

УДК 621.396.6(07)

## Разработка конструкции антенной решетки с диаграммой направленности специального вида

*Л.П. Кудрин, М.С. Воробьев*

Представлена конструкция антенной системы с диаграммой направленности специального вида. Антенная система представляет собой линейную фазированную решетку. Рассмотрена конструкция отдельного излучателя с рефлектором. Представлены результаты экспериментального исследования макета антенной системы.

*Ключевые слова: фазированная антенная решетка, излучатель, диаграммо-образующая схема, диаграмма направленности, конструкция.*

В настоящей работе рассмотрена практическая реализация данной антенной системы с учетом эксплуатационных, электрических и технологических требований к ней. Из электрических требований можно выделить диапазон частот 960...1215 МГц, КСВн в диапазоне частот не более 1,4, уровень выходной мощности в режиме передачи 0,2 кВт (с кратковременным повышением до 0,4 кВт), ширину диаграммы направленности (ДН) в горизонтальной плоскости  $\pm 35^\circ$  и специальную форму ДН в вертикальной. Конструктивные решения должны приниматься с учетом снижения массогабаритных параметров и повышения технологичности.

В соответствии с вышеуказанными электрическими требованиями в была синтезирована антенная система, представляющая собой линейную фазированную решетку (ФАР), состоящую из восьми полуволновых излучателей. Амплитудное распределение ФАР жестко определяется диаграммо-образующей схемой (ДОС) (обсуждается ниже), а фазовое распределение было синтезировано по заданной форме ДН в вертикальной плоскости с учетом рабочего диапазона частот. Поэтому основными задачами разработки антенной системы являются отработка конструкции излучателя ФАР, разработка ДОС и защита конструкции от внешних воздействий.

**Конструкция излучателя ФАР** является определяющей всей антенной системы. Главной особенностью излучателя заключается в относительной широкой рабочей полосе частот – 23% относительно средней частоты, при достаточно жестких требованиях по согласованию. Это сложная задача, трудно поддающаяся теоретическому анализу. Рассматриваемая конструкция излучателя отработывалась экспериментально.

Классический полуволновый вибратор имеет довольно узкую полосу рабочих частот вследствие сильной частотной зависимости как реактивной, так и активной составляющих его входного сопротивления [1]. Активная составляющая изменяется несколько слабее. Снижению частотной

зависимости вибратора способствует снижение его волнового сопротивления, чего можно добиться увеличением его поперечного размера. Однако это приводит к проблемам его возбуждения. На практике используется компромиссное решение в виде плавно изменяющегося сечения вибратора, начиная от точки возбуждения к концам плеч вибратора.

Другим способом расширения полосы пропускания является применение частотно-компенсирующих элементов. Примером такого элемента может служить четвертьволновый короткозамкнутый шлейф, подключенный ко входу вибратора [1]. Он же может быть использован и в качестве симметрирующего устройства. Однако для эффективной частотной компенсации требуется очень низкое волновое сопротивление шлейфа, трудно реализуемое на практике. Другим примером частотно-компенсирующего элемента может служить короткий пассивный вибратор, расположенный вблизи излучающего вибратора. Компенсация здесь обусловлена наводимым реактивным сопротивлением в активном вибраторе.

Очевидно, что для существенного расширения рабочей полосы частот целесообразно применить комплекс мер. Разработанная конструкция излучателя показана на рис. 1.

Вибратор, стойки его крепления и основание изготавливаются из листового материала. Плечи вибратора, таким образом, являются плоскими и имеют клиновидную форму. Небольшие скосы на концах плеч позволяют снизить отраженные от них волны. Плечи фиксируются относительно друг друга с помощью диэлектрической пластины прямоугольной формы. Вибратор устанавливается на отражателе с помощью двух стоек, выполненных в виде четвертьволновой симметричной линии. Волновое сопротивление такой полосковой линии слишком велико для того чтобы использовать ее в качестве частотно-компенсирующего элемента. Поэтому в конструкцию излучателя введена компенсационная пластина, выполняющая роль пассивного вибратора. Форма пластины, толщина подставок подобраны экспериментально для достижения максимального согласования в полосе рабочих частот. Наружная оплетка кабеля питания в месте соединения ее с плечом вибратора и по всей длине стойки пропаивается без зазоров

