

УДК 621.372

С.К.Иванов (5 курс, каф. РФ), Э.Ф.Зайцев, к.т.н., проф.

## ПОЛЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ НА МАЛЫХ РАССТОЯНИЯХ

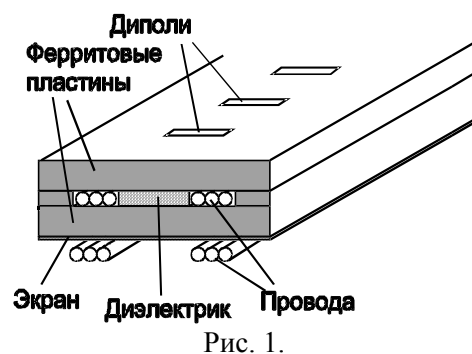
Работа посвящена новому классу электрически сканирующих антенн: интегральным фазированным антенным решеткам (ИФАР) [1,2] с ферритовым управлением. Такие антенны имеют много преимуществ:

- они решают проблему электрического сканирования в диапазоне миллиметровых волн;
- благодаря интегральной конструкции антенны имеют низкую стоимость по сравнению с другими сканирующими антеннами. Это открывает широкие перспективы их использования в аппаратуре гражданского применения;
- ИФАР отличаются чрезвычайно простым управлением лучом.

Отличительной особенностью ИФАР является невзаимность (необратимость), вызванная наличием в конструкции намагниченных ферритовых пластин. Невзаимность выражается, в частности, в том, что в режимах передачи и приема луч имеет разные направления. Поэтому приемо-передающий модуль должен содержать две антенны: одну для передачи, другую для приема. Возникает вопрос, какова будет взаимная связь между двумя близко расположенными антеннами? Решению этого вопроса и посвящена данная работа.

В качестве первого этапа определения связи между антеннами надо найти поле антенны на малом расстоянии от нее.

По принципу действия ИФАР является разновидностью антенн бегущей волны. Основу ИФАР составляет открытый феррито-диэлектрический волновод (ФДВ). ФДВ образован двумя слоями феррита, между которыми проложена тонкая пластина из диэлектрика с высокой диэлектрической проницаемостью (рис. 1). На наружной поверхности ферритовых слоев расположены: нижней стороны проводящий экран, с верхней решетка из металлических полосок, играющих роль дипольных излучателей. Если ферритовые слои определенным образом намагничивать, изменяя управляющий ток в проводах, то фазовая скорость волны в волноводе будет изменяться, а значит, будет меняться и положение максимума ДН антенны.



Угловое положение луча  $\theta$  описывается уравнением

$$\sin \theta = q - n \frac{\lambda}{d},$$

где  $q$  – коэффициент фазового замедления рабочей моды ФДВ (причем замедление для прямой и обратной волны различно в силу невзаимности волновода),  $\lambda$  – длина волны в свободном пространстве,  $n$  – целое число,  $d$  – расстояние между диполями. Изменяя намагниченность феррита, мы меняем величину  $q$ , а значит, и направление луча  $\theta$ .

Излучатели приемной и передающей антенн расположены на расстоянии около 20 мм или больше. Это более чем вдвое превышает длину волны  $\lambda = 8 - 8,5$  мм. Поэтому можно считать, что точка наблюдения находится в дальней зоне отдельного излучателя (но не всей антенны!). Это обстоятельство значительно упрощает задачу, поскольку можно воспользоваться полученными в работе [2] результатами расчета дальнего поля диполя,

расположенного на структуре ФДВ.

Токи в диполях рассчитывались по формулам элементарной теории ИФАР [3], которая основана на допущении, что в ФДВ преобладает низшая (рабочая) мода. Наличие высших мод учитывается в величине собственного сопротивления диполя [4].

Все расчеты проводились в среде MatLab.

