

Изобретение относится к антенной технике миллиметрового, сантиметрового и дециметрового диапазонов длин волн и предназначено для использования в системах радиолокации, связи, спутникового радио- и телевидения и т.д. при одновременной работе на двух ортогонально поляризованных волнах.

Известна отражательная антенная решетка (Авт. св. СССР №1022245, кл. H01Q15/00), состоящая из облучателя и отражателя, выполненного в виде металлического экрана с размещенными параллельно его поверхности переизлучателями. Переизлучатели представляют собой металлические диски, в каждом из которых прорезана радиальная щель. Поле электромагнитной волны круговой поляризации с заданным направлением вращения, создаваемое облучателем, возбуждает элементы решетки, в результате чего они переизлучают волны той же поляризации. Управление фазами полей, переизлученных элементами решетки, осуществляется механическим поворотом соответствующих дисков вокруг их осей. При этом устанавливается фазовое распределение поля в раскрыве решетки, необходимое для формирования требуемой диаграммы направленности на волне данной поляризации. Изменение поляризации излучаемой антенной решеткой волны на ортогональную требует переориентации всех переизлучающих элементов, что делает принципиально невозможным работу ее на волнах двух поляризаций одновременно.

Наиболее близкой к заявляемому объекту по совокупности признаков является отражательная антенная решетка (Авт. св. СССР №1292079, кл. H01Q15/00), которая имеет облучатель и отражатель, выполненный в виде плоского проводящего экрана с установленными над проводящим экраном ориентированными вибраторами. Облучатель излучает сферическую волну круговой поляризации в направлении отражателя. Механическим поворотом вибраторов устанавливается синфазное распределение поля в раскрыве решетки, обеспечивающее максимум ее излучения в направлении нормали к экрану. При этом поворот вибратора на некоторый угол приводит к повороту вектора напряженности электрического поля отраженной волны на удвоенный угол, что эквивалентно соответствующему увеличению (или уменьшению, в зависимости от того, совпадают или нет направления вращения поля возбуждающей волны и поворота вибратора) фазы переизлученного вибратором поля. Необходимые значения углов поворота вибраторов рассчитываются по формуле и зависят от их расстояния до облучателя.

Данная отражательная решетка не может формировать заданную диаграмму направленности на обеих ортогонально поляризованных волнах одновременно. Это вызвано тем, что углы ориентации вибраторов, выбранные из условия синфазности полей переизлученных ими волн одной поляризации, не обеспечивают того же для волн ортогональной поляризации, поскольку для этого альтернативного случая вибраторы необходимо повернуть механически на те же углы, но только в противоположную сторону, что физически не реализуемо.

В основу изобретения поставлена задача создания отражательной антенной решетки двойной поляризации, позволяющей одновременно или поочередно формировать две идентичные ортогонально поляризованные диаграммы направленности на волнах любой поляризации (линейной, круговой или эллиптической) без переориентации вибраторов.

Такой технический результат достигается тем, что в отражательной антенной решетке двойной поляризации, содержащей облучатель и отражатель, состоящий из плоского проводящего экрана и размещенных параллельно его поверхности вибраторов, согласно изобретению, вибраторы, для каждого из которых разность расстояний от проекции его фазового центра на поверхность экрана до фазового центра облучателя и от фазового центра облучателя до поверхности экрана отличается от ближайшего целого числа длин волн не более, чем на четверть длины волны, расположены параллельно друг другу, а остальные вибраторы ориентированы перпендикулярно предыдущим, при этом облучатель выполнен в виде антенны двойной поляризации с идентичными ортогонально поляризованными диаграммами направленности.

Взаимно-перпендикулярное расположение вибраторов в отражателе решетки с определением их ориентации по предлагаемому расчетному соотношению и с использованием облучателя в виде антенны двойной поляризации с идентичными ортогонально поляризованными диаграммами направленности дает возможность формировать решеткой две одинаковые диаграммы направленности на волнах двух взаимно-ортогональных поляризаций, в результате чего расширяются функциональные возможности отражательной антенной решетки за счет ее использования для излучения и/или приема волн двух ортогональных поляризаций одновременно или попеременно, что позволяет применять одну такую антенну вместо двух антенн прототипов.

