Министерство образования Российской Федерации

Таганрогский Технологический Институт

Южного Федерального Университета

Кафедра АиРПУ

# **Курсовой проект**

на тему: «Проектирование зеркальных антенн и устройств СВЧ».

Таганрог 2007

**Техническое задание**

Рассчитать антенну, предназначенную для радиолокационного спидометра.

Технические условия

1. Ширина основного лепестка диаграммы направленности по уровню 0,5 в рабочем диапазоне:

а) в плоскости Н 2,8 град

б) в плоскости Е 3,4 град

2. Рабочий диапазон 10300±5% МГц

3. Уровень 1-го бокового лепестка (по отношению к основному по мощности):

а) в плоскости Н -26,6 дБ

б) в плоскости Е -22,8 дБ

4. Поляризация поля вертикальная

5. Длина фидера 3,1 м

6. КСВ в тракте, не более 1,07

7 Мощность передатчика в импульсе .500Е - 03 кВт

8. Устройство СВЧ: балансный смеситель

**Содержание**

Введение

1. Выбор формы раскрыва зеркала

2. Выбор функции амплитудного распределения поля в раскрыве зеркала

3. Расчет размеров раскрыва

4. Расчет ДН облучателя

5. Выбор и проектирование облучателя

6. Проектирование рупорного облучателя

7. Расчет реального распределения поля и ДН зеркала

**Введение**

Зеркальные антенны являются наиболее распространенными типом направленных антенн в сантиметровом, дециметровом и отчасти метровом диапазонах волн. Широкое использование зеркальных антенн объясняется простотой конструкции, возможностью получения почти любого применяемого на практике типа ДН, высоким КПД, малой шумовой температурой, хорошими диапазонными свойствами и т.д.

В зеркальных антеннах применяются следующие основные типы зеркал: параболические (параболоид вращения, усеченный параболоид, параболический цилиндр), сферические, плоские и уголковые, специальной формы, двух- и многозеркальные.

В радиолокационных применениях зеркальные антенны позволяют легко получить равносигнальную зону, допускают одновременное формирование нескольких ДН общим зеркалом (в том числе суммарных и разностных). Некоторые типы зеркальных антенн могут обеспечивать достаточно быстрое качание луча в значительном угловом секторе. Зеркальные антенны являются наиболее распространенным типом антенн в космической связи и радиоастрономии, и именно с помощью зеркальных антенн удается создавать гигантские антенные сооружения с эффективной поверхностью раскрыва, измеряемой тысячами квадратных метров.

**1. Выбор формы раскрыва зеркала**

Последовательность расчета излучающей части зеркальной антенны (ЗА) зависит от характера технического задания (ТЗ) на проектирование.

Как правило в ТЗ заданы целевое назначение антенны, рабочая частота и требования к направленным свойствам ЗА, которые необходимо проанализировать.

Классическими представителями зеркальных антенн являются параболические антенны, которые могут выполняться в виде параболоида вращения, параболического цилиндра или закрытой конструкции, ограниченной параллельными проводящими плоскостями.

Для выбора формы раскрыва антенны необходимо проанализировать отношение ширины ДН в плоскости Е и Н. Для моего варианта это отношение

3.4/2.8 = 1.21 < 2

Следовательно, форму раскрыва зеркала выбираем круглую. Это может быть параболоид вращения, он возбуждается слабонаправленным облучателем (например, рупором), помещенным в фокусе зеркала, и преобразует сферический фронт волны в плоский.

Принцип работы параболической антенны состоит в следующем: она состоит из металлического отражателя (рефлектора) 1, облучателя 2, помещаемого в фокусе параболоида вращения, и питающего фидера 3 (рис. 1.).



