



Многодиапазонные антенны современных мобильных телефонов

В.И. Слюсар, г. Киев

Стремительное развитие и миниатюризация средств мобильной связи в последние годы привели к ужесточению требований к габаритам антенн абонентских терминалов и их полосам пропускания. На страницах журнала "Радиоаматор" уже рассматривались вопросы антенной техники сотовой связи [1, 2]. Однако освоение новых спектральных диапазонов для мобильных телефонов вынуждает разработчиков продолжать поиск более эффективных подходов к созданию многодиапазонных антенн. Данная статья является логическим продолжением указанных публикаций.

Сегодня уже обычным делом стало наличие в мобильном телефоне нескольких диапазонов функционирования, например, в телефонах стандарта GSM диапазонов 900, 1800, 1900 МГц. Актуальной является также поддержка в смартфонах новых частотных диапазонов, отведенных для беспроводных сетей радиодоступа (WLAN), а именно 2400...2484 МГц, 5150...5350 МГц. Все эти изменения в технических требованиях к инфраструктуре связи не могли не способствовать прогрессу в антенной технике. Более того, реализация новых возможностей не в последнюю очередь может быть достигнута лишь с опорой на новые решения в антенной отрасли. Поэтому рассмотрим их подробнее.

Еще несколько лет назад телефоны мобильной связи оснащали внешними штыревыми антеннами, в роли которых для сокращения габаритов, как правило, использовали спиральные антенны с плотной навивкой спирали. Дело в том, что обычные несимметричные вибраторные антенны в форме прямого стержня должны иметь, как правило, четвертьволновые габариты, что в случае частоты 900 МГц предполагает высоту излучателя, равную 83 мм. Есте-

ственно, столь длинные антенны сложно интегрировать в корпус мобильного телефона, поэтому на практике разработчикам пришлось прибегнуть к искусственному приему укорочения антенны до приемлемой величины при ее неизменной электрической длине. При этом конструкторам пришлось смириться с определенными потерями, но эргономический эффект с лишней компенсировал столь незначительную плату за комфорт в эксплуатации.

С появлением потребности в двухчастотном приеме идея спиральной несимметричной антенны получила дальнейшее развитие. На рис. 1 [3] показан типичный вариант внутренней геометрии бисегментной двухчастотной спиральной антенны с двумя различными шагами навивки, под диапазоны 900 и 1800 МГц в разных ее сегментах.

На рис. 2 [4] представлены два других возможных подхода к созданию двухчастотных малоразмерных антенн. В первом варианте используются спирали разного размера, причем спираль с меньшим радиусом, предназначенная для работы в диапазоне 1800 МГц, помещена внутрь спирали с большим диаметром, имеющей резонанс на частоте 900 МГц. Второй вариант представляет собой комбинацию штыревого излучателя для частоты 1800 МГц и спиральной антенны, намотанной вокруг него и обеспечивающей работу в диапазоне 900 МГц. Хотя в рассмотренных антенных конструкциях и удалось существенно уменьшить высоту для двухдиапазонных применений по сравнению с прямым штырем, однако при таком подходе, как правило, все же не удается сделать антенну короче 0,1 от длины волны низкочастотного диапазона.

Для дальнейшего уменьшения результирующих габаритов антенны в последнее

время был предложен новый дизайн двухчастотных антенн, базирующийся, главным образом, на изгибании, свертывании или иной трансформации двумерных плоских монополей в трехмерные структуры. Эта техника позволила уменьшить общую высоту антенны над поверхностью мобильного телефона. Высота таких антенн не превышает 15 мм, что составляет около 4% от длины волны частоты 900 МГц. В некоторых проектах достигнута даже высота антенны менее 7 мм. Такие антенны прекрасно подходят для размещения внутри корпуса мобильного телефона. Данный вид миниатюрных монополей для двухдиапазонных решений подробно описан в [3].

Недостатком спиральных монополей, как и обычных, является то, что для обеспечения наилучшего режима излучения (приема) антенна должна быть ориентирована вертикально, что, как правило, не всегда выполняется. К тому же рассмотренные вибраторные антенны одинаково сильно излучают как в свободное пространство, так и в сторону головы пользователя. Поэтому интерес представляют излучатели, у которых характер изменения (диаграммы направленности) ДН более безопасен для владельца телефона и слабо зависит от ориентации корпуса аппарата в пространстве.

Первой популярной альтернативой такого рода для низкопрофильных всенаправленных излучателей стало семейство планарных инверсных L- и F-образных антенн. Свое начало они берут от простейшего L-образного вибратора, расположенного в перевернутом виде (отсюда термин "инверсный") над плоским экраном (рис. 3) [4]. Такой согнутый монополю является следствием естественного стремления упрятать антенный излучатель внутрь мобильного телефона, размещая его вдоль длинной стороны корпуса.