На фиг.1 представлена структурная схема отражательной решетки двойной поляризации; на фиг.2 - фрагмент отражателя, план.

На фиг.1 указаны принципиально важные расстояния  $g$  и  $h$ , где  $g$  - расстояние от фазового центра облучателя  $F$  до произвольной точки  $S$  на проводящем экране,  $h$  - расстояние от фазового центра облучателя  $F$  до его проекции  $O$  на плоскость проводящего экрана. На фиг.2 пунктирными линиями изображены границы зон Френеля поля облучателя в плоскости проводящего экрана, а номер каждой из зон обозначен римской цифрой I, II, III или IV. Предлагаемая антенная решетка содержит облучатель 1 и отражатель 2, состоящий из проводящего экрана 3 и установленных параллельно его поверхности вибраторов 4 и 5. Облучатель 1 расположен на высоте  $h$  над отражателем и ориентирован таким образом, чтобы максимум его излучения был направлен в сторону отражателя. Для одновременной работы на двух ортогонально поляризованных волнах облучатель должен иметь два входа, каждому из которых соответствует своя поляризация излучаемых волн. При поочередной работе на ортогонально поляризованных волнах у облучателя может быть один вход с переключателем, позволяющим изменять

поляризацию излучаемой электромагнитной волны на ортогональную. Одним из возможных вариантов конструктивного выполнения такого облучателя является антенна, составленная из двух скрещенных под углом  $90^\circ$  линейных вибраторов, широко известная как турникетная антенна, формирующая две идентичные линейно поляризованные взаимно ортогональные диаграммы направленности. Примером другой конструкции облучателя может служить пирамидальный или конический рупор с двумя возбуждателями, которые создают в раскрытие рупора два независимых распределения поля ортогональных поляризаций, формирующие соответствующие им диаграммы направленности облучателя. В отражателе все вибраторы расположены на одинаковом расстоянии  $b$  от экрана, близком к четверти длины волны. Вибраторы 4, проекции фазовых центров на экран которых попадают в нечетные зоны Френеля, где разность между расстояниями  $g$  и  $h$  отличается от ближайшего целого числа длин волн не более, чем на четверть длины волны, расположены параллельно друг другу, а другие вибраторы 50, попадающие в четные зоны Френеля, где справедливо неравенство  $\lambda/4 \leq |d - h - n \lambda/2| \leq 3\lambda/4$  ( $l$  - длина волны,  $n = I, II, III, IV, \dots$  - номер зоны Френеля), ориентированы также параллельно друг другу, но перпендикулярно предыдущим.

Отражательная антенная решетка двойной поляризации работает следующим образом.

Облучатель 1 излучает в сторону отражателя (одновременно или попеременно) две идентичные сферические волны круговой поляризации с противоположными направлениями вращения. Эти волны создают два независимых поля, которые возбуждают отражатель. Каждое из возбуждающих полей плоскости экрана имеет аксиально симметричное фазовое распределение с центром в точке  $O$ , которое удобно представить в виде зон Френеля. Если в точке  $O$  условно принять фазу поля за ноль, то в произвольной точке  $S$  на экране она будет равна  $2\pi(h - d)/\lambda$ . При радиальном удалении точки  $S$  от точки  $O$  фаза поля в пределах первой зоны Френеля уменьшается от нуля в центре до  $-\pi/2$  на ее границе. В остальных нечетных зонах Френеля фаза (за вычетом целого числа периодов) изменяется в пределах от  $\pi/2$  до  $-\pi/2$ . Поскольку все вибраторы, принадлежащие этим зонам ориентированы параллельно друг другу, то фаза поля, переизлученного каждым из них, отличается от фазы возбуждающего его поля на одну и ту же величину. В пределах четных зон Френеля фаза возбуждающего поля (за вычетом целого числа периодов) распределена на интервале  $| \pi/2, 3\pi/2 |$ . Вибраторы, принадлежащие этим областям отражателя, ориентированы также параллельно друг другу, но перпендикулярно вибраторам в нечетных зонах, поэтому они по сравнению с последними вносят в переизлученное ими поле дополнительной фазовый сдвиг  $\pm\pi$ , в результате чего пределы изменения фаз переизлученного вибраторами поля в четных зонах Френеля будут такими же, как и в нечетных. Коррекция фазового распределения переизлученного поля путем поворота вибраторов на  $90^\circ$  происходит с равной мерой для обеих возбуждающих взаимно ортогональных волн круговой поляризации - и правого, и левого вращения. Таким образом в