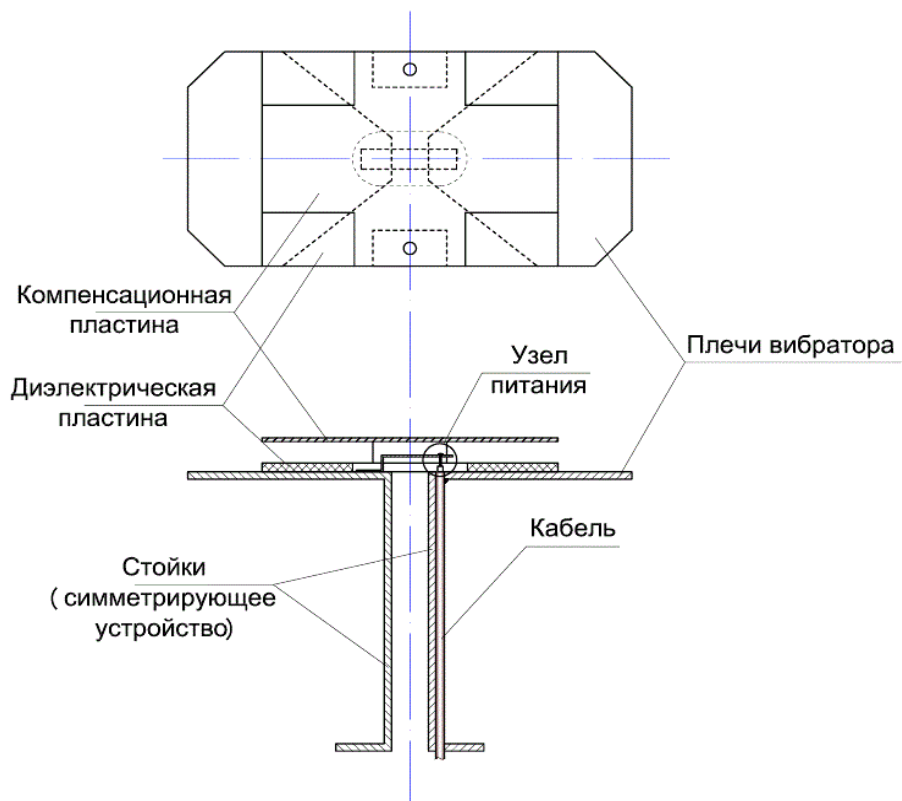


Рис. 1. Конструкция излучателя

Отработка конструкции производилась с учетом геометрии отражателя, исключающего излучение в задней полуплоскости. Геометрия отражателя в виде короба показана на рис. 2.

Отражатель является одновременно несущей частью антенной системы. Поперечные размеры короба подобраны таким образом, чтобы, с одной стороны, обеспечить необходимую ширину ДН в горизонтальной плоскости и, с другой стороны, полностью скрыть излучатель (это позволило применить плоский обтекатель).



Рис. 2 Установка излучателя в короб

Продольный размер короба определяется размещением восьми излучателей по его длине. Расчетная и экспериментальная формы ДН в горизонтальной плоскости показаны на рис. 3.

