

**Балландович С.В., Костиков Г.А., Сузак М.И.,
Любина Л.М., Антонов Ю.Г.**
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ»

Двухэлементная коллинеарная широкополосная антенная решетка с изотропной диаграммой направленности в азимутальной плоскости

Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований двухэлементной коллинеарной широкополосной антенной решетки. Отличительной особенностью разработанной антенны является сочетание повышенного коэффициента усиления, низкого значения неравномерности диаграммы направленности в азимутальной плоскости и широкой полосы рабочих частот.

Ключевые слова: широкополосная антенна, коллинеарная антенная решетка, изотропная диаграмма направленности.

Введение. В результате стремительного развития средств связи к антенным системам предъявляются повышенные и, в ряде случаев, противоречивые требования. Например, актуальной задачей является разработка широкополосных антенны вертикальной поляризации с изотропной диаграммой направленности (ДН) в азимутальной плоскости и повышенным коэффициентом усиления (КУ). Известные решения в виде широкополосного диполя или коллинеарной антенной решетки (АР) [1] не удовлетворяют указанным требованиям в полной мере. Одноэлементные широкополосные антенны обладают сравнительно низким значением КУ, а коллинеарные АР с последовательным питанием, как правило, имеют узкую полосу рабочих частот. Кроме этого, особенностью АР с последовательным питанием является зависимость углового положения главного максимума ДН от частоты. В связи с этим, более предпочтительными являются АР с параллельной системой питания.

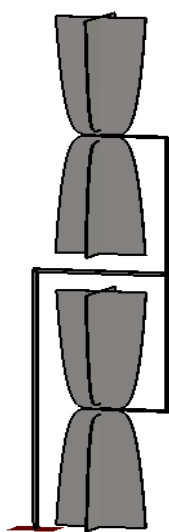


Рис. 1. АР с параллельным питанием

Данная работа посвящена проектированию и экспериментальному исследованию широкополосной двухэлементной коллинеарной АР УВЧ-диапазона с изотропной ДН в азимутальной плоскости.

Проектирование антенны. При проектировании ставилась задача реализации антенны с повышенным КУ 5-6 дБ в диапазоне частот 395...625 МГц, вписанную в цилиндр диаметром 90мм. Предварительный анализ показал, что предъявляемым требованиям в наибольшей степени удовлетворяют три схемы с параллельной системой питания: печатная АР [2]; объемная АР из конических широкополосных вибраторов [2,3]; печатная АР, в которой система питания совмещена с излучающими элементами [4].

Один из рассматриваемых вариантов коллинеарной АР с параллельной схемой питания показан на рис. 1. Такая антенна

обладает двумя существенными недостатками - во-первых, вынесенные элементы системы питания приводят к заметной неравномерности ДН в азимутальной плоскости (до 2.5 дБ), во-вторых, такая система питания увеличивает поперечные размеры. С точки зрения электрических характеристик более предпочтительной является объемная АР из биконических вибраторов [2,3], однако такой вариант обладает низкой технологичностью. Таким образом, в качестве основной была выбрана схема, в которой система питания совмещена с излучателями.