элементах решетки устанавливаются идентичные фазовые распределения полей для обеих переизлучаемых ортогонально поляризованных волн, имеющие вид зубчатой функции, которая по модулю не превосходит  $\pi/2$ . Это позволяет формировать две одинаковые ДН решетки одновременно на обеих взаимно-ортогональных волнах с круговой поляризацией, что говорит о ее двойной поляризации, причем не только для волн данной, но и других поляризаций - линейной и эллиптической, так как последние могут быть однозначно представлены в виде линейной комбинации волн с круговой поляризацией поля.

#### ПРИЛОЖЕНИЕ УПРОЩЕННАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ ОТРАЖАТЕЛЬНЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

Отличительной особенностью многоэлементных отражательных антенных решеток (АР) рассматриваемого типа является то, что для анализа их характеристик трудно использовать строгие электродинамические методы, такие как метод интегральных уравнений или теорию периодических структур. Применение здесь первого из названных методов приводит к необходимости решения задачи большой размерности, которая не под силу современным ЭВМ, а второй неприменим из-за того, что данные решетки, в общем случае, не являются периодическими структурами. Ниже описана упрощенная методика расчета характеристик отражательных АР, основанная на использовании аппарата поляризационных матриц рассеяния [1] и изложенная в работах [2, 3, 4].

Данная методика предназначена для расчета поля в дальней зоне отражательных АР в заданном поляризационном базисе, а также других внешних характеристик антенны: диаграммы направленности (ДН) на волнах основной и паразитной поляризации, уровня бокового излучения, коэффициента направленного действия (КНД), коэффициента усиления (КУ) и т.д. В ее основе лежит условное разбиение отражателя АР на отдельные элементы, каждый из которых состоит из одного вибратора и участка проводящего экрана, соответствующего одной ячейке регулярной сетки решетки. При составлении методики использованы следующие предположения и допущения:

- все элементы отражателя находятся в дальней зоне поля облучателя;
- поле облучателя в пределах одного элемента отражателя является плоской волной;
- распределение тока на вибраторах синусоидальное;
- взаимная связь между вибраторами пренебрежимо мала.

Исходными данными для расчета являются:

- форма и геометрические размеры отражателя;
- геометрические размеры вибраторов и их способ размещения на отражателе;
- способ выбора ориентации вибраторов;
- характеристика направленности, положение фазового центра и ориентация облучателя по отношению к отражателю.

Вычисления выполняются в следующей последовательности.

1. Рассчитываются координаты фазовых центров вибраторов.

2. Определяются углы, задающие направления на фазовые центры элементов отражателя с точки зрения облучателя.

3. Определяются углы прихода волн к каждому элементу отражателя.

4. Рассчитываются амплитуды и набеги фаз волн, приходящих к каждому элементу экрана от облучателя.

5. Определяются углы ориентации вибраторов, исходя из выбранного критерия.

6. Определяются поляризационные матрицы рассеяния элементов решетки.

7. Находятся комплексные амплитудные коэффициенты  $A_n$ , определяющие поля рассеяния элементов отражателя  $E_n$  в дальней зоне АР на основной и ортогональной поляризации:

$$E_n = A_n e^{-jkR} / R,$$

где  $R$  - расстояние от фазового центра решетки до точки наблюдения,  $k$  - волновое число.

8. Рассчитывается поле АР в дальней зоне как сумма полей рассеяния отдельных элементов отражателя.