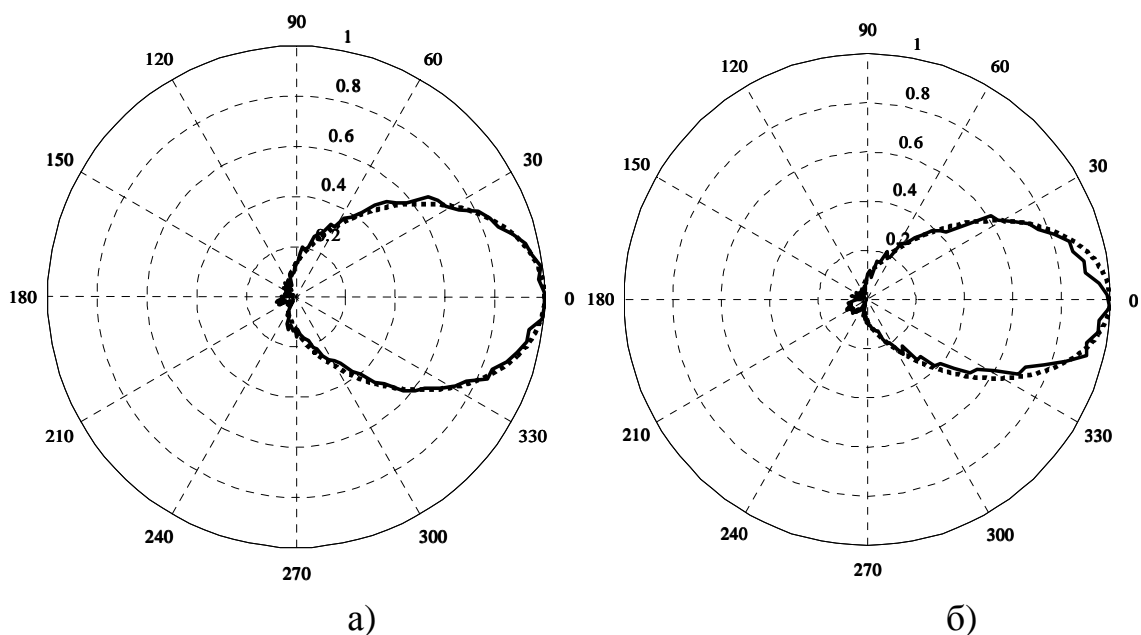


Рис. 3. Диаграммы направленности излучателя антенной системы в горизонтальной плоскости (сплошная линия – расчетная ДН; штрих – экспериментальная ДН), а) – на частоте 960 МГц, б) – на частоте 1215 МГц

На рис. 4 приведены результаты экспериментального исследования согласования излучателя. Измерения ДН и согласования проводились на измерительном стенде антенного полигона с помощью измерителя комплексных коэффициентов передачи «Обзор-103» фирмы «Планар». Так

как лучшее совпадение расчетных и экспериментальных результатов наблюдается на средней частоте (1080 МГц), то на рисунке представлены результаты ДН для менее благоприятных крайних частот диапазона.