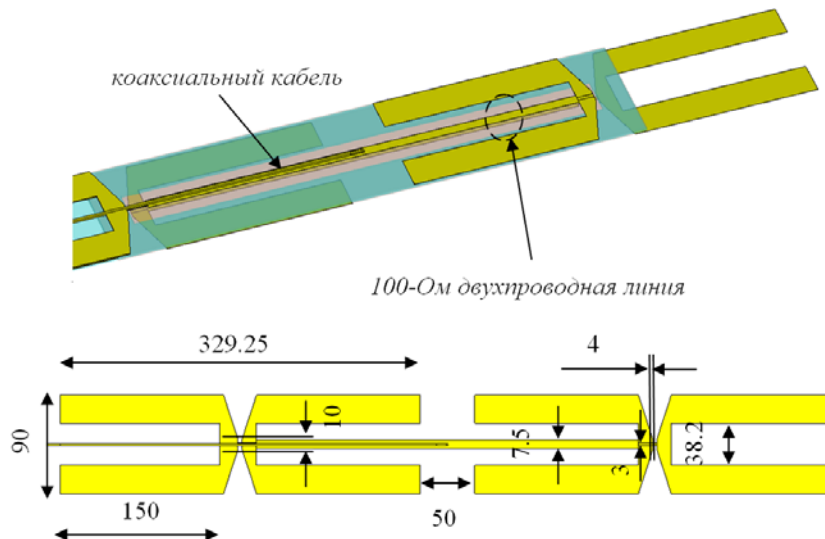


Рис. 2. Разработанная двухэлементная коллинеарная АР

На рис. 2 показана модель широкополосной коллинеарной АР с встроенной в излучатели системой питания. По сравнению с известными подобными решениями [4] здесь имеются следующие отличия: форма элементов оптимизирована таким образом, чтобы обеспечивалась работа в сплошной полосе частот 395...625 МГц; входное сопротивление элементов равно 100 Ом, что позволяет обойтись без трансформирующих участков при параллельном соединении; в конструкции элементов отсутствуют согласующие короткозамкнутые шлейфы, используемые в [4].

Вырезы в элементах выполняют роль четвертьволнового стакана и необходимы для уменьшения кабельного эффекта. Антенна питается в центре с помощью полужесткого коаксиального кабеля, который пропаян вдоль одного из элементов. В целях снижения стоимости использована комбинированная диэлектрическая подложка питающей симметричной полосковой линии общей толщиной 4 мм: 1 мм FR-4, 2 мм ПВХ ($\epsilon' = 1.33$), 1 мм FR-4. На рис. 3 и рис. 4 показаны расчетные зависимости коэффициента отражения и КУ. На рис. 4 показаны две кривые, соответствующие минимальному и максимальному значению КУ для разных азимутальных направлений, откуда следует, что неравномерность ДН в азимутальной плоскости лежит в пределах 0.4...0.8 дБ. Неравномерность обусловлена формой ДН печатного вибратора и существенно зависит от его ширины. В то же время, большая ширина излучателя позволяет достичь более широкой полосы частот и более высокого значения КУ. Таким образом, выбранные геометрические параметры являются компромиссными с точки зрения неравномерности ДН, КУ и полосы рабочих частот.

Изготовление макета и экспериментальные исследования. На рис. 5 показана фотография макета, рядом находится обтекатель из стеклопластика. Для минимизации стоимости изготовления АР крупногабаритные элементы излучающего полотна выполнены средствами лазерной резки. Остальные элементы системы питания выполнены по печатной технологии. Центральный слой комбинированной многослойной подложки печатной

фидерной линии выполнен из ПВХ, выходит за пределы антенны и крепится к металлическому основанию, на которое выведен питающий разъем N -типа

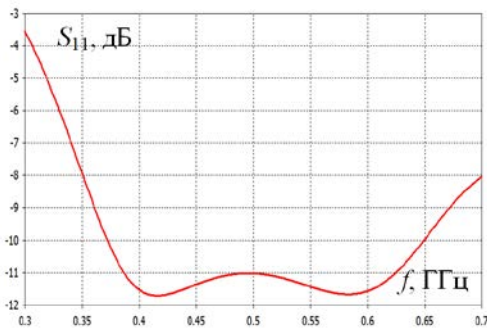


Рис.3. Расчетная зависимость коэффициента отражения от частоты

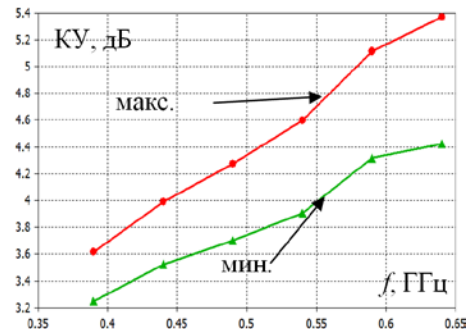


Рис.4. Расчетная зависимость КУ от частоты

Экспериментальная частотная зависимость КСВ приведена на рис. 6, где видно, что в полосе 375-650 МГц обеспечивается уровень согласования по КСВ лучше 2.0. На рис. 7 приведена экспериментальная частотная зависимость КУ исследуемой антенны, значительные осцилляции обусловлены эховыми условиями в процессе измерений. Помимо этого, был проведен эксперимент по измерению коэффициента передачи радиоканала между вспомогательной антенной и исследуемой АР или эталонным диполем. Во время эксперимента было задействован режим «временного окна» для исключения влияния переотраженных сигналов. Это позволило получить гладкие частотные зависимости, которые показаны на рис. 8. Как видно, преимущество