9. Определяются требуемые внешние характеристики отражательной АР: нормированная ДН по основной поляризации, уровень получения поля ортогональной поляризации, уровень боковых лепестков, КНД и КУ.

В качестве примера использования данной методики были рассчитаны нормированные ДН двух почти идентичных отражательных антенных решеток, отличающиеся друг от друга только критериями выбора углов ориентации вибраторов в их отражателях. Обе решетки имели плоский круговой отражатель, состоящий из металлического экрана в виде диска диаметром  $D = 13\lambda$  и  $253 - x$  вибраторов, расположенных в узлах гексагональной сетки. Длина вибраторов составляла  $2l = 0,48\lambda$ , высота их подвеса над экраном  $b = 0,25\lambda$ , расстояние между двумя соседними излучателями  $d = 0,72\lambda$ . В качестве облучателя использовался открытый конец круглого волновода диаметром  $2a = 0,62\lambda$ , в раскрытие которого создавалось распределение поля, соответствующее сумме двух взаимно ортогональных волн типа  $H_{11}$ , сдвинутых по фазе на угол  $\pm\pi/2$ . Облучатель располагался соосно с диском экрана на высоте  $h = 12\lambda$  над его центром. Выбор ориентации вибраторов в отражателях рассматриваемых решеток выполнялся из условия формирования максимума ДН по нормали к плоскости экрана на волнах круговой поляризации правого вращения. При этом для первой из них использовалось соотношение, приведенное в формуле изобретения, выбранного в качестве прототипа (А.с. №1292079 СССР МКИ H01Q15/00), а для второй решетки - согласно формуле настоящего изобретения.

На фиг.3 представлены нормированные ДН обеих решеток. Пунктирная кривая 1 иллюстрирует ДН первой решетки при возбуждении ее полем облучателя круговой поляризации с правым направлением вращения. Штриховая кривая 2 показывает ДН той же решетки, но при измененном направлении вращения поля облучателя на противоположное. Сплошная кривая 3 демонстрирует две идентичные ДН второй решетки при разных

направлениях вращения поля отражателя. Рисунок наглядно показывает, что при неизменной ориентации вибраторов перемена поляризации поля облучателя на ортогональную приводит к развалу исходной ДН первой решетки, в то время как ДН второй решетки сохраняет свою форму без изменений.

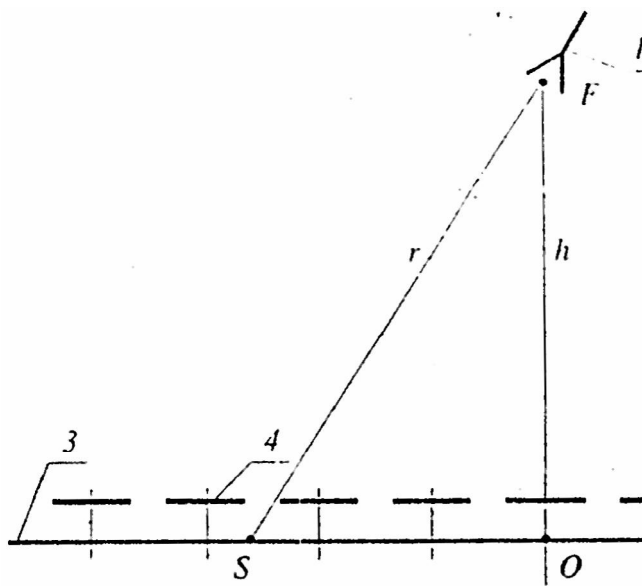
Источники информации

1. Кобак В.О. Радиолокационные отражатели. - М.: Радио и связь, 1975. - С.200.

