

Антенная решётка круговой поляризации на основе конических спиральных излучателей

Л. М. Любина¹, Д. С. Петрушов², Г. А. Костиков³
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
invers93@gmail.com¹, petrushovds@yandex.ru², gakostikov@gmail.com³

Аннотация. The circular polarization antenna array based on conical helix radiators is studied. The development stages and obtained characteristics of both the radiator and the antenna array are presented. Mutual coupling between the elements, as well as the dynamic dependence of the VSWR at the input of each array element are investigated. The axial ratio, radiation patterns, gain and other characteristics of the array in the range of scanning angle discusses in detail.

Ключевые слова: antenna array; circular polarization; helix antenna.

I. ВВЕДЕНИЕ

Широкополосные фазированные антенные решетки находят применение в радиотехнических системах различного назначения. В том числе они являются востребованными для приема сигналов спутниковых навигационных систем GPS/ГЛОНАСС ввиду большого разброса диапазонов рабочих частот в них. Применение антенных решеток в таких система является актуальной задачей, позволяющей улучшить электрические характеристики и повысить их устойчивость к системам РЭБ [1].

Основное внимание в литературе сосредоточено на антенных решетках, реализованных на основе печатных элементов, для которых возникают трудности в реализации работы в широком диапазоне частот с хорошими поляризационными характеристиками. Целью работы является исследование и проектирование электродинамического раскрыва широкополосной антенной решетки круговой поляризации, построенной на базе конического спирального излучателя.

В работе проведено электродинамическое моделирование основных характеристик антенной решетки, и разработана конструкция излучателя. Расчетные характеристики подтверждаются результатами экспериментального анализа. На основе разработанного элемента построена электродинамическая модель семиэлементной антенной решетки и исследованы ее динамические характеристики.

II. РАЗРАБОТКА СПИРАЛЬНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ

Анализ литературы [2] и электродинамическое моделирование различных вариантов исполнения антенн круговой поляризации продемонстрировали преимущество двухзаходной конической спиральной антенны. Она

является хорошим компромиссом между конструктивным и электрическими характеристиками, сохраняющимися в широкой полосе рабочих частот.

В зависимости от геометрии спиральной антенны (количество витков, шаг спирали, ширина проводника, угол раствора конуса) сопротивление находится в диапазоне 120–150 Ом. Для согласования спирали с волновым сопротивлением питающей линии (50 Ом) применяется плавный микрополосковый трансформатор. Особенностью конструкции является использование печатной платы трансформатора в качестве основы для витков спирали.

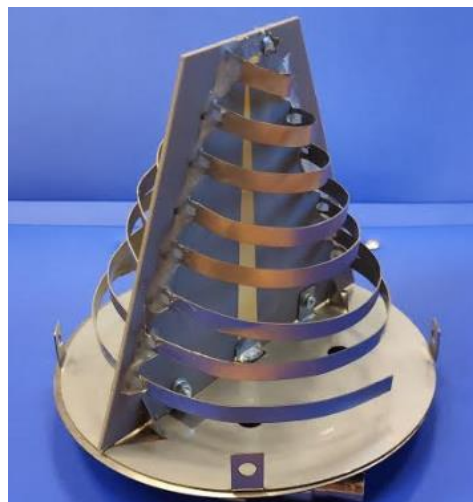


Рис. 1. Макет излучателя

Отверстия для крепления витков спирали изготавливаются в едином технологическом процессе с фрезеровкой контуров печатной платы. Витки спирали с фиксирующими элементами, задающими конический профиль, изготовлены по технологии лазерной резки. Печатная плата с трансформатором и спиральным излучателем размещается над рефлектором (рис. 1). В отличие от планарных спиралей наличие рефлектора не приводит к заметному ухудшению характеристик спирали в диапазоне рабочих частот

В результате электродинамического моделирования (ЭДМ) разработан излучатель, на входе которого модуль коэффициента отражения в октавной полосе частот не превосходит -10 дБ, коэффициент эллиптичности в полосе

частот находится на уровне 1 дБ. Коэффициент усиления слабо зависит от частоты и принимает значения около 7,5 дБ.

III. ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО РАСКРЫВА ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

Следующим этапом исследования стало создание математической модели АР на основе разработанного спирального излучателя. За основу решетки принята гексагональная структура – шесть излучателей в вершинах шестигранника и один в центре (рис. 2).

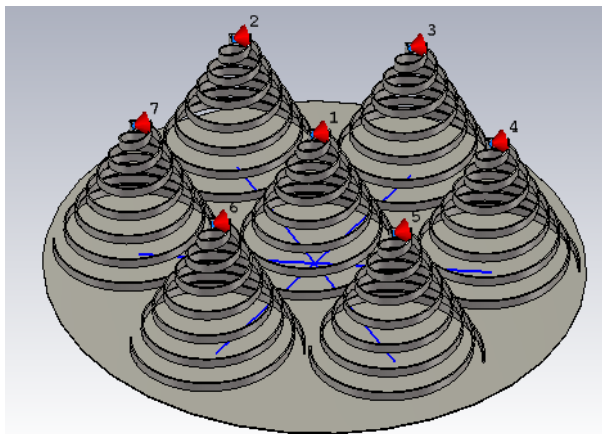


Рис. 2. Семиэлементная антенная решетка

При осевом излучении антенная решетка обладает следующими характеристиками: коэффициент усиления на частоте 1.2 ГГц достигает 14.7 дБ; ширина основного лепестка по уровню половинной мощности составляет 36°; уровень боковых лепестков не превышает -15 дБ.