Рис. 5. Макет двухэлементной коллинеарной решетки



Рис. 6. Экспериментальная зависимость КСВ от частоты

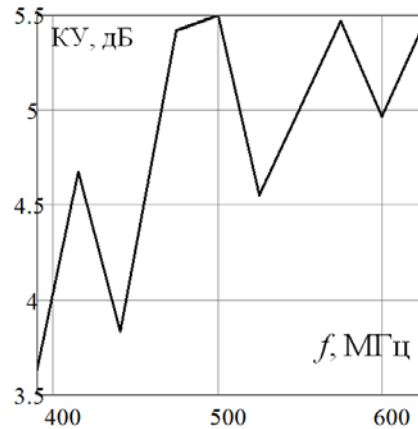


Рис. 7. Экспериментальная оценка зависимости КУ от частоты

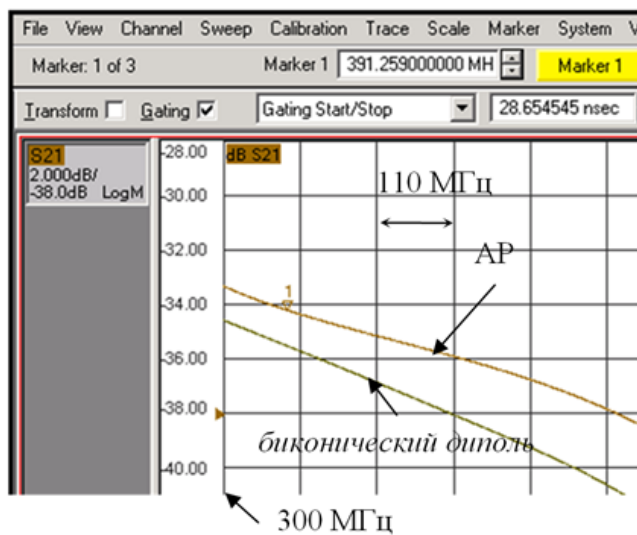


Рис.8. Экспериментальные зависимости коэффициента передачи радиоканала, полученные с использованием временного окна

исследуемой АР над биконическим диполем составляет 1.5...3 дБ в диапазоне частот 395...625 МГц. Учитывая, что КУ биконического диполя меняется в пределах 2.2...2.4 дБ, оценка КУ исследуемой АР составляет 3.7...5.4 дБ. Таким образом, экспериментальные данные на рис. 7 и рис. 8, в целом, соответствуют расчетным.

Заключение. В работе описана широкополосная коллинеарная двухэлементная антенная решетка УВЧ-диапазона с изотропной ДН в азимутальной плоскости, выполненная по схеме с параллельной схемой питания. Система питания совмещена с излучающими элементами, что позволило сократить неравномерность диаграммы

направленности в азимутальной плоскости и минимизировать поперечные размеры антенны. Коэффициент усиления антенны в рабочем диапазоне 395...625 МГц составил 3.2...5.4 дБ в полосе частот, $КСВ \leq 2.0$. Размеры макета с обтекателем равны 900 мм x 93 мм,

Библиографический список

1. R. Bancroft and V. Bateman. An omnidirectional microstrip antenna. IEEE Trans. Antennas Propag. Vol. 52, №. 11. P. 3151–3153. 2004.
2. Нгуен Куок Зуй. Анализ и оптимизация сверхширокополосных малоэлементных антенных решеток линейной поляризации с целью расширения полосы частот: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Московский физико-технический институт (Государственный университет). Москва, 2017 г.
3. James L. McDonald, Dejan S. Filipovic. A monocone-bicone collinear array», IEEE Trans. Antennas and Propag. Vol. 58, №. 12. P. 3905-3912. 2010.
4. Kumpeng Wei, Zhijun Zhang, Wenhua Chen, Member, Zhenghe Feng, Senior and Magdy F. Iskander. A triband shunt-fed omnidirectional planar dipole array», IEEE Antennas and Wireless Propag. Letters. Vol. 9. P. 850-853. 2010.