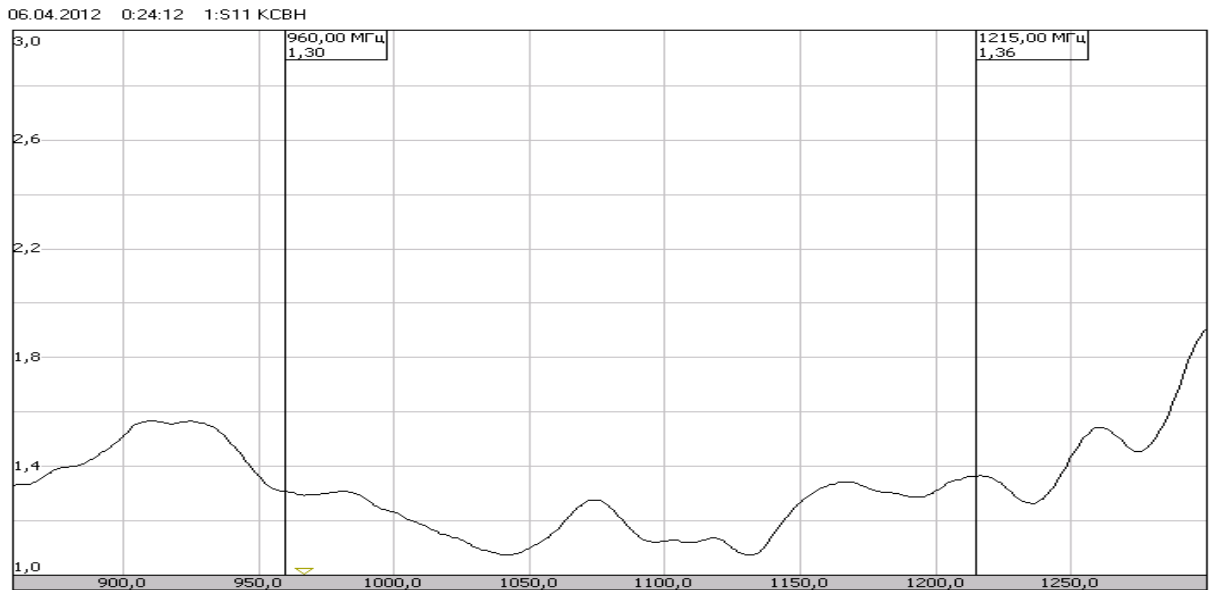


Рис. 4. Зависимость КСВн на входе излучателя от частоты

**Диаграммо-образующая схема (ДОС)** обеспечивает необходимое амплитудно-фазовое распределения на входах излучателей ФАР. Схема ДОС с антенной системой представлена на рис. 5. Формирование амплитудного распределения обеспечивают квадратурные мосты. Необходимое фазовое распределение достигается длинами коаксиальных кабелей W1–W8 с учетом фазовых сдвигов в ДОС. Все квадратурные мосты WE1 – WE7 расположены на плате из высокочастотного материала с 50-омными копланарными линиями передачи.

Балластные резисторы выбирались с учетом рассеиваемой мощности. Квадратурные мосты и балластные резисторы смонтированы на поверхность платы по SMD технологии.

Конструкция антенной системы аналогична конструкции отдельного излучателя с учетом их расположения в линейку. Все элементы ФАР (излучатели и ДОС) размещены внутри единого корпуса отражателя. Плата ДОС расположена посередине корпуса для минимизации длин фазирующих кабелей. Входной разъем антенной системы выведен на нижнюю торцевую стенку корпуса для удобства подключения фидерной системы. Все кабели проложены по стенкам корпуса и должны быть надежно закреплены. ДН ФАР в горизонтальной плоскости аналогична ДН отдельного излучателя и рассмотрены выше.

