

Широкополосная антенная решетка КВ диапазона

М.В. Головачев, А.В. Кочетов, О.С. Миронов

ОАО «НПП «Радар ммс», Санкт-Петербург, ул. Новосельковская д. 37, radar@radar-mms.com

Рассмотрен новый вариант построения активных фазированных антенных решеток КВ диапазона. Рассмотрен метод анализа сверхширокополосных антенных решеток в частотной области.

The new method of construction of short-wave phase arrays is considered. The new method of frequency analysis of ultra wideband antenna arrays is suggested.

Конструирование активных фазированных антенных решеток (АФАР), предназначенных для излучения мощных электромагнитных сигналов в рабочем диапазоне частот 2-20 МГц, наталкивается на определенные трудности, связанные с исключительно широким диапазоном частот перестройки рабочей частоты и высокой мощности излучения.

Фазированная антенная решетка, в том числе АФАР, являются в принципе относительно узкополосными устройствами, в которых формирование управляемого в пространстве луча производится путем сложения фаз возбуждения элементов АФАР в заданной точке наблюдения. Расстояние между элементами АФАР, как правило, выбирается равным половине длины волны излучаемого сигнала. При увеличении частоты излучаемого сигнала или увеличении расстояния между элементами АФАР появляются дополнительные дифракционные максимумы, снижается КНД антенной решетки, ухудшаются характеристики решетки при электрическом сканировании луча. Таким образом, целью данной статьи будет определение наилучшего расположения элементов в АФАР для достижения как можно меньших вторичных дифракционных максимумов в режиме сканирования в диапазоне углов $\pm 45^\circ$.

Не будем здесь рассматривать классический пример прямоугольной решетки, широко освещенный в литературе [1, 2]. Сразу перейдем к сравнению двух типов решеток – гексагональной и решетки, построенной из шести модифицированных треугольников Рело (рис. 1, 2).

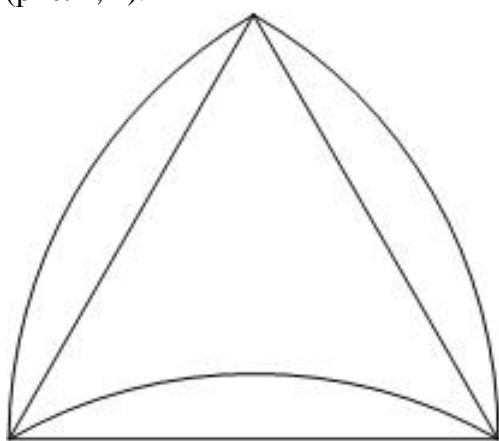


Рис. 1.



Рис. 2.

Анализ решеток проводился путем построения коэффициента передачи исследуемой решетки и участка свободного пространства. Для анализа использовалась система электродинамического моделирования Remcom XFDTD 6.0. (рис. 3) Если изобразить

электрическую схему, аналогичную данному эксперименту, то она будет выглядеть следующим образом (рис. 3)

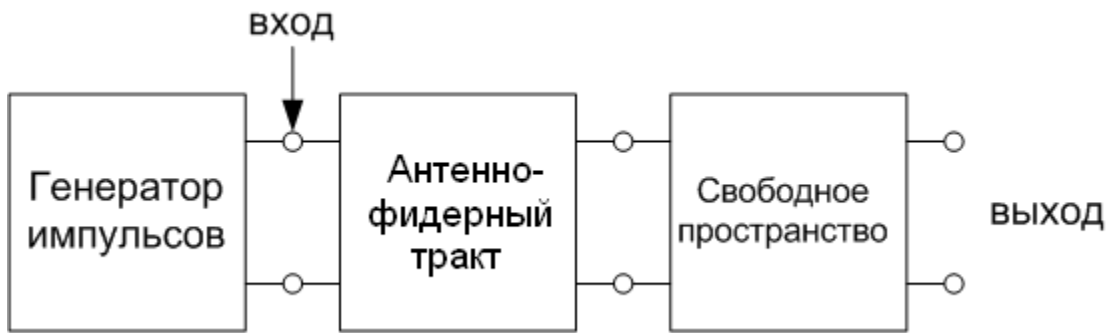


Рис. 3.