**Рис. 1.**

Облучатель антенны выполняется так, чтобы почти вся излучаемая им энергия направлялась в сторону отражателя. Электромагнитные волны возбуждают на его поверхности высокочастотные токи, которые создают свои электромагнитные поля. Так как отражающей поверхности придается параболическая форма, сумма расстояний от фокуса до поверхности отражателя и от отражателя до плоскости, перпендикулярной фокальной оси, является постоянной величиной, поэтому к поверхности раскрыва антенны переизлученные колебания приходят в одной и той же фазе.

В результате сложения отраженных колебаний в раскрыве антенны образуется и затем распространяется вдоль ее оси плоская волна.

Укажем основные геометрические параметры параболических зеркал:

R, f - радиус и фокусное расстояние зеркала; ψ0 - угол раскрыва зеркала;

p(Ψ) - профиль зеркала; x-координата точки в раскрыве зеркала. Эти параметры связаны между собой простыми соотношениями:



**2. Выбор функции амплитудного распределения поля в раскрыве зеркала**

Выберем функцию амплитудного распределения в соответствии с заданным условием из таблиц.

, где p=2 Δ=0.7

, где p=2 Δ=0.6

Графики соответствующих распределений:



**Рис. 2 Распределение поля в Н - плоскости раскрыва.**



**Рис. 3 Распределение поля в E - плоскости раскрыва.**

**3. Расчет размеров раскрыва**

Размеры раскрыва зависят от ширины ДН, рабочей длины волны и выбранных функций распределения.

Коэффициенты  в двух плоскостях:  

Ширина ДН в двух плоскостях из ТЗ:  

Найдем длину волны: 

Найдем размеры:  

Выберем радиус по большему размеру: R = b/2, R = 35 см.

Для обеспечения заданной ширины диаграммы направленности в качестве раскрыва возьмем симметрично-усеченный параболоид вращения.

**4. Расчет ДН облучателя**

В параболоиде вращения (или усеченном параболоиде вращения) облучатель должен создавать сферическую волну. У такой волны амплитуда убывает с увеличением расстояния ρ от источника (облучателя) обратно пропорционально ρ (в среде без потерь). После отражения от зеркала фронт волны становится плоским, а амплитуда плоской волны в среде без потерь не зависит от расстояния.

Исходя из сказанного выше, связь ДН облучателя f(ψ) и поля в раскрыве с точностью до постоянного множителя можно записать в виде:

,



где .



Нормируя ДН по максимуму fмакс(ψ) = ρ(0) Е(0) = f, получим расчетную формулу для нормированной ДН облучателя:

.



Из рис. 1 видно, что

,



.



Видно, что нормированную координату x нужно находить по следующей формуле:

.



Значение ψ0 выбирают ориентировочно в пределах 58° – 62°. Это дает возможность обеспечить в дальнейшем достаточно высокий КИП при сравнительно небольших размерах облучателя, и, как следствие, с меньшим затенением зеркала. С уменьшением ψ0 необходимая ДН облучателя может получится настолько широкой, что размеры облучателя станут меньше, чем, например, даже у открытого конца волновода. Зададимся углом раскрыва в плоскости Е: .

Знание угла  и размера раскрыва позволяет найти фокусное расстояние зеркала по формуле:

, f = 30.174 см.

Так как фокусное расстояние параболоида вращения (или усеченного параболоида) в другой плоскости должно быть таким же, то угол раскрыва в другой плоскости определяется автоматически через f и размер b в этой плоскости. Поскольку , то , .



Далее, рассчитываем ДН облучателя в плоскостях Е и Н соответственно:

,

где 

,

где 



Рис. 4. ДН облучателя в плоскости Е



Рис. 5. ДН облучателя в плоскости Н

Из рис. 4 и рис. 5 легко определить ширину ДН облучателя в главных плоскостях:  и .

