

С.В.Костылев (4 курс, каф.РФ), Э.Ф.Зайцев, к.т.н., проф.

## ИЗЛУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ДИПОЛЕЙ В ЛИНЕЙНОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКЕ (ИФАР) С РУПОРОМ

ABSTRACT: Investigation of the new modification of linear IPA is presented. The theoretical model IPA with metal horn is proposed. Calculation of pattern diagram, radiation impedance of a single dipole on ferrite-dielectric-ferrite structure is performed for different frequencies and ferrite magnetization.

Работа посвящена анализу процессов в интегральной фазированной антенной решетке с ферритовым управлением (ИФАР). Основу ИФАР с рупором (рис.1) составляет структура феррит-диэлектрик-феррит (ФДФ): одна из ферритовых пластин (нижняя) с наружной стороны металлизирована. Ферритовые слои намагничиваются навстречу друг другу в направлении касательном поверхности слоев и перпендикулярном диэлектрической пластине. Для этого между ферритовыми слоями по обе стороны диэлектрической пластины расположены провода, через которые пропускается постоянный ток. Наиболее простым и дешевым видом является линейная ИФАР. Она обеспечивает электрическое сканирование лучом по одной угловой координате (в Н-плоскости), ширина луча в этой плоскости составляет обычно  $2...4^{\circ}$ . По другой угловой координате (в Е-плоскости) типичная ширина луча  $80 - 100^{\circ}$ . Часто требуется антенна с одномерным сканированием, но с более узким лучом в Е-плоскости. Для этого используется линейная ИФАР с Е-секториальным рупором, с помощью которого диаграмма направленности (ДН) сужается до  $15 - 20^{\circ}$ , а при облучении такой антенной цилиндрического зеркала - до  $1 - 2^{\circ}$ .

В существующей теории ИФАР без рупора [1] задача построения ДН состоит из нескольких частей (так называемая 'внутренняя' и 'внешняя' задачи). С целью исследования характеристик антенны в присутствии рупора в работе рассматривается часть 'внешней' модельной задачи, а именно: находятся характеристики излучения диполя в пространство между безграничными проводящими параллельными стенками: ДН одиночного диполя и его сопротивление излучения (далее -  $R_{rad}$ ).

Модель ИФАР с рупором представляет 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. Использовался следующий метод расчета  $R_{rad}$ : с применением обобщенной теоремы взаимности задача об отыскании ДН диполя сводится к задаче дифракции плоской волны на структуре без диполей. При этом определяется электрическое поле на поверхности структуры.

Из выражения, полученного для одиночного диполя, следует, что в пространство между параллельными стенками начального участка рупора излучается цилиндрическая волна с определенным множителем направленности (ДН одиночного диполя). Сопротивление излучения рассчитывается интегрированием ДН одиночного диполя по углу. Полученные таким образом формулы являются довольно громоздкими, поэтому с

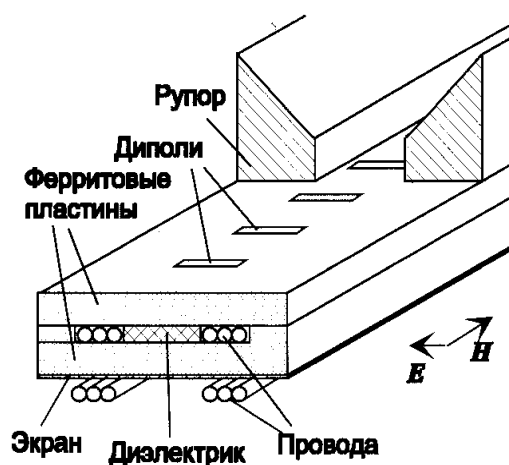


Рис. 1

целью более наглядного представления результатов были составлены компьютерные программы (на языке Matlab 5x) по вычислению ДН излучения одиночного диполя,  $R_{\text{rad}}$  и построению графиков зависимостей  $R_{\text{rad}}$  от различных параметров.