Генератор импульсов формирует гауссовские импульсы на входе антенно-фидерного тракта с коэффициентом передачи $\underline{K}_{АФ}(\theta, \omega)$, состоящего из идеальных линий передачи, идеальных делителей сигнала и собственно самой анализируемой антенной решеткой. Решетка излучает сигнал в свободное пространство с коэффициентом передачи $\underline{K}_{СП}(\omega)$, а в дальней зоне под разными углами мы наблюдаем импульсы электрического поля, которые и будут являться выходными сигналами системы.

Таким образом, согласно [3] спектр сигнала на выходе системы под каким-то углом θ будет равен $\underline{S}_{вых}(\theta, \omega) = \underline{S}_{вх}(\omega) \cdot \underline{K}_{АФ}(\theta, \omega) \cdot \underline{K}_{СП}(\omega) = \underline{S}_{вх}(\omega) \cdot \underline{K}_{\Sigma}(\theta, \omega)$, где $\underline{S}_{вх}(\omega)$ - спектр входного сигнала, а $\underline{K}_{\Sigma}(\theta, \omega)$ - искомый коэффициент передачи, который может быть найден путем деления спектра выходного сигнала под каждым углом на спектр входного сигнала.

Построим угло-частотную диаграмму направленности обеих решеток (рис. 4). Для получения точных значений частот необходимо производить умножение дискретных отсчетов частоты, указанной на рисунке на 0,38 МГц.

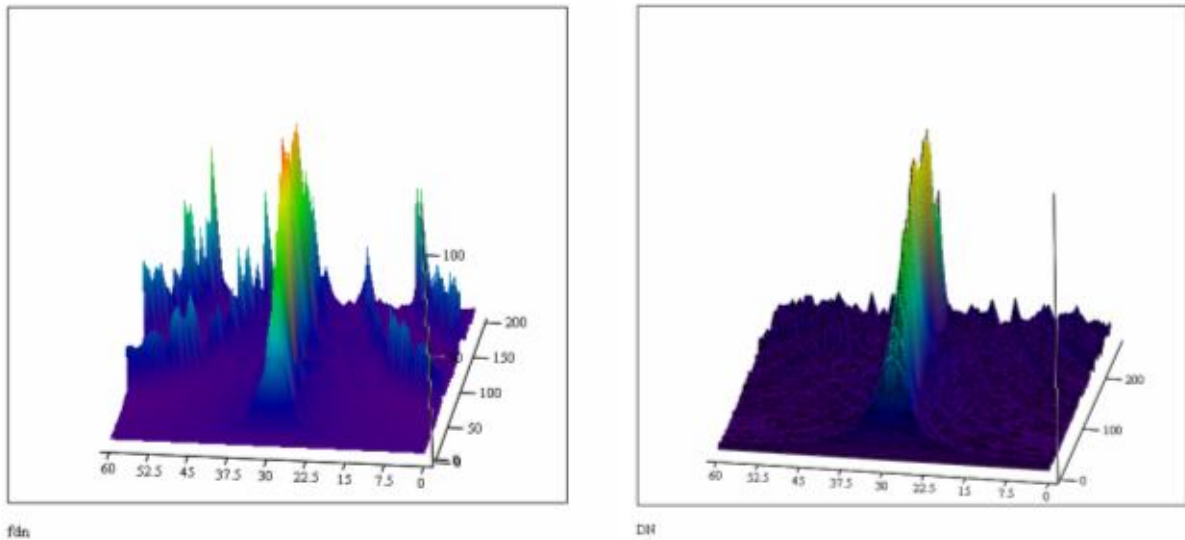


Рис. 4.

Из рисунков видно, что диаграмма направленности антенной решетки на основе модифицированного треугольника Рело оказывается гораздо более широкополосной – сохраняет относительно низкий уровень боковых лепестков и вторичных интерференционных максимумов в широком диапазоне частот. Это достигается за счет неэквидистантного расположения элементов в решетке рис. 2.

На рис. 5 представлены результаты моделирования для отклонения главного луча на 30 градусов.