**5. Выбор и проектирование облучателя**

К облучателю обычно предъявляет следующие требования:

а) он должен реализовывать рассчитанную ранее диаграмму направленности в секторе углов  и иметь минимальное излучение вне этого сектора;

б) его поперечные размеры должны быть минимальными для снижения затенения раскрыва;

в) облучатель должен иметь устойчивый общий фазовый центр в двух плоскостях, совмещаемый с фокусом параболоида вращения;

г) электрическая прочность облучателя должна быть достаточной для пропускания полной рабочей мощности передатчика в импульсе без опасности пробоя;

д) рабочая полоса частот облучателя должна соответствовать требуемой полосе частот антенны;

е) конструкция облучателя должна обеспечивать необходимую стойкость к метеоусловиям и допускать возможность герметизации всего фидерного тракта;

В качестве облучателя возьмем пирамидальный рупор (рис. 6).

**6. Проектирование рупорного облучателя**

*a*

*b*

*OH*

*OE*

*RH*

*RE*

*h*

*ap*

*bp*

*XE,H*

*O*

Рис. 6. Пирамидальный рупор.

Расчет рупорной антенны сводится к расчету ее геометрических размеров. Размеры раскрыва  и  выбираем на основе найденных ранее ДН облучателя в двух плоскостях.





Скорректированные размеры размеров рупора: 

Найдём размеры  волновода исходя из следующих соображений: волновод должен обеспечить прохождение лишь волны основного типа, пропускать необходимую мощность. Для этих целей подходит стандартный волновод 23x10 мм. Из табл. 3. [1] находим – данный волновод допускает  кВт, что больше необходимой мощности. Из той же таблицы выбираем материал с наименьшими потерями – медь ( дБ/м).

Определим длину оптимального рупора  в Н-плоскости:



численно см. Зная , определяем длину рупора в Е-плоскости из условия стыковки рупора с волноводом:



 см. Для того, чтобы рупор был оптимальным необходимо выполнение условия



см, т.е. условие оптимальности в Е-плоскости тоже выполняется,

Рассчитаем фазовые ошибки:

, 

Рассчитаем реальную диаграмму направленности рупора.

В Е-плоскости



где  - параметр;  - модуль коэффициента отражения волны от раскрыва рупора; ; .

В Н-плоскости



где .





Рис. 7. Реальная и требуемая ДН облучателя в плоскости Е



Рис. 8. Реальная и требуемая ДН облучателя в плоскости Н

Рассчитаем положения фазовых центров рупора в главных плоскостях:

,





Допуск на смещение фазового центра облучателя из фокуса вдоль оси:



Расстояние между фазовыми центрами удовлетворяет допуску на смещение фазового центра облучателя из фокуса зеркала вдоль его оси.

**7. Расчет реального распределения поля и ДН зеркала**

Расчет проводится для сравнения реального  и требуемого  распределений в раскрыве зеркала. В усеченном параболоиде вращения реальная ДН связана с нормированной ДН облучателя следующим соотношением:

**** ,

где .

Графики реального и идеального распределения и их относительной ошибки строятся на одном графике. Ошибка не должна превышать 7 %.

Учитывая все вышесказанное, проведем расчет реального распределения поля в зеркале:

**1) Расчет реального амплитудного распределения поля в Е плоскости**

Функция реального распределения имеет вид:

****,

где .



Рис.9 График реального распределения поля в E плоскости

**2) Расчет реального амплитудного распределения поля в Н плоскости**

Функция реального распределения имеет вид:

****,

где .



Рис. 10. Реальное и идеальное распределение поля в Н плоскости и их относительная ошибка.

Расчёт ДН ведётся исходя из формул, приведенных в [1]. Эти формулы приведены без учёта ДН элемента Гюйгенса, поэтому домножим их на :



где ; .

Диаграмму направленности будем строить в логарифмическом масштабе. Для этого преобразуем к виду

.

Аналогично для Е-плоскости:



где ; ;

или в логарифмическом масштабе

.



Рис. 11. ДН зеркальной антенны в Е-плоскости



Рис. 12. ДН зеркальной антенны в H-плоскости