

**С.В. Балландович, О.Т. Драк, Г.А. Костиков**

ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

## **Разработка широкополосной ФАР на основе модифицированных излучателей Вивальди**

*Представлены результаты исследования характеристик ФАР, построенной на основе излучателя Вивальди с закорачивающими элементами. Исследованы зависимости уровня согласования в диапазоне частот при изменении геометрии элемента. Проведено компьютерное моделирование ФАР конечного размера, представлены и обсуждаются динамические характеристики.*

**Ключевые слова:** широкополосные ФАР, излучатель Вивальди, полевые характеристики, импедансные характеристики

В последнее время в литературе наблюдается интерес к широкополосным ФАР [1,2]. Особенно следует отметить статью [3] в которой предложен элемент на основе излучателя Вивальди с закорачивающими шлейфами. В статье показано, что применение шлейфов позволяет расширить диапазон рабочих частот элемента Вивальди в составе бесконечной ФАР. Однако, в известной авторам литературе исследованию решеток конечного размера на основе излучателей Вивальди, работающих в более чем октавной полосе частот уделяется недостаточно внимания. В частности не затрагиваются вопросы исследования уровня согласования элементов решетки в режиме сканирования и соотношение этих характеристик с бесконечными моделями ФАР. Это не позволяет проводить оценку характеристик радиосистем различного назначения и заметно усложняет проектирование ФАР. Целью представленной работы является исследование ФАР конечного размера, построенной на основе излучателей Вивальди с закорачивающими шлейфами и количественная оценка характеристик.

Одиночный элемент ФАР с шагом  $F$  представляет собой излучатель Вивальди, шириной  $D_x$  (рис.1), к каждому плечу которого подведен шлейф, используемый для оптимизации рабочей полосы частот. Питание подведено к одной из ножек, другая закорочена на «землю». В работе рассматриваются два типа элементов выполненные на симметричной (2мм) и несимметричной (1мм) подложке.

В статье [3] приводятся результаты влияния расположения шлейфов на рабочую полосу частот и показано, что наиболее выгодное расположение - ассиметричное. При изменении ширины излучателя имеется оптимальное значение  $D_x$ , при котором наблюдается максимальное значение ширины рабочей полосы. Для элемента шириной 17мм рабочий диапазон частот по уровню -10дБ составляет 2,3:1 (рис.2 пунктир).

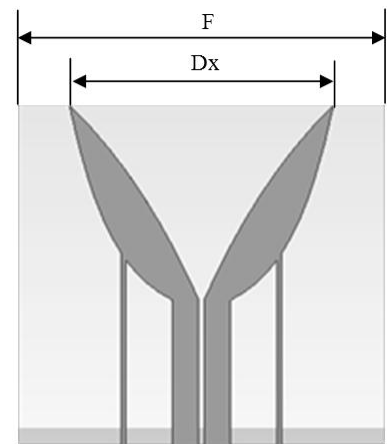


Рис.1

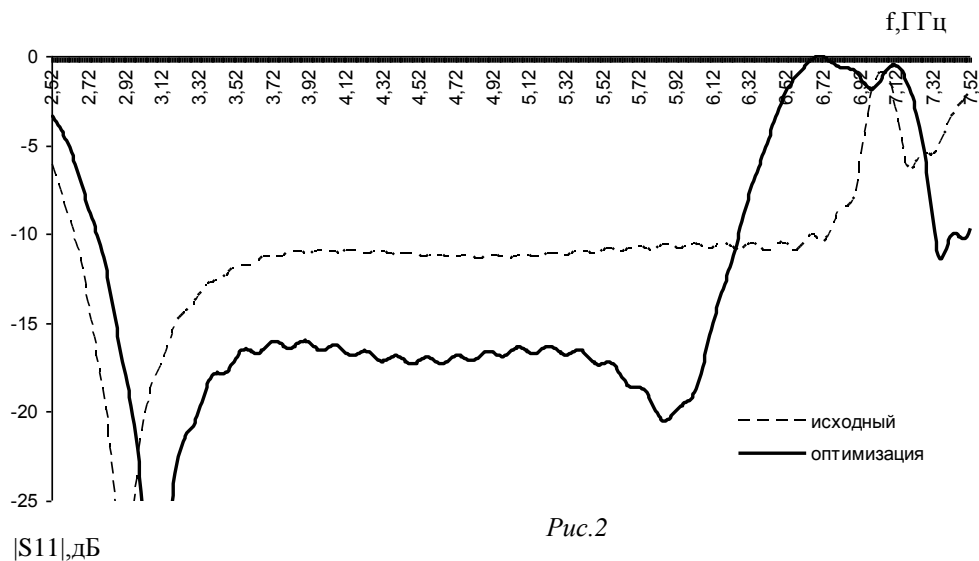


Рис.2

Исследования БЭ в ячейке Флоке при сканировании показали, что указанный уровень не превышает. В ходе исследований влияния шага решетки на рабочую полосу было показано, что исключается возможность увеличения раскрыва антенны за счет большего шага, так как зависимость ширины полосы рабочих частот от  $F$  – монотонно убывающая в анализируемых пределах значений  $F$ .

