

СВЕРХШИРОКОПОЛОСНАЯ КОМПАКТНАЯ РУПОРНОМИКРОПОЛОСКОВАЯ АНТЕННА С ВЫСОКОЙ НАПРАВЛЕННОСТЬЮ

К.С.КРЫЛОВ¹, Д.В.ФЕДОТОВ¹

¹ Исследовательский центр САМСУНГ ЭЛЕКТРОНИКС
125047, г.Москва, 1-ая Бресткая ул.,29

Рассмотрена конструкция нового типа антенн для СверхШирокоПолосных (СШП) применений. Компактная микрополосковая антенна создана для приема и передачи радиоимпульсов, а также и других широкополосных радиосигналов в малогабаритных измерительных радарх малой дальности, датчиках движения, датчиках обнаружения объектов и для широкополосных систем связи, где требуется узконаправленное излучение.

New design of antennas are considered. To radiate short- pulses and other ultra/wide band signals, the compact microstrip antenna is designed. Antenna has wide field of applications like: motion sensor, range finder, wireless communication while direction radiated emission is need.

В СШП устройства работают с короткими импульсными сигналами или радиоимпульсами, имеющими сверхширокий спектр, и это определяет их название. Подобная технология успешно применяется, например, в импульсных эхорадарах. Такие виды радаров малой дальности часто используются для измерения расстояния до объекта, определения движения объекта, а также это используется в различных датчиках для систем безопасности. Основными факторами, влияющими на точность радаров в ближней зоне, являются:

- проблема пространственного выбора цели,
- проблема целостности формы передаваемого импульса,
- проблема большой неравномерности отраженного сигнала от близких и дальних объектов,
- проблема сильных помех, вызванных отражением передаваемого импульса от деталей радара и ближайших отражающих объектов,
- проблемы развязки между каналами приема и передачи.

Следует отметить, что многие отрасли промышленности и транспорта предъявляют все более высокие требования к компактности, безопасности и стоимости радарных устройств. Все перечисленные выше проблемы и требования сегодня решают, в основном, за счет использования специальных антенн, которые образуют главный и основной элемент конструкции таких радаров.

Для построения наиболее оптимальной в импульсном эхорадаре СШП антенны, необходимо обеспечить следующие антенные характеристики:

1) согласование входа антенны с линией передачи во всем диапазоне частот, определяемом спектром сигнала,

2) достижение максимальной направленности при минимальных габаритах антенны, что определяется усилением антенны и эффективностью возбуждения электромагнитного поля в раскрыте антенны. Важность такого параметра как усиление антенны в этом случае очевидна, это определено также фундаментальным уравнением радиолокации для идеальных условий распространения.

Существует весьма простое и часто используемое при расчетах уравнение, приведенное в сборнике [1]:

$$P_r = P_t \frac{G_t G_r \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 r^4} \quad (1)$$

где: P_r - мощность полезного сигнала на выходе приёмной антенны,

P_t - мощность передатчика, при этом для СШП устройств мощность ограничена в соответствии с национальными правилами, например в США действует инструкция FCC § 15.503,

λ - длина волны излучаемого импульса, определяемая обычно средней частотой спектра сигнала; в данном случае выбор рабочей частоты устройства определён целесообразной стоимостью радиокомпонентов и простотой схмотехники приемопередающего модуля радара,

$\sigma = D_s \sigma_t$ – эффективная площадь отражения цели, где D_s - коэффициент отраженного (обратного) рассеяния и σ_t - эффективная площадь отражения, (следует учитывать, что все параметры, приведенные в этом уравнении, касаются только характеристик цели и не определяют параметров компонентов радара),

r - расстояние между антенной (антеннами) и целью, при этом обычно требуется, чтобы такое расстояние было максимально возможным при фиксированной мощности передатчика и для определённой цели,

G_t, G_r – усиление передающей и приёмной антенны соответственно.

Из приведённого уравнения недвусмысленно следует, что эффективность работы радара определяется усилением антенны или, в случае разделённых каналов, усилением двух антенн.

Общий анализ различных конструкций импульсных эхорадаров малой дальности показывает, что наиболее эффективными антеннами для таких устройств являются рупоры, хотя они и имеют достаточно большие габариты.

В патенте США № 5,754,144 [2] описана СШП рупорная антенна со специальным «обрывистым» радиатором, который предназначен для уменьшения и устранения эффекта отражений от близких объектов. Успешное решение данной проблемы было достигнуто при помощи использования специально спроектированного рупора вокруг широкополосного излучателя, что даёт более оптимальное распределение электромагнитного поля на апертуре антенны, что увеличивает её усиление и уменьшает уровень излучения боковых лепестков.

В патенте США № 6,031,504 [3] описана пара смежных антенн, предназначенных для передачи и приёма широкополосных сигналов и имеющих высокую развязку между собой. Рупорные антенны такой конструкции имеют дополнительные расширительные стенки и специальную перегородку, которая позволяет оптимизировать распределение электромагнитного поля на апертуре антенн таким образом, что это повышает усиление антенн и позволяет заметно увеличить развязку между ними.