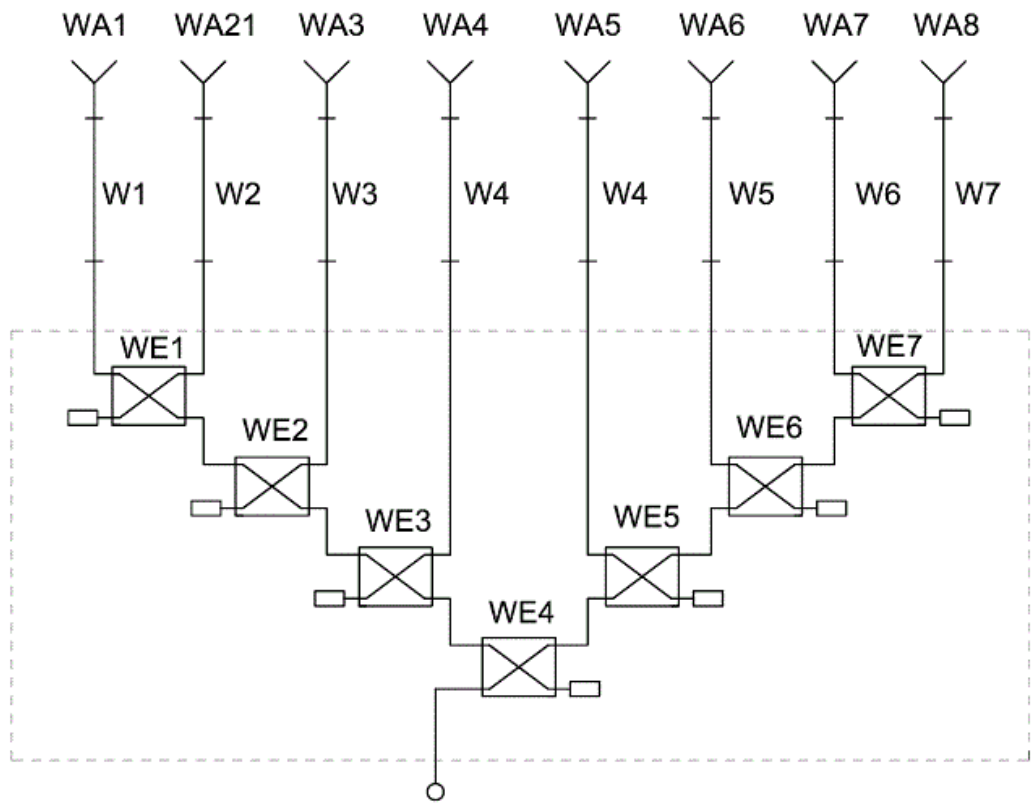


Рис. 5 Диаграммо-образующая схема с антенной системой

Расчетные и экспериментальные ДН ФАР в вертикальной плоскости, сформированные системой излучателей и ДОС, приведены на рис. 6. Качество согласования антенной системы представлено результатами экспериментального исследования на рис. 7.

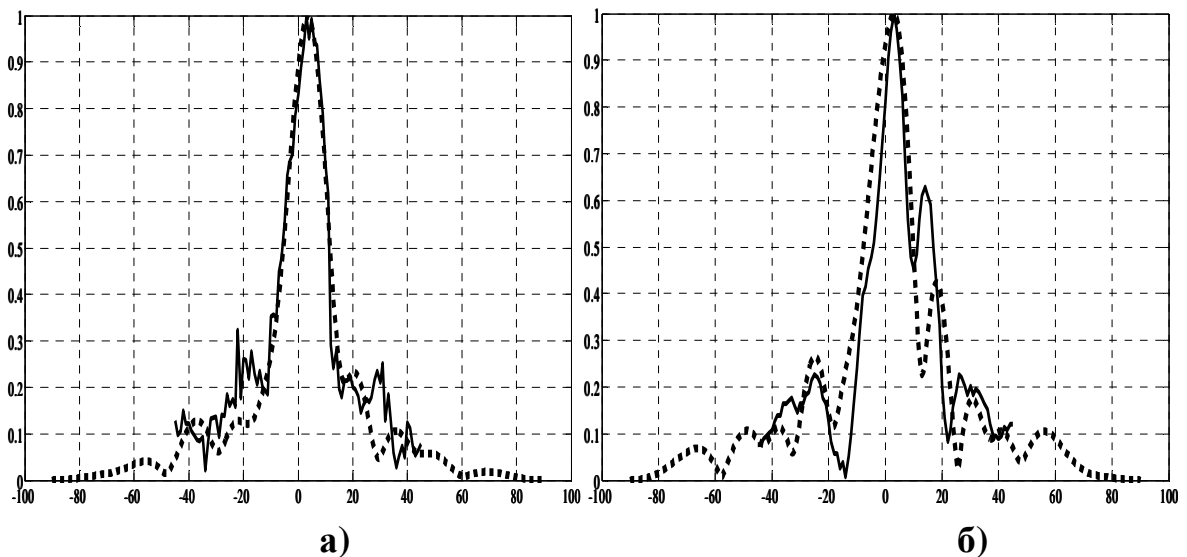


Рис. 6. Диаграммы направленности ФАР в вертикальной плоскости (сплошная линия – расчетная ДН; штрих – экспериментальная ДН), а) – на частоте 960 МГц, б) – на частоте 1215 МГц