Программа позволяет рассчитывать распределение поля антенны вдоль любой координаты на произвольном расстоянии от антенны. Исходные данные следующие: расстояние между диполями в решетке 5 мм, длина диполя 1,7 мм, количество диполей – 20 (т.е. длина антенны 95 мм). Учитывается также намагниченность ферритовых слоев. Рассчитываются все 6 составляющих векторов  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{H}$ .

На рис. 2 показано рассчитанное распределение составляющей поля  $E_y$  вдоль прямой, параллельной оси  $x$  на высоте  $z = 10$  мм от антенны (ось  $x$  направлена вдоль решетки диполей, ось  $y$  – параллельно диполям, ось  $z$  – по нормали к антенне; начало координат совпадает с входом антенны). Видно, что в пределах длины антенны поле убывает от начала к концу антенны. Это объясняется тем, что токи в диполях убывают от начала к концу вследствие расхода мощности возбуждающей волноводной моды на излучение и на поглощение в самом волноводе. Небольшая изрезанность связана с дискретностью решетки. За пределами антенны поле резко уменьшается.

На рис. 3 показано распределение поля на высоте 10 м, что уже соответствует дальней зоне для всей антенны. Характер зависимости такой же, какой имеет диаграмма направленности антенны в дальней зоне. Ее параметры (ширина луча, его положение, уровень боковых лепестков) совпадают с полученными другими методами, что может свидетельствовать о достоверности результатов данной работы.

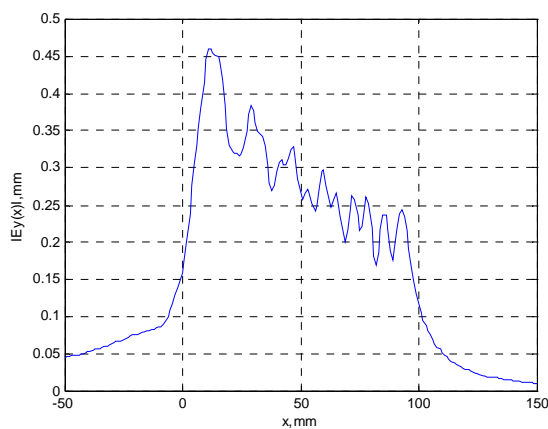


Рис. 2.

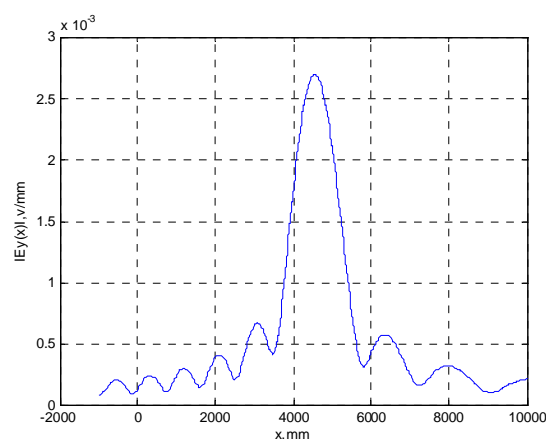


Рис. 3.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Зайцев Э.Ф. и др. MM-Wave Integrated Phased Arrays with Ferrite Control.// IEEE Transactions on Antennas and Propagation, v.42, N3, March 1994.
2. Zaitsev E.F., Guskov A.B., Cherepanov A.S. Mathematical Model of Ferrite Integrated Phased Array. //Eighth Biennial Conference on Electromagnetic Field Computation, Tucson, Arizona, June 1–3, 1998.
3. Зайцев Э.Ф., Черепанов А.С., Гуськов А.Б. Элементарная теория интегральных фазированных антенных решеток. // СПб, 1999, Деп. в ВИНТИ №3849–В99.
4. Гуськов А.Б., Зайцев Э.Ф., Черепанов А.С. Излучение диполя, расположенного на продольно намагниченной феррито-диэлектрической структуре.// СПб, 1999, Деп. в ВИНТИ №349–В00.