

УДК 621.396.677.494

СИНТЕЗ ПЕЧАТНЫХ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК ПО ЗАДАННОЙ ДИАГРАММЕ НАПРАВЛЕННОСТИ

К. т. н. А. В. Садченко, О. А. Кушниренко, Ю. А. Савчук, Айман Захран

Одесский национальный политехнический университет

Украина, г. Одесса

anjand@mail.ru, kuuk@mail.ru

Разработан алгоритм поиска амплитудных и фазовых коэффициентов с целью синтеза плоских печатных фазированных антенных решеток по заданной диаграмме направленности с использованием преобразования Фурье.

Ключевые слова: диаграмма направленности, дискретное преобразование Фурье, фазированная антенная решетка, управляемые аттенюаторы, фазовращатели.

Интерес к моноблочным антенным решеткам в последние годы значительно возрос в связи с заметными успехами в области технологии изготовления «печатных» антенн, а также благодаря созданию новых высококачественных диэлектрических материалов. Не менее важным обстоятельством является простота их изготовления, поскольку печатная технология обеспечивает создание одновременно большого количества антенных элементов и всех линий фидерной сети в едином технологическом цикле. По своим технологическим характеристикам «печатные» антенные решетки уже могут конкурировать с параболическими антеннами. И хотя стоимость их еще недостаточно низкая, массовый выпуск подобных антенн сулит большие выгоды, поскольку применяемая для этого технология изготовления печатных плат обеспечивает не только высокую повторяемость параметров, но и существенное снижение стоимости при массовом выпуске. Использование печатных фазированных антенных решеток (ФАР) позволяет существенно уменьшить массогабаритные показатели всей конструкции.

Реализация заданной функции направленности антенн при сохранении высокого коэффициента направленного действия совместно с их миниатюризацией и технологичностью представляет довольно сложную проблему как в теоретическом, так и в практическом плане [1]. В тезисах доклада приводится методика синтеза печатных ФАР с дискретными элементами по заданной диаграмме направленности (ДН).

Структурная схема ФАР содержит набор постоянных калиброванных аттенюаторов, которые коммутируются при помощи многопозиционного переключателя [2].

Рассмотрим более подробно алгоритм синтеза решетки. Исходными данными является рабочая частота f , вид диаграммы (либо функции) направленности $F(\phi_i)$, точность формирования основного лепестка ДН $\Delta\phi$, допустимое СКО ϵ .

Шаг 1. Задаем число излучателей решетки $N = \text{int}(90^\circ / \Delta\phi)$.

Шаг 2. Вычисляем прямое дискретное преобразование Фурье $C_k = \text{DFFT}\{F(\phi_i)\}$.

Шаг 3. Находим амплитудные и фазовые коэффициенты $A_k = |C_k|$; $\Psi_k = \text{ang}(C_k)$.

Шаг 4. Квантуем полученные коэффициенты $A'_k = \text{quant}(A_k)$; $\Psi'_k = \text{quant}(\Psi_k)$.

Шаг 5. Находим модифицированные коэффициенты Фурье $C'_k = A'_k \exp(j\Psi'_k)$.

Шаг 6. Вычисляем обратное дискретное преобразование Фурье $F'(\phi_i) = \text{IFFT}\{C'_k\}$.

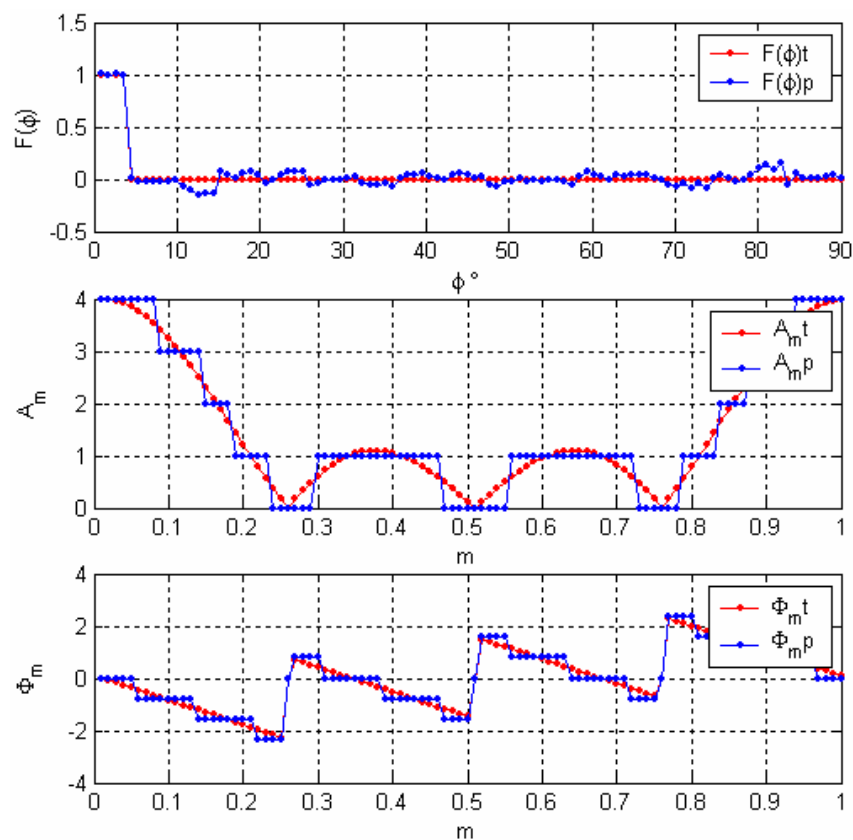
Шаг 7. Вычисляем СКО δ между $F(\phi_i)$ и $F'(\phi_i)$.

Шаг 8. Если $\delta \leq \epsilon$, то синтез окончен, иначе – повторяем синтез, увеличив число излучателей.

На рисунке приведены результаты синтеза однолепестковой ДН, заданной в виде формулы:

$$\begin{cases} F(\phi_i) = 1 & \text{при } \phi = \overline{0, 4^\circ} \\ F(\phi_i) = 0 & \text{при } \phi = \overline{4^\circ, 90^\circ} \end{cases}$$

В данном примере амплитудные коэффициенты масштабировались до целых чисел, а фазовые квантовались с шагом 45° .



Пример синтеза диаграммы направленности

Результаты, приведенные на рисунке, показывают хорошее приближение практической ДН $F(\phi)_p$ и теоретической ДН — $F(\phi)_t$.

Таким образом, предложена простая методика синтеза высокотехнологичных печатных ФАР, которая позволяет обеспечить их внедрение в малогабаритных приемо-передающих устройствах.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Зелкин Е. Г., Соколов В. Г. Методы синтеза антенн: Фазированные антенные решетки и антенны с непрерывным раскрытием. — Москва: Советское радио, 1980.
2. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток: учеб. для вузов по спец. «Радиотехника» / Под ред. Д. И Воскресенского. — Москва: Радио и связь, 2012.

A. V. Sadchenko, O. A. Kushnirenko, Y. A. Savchuk, Ayman Zahran
Synthesis of printed phased array antennas using a given directional pattern.

The paper presents an algorithm for search of amplitude and phase coefficients in order to synthesize planar printed phased array antennas with a predetermined directional pattern by using the Fourier transform.

Keywords: *directional diagram, discrete Fourier transform, phased array antenna, controlled attenuator, phase shifter.*