

УДК 621.396.677.31

Исследование фазированных антенных решеток с модульным построением и круглым раскрывом

Некрасов Е.Г.

*Студент,
кафедра «Радиоэлектронные системы и устройства»
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия*

*Научный руководитель: Русов Ю.С.,
нач. сект. 2.1 НИИ РЭТ, старший преподаватель кафедры «Радиоэлектронные системы
и устройства» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия*

МГТУ им. Н.Э. Баумана
nekrasov.e.g@gmail.com

Введение. В настоящее время активные фазированные антенные решетки (ФАР) являются перспективным и развивающимся типом антенн для радиотехнических систем различного назначения. Такие антенные системы включают в себя приемопередающие модули, которые могут содержать несколько независимых каналов [1, 2, 3]. При модульном построении фазированной антенной решетки каждый модуль, содержащий несколько излучателей, является нагрузкой одного приемопередающего канала. Синфазное возбуждение излучателей, принадлежащих одному модулю, является одной из особенностей таких антенных систем. В связи с этим представляет практический интерес исследование характеристик фазированных антенных решеток с таким построением.

Исследование характеристик модульной ФАР. Характеристики модульной ФАР исследованы на примере антенной решетки с гексагональной сеткой расположения модулей и круглым раскрывом. Рассмотрена ФАР, содержащая квадратные модули излучающих элементов, структура расположения которых в раскрыве антенной решетки

показана на рисунке 1. Критерий принадлежности модуля антенной решетке – это нахождение не менее половины элементов модуля внутри границы антенной решетки. Исследована антенная решетка с достаточно большим шагом расположения излучающих элементов, равным $0,68\lambda$, где λ – длина волны в свободном пространстве.

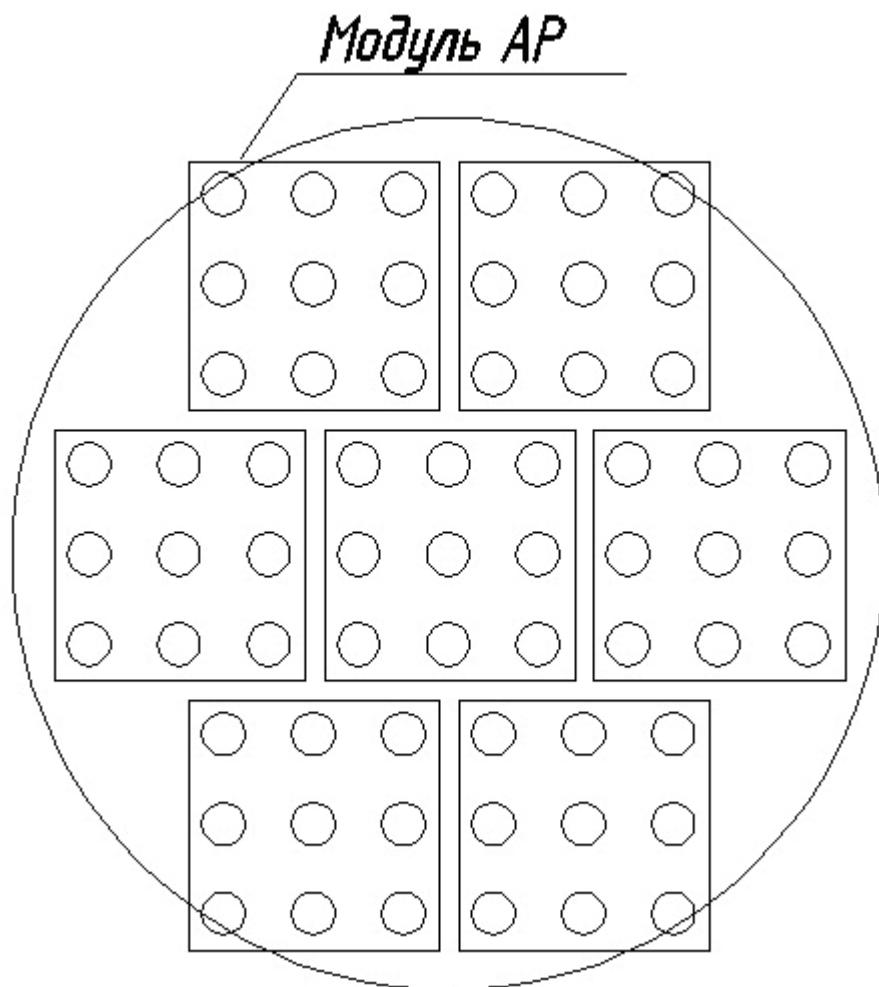


Рис.1. Структура раскрыва модульной антенной решетки

В пределах одного модуля антенной решетки излучающие элементы возбуждаются синфазно. Эта особенность модульных ФАР является причиной влияния размеров модуля на следующие характеристики антенны: максимальный угол отклонения луча $\theta_{\text{отк макс}}$, уровень боковых лепестков диаграммы направленности (УБЛ), коэффициент направленного действия антенны D . Исследование характеристик модульной ФАР проведено на примере антенной решетки из изотропных излучателей. За критерий определения максимального угла отклонения луча принято ограничение максимального уровня боковых лепестков диаграммы направленности модульной ФАР величиной, не превышающей -15 дБ.