На основе элементов с симметричной подложкой была построена электродинамическая модель ФАР, состоящая из  $6 \times 10$  элементов и выполнен ее анализ методом конечного интегрирования (МКИ). Частотные зависимости уровня согласования конечной ФАР приводятся на рис.3а., параметром является номер элемента.

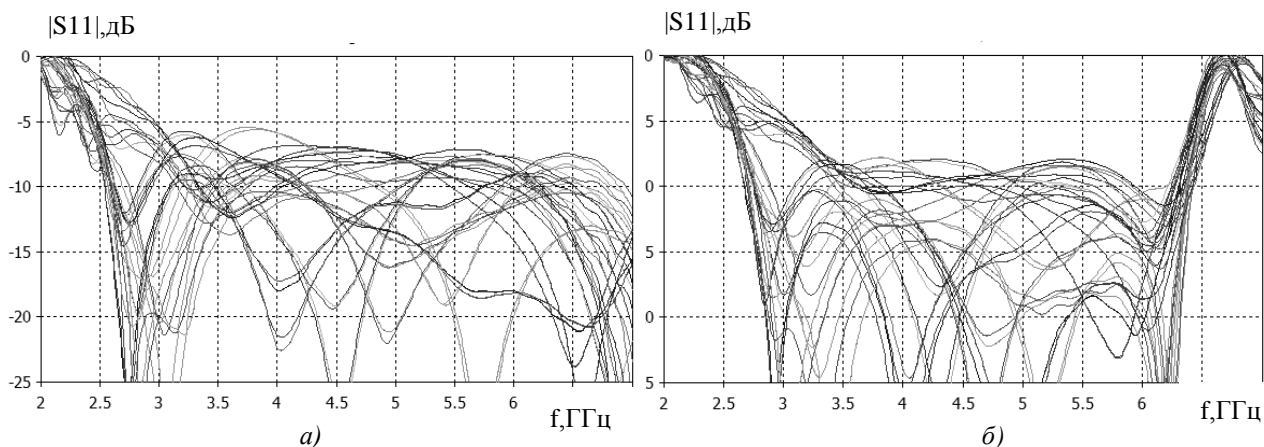


Рис.3

Из приведенных зависимостей видно, что уровень согласования в требуемой полосе рабочих частот у решетки конечного размера оказался выше -10 дБ и в худших точках достигает значений -5...-6 дБ. Такой уровень согласования может привести к заметному снижению КУ и предъявляет более существенные требования к диаграмма-образующей схеме ФАР. В связи с этим была изменена целевая функция при оптимизации характеристик элемента в составе ячейки Флоке (рис.2).

В результате был получен элемент, обладающий полосой 2,13:1, определяемой по уровню согласования -16дБ, на его основе построена решетка (рис.4). Зависимости уровня согласования элементов решетки после оптимизации одиночного элемента приведены на рис.2б. На рисунке решетки видны металлические стенки, такие пассивные элементы были введены с целью сужения главного лепестка при сканировании в Е-плоскости и улучшения импедансных характеристик.

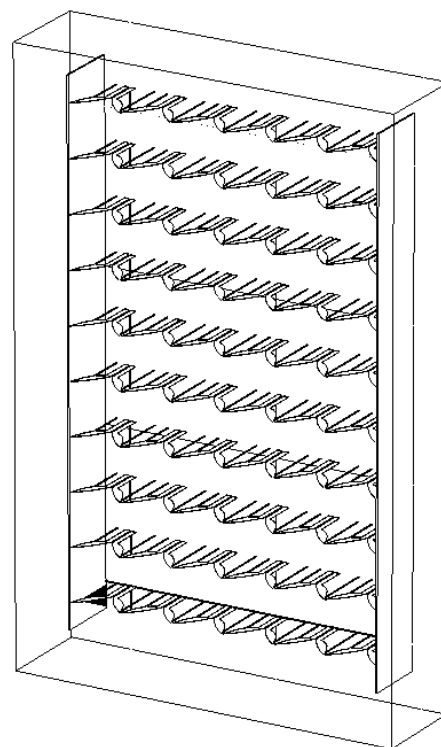


Рис.4

Вследствие краевого эффекта согласование элементов в составе конечной решетки оказалось хуже, чем в идеализированной бесконечной, но все таки после оптимизации геометрии БЭ удалось достичь более хорошего уровня согласования на уровне -10 дБ. Тем не менее примерно у 3-5 % излучателей на некоторых частотах коэффициент отражения элемента повышается до уровня -7дБ.