L-вибратор запитывается с одного конца, а второе его окончание через воздух либо диэлектрик оказывается нагруженным на эквивалентную емкость. Перевернутая L-антенна (Inverted-L antenna, ILA) достаточно проста в изготовлении. Многие из ее электрических характеристик подобны характеристикам короткой штыревой антенны. В частности, ДН рассматривае-

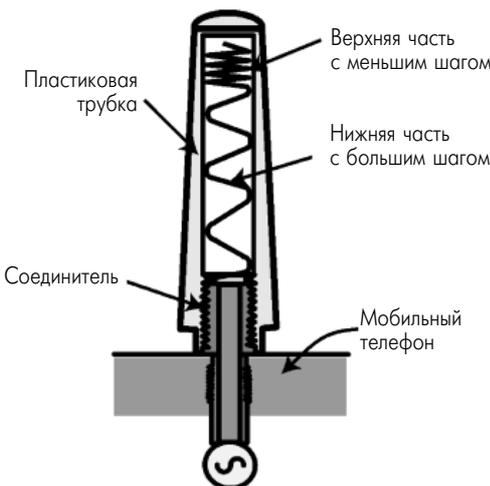


рис. 1

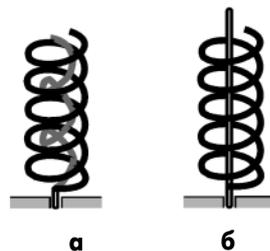


рис. 2

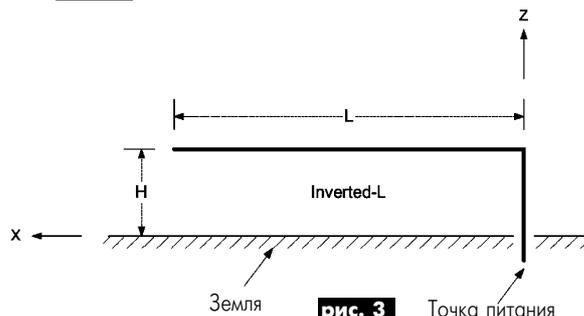


рис. 3



мой L-антенны почти идентична ДН короткого штыря, который является всенаправленным в плоскости, перпендикулярной к его оси, и не излучает в соосном направлении. Однако дополнительное излучение, обусловленное геометрией перевернутого L-вибратора, отклоняет его ДН от всенаправленной формы. Резонансная длина волны L-вибратора определяется его геометрическими размерами согласно выражению: $\lambda = 4(H+L)$, где H - высота вибратора над заземленным экраном, L - длина горизонтального сегмента вибратора.

Дальнейшим развитием L-вибратора стала перевернутая F-образная антенна (рис.4) [4], представляющая собой, по сути, соосный тандем из двух L-образных вибраторов разной длины. При этом внешняя вертикальная стойка F-антенны нагружена на корпус, а подача сигнала осуществляется через "внутреннюю" вертикальную секцию. Дополнительный L-сегмент привнес возможность гибкого управления величиной входного сопротивления антенны и значительно упростил ее согласование. Подбирая расстояние между вертикальными секциями, можно обеспечить приемлемое по величине реактивное сопротивление антенны. Величина S не влияет на резонансную частоту такого излучателя. За счет существенного улучшения согласования антенны на резонансной частоте может быть достигнута величина КСВ < 2. Однако при этом ширина рабочей полосы частот составляет всего 1,5 %, что считается слишком малой величиной для приложений мобильной связи (типичные проводные F-антенны имеют полосу не более 2% [4]).

Для расширения рабочего диапазона частот иногда используют гибридную конструкцию, состоящую из двух параллельно расположенных над металлическим экраном L- и F-образных вибраторных антенн, - так называемую двойную перевернутую F-антенну (DIFA) [4]. В данном случае L-антенна является пассивным элементом и имеет длину, равную или почти равную протяженности перевернутой F-антенны (рис.5) [4]. Такое решение позволило вдвое расширить предельную полосу пропускания, доведя ее до 4% от частоты резонансной несущей.

Впрочем, даже такой величины все еще недостаточно для практических нужд мобильной связи, учитывая разнос частот передающего и приемного каналов (например, в диапазоне D-AMPS 824...894 МГц с центральной частотой 859 МГц требуемая полоса рабочих частот составляет 8,1%). Кроме того, неудовлетворительно большими являются и габариты DIFA (0,64x8,7 см). По этой причине дальнейшая эволюция рассмотренного типа антенн была неизбежной, и пошла она в полном соответствии с законами развития технических систем [5].