На рисунке 2 приведены диаграммы направленности модульной ФАР из 171 элемента и ФАР того же размера с поэлементным фазированием, рассчитанные при равномерном амплитудном распределении поля в раскрыве. Здесь 1 – диаграмма направленности антенной решетки при синфазном возбуждении, 2 – диаграмма направленности ФАР при поэлементном фазировании и отклоненном луче, 3 – диаграмма направленности модульной ФАР при отклоненном луче.

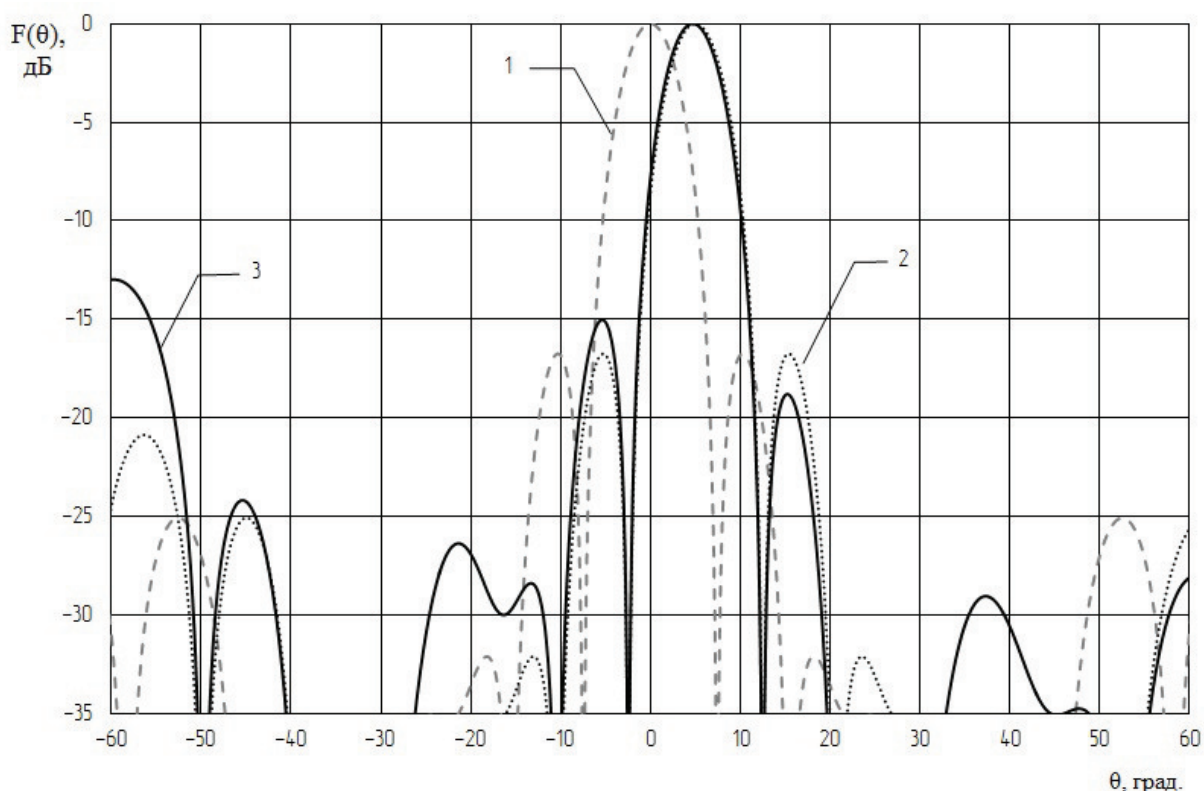


Рис. 2. Сопоставление диаграмм направленности ФАР при модульном и поэлементном фазировании

На рисунке 3 приведены зависимости уровня боковых лепестков (УБЛ) диаграммы направленности модульной ФАР от угла отклонения луча в горизонтальной плоскости, рассчитанные при равномерном амплитудном распределении поля в раскрыве антенной решетки. На рисунке 4 проиллюстрировано изменение коэффициента направленного действия модульной ФАР в направлении максимума главного лепестка ее диаграммы направленности в зависимости от угла отклонения луча. На рисунках 3 и 4 кривые 1 соответствуют четырем излучателям в квадратном модуле ФАР, кривые 2 соответствуют девяти излучателям в квадратном модуле, кривые 3 соответствуют шестнадцати излучателям в модуле, а кривые 4 рассчитаны при двадцати пяти излучателях в каждом квадратном модуле ФАР. Наблюдается возрастание уровня боковых лепестков диаграммы направленности модульной ФАР и снижение ее коэффициента направленного действия с

увеличением как угла отклонения луча, так и количества синфазно возбуждаемых излучателей в каждом линейном модуле. При квадратном модуле из 4 элементов УБЛ возрастает довольно медленно по сравнению с уменьшением коэффициента направленного действия, поэтому в качестве дополнительного критерия определения максимального угла отклонения выступает снижение коэффициента направленного действия на 1 дБ.

