

Проектирование и моделирование антенн для беспроводных сетей

Принцип разнесения по поляризации позволяет создавать недорогие антенны WLAN в виде печатных проводников с хорошими характеристиками приема. В статье описано проектирование и моделирование двух дипольных антенн с ортогональной поляризацией, работающих на частоте 2,4 ГГц, с применением новейших средств объемного электромагнитного (ЭМ) моделирования для расчета поверхностных токов и соответствующих диаграмм направленности в дальней зоне.

Хо-Синг Яп (How-Siang Yap)
how-siang_yap@agilent.com

Барт Ван-Хек (Bart Van-Hecke)
bart_van-hecke@agilent.com

Введение

В отличие от других статей, посвященных этому вопросу, здесь более подробно рассматривается совместное ЭМ-схемотехническое моделирование, позволяющее учесть влияние низкочастотных элементов, ответственных за переключение поляризации антенны. Такой метод дает возможность возбуждать антенны непосредственно от линейного или нелинейного симулятора цепи и обойтись без ручного переноса данных.

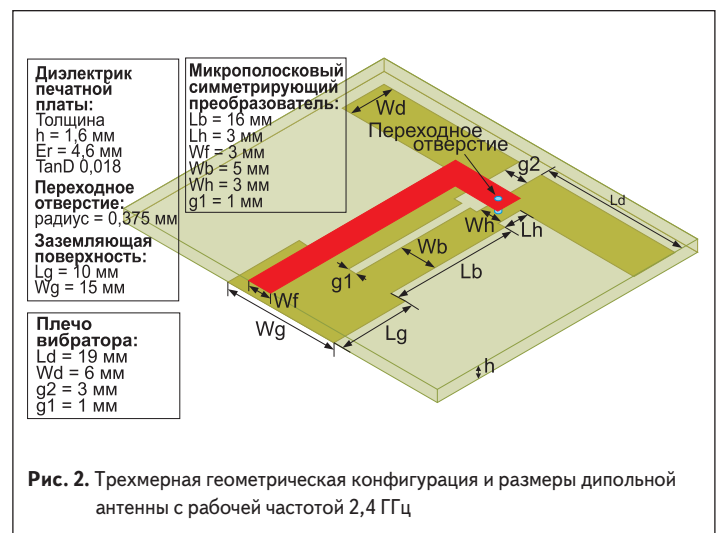
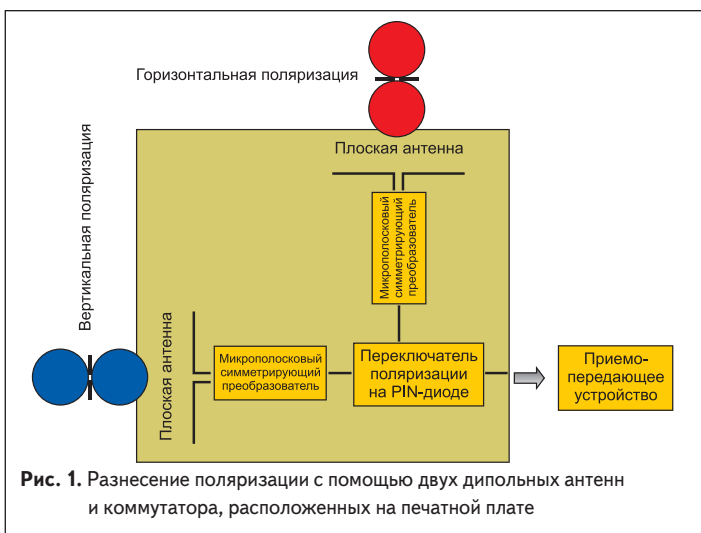
Антенны бытовых беспроводных устройств должны быть небольшими и обладать хорошими характеристиками при достаточно низкой цене. В статье приведен пример конструкции такой антенны, состоящей из двух ортогональных дипольных антенн на печатной плате из стеклотекстолита FR4, для работающих на частоте 2,4 ГГц устройств WLAN. При вертикальной ориентации печатной платы вертикальный и горизонтальный диполи передают и принимают сигналы вертикальной или горизонтальной поляризации соответственно (рис. 1).

