

Всё это время работал над проблемой улучшения приёма продольных волн в эфире – фактически волн возмущения в эфире. Пришёл к интересным выводам, которые помогут резко улучшить качество принимаемого сигнала.

Фактически необходимо принимать плоский фронт волны, а в этом случае обычные колебательные контура не обеспечивают суммирование принимаемой волны – в случае изготовления катушки колебательного контура классическим методом, когда витки катушки колебательного контура включены последовательно – между витками всегда будет сдвиг фазы, который будет ослаблять принимаемый суммарный сигнал от каждого витка катушки колебательного контура.

Напрашивается, таким образом принципиально новое решение катушки колебательного контура в которой каждый из элементарных витков контура будет соединён с остальными, образующими весь колебательный контур путём параллельного соединения отдельных витков.

В этом случае обеспечивается суммирование энергии сфазированных витков и выделение общего сигнала продольной волны с существенно большей амплитудой, нежели в катушке с последовательно соединёнными витками.

Фактически приёмная катушка и все последующие вырождается в сетчатую структуру. Аналогичное строение приёмных антенн было использовано в самодополнительных антеннах.

Самодополнительные антенны

Одна из основных проблем при практическом применении антенн, в том числе и в радиолюбительской практике, связана с требованием обеспечения широкополосности, в пределе включая возможность работы антенны одной конструкции в нескольких диапазонах частот. В технической литературе по антеннам приведено много примеров различных методов обеспечения требований многодиапазонности. Реализация конструкции домовых коллективных антенн в "докабельную" эру телевидения для приема передач на 60 каналах в диапазоне частот 48-790 МГц в виде громоздких многовибраторных антенн является примером технического решения широкополосности, далекого от оптимального.

На рис.1 показаны импедансные характеристики классической дипольной антенны на основе линейного провода или жесткого металлического штыря. Активная и реактивная составляющие входного сопротивления диполя при изменении отношения длины диполя L к длине волны λ изменяются в широких пределах. Применяемые на практике меры по увеличению широкополосности дипольных антенн сводятся либо к увеличению толщины вибратора, что понижает его добротность как резонансной структуры, либо к применению таких форм, как петлевой вибратор. Эффективность этих мер достаточно ограничена.

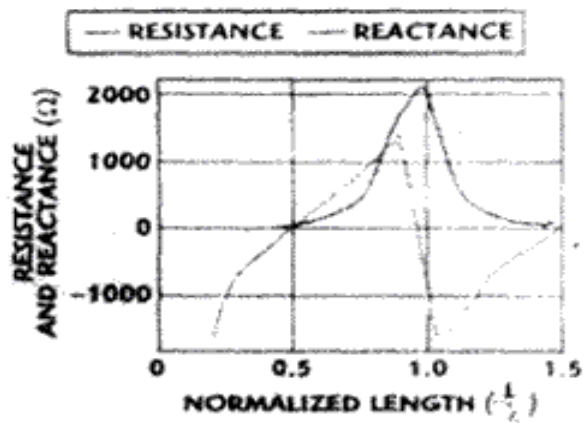


Рис. 1.

В то же время существует антенная структура, не обладающая в принципе (теоретически) частотной зависимостью. Эта структура основана на электродинамическом принципе "самодополнительности". Он заключается в параллельном соединении электрического (диполь) и магнитного (щелевого) излучателей одинаковой пространственной конфигурации. В пределе самодополнительная антенна (СА) представляет собой металлическую полуплоскость с вырезанным на краю отверстием произвольной формы и дополняющим это отверстие плоским металлическим листом, совпадающим по форме с отверстием.

Показанная на рис.2 модель СА построена на основе квадрата. При возбуждении в точках AA' излучается электромагнитная волна линейной поляризации А, а при возбуждении в точках ВВ' - поляризации В. Для линейной поляризации известна также треугольная самодополняющая структура рис.3 В случае круговой поляризации используется плоская расходящаяся спиральная антенна.

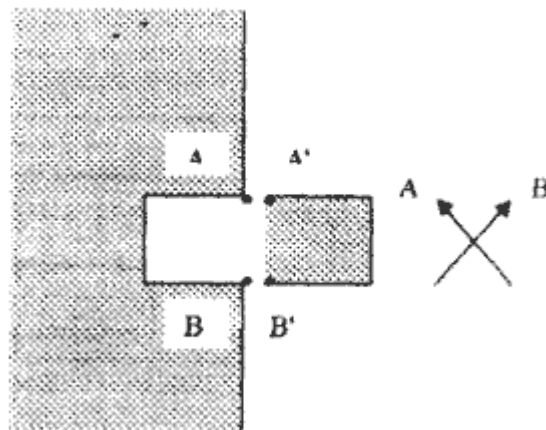


Рис. 2.

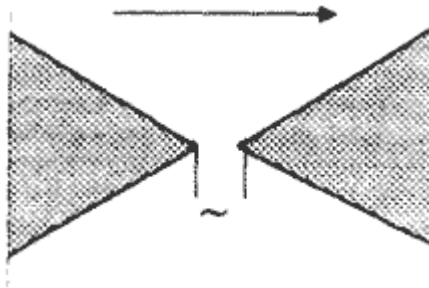


Рис. 3.