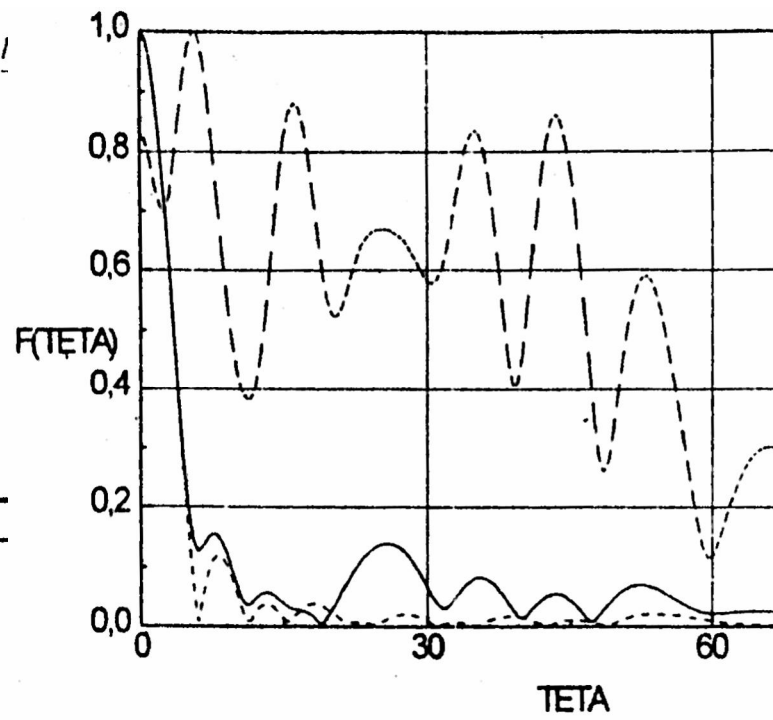
2. Токарский П.Л., Лучанинов А.И., Гладкоскок И.Д. Расчет поля рассеяния тонкопроволочных антенн в заданном поляризационном базисе // Изв. вузов. Радиоэлектроника. - 1990. - Т.33. - №1. - С.23 - 27.

3. Гладкоскок И.Д., Токарский П.Л. Поле рассеяния отражателя типа спирафазной антенной решетки // Радиотехника (Харьков). - 1991. - Вып.94. - С.65 - 74.

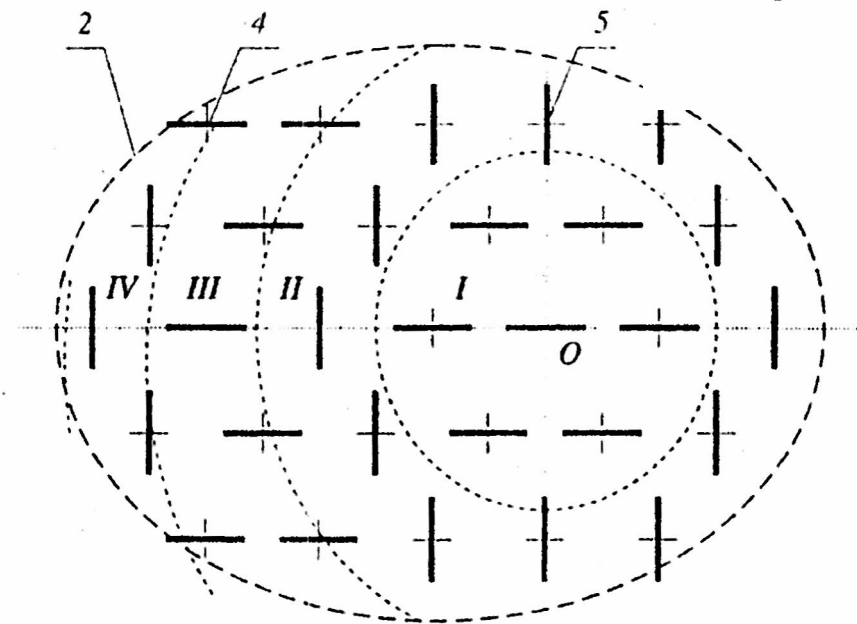
4. Токарский П.Л., Синелуп А.В. Спрощена модель багатоеlementної плоскої відбивної антенної решітки // Тези доповідей наук.-техн. конф. "Досвід розробки та застосування приладотехнологічних САПР мікроелектроніки". - Ч.2. - Львів, 1995. - С.142.



Фиг. 1



Фиг. 3



Фиг. 2