

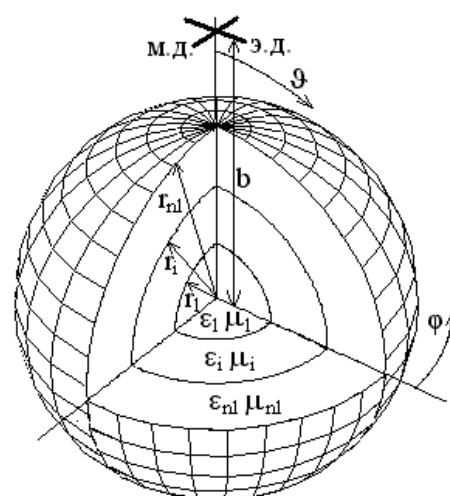
С.В. Кузьмин (6 курс, каф. РФ), Д.В. Шанников, д.т.н., проф.

МЕТОДЫ РАСЧЕТА СФЕРИЧЕСКОЙ СЛОИСТОЙ ЛИНЗЫ

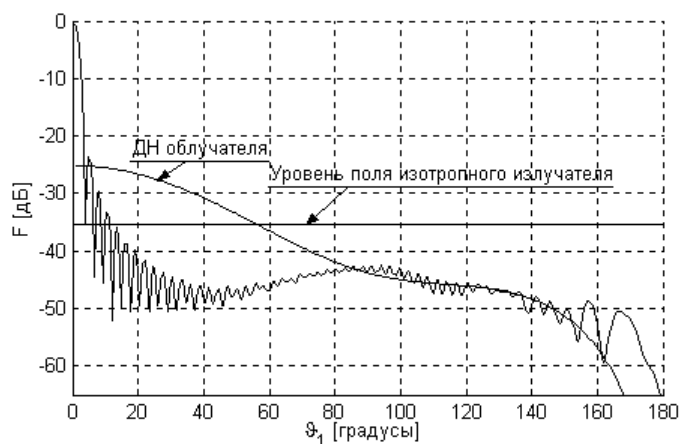
ABSTRACT: The characteristics of a spherically stratified microwave lens antenna with layers of homogeneous dielectric is computed using space harmonic expansion. The strict method of the solution of electromagnetic problems is compared with the method of geometric optics. Radiation pattern is analyzed. Amplitude and phase distribution on aperture has been obtained.

В радиотехнических системах СВЧ диапазона применяются самые разнообразные типы антенн, в том числе линзовые. Одним из типов линзовых антенн является линза Люнеберга. Это сферическая линза с непрерывно изменяющимся вдоль радиуса показателем преломления. Как и всякая линза, она позволяет сравнительно легко создавать такое распределение поля по раскрытию, которое обеспечит диаграмму направленности (ДН) с малым уровнем боковых лепестков, без перестройки работает в широкой полосе частот, облучатель не экранирует излучение антенны.

Кроме того, она обладает центральной симметрией, что позволяет осуществлять механическое сканирование или, используя несколько облучателей, формировать несколько независимых диаграмм направленности. Основными областями применения являются спутниковая связь и радиолокация. Однако, у нее есть и недостатки: большая масса, сложность в изготовлении и как следствие, высокая стоимость. Одним из способов решения последней проблемы является переход от непрерывного распределения показателя преломления к ступенчатому. То есть от линзы Люнеберга к сферической линзе со слоями из однородного диэлектрика, которая изображена на первом рисунке.



Решить задачу можно используя приближение геометрической оптики (ГО). Таким образом, можно довольно просто найти основные параметры антенны (см. [1]). Появление современной вычислительной техники и программного обеспечения позволило применить строгий электродинамический метод, в котором учитываются практически все физические явления, происходящие в системе



облучатель—линза. В данном методе поле облучателя разлагается на пространственные гармоники, и для каждой из них удовлетворяются граничные условия. Более подробно это описано в [2...6].

На втором рисунке представлена ДН антенны и облучателя ($\varphi = 0$). Диаметр линзы $D = 20\lambda$, число слоев $N = 25$, расстояние от центра линзы до облучателя $b = 0.55D$. В качестве облучателя рассматривается синфазная

поверхность со спадающим к краям амплитудным распределением (радиус поверхности $R_0 = 0.6\lambda$).

При углах $\vartheta_1 \leq 40^\circ$ поле соответствует представлениям апертурного метода.

Поле в области от 40 до 80 градусов это результат интерференции полей от линзы и от облучателя, который вносит существенный вклад. При $\vartheta_1 \approx 65^\circ$ (угол, под которым виден край линзы со стороны облучателя) поле облучателя складывается с отраженным от линзы полем в противофазе. Отраженное поле достаточно сильно из-за возрастания коэффициента отражения под пологими углами.

При $80^\circ < \vartheta_1 < 155^\circ$ основную роль играет облучатель.

При $\vartheta_1 > 155^\circ$ облучатель практически не излучает, поэтому поле определяется отражением от линзы.

Так же были получены картины амплитудного и фазового распределения на апертуре.

В основном они совпадают с данными ГО (постоянное фазовое и спадающее к краям амплитудное распределения), но имеют более сложный интерференционный характер.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Зелкин Е.Г., Петрова Р.А. Линзовые антенны.—Москва: Советское радио, 1974.
2. Марков Г.Т., Чаплин А.Ф. Возбуждение электромагнитных волн.—М.-Л.: Энергия, 1967.
3. Иванов Е.А. Дифракция электромагнитных волн на двух телах.—Минск: Наука и техника, 1968.
4. Сазонов Д.М., Фролов Н.Я. Электромагнитное возбуждение сферической слоистой-радиальной среды // Журнал технической физики. – 1956. -т.35, вып.6.
5. Harry Mieras, Radiation Pattern Computation of a Spherical Lens Using Mie Series // IEEE Transactions On Antennas And Propagation. vol. AP-30, no.6, November 1982
6. John R. Sanford, Scattering by Spherically Stratified Microwave Lens Antennas // IEEE Transactions On Antennas And Propagation. vol.42, no.5, May 1994