Большой интерес вызывает зависимость коэффициента передачи и коэффициента эллиптичности от расстояния между центрами излучателей, так как от этого напрямую зависят характеристики всей системы.

По итогам ЭДМ установлено, что в октавном диапазоне рабочих частот коэффициент передачи изменяется от -26 дБ до -37 дБ при изменении осевого расстояния от 140 до 200 мм, а коэффициент эллиптичности не превышает -4 дБ. Влияние геометрии на характеристики антенной решетки подробно обсуждаются в докладе. Для геометрии, в которой расстояние между элементами составляет 140 мм (рис. 2), проведено исследование динамических характеристик при сканировании в азимутальной и угломестной плоскостях.

На рис. 3. приводится зависимость коэффициента усиления в диапазоне частот для различных углов сканирования в угломестной плоскости. На частоте около 1.2 ГГц разница в КУ в секторе углов сканирования не превосходит 1.5 дБ. С ростом частоты наблюдается заметное снижение КУ вследствие более заметного влияния диаграммы направленности одиночного элемента решетки.

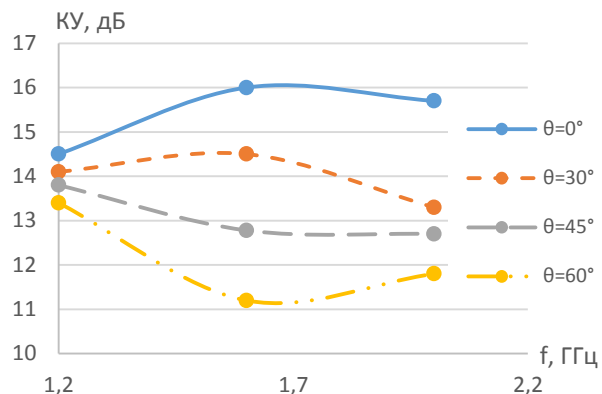


Рис. 3. КУ при угломестном сканировании

При проявлении эффектов взаимного влияния между излучателями в составе ФАР могут происходить заметные изменения согласования на входах элементов решетки и возникать углы ослепления.

На рис. 4 приводится зависимость модуля коэффициента отражения на каждом элементе ФАР при угле сканирования $\theta=30^\circ$, жирным отмечена зависимость согласования на входе одиночного элемента, находящегося в свободном пространстве. Подписи на графике соответствуют номеру излучателя в составе решетки (рис. 2).

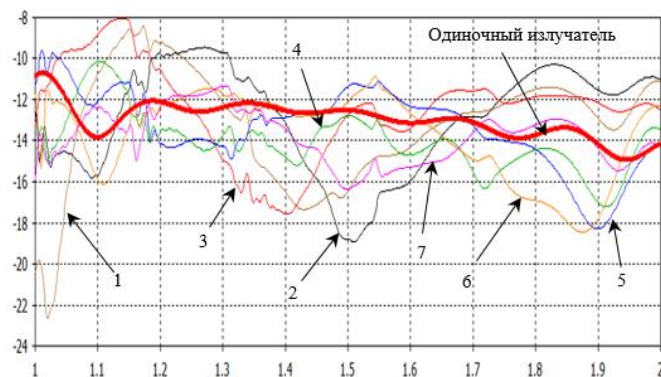


Рис. 4. Коэффициент отражения на входах излучателей при при угле сканирования 30°

Отклонение уровня согласования на входе от характеристики излучателя в свободном пространстве наиболее заметно на низких частотах рабочего диапазона, худшие значения согласования достигаются на локальных частотах в районе 1.15 ГГц и не превосходят -8 дБ. При этом, в целом в диапазоне рабочих частот уровень согласования не превосходит -10 дБ. Аналогичные зависимости для других углов сканирования приводятся и установлено углов ослепления в исследуемом диапазоне углов сканирования. Лишь при $\theta=60^\circ$ коэффициент отражения на частоте 1.1 ГГц достигает уровня -5 дБ, обсуждаются в докладе. в остальном диапазоне рабочих частот он находится на уровне -10 дБ.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ динамических характеристик антенной решетки, построенной на основе конических спиральных элементов, продемонстрировал отсутствие углов ослепления и коэффициент эллиптичности, лежащий в диапазоне 0,4...3 дБ при сканировании в секторе углов $\pm 60^\circ$. Результаты, полученные в работе, позволяют оценить характеристики широкополосных цифровых антенных решеток круговой поляризации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Слюсар.В. Цифровые антенные решетки. Решение задач GPS // Электроника: Наука, Техника, Бизнес. 2009. №1. С 74–78.
- [2] Xiangjun Z., Xiaoping M., Qifeng L. Two Kind of Conical Conformal GPS Antenna Arrays on Projectile // 2009 3rd IEEE International Symposium on Microwave, Antenna, Propagation and EMC Technologies for Wireless Communications.