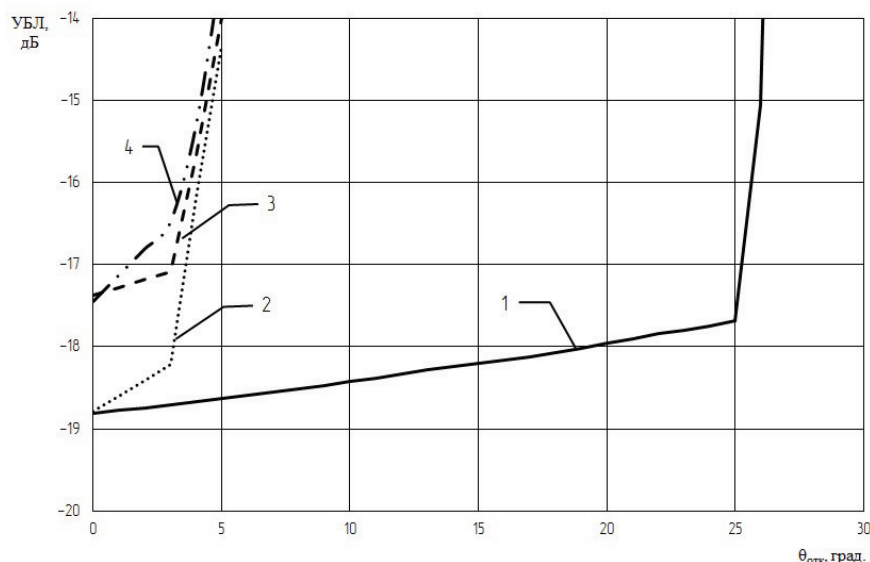


Рис. 3. Зависимость УБЛ диаграммы направленности модульной ФАР от угла отклонения луча

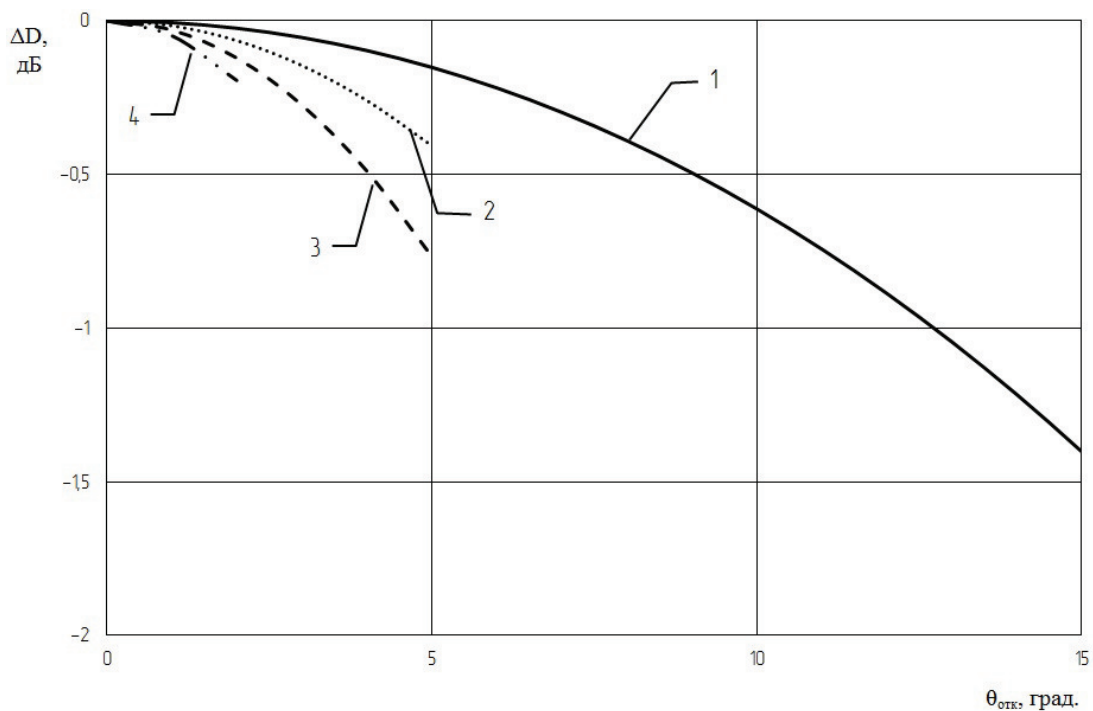


Рис. 4. Зависимость коэффициента направленного действия модульной ФАР от угла отклонения луча

