

РАДИОФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

СЕКЦИЯ «РАДИОФИЗИКА»

УДК 621.372

С.В.Костылев (6 курс, каф. РФ), Э.Ф.Зайцев, к.т.н., проф.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ИФАР С РУПОРОМ

ABSTRACT: Investigation of the new modification of linear IPA is presented. The theoretical model IPA with metal horn is proposed. There are three methods of calculation of the pattern diagram are considered. Calculations of pattern diagram of the antenna at different frequencies and ferrite magnetization using a) the approximate method of waveguide propagation in the horn; b) method, based on Maxwell equations for a field in a horn; c) method in which the horn is absent but the dipoles have a restricted diagram in E-plane are performed.

Работа посвящена анализу процессов в интегральной фазированной антенной решетке с ферритовым управлением (ИФАР). Конструкция ИФАР с рупором подробно описана в [1]. Основными ее частями являются структура феррит-диэлектрик-феррит (ФДФ) с нанесенными на ее поверхности диполями и рупор, состоящий из участка с параллельными (начальный участок рупора) и расходящимися стенками (раствор). Наиболее простым и дешевым видом является линейная ИФАР. Она обеспечивает электрическое сканирование лучом по одной угловой координате (в H-плоскости), а использование E-секториального рупора позволяет сузить диаграмму направленности (ДН) в соответствующей плоскости.

В существующей теории ИФАР без рупора [2] задача построения ДН состоит из нескольких частей (так называемая «внутренняя» и «внешняя» задачи). В настоящей работе результаты решения «внутренней» задачи будут считаться известными при численных расчетах параметров антенны. С целью исследования характеристик антенны в присутствии рупора в работе находятся ДН ИФАР при различной степени его учета в модели. Следует сказать, что полностью точный расчет полей на апертуре антенны сложен, поэтому в предлагаемых трех методах используются различные упрощающие предположения. В первом методе учитывается влияние начального участка рупора на взаимную связь между диполями, упрощение задачи состоит в том, что стенки начального участка при определенных условиях можно считать бесконечными, а зависимость поля $E(x,y)$ от продольной координаты в раскрытии такая же как в горловине рупора. Второй метод учитывает влияние рупора на диполи аналогично первому, но в растворе рупора распространение поля описывается системой уравнений Максвелла. В третьем методе рассматривается ФДФ-структура без рупора, а его влияние сводится только к ограничению ДН диполей в E-плоскости.

В данной работе используются найденные ранее характеристики излучения диполя в пространстве между безграничными проводящими параллельными стенками (ДН одиночного диполя и его сопротивление излучения R_{rad}), поле линейки диполей на стыке параллельных и расходящихся стенок рупора.

Первые две модели ИФАР с рупором представляют собой ФДФ-структуру, расположенную между вертикальными проводящими стенками, расстояние между

параллельными стенками начального участка рупора $a < \lambda/2$, так что в нем распространяющейся является только самая низшая мода Т-типа; также предполагается, что высота этого участка h достаточна для затухания всех высших мод (т.е. по крайней мере $h > \lambda/2$), отражение от горловины рупора пренебрежимо мало. В использованной системе координат ось Z направлена параллельно стенкам, ось X — вдоль оси структуры, угол θ отсчитывается от оси Z . В третьей модели ДН диполя в E -плоскости полагается пропорциональной $\cos^2(\theta)$.

В результате работы составлена программа на языке *Matlab*, которая позволяет вычислить требуемые характеристики и построить ДН при различных параметрах рупора (угол раствора, высота начального участка), феррит-диэлектрического волновода (размеры, электромагнитные параметры материалов), диполей и их взаимного расположения. Программа была протестирована при простых АФР токов в диполях и может быть использована в комплексе программ для расчета характеристик ИФАР.

Для частоты $f=33$ ГГц и намагниченности $m=0.4$ на рис. 1, 2, 3 представлены рассчитанные ДН. Наличие на ДН бокового лепестка при $\theta \approx 30^\circ$ обусловлено возбуждением на входе двух мод (амплитуда неосновной моды меньше чем у рабочей на 14 дБ); неоднородность боковых лепестков справа от максимума ДН связана с существенным отражением мод на выходе. Сравнение результатов, полученных на основе трех моделей, показывает, что при одинаковых параметрах ФДФ-структуры, рупора и одном значении частоты ДН отличаются в области крайних боковых лепестков, при этом время расчета точной аналитической модели значительно больше. Почти полное совпадение результатов позволяет использовать упрощенную модель на практике.

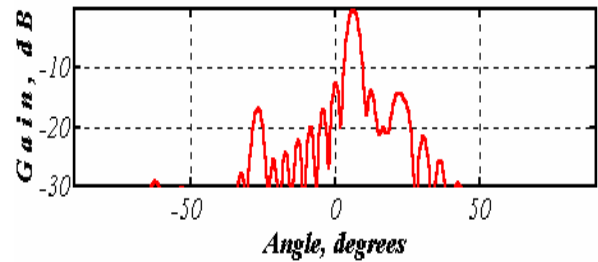


Рис. 1, модель 1

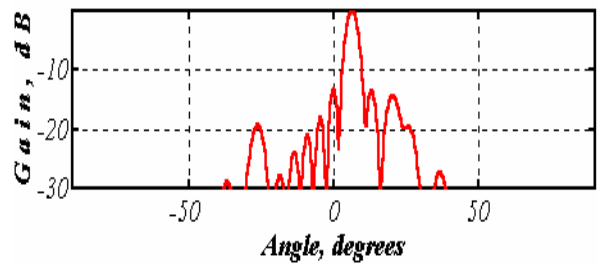


Рис. 2, модель 2

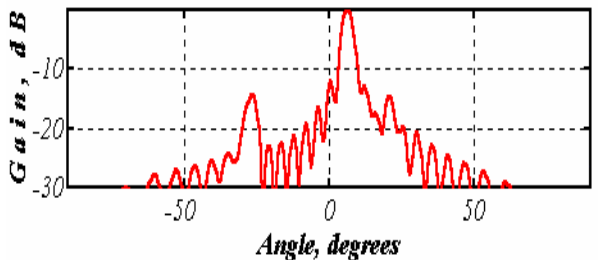


Рис. 3, модель 3

ЛИТЕРАТУРА:

1. Костылев С.В., Зайцев Э.Ф. “Методы моделирования интегральных линейных ФАР с рупором” / XXXI Неделя Науки СПбГПУ: Материалы межвузовской научной конференции, 25 - 30 ноября 2002 года, Санкт-Петербург. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003.
2. Zaitsev E. F., Yavon Y. P., Komarov Y.A., Guskov A. B., Kanivets A. Yu. MM-wave Integrated Phased Arrays with Ferrite Control.// IEEE Transactions on Antennas and Propagation.