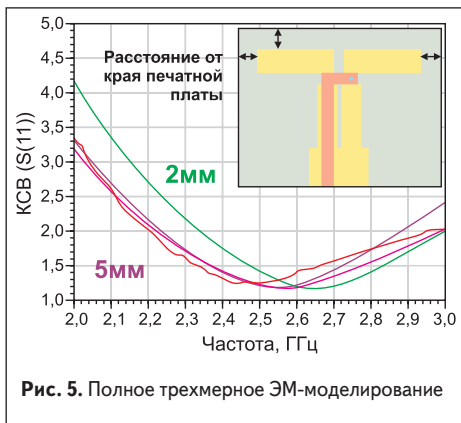
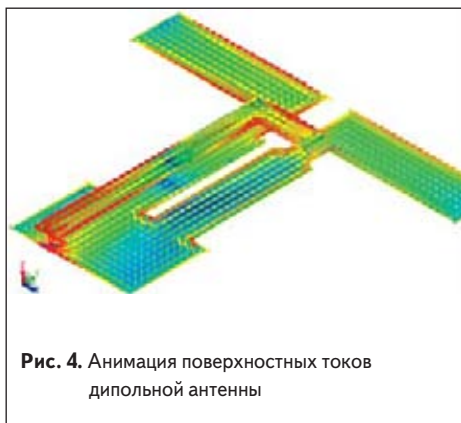
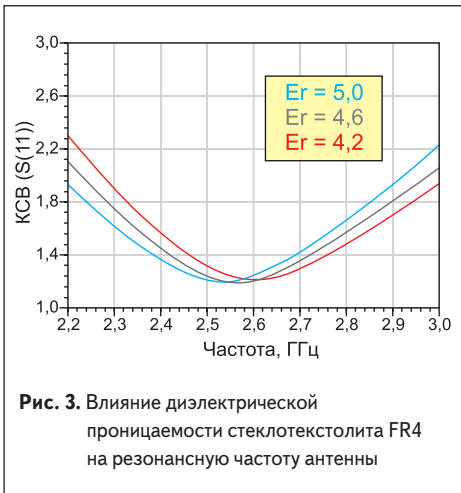
Создав схему, которая обнаруживает и включает антенну с наиболее сильным сигналом,

мы можем использовать принцип разнесения по поляризации для снижения влияния многолучевых отражений и помех в беспроводных сетях WLAN. Подробное обсуждение конструкции и анализ этой антенны можно найти в работе С. Алалуси и Р. Бродерсена [1], поэтому в настоящей статье мы будем рассматривать применение ЭМ-моделирования для быстрой оценки поведения антенны и совместного ЭМ-схемотехнического моделирования для анализа влияния коммутирующих цепей на характеристики антенны.

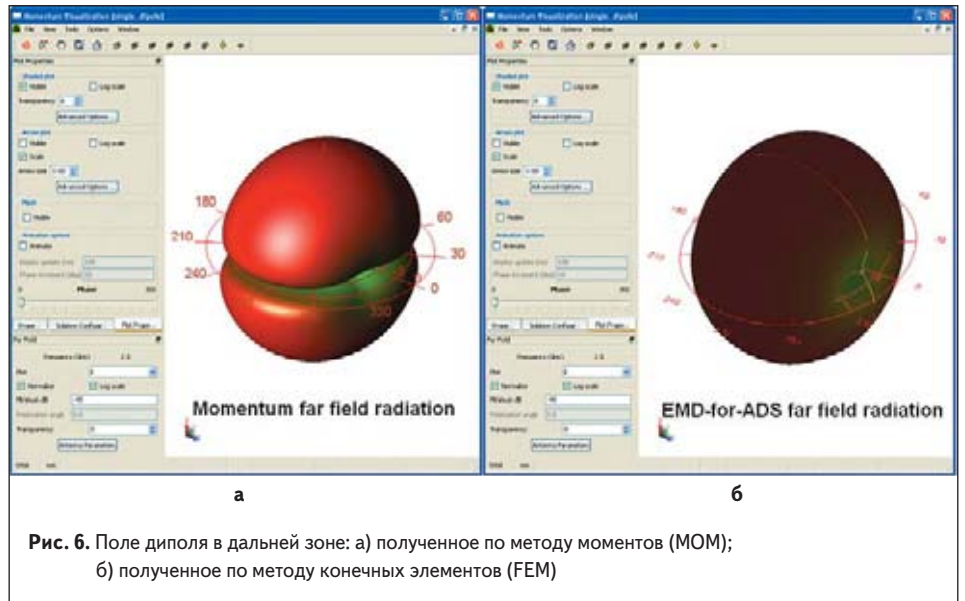
Ускорение анализа антенны с помощью ЭМ-моделирования