Результаты. Расчеты проведены для типичной ФДФ - структуры в полосе частот 32-36 ГГц и результаты сравниваются с данными для ИФАР без рупора [2]. Рассмотрим зависимость  $R_{\text{rad}}$  от частоты при разной намагниченности феррита (рис.2). Параметр  $m$

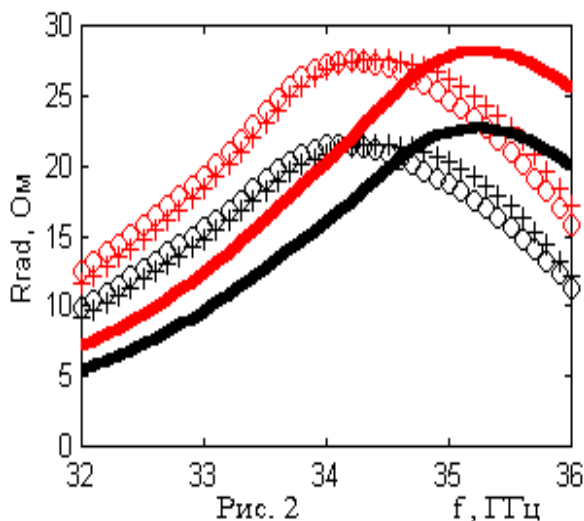


Рис. 2

равен отношению технической намагниченности феррита к намагниченности насыщения. Сопротивление излучения диполей в ИФАР  $R_{\text{rad}}$  максимально вблизи некоторой частоты  $f_{\text{кр}}$ , на которой поля падающей на структуру плоской волны и волны, отраженной от металлизированной границы структуры, складываются на ее поверхности синфазно, при этом ширина ДН направленности наибольшая. По виду зависимости  $R_{\text{rad}}(f)$  для ИФАР с рупором и без него аналогичны, отличие в том что  $R_{\text{rad}}$  для ИФАР с рупором на 20-30% меньше для ИФАР без рупора. Вид зависимостей сопротивления излучения от намагниченности при различных значениях частоты (рис.3) также не отличается от аналогичных для ИФАР без рупора. Для размагниченного феррита при  $f < f_{\text{кр}}$   $R_{\text{rad}}$  максимально, а для  $f > f_{\text{кр}}$  минимально. На частоте  $f \approx 34.5$  ГГц  $R_{\text{rad}}$  изменяется менее всего - для ИФАР без рупора на 10%, для ИФАР с рупором на 20%. При изменении частоты  $R_{\text{rad}}$  изменяется на 30-80%.

Обозначения на графиках: ooo -  $m=0$ , +++ -  $m=0.2$ , --- -  $m=0.6$  - для зависимости  $R_{\text{rad}}$  от частоты  $f$ ; ooo -  $f=32$  ГГц, +++ -  $f=34$  ГГц, --- -  $f=36$  ГГц - для зависимости  $R_{\text{rad}}$  от намагниченности  $m$ . Цвета: серый – антенна без рупора, черный – антенна с рупором.

**Заключение.** Наличие рупора приводит к уменьшению абсолютной величины  $R_{\text{rad}}$ . Форма ДН в случае ИФАР без рупора и ИФАР с рупором совпадают. Полученные характеристики согласуются с экспериментальными данными.

Излучение реальной антенны с рупором может быть описано с помощью представленной модели если: 1) расстояние между параллельными стенками начального участка рупора  $a < \lambda/2$ , так что в нем распространяющейся является только самая низшая мода Т-типа; 2) высота этого участка  $h$  достаточна для затухания всех высших мод (т.е. по крайней мере  $h > \lambda/2$ ); 3) отражение от горловины рупора пренебрежимо мало.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. 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.
2. Гуськов А.Б., Зайцев Э.Ф., Черепанов А.С. Излучение диполя, расположенного на продольно намагниченной феррит-диэлектрической структуре // Деп. в ВИНТИ, 2000, №349-B00.

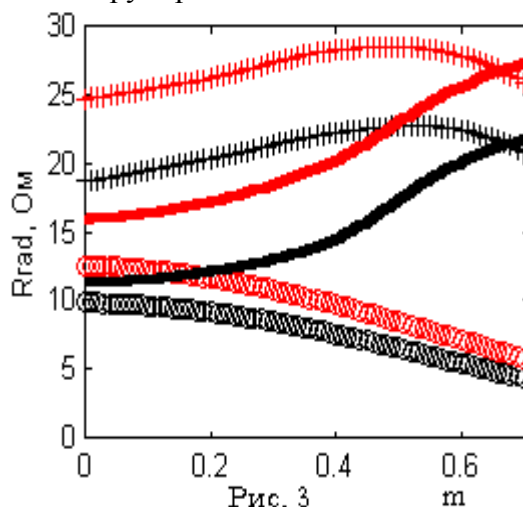


Рис. 3