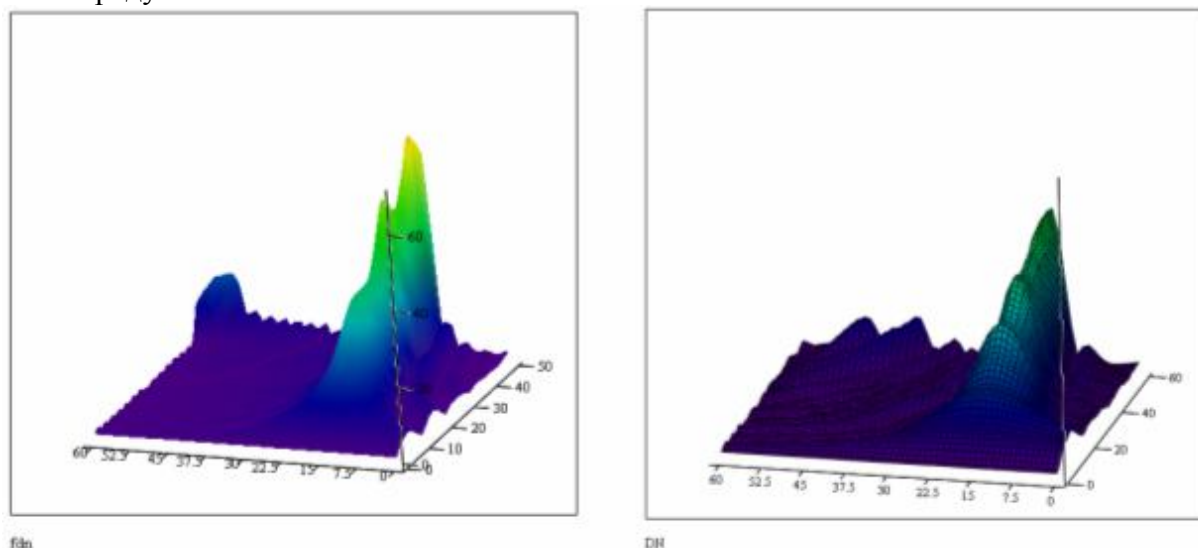


Рис. 5.

Отклонение луча в этом случае возможно для частот до 19 МГц для гексагональной структуры и до 23 МГц для решетки Рело. Видно, что вторичный интерференционный максимум у гексагональной решетки расположен несколько дальше от основного, однако значительно больше чем у решетки Рело.

На рис. 6 представлены результаты моделирования для отклонения на 45 градусов.

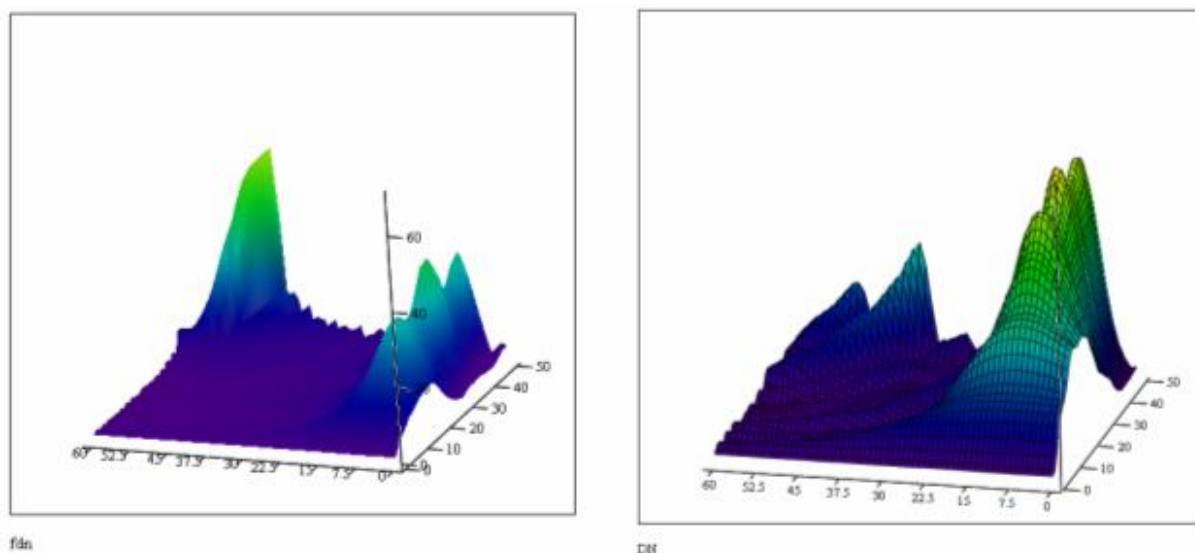


Рис. 6.