При фиксированном размере модуля ФАР уменьшение размера раскрыва антенной решетки ведет к некоторому возрастанию УБЛ ее диаграммы направленности при одном и том же угле отклонения луча. На рисунке 5 приведены зависимости максимального угла отклонения луча $\theta_{\text{откл макс}}$ от относительного размера модуля – отношения размера модуля к размеру раскрыва антенной решетки, рассчитанные при девяти излучателях в каждом модуле. Здесь кривая 1 рассчитана при равномерном амплитудном распределении поля в раскрыве ФАР, а кривые 2 и 3 рассчитаны при спадающем амплитудном распределении поля с уровнем на краю раскрыва антенны относительно центра 0,3 и 0,2 соответственно. Увеличение относительного размера модуля приводит к снижению максимального угла отклонения луча модульной ФАР.

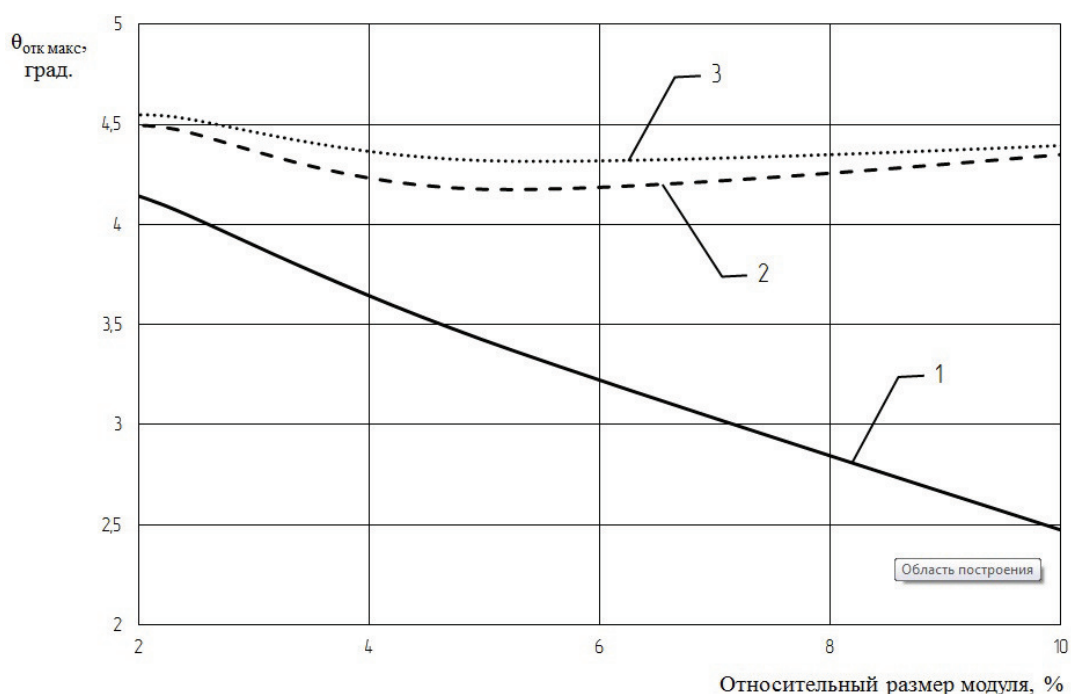


Рис. 5. Зависимость коэффициента направленного действия модульной ФАР от угла отклонения луча

В результате проведенных исследований получены диаграммы направленности модульной ФАР при различных размерах синфазно возбуждаемых модулей и различных углах отклонения луча. Рассчитаны зависимости уровня боковых лепестков диаграммы направленности и коэффициента направленного действия модульной ФАР от угла отклонения луча и размера модуля. Полученные результаты позволяют определить ограничения возможностей электрического сканирования луча при модульном построении ФАР.

Список литературы

1. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток / Под ред. Д.И. Воскресенского. М.: Радиотехника, 2012. 744 с.
2. Гюнтер В.Я., Аржанов С.Н., Баров А.А. Приемопередающий модуль АФАР. Конструирование. Технология. Элементная база // Фазотрон. 2006. № 1-2(4). С. 32-36.
3. Семенов Э.А., Посадский В.Н., Бутерин А.В. Задачи и некоторые результаты разработок субблока приемопередающих модулей АФАР бортовых РЛС // Фазотрон. 2006. № 1-2(4). С. 36-39.