Геометрическая конфигурация и размеры дипольной антенны показаны на рис. 2. Конструкция антенны моделировалась при помощи САПР Momentum компании Agilent — решения для планарного трехмерного ЭМ-моделирования, причем полученные результаты точно совпадают с опубликованными прежде данными [1] и получены буквально за минуту на ноутбуке HP xw4400 Intel Dual Core 6600 2,4 ГГц, Win XP 64bit с 2 Гбайт оперативной памяти. Такая скорость моделирова-



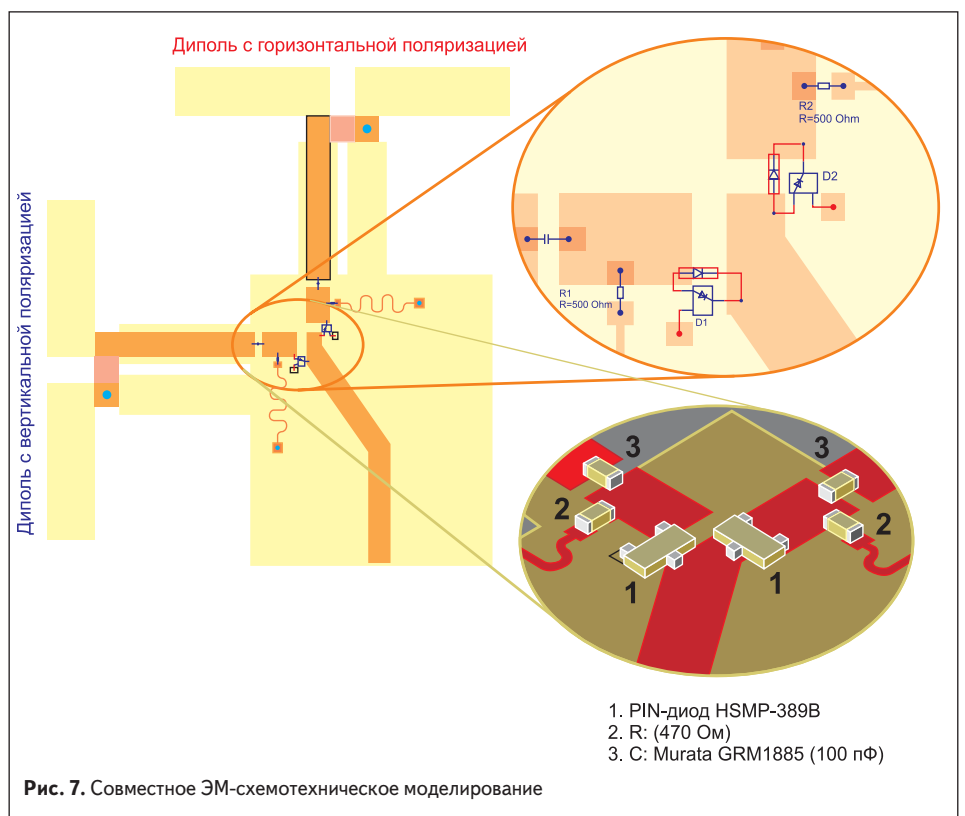


ния позволяет глубже анализировать поведение антенны при изменении ее геометрии или свойств материалов, из которых она изготовлена. На рис. 3 показано влияние диэлектрической проницаемости материала FR4 (при изменении ее в диапазоне от 4,2 до 5,0) на резонансную частоту диполя. Видно, что повышение диэлектрической проницаемости приводит к снижению резонансной частоты, чего и следовало ожидать, поскольку электрическая длина диполя превышает уменьшенную длину волны в подложке с высокой диэлектрической проницаемостью. Такой анализ особенно важен при проектировании недорогих устройств, допускающих разброс электрических параметров. Дополнительную информацию можно получить, рассмотрев влияние изменений геометрии на протекание поверхностных токов антенны, как показано на рис. 4. Диаграмма поверхност-



ных токов полезна для диагностики причин рассогласования или нежелательного взаимодействия, поскольку распределение плотности тока отображается разными оттенками цвета и может анимироваться путем свиворачивания фазы в пределах более 360 градусов. Анимация поверхностных токов дипольной антенны полезна для выявления и устранения точек, в которых возникает паразитная связь с соседними структурами, отражение или резонанс. Это позволяет увидеть и скорректировать токи, наводимые в соседних структурах, или непредвиденные резонансы, возникающие из-за особенностей геометрии. Такой метод значительно точнее и эффективнее, чем многократные повороты платы и настройка с применением традиционных методов подрезки и проверки.

