупора в Е плоскости имеет вид



Найдём размер рупора в Е плоскости исходя из обеспечения требуемого уровня поля на краю линзы. Для этого в ДН рупора подставим угол раскрыва и приравняем к 0.1.



Отсюда находим b1=2.1 см



Теперь можно построить реальное распределение поля в раскрыве и сравнить с выбранным. Для этого диаграмму направленности рупора умножим на множитель линзы.



Как видно из графика распределения заметно отличаются, поэтому произведём коррекцию высоты рупора для более точной аппроксимации.

Для этого возьмём b1=0.018. Тогда распределение поля будет выглядеть так:

Найдем размеры рупора в Н плоскости. Для этого необходимо знать его ДН.

ДН рупора в Н плоскости имеет вид:



Найдём размер a1 множитель линзы





Тогда получаем



Отсюда размер a1=3.8см.

Построим реальное распределение поля в Н плоскости и сравним с исходным. Для этого также необходимо перемножить ДН рупора в Н плоскости с множителем линзы.



Видно, что и в Н плоскости распределение поля существенно отличается от выбранного. Изменим размер рупора: a1=0.032 . Тогда:

Как видно, лишь незначительная часть энергии «переливается» через края линзы.

E плоскость



H плоскость



Рассчитаем длину и угол раскрыва рупора. Данный расчёт производится исходя из требований допустимых фазовых искажений.

Максимальные фазовые искажения в плоскости Е:







Максимальные фазовые искажения в плоскости Н:

  

Рассчитаем углы раскрыва рупора в различных плоскостях, используя найденную длину рупора. Возьмём большую длину рупора для обеспечения лучшей технологичности изделия и совмещения вершины рупора с фокусом линзы.

Угол раскрыва рупора



4. Расчёт Диаграммы направленности антенны

Диаграмма направленности антенны находится как произведение множителя площадки (раскрыва) на диаграмму направленности элементарного излучателя (элемента Гюйгенса).



ДН элементарной площадки

Возьмём новый уровень Δ=0.2 , который находим из графика реального распределения поля после корректировки.



Множитель ДН линзы

Диаграмма направленности в вертикальной плоскости:



Пронормируем данную диаграмму направленности и возведём в квадрат для сравнения с заданной ДН по мощности.



Из графика следует, что ширина ДН по уровню 0.5 мощности равна 30 , что в точности соответствует заданной.

Диаграмма направленности в горизонтальной плоскости строится аналогично. В данном случае

.



5. Конструкция антенны

Антенна представляет собой соединение диэлектрической линзы (1) и рупорного облучателя (2), запитываемого прямоугольным волноводом(3). Также конструктивно сюда входит устройство крепления(4) и оправа линзы(5). Линза представляет собой вырезку из гиперболоида вращения, изготовленную из полистирола. Облучатель – пирамидальный остроконечный рупор, вершина которого лежит в фокусе линзы. Волновод выбирается исходя из передаваемой мощности, диапазона частот, типа волны и т.д. На основании всего этого можно выбрать прямоугольный волновод 6.2×3.1 (аналог английского R400).

Его основные параметры:

-размер 6.2×3.1 мм;

-толщина стенок 1.0, 0.5 мм;

-диапазон частот 33-50 ГГц (0.91-0.60 мм);

-затухание 7дБ/метр;

-допустимая мощность 16 кВт.

Именно эти параметры во многом будут определяющими для всей конструкции антенны. Так, например, диапазон частот будет целиком зависеть от волноводного тракта, так как это место является самым узкополосным во всей антенне. Перекрытие частоты 50/33=1.52 раза; уровень боковых лепестков (исходя из выбранного распределения поля) -22.4 дБ.

Масса и габариты антенны сравнительно невелики, если учитывать мощность в антенне - 2 кВт. Так, общая длина антенны составляет 25см, площадь раскрыва линзы-206 см2 , площадь раскрыва рупора – 5.8 см2 .

21

1.8

0.62

0.31

3.2

6.3

8.4

Линза с помощью металлической рамы соединена с облучателем (волноводом). Сама же рама имеет в центре крепление для непосредственной установки антенны.

6. Заключение

Рассчитанная в курсовой работе антенна может быть значительно модернизирована за счёт использования схем механического (ограничен размером и массой антенны) и электромеханического качания луча. Метод электромеханического сканирования особенно эффективен при использовании линз специальной формы (сферические, цилиндрические, модифицированные линзы Люнеберга, а также металлические линзы с широким сектором качания луча). Массу и толщину рассчитанной линзы можно было значительно сократить, используя зонирование. Но при этом рабочая полоса частот антенны резко сужается, а на линзе появляются так называемые вредные зоны.

Линзовая антенна, рассчитанная в данной работе, обладает достаточно хорошими характеристиками. Однако, применение замедляющих линз более оправдано, когда требуется получить игольчатую диаграмму направленности шириной в несколько угловых минут, так как большинство других типов антенн с такой задачей справиться не в состоянии. При этом необходимо учитывать резко возрастающие размеры и массу линзы, а также сложность её изготовления.

При сравнительно широкой диаграмме направленности, как в этой работе, целесообразность применения линзовых антенн будет определяться сравнительным соотношением характеристик антенны и затрат на её изготовление. Но следует учитывать, что при решении специальных задач, связанных с обеспечением игольчатой диаграммы направленности при малом уровне боковых лепестков, диэлектрическая линзовая антенна становится одной из самых востребованных.

7.Список используемой литературы

1. Устройства СВЧ и антенны. Методические указания к курсовому проектированию. Сост.: В.И. Елумеев, А.Д. Касаткин, В.Я. Рендакова. Рязань, 1998. №2693

2. А.Л. Драбкин, В.Л. Зузенко, А.Г. Кислов. Антенно-фидерные устройства. -М.: Советское радио, 1974.

3. Д.М. Сазонов. Антенны и устройства СВЧ. Учебник для радиотехнических специальных вузов. - М.: Высшая школа, 1988г.

4. А.Л. Фельдштейн , Л.Р. Явич , В.П. Смирнов. Справочник по элементам волноводной техники. М : Советское радио , 1967

5. М.С.Жук , Ю.Б.Молочков. Проектирование антенно-фидерных устройств. М : Энергия , 1973