Здесь, решетки работают уже в критическом режиме и о рабочем диапазоне частот говорить сложно. Рис. 6 специально построен так, чтобы показать обе решетки в одном и том же частотном диапазоне. Здесь видно, что у гексагональной структуры в заданном частотном диапазоне вторичный максимум уже превышает главный, тогда как у решетки Рело, главный максимум все еще остается доминантным.

Таким образом, расположение элементов антенной решетки в узлах сетки на основе треугольника Рело позволяет добиться существенно увеличения полосы пропускания антенны в целом без появления вторичных дифракционных максимумов. Элементы ан-

тенной решетки равномерно заполняют круговую апертуру антенны и находятся на взаимно равноудаленном расстоянии друг от друга. Вместе с тем расположение элементов решетки в целом является не эквидистантным и этим объясняется ее широкополосность.

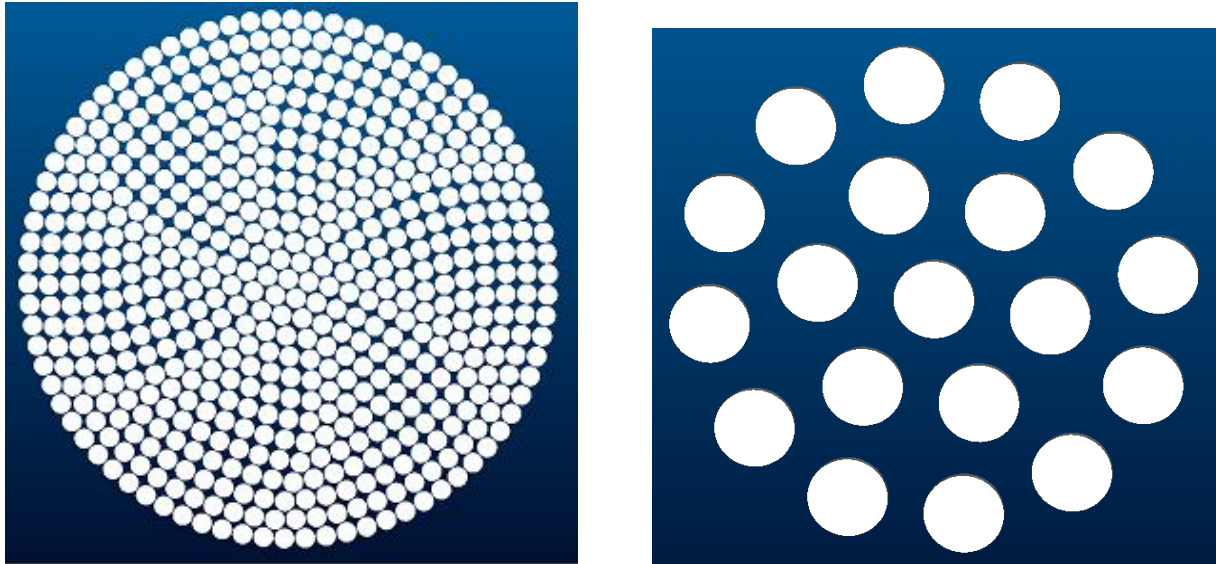


Рис. 7. Элементная и 19-элементная решетки на основе треугольника Рело

Литература

1. В.А. Сарычев и др. Расчет диаграммы направленности апертурной антенны, возбуждаемой сверхкороткими импульсными сигналами // Радиофизические методы в дистанционном зондировании сред, конспект лекций. Труды Четвертой Всероссийской Научной конференции «Радиофизические методы в дистанционном зондировании сред» Муром, 30 июня – 3 июля 2009 г. 61-73
2. Гринев А.Ю. (под. ред.) Вопросы подповерхностной радиолокации - М.: Радиотехника, 2005.
3. С.И. Баскаков Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов по специальности «Радиотехника». – 3-е изд., перераб и доп. – М.: Высшая школа 2000 г. 462 с.