Если пылливый читатель внимательно посмотрит на рис.5, где показана DIFA-антенна, то он вполне логично может задаться вопросом: "А что будет, если использовать несколько L-антенн совместно с одним F-вибратором?". Сейчас уже трудно судить,

кому впервые пришла в голову такая мысль, однако, обобщая идею использования множества дополнительных L-антенн, параллельных F-вибратору, при минимальных расстояниях между ними, несложно перейти к качественно новой конструкции - планарной F-образной антенне. В зарубежной специальной литературе такой тип антенн получил сокращенное наименование PIFA (Planar Inverted-F Antenna) [3, 4, 6, 7]. Именно о них речь шла в начале данного экскурса как о популярной альтернативе спиральным вибраторам. Типичный представитель однодиапазонной PIFA схематически показан на рис.6.

Поиск в патентной базе США по ключевому слову "Inverted-F" с помощью сайта <http://www.delphion.com> позволяет выявить более сотни патентов, посвященных улучшениям конструкции PIFA, из которых свыше 90% приходится на последние 5 лет. Столь неравномерное распределение патентов по годам регистрации говорит об ажиотаже в развитии данного типа антенн и их большой востребованности в современной технике мобильной связи. Чем же может быть вызван такой ажиотаж? Дело в том, что PIFA сочетают в се-

бе целый ряд преимуществ, в числе которых более широкая полоса рабочих частот (до 10% от резонансной несущей), сравнительно малые габаритные размеры и многодиапазонность.

Антенны PIFA многодиапазонных мобильных средств в ходе своей эволюции превратились, по сути, в самый сложный антенный комплекс, состоящий из нескольких тесно взаимосвязанных излучателей. Фактически, комбинация различных конструкций антенн в составе единого многополосного антенного модуля стала основным методом в арсенале разработчиков широкополосных средств передачи информации. В сферу таких интеграционных решений оказались вовлечены не только PIFA-подобные и инверсные L-антенны, но и микрополосковые печатные излучатели, а также диэлектрические резонаторные антенны DRA.

Применение DRA, несмотря на их слабую механическую прочность, достаточно перспективно из-за меньших по сравнению с PIFA габаритов, что позволяет устанавливать их в корпусе микросхем трансиверов. Подобные системы на одном чипе (SOC) открывают новые возможности для широкополосной связи и весьма привлекательны в силу их компактности. В целом использование мощных вычислительных средств позволяет разработчикам искать новые антенные решения на базе самых неожиданных и причудливых геометрических форм путем имитационного моделирования, поэтому тривиальные классические схемы в антенной области все чаще становятся уделом истории.

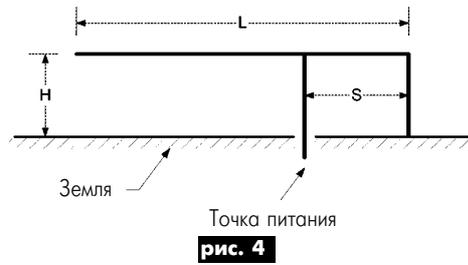


рис. 4

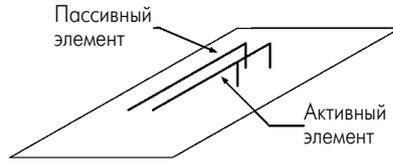


рис. 5

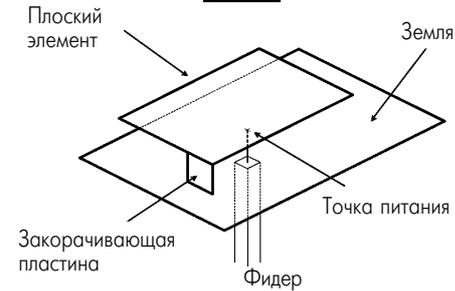


рис. 6

Литература

1. Сайко В.Г., Кужельный К.Б. Антенны мобильных систем связи//Радиоаматор. - 1999. - № 2. - С.60-61.
2. Скорик Е.Т. Конструкции антенн терминалов мобильной связи//Радиоаматор. - 2001. - № 7. - С.52.
3. Kin-Lu Wong. Planar Antennas for Wireless Communications. - New York, Wiley-Interscience. - 2003. - 301 p.
4. Nathan P. Cummings. Low Profile Integrated GPS and Cellular Antenna. - Master Thesis. - Blacksburg, Virginia Polytechnic Institute. - October 31, 2001. - <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-11132001-145613/unrestricted/etd.pdf>.
5. Альтшуллер Г. С. Найти идею: введение в теорию решения изобретательских задач. - Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1986. - 209 с.
6. P. Ciaisi, C. Luxey, A. Diallo, R. Staraj, G. Kossias. Design of Internal Multi-band Antennas for Mobile Phone and WLAN Standards. - Joint COST 273/284 Workshop on Antennas and Related System Aspects in Wireless Communications, June 7-10, 2004. - Chalmers University of Technology Gothenburg, Sweden. - http://www.s2.chalmers.se/cost-workshop/workshop_papers/126.pdf.
7. Andrea Serra. Antenne Per Terminali Mobili. - Universita Degli Studi Di Pisa. - http://www2.ing.unipi.it/~o1443499/Files_Appunti/Antenne_per_terminalino_bili.pdf.