На рис.5 представлены ДН решетки в синфазном режиме. На частоте 5 ГГц КНД 18.5дБ, в Е плоскости ШГЛ 27°, УБЛ -16.9 , в Н плоскости ШГЛ 17.3°, УБЛ -13.1 дБ.

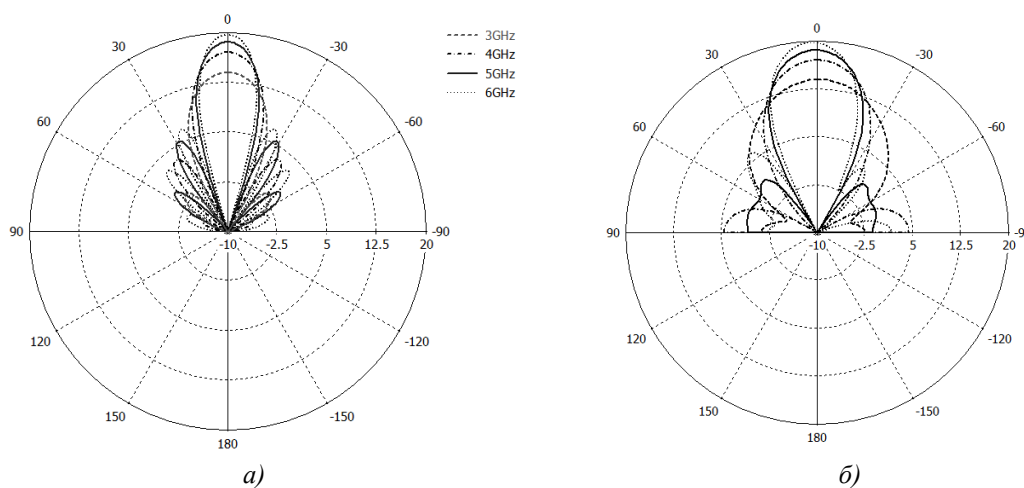


Рис.5

Далее представлены результаты исследования динамических характеристик. На рис.6 приводятся ДН конечной решетки при углах сканирования 10° и 30° в Н-плоскости на частотах 3-6ГГц

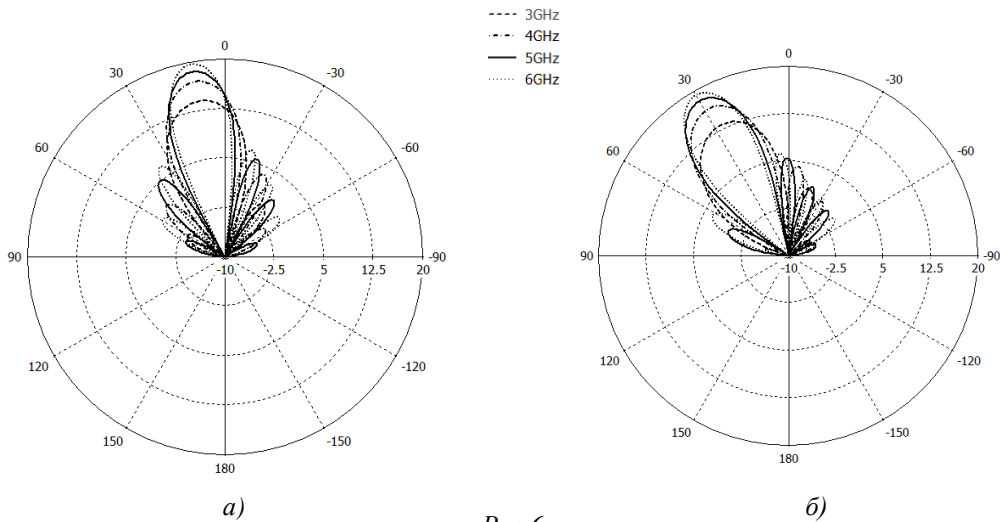


Рис.6

На рис.7 а и б представлены частотные зависимости КНД при сканировании в Н- и Е-плоскостях соответственно. Параметром на графиках является угол отклонения луча в градусах. При отклонении на  $40^\circ$  наблюдается снижение уровня КНД не более чем на -2дБ относительно синфазного режима.