Однако, оптимальными с точки зрения максимального усиления при минимальных размерах являются микрополосковые антенны, которые нашли широкое применение в малогабаритной радиоаппаратуре и антенных решетках. Микрополосковые антенны и методы их расчета хорошо исследованы сегодня и широко описаны в специализированной литературе, например [4] или [5].

В патенте СССР № 1573487 [6] описана одна из конструкций микрополосковых антенн - "Дисковая микрополосковая антенна". Данная антенна имеет достаточно малые размеры (особенно по толщине), сравнительно высокое антенное усиление и равномерную диаграмму направленности в горизонтальной плоскости, однако она не пригодна для работы с СШП сигналами из-за своей узкополосности.

Перечисленные технические решения демонстрируют различный подход к задаче приема и передачи радиоимпульсов, а также и других широкополосных радиосигналов в малогабаритных измерительных радарах малой дальности, датчиках движения, датчиках обнаружения объектов и для широкополосных систем связи, где требуется узконаправленное излучение.

Различные типы рупорных антенн, широко используемых в радарах малой дальности, имеют весьма сложную конструкцию и относительно большие размеры, особенно, если размеры приведены к длине волны. Большинство таких СШП рупоров имеет сравнительно плохое распределение электромагнитного поля по апертуре.

Наиболее близким по своим параметрам является решение [3]. В описанной конструкции рупорная антенна состоит из главного рупора с высотой (или толщиной) приблизительно $0,6\lambda$

и дополнительных удлинительных стенок с длиной $0,5\lambda$, т. е. полная высота (или толщина) такой рупорной антенны составляет одну длину волны, при $\theta = 30$ градусов. Для решения проблемы изоляции между антеннами используется специальная перегородка с длиной $0,25\lambda$, которая исправляет сильное излучение бокового лепестка. Питание такой антенны осуществляется коаксиальным кабелем от радиомодуля. Как утверждается в данном патенте, максимальное усиление такой антенны $+8,6\text{dBi}$. Основным достоинством данного решения является обеспечение развязки между антеннами, достигающей уровня -60dB , однако, необходимо обратить внимание, что данный результат достигается только для очень узкой полосы частот и не обеспечивает такой же развязки для всей полосы используемого сигнала. Приведённый в патенте график показывает, что развязка между антеннами находится в пределах от -40 dB до -50dB . При этом габариты данной конструкции не могут быть уменьшены без существенного снижения эффективности.

Современная постановка задачи, заключается в создании приёмопередающей СШП антенны с минимальной высотой (толщиной) и минимальным уровнем боковых лепестков, но с максимальным антенным усилением. В этом случае, технический результат достигается за счет создания антенны, объединяющей положительные качества двух различных типов антенн: микрополосковой антенны и рупора. Антенна сконструирована как комбинация микрополоскового дискового излучателя и металлического экрана-рефлектора (также называемого иногда экраном-отражателем) в виде фрагмента конического рупора (см.Рис.1).



Рис.1. Рупорномикрополосковая антенна.

Комбинация двух типов антенны позволяет получить оптимальное распределение электромагнитного поля по апертуре антенны, совпадающее с распределением поля в подобной, но более высокой конической рупорной антенне. Такая конструкция позволяет также увеличить усиление антенны приблизительно до $+9,5\sim 10,5\text{ dBi}$ при толщине порядка $0,37\lambda$, что дает возможность уменьшить габариты конструкции в три с лишним раза по сравнению с прототипом.. Микрополосковая дисковая антенна, объединенная с конической поверхностью заземленного экрана, имеет более широкий диапазон рабочих частот, превосходящий диапазон существующих прототипов на 15 и более процентов. При применении данной антенны в устройствах с разделёнными каналами приема и передачи, круговая форма апертуры антенны позволяет добиться более высокой взаимной развязки между парой смежных антенн до уровня примерно -50dB .

Таким образом, достаточно высокое усиление антенны, широкий рабочий диапазон частот и хорошая развязка в системе со сдвоенными антеннами позволяет использовать такую конструкцию антенны в радарных измерительных устройствах на расстояния от 1 до 25м, а также в средствах высокоскоростной передачи информации. Кроме того, такая комбинированная антенна имеет уменьшенную неравномерность отраженного сигнала, повышенную помехозащищённость.

ЛИТЕРАТУРА

1. "Antennas and Propagation Magazine, IEEE", 1999, Vol. 5, pp791-797

2. Патент США USPat 5,754,144 "Ultra-wideband horn antenna with abrupt radiator", 1998.
3. Патент США USPat 6,031,504 "Broadband antenna pair with low mutual coupling", 2000.
4. P. Bhartia, Inder Bahl, R. Garg и A. Ittipiboon, "Microstrip Antenna Design Handbook (ARTECH HOUSE ANTENNAS AND PROPAGATION LIBRARY)", Artech House Publishers, 01 November, 2000
5. Панченко Б.А., Нефёдов Е.И., "Микрополосковые антенны" (Радио и Связь), 1986
6. Патент СССР № 1573487 "Дисковая микрополосковая антенна", 1982