Уникальным свойством СА является неизменность их свойств во всей полосе частот, в которой сохраняется принцип самодополнительности. Входное сопротивление СА чисто активное и равно $60\pi=188,4$ Ом. Как известно, волновое сопротивление свободного пространства также чисто активное и равно $120\pi=377$ Ом. Несложно рассчитать, что СА имеет постоянный коэффициент отражения по напряжению $1/3$ и $1/9$ по мощности (КСВ равен 2). Это незначительное рассогласование является как бы платой за широкополосность. Из-за наличия отражателя, применяемого для обеспечения однонаправленного излучения, самодополнительность частично нарушается. Поэтому рабочая полоса частот практических конструкций самодополнительных антенн все же ограничена.

Наиболее известна практическая реализация СА линейной поляризации с треугольными плоскими излучателями (рис.3). Английское название этого типа антенны "bow-tie", т.е. "галстук-бабочка"[2]. На рис.4 показана зависимость импеданса этой антенны от L/λ . в том же диапазоне, что и для линейного диполя (см. рис.1). Сразу можно отметить, что СА не имеет выраженных резонансов и демонстрирует уникальную широкополосность.

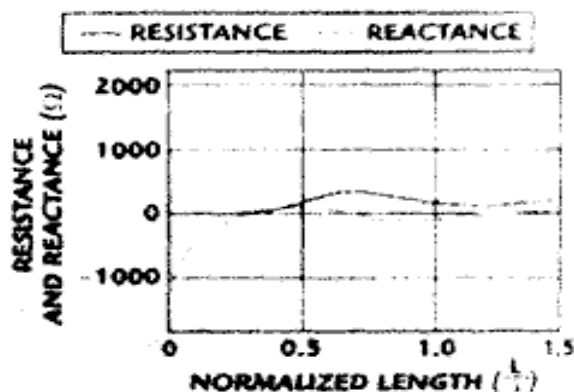


Рис. 4.

Для СА с рефлектором или выполненной методом травления на диэлектрическом фольгированном двустороннем листовом материале с заземленным основанием с обратной стороны справедлива эквивалентная схема (рис.5) в виде неоднородной длинной линии, чем и объясняется ее широкополосность.

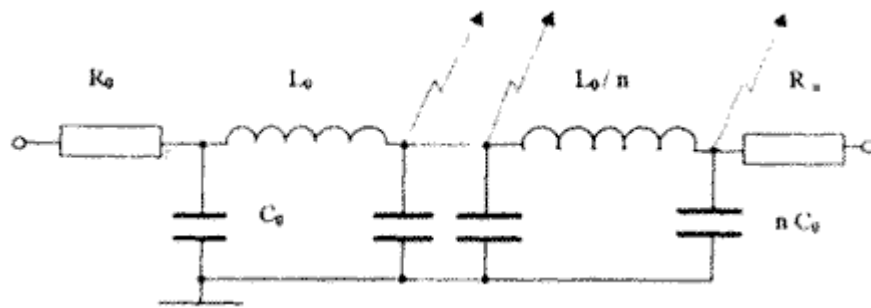


Рис. 5.

В печатных антеннах излучают обычно боковые края структуры и ее концевая часть. Для дополнительного согласования и широкополосности СА концевую часть нагружают, как и в антенне бегущей волны, на сопротивление $R_0=300$ Ом. Так как эквивалентная схема рис.4 представляет, по сути, фильтр нижних частот, то частотная характеристика печатной СА конечных размеров всегда имеет отсечку сверху. Снизу по частоте рабочий диапазон СА ограничивает длина вибратора: для треугольного - расстояние от узла питания до основания треугольника, а для квадрата - до его противоположной вершины.

Самодополнительные антенны используют в диапазонах вплоть до миллиметровых волн. В метровом и КВ диапазонах вместо сплошных металлических поверхностей можно применять проволочные сетчатые треугольные и квадратные структуры, подвешенные над поверхностью земли, служащей в качестве зеркального отражателя, что совместно образует широкополосный самодополнительный диполь.

Наибольший интерес представляют СА конечных размеров в качестве вибраторов широкополосных периодических антенных решеток. На рис.6 показана антенная решетка на основе СА [3] с использованием базовой конструкции так называемой "польской" телевизионной антенны. При указанных размерах такая антенна работоспособна во всем телевизионном дециметровом диапазоне волн и с допустимым рассогласованием в метровом.

Для улучшения работы в метровом диапазоне вместо верхней и нижней перемычек "П" можно установить два петлевых вибратора, настроенных на самый длинноволновый канал диапазона МВ, применяемый в донной местности.