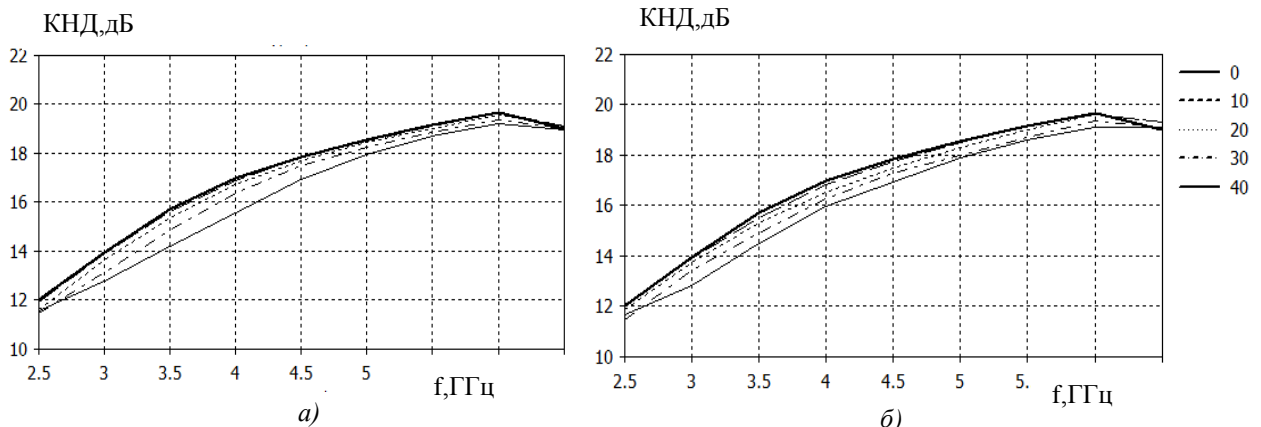


Рис.7

На рис.8 а,б приведены частотные зависимости уровня согласования для конечной решетки при угле сканирования  $10^\circ$  и  $30^\circ$  соответственно. Отклонение луча производится в Н-плоскости. Дальнейшее увеличение угла сканирования приводит к более заметному падению уровня согласования на элементах ФАР.

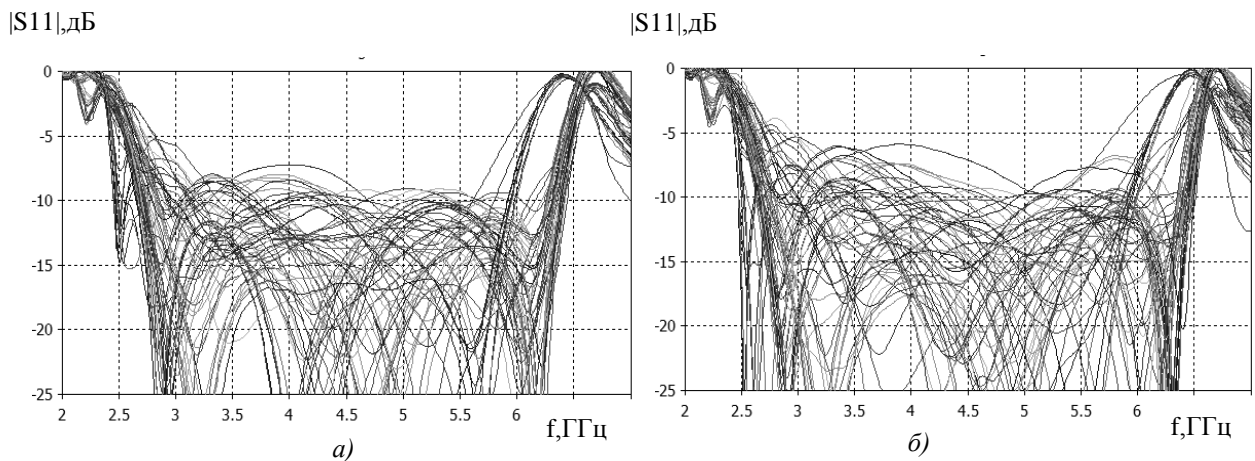


Рис.8

В докладе так же представлены и обсуждаются динамические полевые и импедансные характеристики ФАР в Е-плоскости.

В результате проведенных исследований показано, что краевые эффекты, возникающие в конечных ФАР, приводят к заметному ухудшению уровня согласования по сравнению с элементами, расположенными в идеализированной бесконечной ФАР. Даже в синфазном режиме согласование на некоторых элементах ФАР может достигать значений -6..-8дБ. В работе выполнено проектирование ФАР конечного размера с уровнем согласования элементов около -10дБ (рис.2б), представлены ее характеристики для различных углов сканирования в Е и Н плоскостях.

#### Библиографический список

1. T. Chioa nd D. Schaubert. Parameter study and design of wide-band widescan dual-polarized tapered slot antenna arrays. IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 48, no. 6 ,pp. 879–886, Jun. 2000.
2. N. Schuneman, J. Irion, and R. Hodges. Decade bandwidth tapered notch antenna array element. Antenna Applications Symp., Allerton Park, Monticello, IL, Sep. 2001.
3. Steven S. Holland , Marinos N. Vouvakis Banyan tree antenna array. Antennas and Propagation vol.59 NO 11 November 2011 pp 4060-4070.