Технология моделирования с применением метода моментов (МОМ), используемая в решении Momentum, основывается на предположении о бесконечной диэлектрической плоскости. В ситуациях, когда нужно учитывать влияние конечных размеров диэлектрика (например, если печатный диполь расположен очень близко к краям печатной платы), можно применять полное трехмерное ЭМ-моделирование по методу конечных элементов (FEM). На рис. 5 показан процесс моделирования в системе электромагнитного проектирования EMDS компании Agilent. Видно, что при перемещении диполя с 5 до 2 мм от края печатной платы наблюдается смещение резонансной частоты почти на 100 МГц.



Расчитанные диаграммы излучения диполя в дальней зоне, полученные в САПР Momentum и EMDS соответственно, представлены на рис. 6.

Поле диполя в дальней зоне, полученное по методу моментов (МOM), не показывает излучения в плоскости печатной платы из-за присущего методу MOM предположения о ее бесконечных размерах. Поскольку EMDS не нуждается в предположении о бесконечном размере диэлектрика, диаграмма излучения в дальней зоне получается точнее, чем по методу моментов, который не показывает излучение в плоскости гипотетической бесконечной печатной платы. Более точный расчет поля в дальней зоне обеспечивает метод конечных элементов (FEM), который демонстрирует более равномерное тороидальное распределение излучаемой мощности, что видно по изменению цветовых оттенков.

Совместное моделирование и оптимизация элементов схемы и антенны

Для максимально эффективного применения метода разнесения по поляризации диполи селективно включаются и отключаются коммутатором на PIN-диоде. При этом необходимо учитывать:

- влияние коммутатора на общие характеристики антенны;
- влияние одного диполя на другой;
- согласование коммутатора с антенной и трансивером.

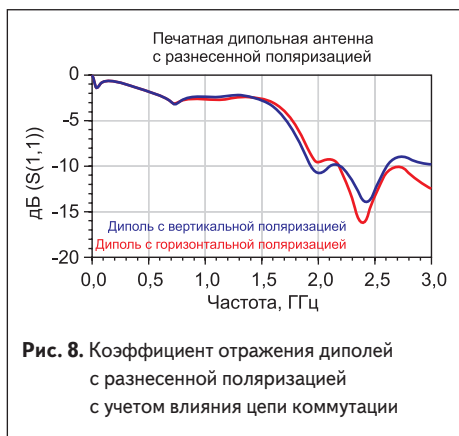


Рис. 8. Коэффициент отражения диполей с разнесенной поляризацией с учетом влияния цепи коммутации

Эти эффекты можно проанализировать путем совместного ЭМ-схемотехнического моделирования при помощи решения Momentum, работающего в составе системы автоматизированного проектирования ADS, что позволяет совместно анализировать и оптимизировать две антенны и цепь коммутации. Такое моделирование можно применять для адаптивного согласования антенны и формирования диаграммы направленности под управлением DSP. На рис. 7 показана схема совместного моделирования двух диполей и цепи коммутации, в которой выбор поляризации выполняется путем подачи управляющего напряжения +5 или -5 В на PIN-диод, расположенный в основании каждого диполя. Коэффициент отражения S11, полученный из общего сигнала двух диполей,

показан на рис. 8. Эти результаты хорошо согласуются с имеющимися экспериментальными данными [1].

Теперь, если нужно оптимизировать резонансную частоту диполя или согласование S11 путем изменения геометрии или параметров цепи коммутации, можно выполнить совместную ЭМ-схемотехническую оптимизацию в ADS. Аналогичные методы можно использовать для расчета адаптивного согласования антенн или систем формирования диаграммы направленности [2] под управлением DSP в программных радиосистемах, где одна антенна должна работать на разных частотах с разными полосами пропускания. Также этот метод полезен при адаптивном переключении конденсаторных матриц для согласования изменяющихся характеристик антенны в сотовом телефоне, работающем на разных расстояниях от абонента [3].

Литература

1. IEEE Transactions On Microwave Theory And Techniques. 2003. Т. 51. № 2.
2. Алалуси С., Бродерсен Р. Интерфейс 4-канальной адаптивной антенной решетки на частоту 60 ГГц на элементах КМОП: http://bwrc.eecs.berkeley.edu/Presentations/Retreats/Winter_Retreat_2005/WednesdayPM/Win05%20Sayf.pdf
3. Модуль адаптивного согласования антенны на основе RF-MEMS // Материалы симпозиума IEEE по радиочастотным интегральным схемам, 2007 г.
4. www.agilent.com/find/eesof.