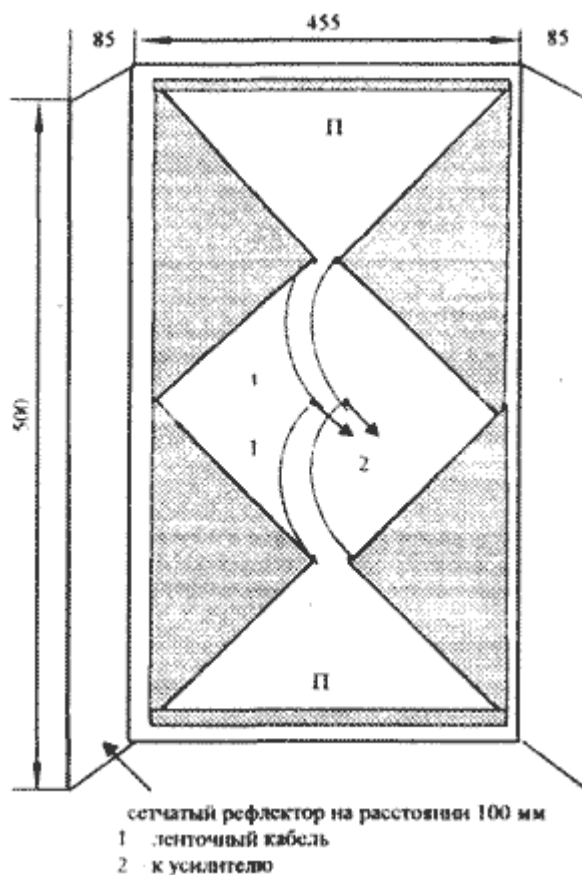


Рис.6.

Для спутникового телевидения, работающего в диапазонах Ku и C, удобно применять в двумерной решетке квадратные излучатели и апериодические синфазные делители. Такую решетку типа "шахматная доска" автор разработал и изготовил еще в 80-е годы совместно с инж. К.Г. Емельяновым в киевском НИИ "Квант". В те годы открытая публикация этой разработки не представлялась возможной. Выпускаемые в настоящее время для приема спутникового телевидения печатные антенные решетки фирмы Nokia (Финляндия) выполнены на обычных печатных диполях, что привело к необходимости использования большого числа излучателей и делителей в сложной фидерной разводке. В результате антенна получилась узкополосной, охватывающей только часть диапазона Ku, отведенного для приема спутникового телевидения.

В какой-то мере в качестве разновидности СА можно рассматривать широкополосные излучающие структуры, описанные в известном радиолубителям издании [4] под названием "широкополосный вибратор", особенно в случае, если угол при вершине треугольника выполнить близким к 90°. Известны также близкие к СА так называемые дискоконусные антенны с вертикальной поляризацией и всенаправленной по азимуту диаграммой направленности (ДН), в том числе и их модификации с плоским верхним диском для прижатия ДН к земле по углу места. Антенна такого типа придается в качестве сменной к современному сканирующему приемнику

AR8200 фирмы AOR (Япония) с диапазоном перехвата излучений 0,5-1500 МГц. По данным фирмы-изготовителя, эта дискоконусная антенна перекрывает полосу 30-2000 МГц, что является уникальным достижением в антенной технике.

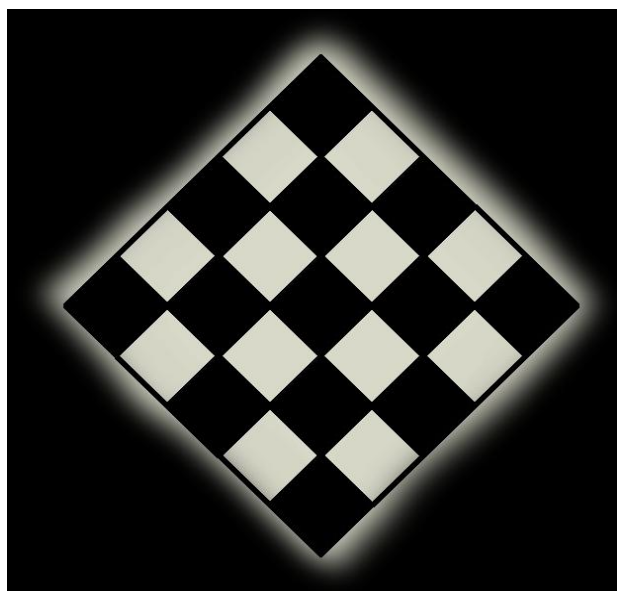
Источники

1. Рамзей В. Частотно-независимые антенны.-М.: Мир, 1968.
2. Clarke R. A High Efficiency Bow-tie Antenna//Microwave Journal.- 2001.- №8.-Р. 94-105.
3. А. с. 360706 СССР Широкополосная антенная решетка.
4. Ротхаммель К. Антенны.- М.: Энергия, 1979.

Автор: Е. Скорик, г. Киев

На основе вышеуказанных самодополнительных антенн можно строить и колебательные контура для приёма продольных пространственных волн.

Сама конструкция может быть изготовлена на основе сеточки из меди или латуни, а для обеспечения необходимого фазового сдвига между отдельными ячейками сами ячейки сеточки необходимо в шахматном порядке заполнить ферромагнитным лаком.



Съём сигнала производится с противоположных углов сетчатой структуры.

Причём можно использовать ортогональный съём сигнала, в этом случае между снятыми сигналами с сетчатого контура будет сдвиг фазы 90 угловых градусов, что можно использовать для декодирования сигнала.