

## КАЛИБРОВКА МНОГОЛУЧЕВЫХ АНТЕННЫХ УСТРОЙСТВ СИСТЕМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Ксендигов В.С.

Корневский С.А. – к.т.н., доцент

В настоящее время в системах телекоммуникаций все более широкое применение находят многолучевые антенные устройства, позволяющие динамически оптимизировать обслуживаемую зону покрытия путем формирования диаграммы направленности адаптивной плотности для территориально распределенных абонентов и формирования нулей диаграммы направленности в направлениях источников помех.

Цифровая антенная решетка – это антенная система, представляющая собой совокупность аналого-цифровых каналов с общим фазовым центром, в которой диаграмма направленности формируется в цифровом виде, без фазовращателей. Теоретические основы такого подхода к построению антенн были заложены еще в 60–70-е годы прошлого века. Но лишь теперь, с развитием микропроцессорной техники, стало возможным практически реализовать накопленный научный задел.

Ключевая особенность ЦАР – цифровое формирование лучей диаграммы направленности антенны. В задачах связи это позволяет динамически оптимизировать обслуживаемую зону покрытия, оперативно перенацеливая цифровые приемопередающие лучи в зависимости от территориального распределения абонентов[1].

Технология ЦДО существенно улучшает качество связи в условиях многолучевого распространения радиоволн, а также резко повышает помехозащищенность системы при интенсивном радиопротиводействии. Это объясняется тем, что характеристики цифровых фильтров в антенных каналах практически идентичны[2].

Один из методов калибровки многолучевых антенных решеток «PN Gating Method», что в переводе означает «Селекция по шумоподобному сигналу». Данный метод подходит для решеток как плоских, так и линейных. Для плоской антенной решетки, у которой  $M$  – массивов излучателей и  $N$  – излучателей в массиве диаграмма направленности можно записать следующим образом:

$$E(\theta, \varphi) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} x_{mn} \cdot G(\theta, \varphi) \cdot e^{-jk \sin(\varphi) \left[ n - \frac{N-1}{2} \right] d_x} \cdot e^{-jk \sin(\theta) \left[ m - \frac{M-1}{2} \right] d_y},$$

где  $G(\theta, \varphi)$  – диаграмма направленности элемента решетки (в случае изотропных источников равна единице);

$k$  – волновое число;

$d_x, d_y$  – расстояния между элементами по осям  $x$  и  $y$ ;

$x_{mn} = a_{mn} e^{j\varphi_{mn}}$  – коэффициент, показывающий фазовый набег и коэффициент усиления в элементе.

Процедура калибровки антенны приводит к установлению необходимых фазовых набегов в фазовращателях и необходимых коэффициентов усиления.

Метод приведенный выше помогает избежать очень трудоемких по времени и средствам измерений диаграммы направленности антенны посредством зондирования пространства вокруг нее. Метод предполагает присваивание каждому излучателю своего индивидуального кода. Все коды между собой ортогональны. В данном методе используется код Уолша, при составлении которого используется матрица Адамара. Код Уолша был выбран потому, что Матрица Адамара, из которой он построен, формируется рекурсивно, на основе матриц более низкого порядка, что удобно, также такая матрица симметрична относительно основной диагонали. Каждой строке матрицы будет соответствовать один элемент антенной решетки. При умножении кодового слова на несущую, последняя получит сдвиг фазы на  $\pm 90^\circ$  в зависимости от знака. Число разрядов кода должно быть больше либо равно числу излучателей в решетке, будь то линейная или плоская решетка. В результате модуляции несущей кодом и суммировании канальных сигналов от всех элементов в итоге будет сформирован композитный сигнал решетки.

Список использованных источников:

1. Слюсар В. SMART-АНТЕННЫ. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2004, №2, с. 62–65.
2. Слюсар В. Цифровое формирование луча в системах связи: будущее рождается сегодня. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2001, № 1, с. 6–12.