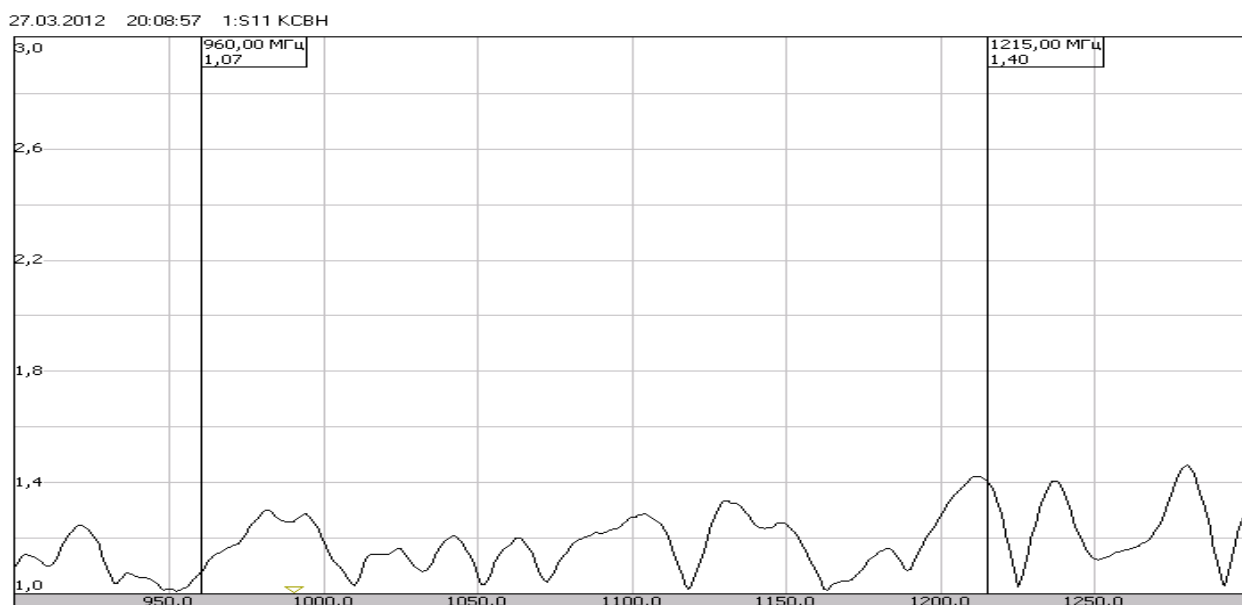


Рис. 7. Зависимость КСВн на входе антенной системы от частоты

Результаты экспериментального исследования антенной системы показывают качественное выполнение электрических требований.

Защита антенной системы от внешних воздействий обеспечивалась при принятии конструктивных решений. В антенной системе применяются материалы и компоненты, сохраняющие свои параметры в заданном температурном диапазоне. Защита ФАР от обледенения и прямого попадания осадков обеспечивается размещением всех компонентов ФАР в герметичном коробчатом корпусе, закрытом радиопрозрачным плоским обтекателем из листового стеклотекстолита с применением герметика при сборке. Механическая прочность конструкции ФАР обеспечивается ее коробчатым сечением с промежуточными перегородками (диафрагмами).

Выбранные простые конструктивные решения антенной системы позволяют использовать для их реализации листовые алюминиевые сплавы, применяя простые и доступные технологии вырубки и гибки, с последующим нанесением проводящих окисных покрытий. При этом масса антенной системы не превышает 10 кг.

#### Библиографический список

1. Драбкин А.Л., Зузенко В.Л., Кислов А.Г. и др. Антенно-фидерные устройства. – М.: Сов. Радио, 1974 – 536 с.

**Development of a design of an antenna lattice with the directional pattern of a special type**

L.P. Kudrin, M. S. Vorobyov

The design of antenna system with the directional pattern of a special type is presented. The antenna system represents the linear phased lattice. The design of a separate radiator with a reflector is considered. Results of a pilot study of the model of antenna system are presented. Keywords: the phased antenna lattice, a radiator, the diagrammo-forming scheme, the directional pattern, a design.

#### References

1. Drabkin A.L., Zuzenko V. L., Kislov A.G. and oth. *Antenno-fidernye ustroystva* [Antenna-feeder devices]. Moscow, Sov. Radio Publ., 1974, 536 p.