

Проектирование двухдиапазонной Wi-Fi-антенны при помощи ПО NI AWR и Optenni Lab на основе материалов Premix PREPERM

Якко Юнтунен (Optenni Ltd), Ян Ярвеляйнен (Premix Group), Дерек Линден (NI AWR)

В статье рассматривается проект двухдиапазонной Wi-Fi-антенны для работы в режиме «многоканальный вход – многоканальный выход» (MIMO).

Важной частью проекта является использование продвинутых программных инструментов синтеза, таких как AWR AntSyn и Optenni Lab, позволяющих сократить время получения готовой к производству конструкции антенны вместе с цепями согласования и питания.

Прототип разработанной антенны изготавливается из материалов PREPERM компании Premix для тестирования и сравнения результатов моделирования и измерений.

ВВЕДЕНИЕ

Технология антенн типа «многоканальный вход – многоканальный выход» (MIMO) считается ключевой для обеспечения работы телекоммуникационных систем и устройств нового поколения благодаря возмож-

ности увеличения пропускной способности приёмопередающих трактов за счёт использования нескольких приёмных и передающих антенн и, как следствие, получения преимуществ многолучевого распространения сигнала.



Рис. 1. Структура процесса проектирования антенны в программном обеспечении NI AWR и создания прототипа на основе Premix PREPERM

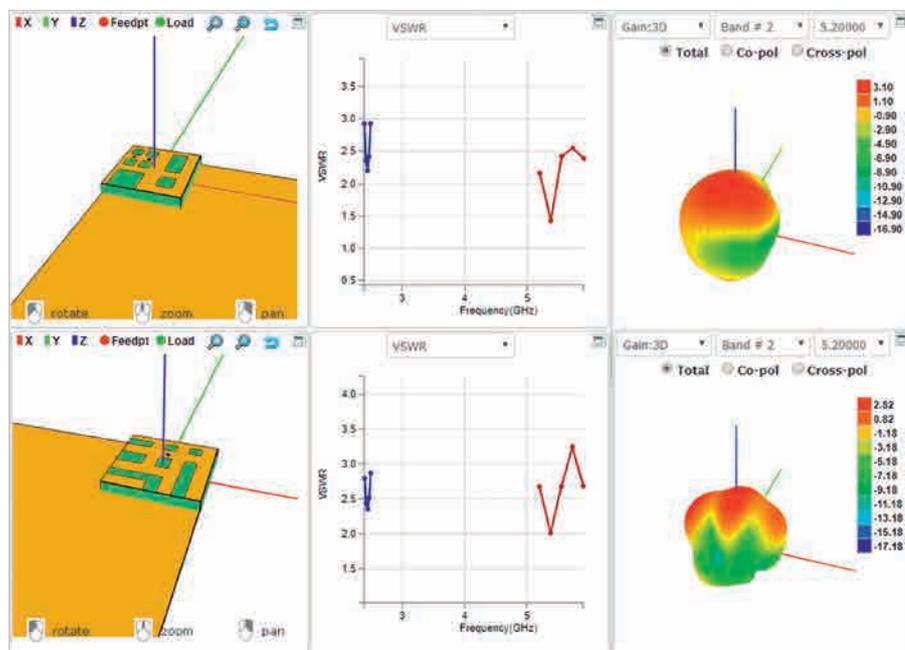


Рис. 2. Антенны были синтезированы в AntSyn согласно заданным спецификациям

В этой статье будет рассмотрен процесс проектирования электрически малой антенны для применения в Wi-Fi-устройствах, основанный на применении современных инструментов проектирования: платформы NI AWR Design Environment, а именно 3D планарного электромагнитного (ЭМ) симулятора AXIEM и уникального инструмента ЭМ-синтеза антенных устройств AntSyn™, и платформы Optenni Lab™ для оптимизации системных параметров проектируемых антенн. Для моделирования и прототипирования антенны были выбраны диэлектрики PREPERM производства компании Premix. Правильный выбор материала – важный этап процесса проектирования (см. рис. 1), определяющий возможность получения низких потерь на высоких частотах.

ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Проект двухдиапазонной Wi-Fi-антенны на 2,4 и 5 ГГц с цепями согласования ориентирован на применение современных материалов и методов, позволяющих спроектировать устройства S- и C-диапазонов с возможностью последующего масштабирования для применения в составе стационарных и мобильных платформ на более высоких частотах, например, в миллиметровом диапазоне. Для антенн был выбран материал PREPERM PPE370 с диэлектрической проницаемостью $\epsilon_r=3,7$; для согласующих цепей – PREPERM 255 ($\epsilon_r=2,55$). Размер платы – 90×50 мм, номинальные частоты проекта – 2,4 ГГц, 5–6 ГГц. Для улучшенной развязки между двумя антеннами была построена специальная схема. Общая эффективность антенны была задана на уровне –2 дБ и более; расчёт эффективности осуществлялся по следующей формуле:

$$\eta = \frac{R_{rad}}{R_{rad} + R_{loss}}$$

где R_{rad} – сопротивление излучения, R_{loss} – сопротивление потерь, учитывающее

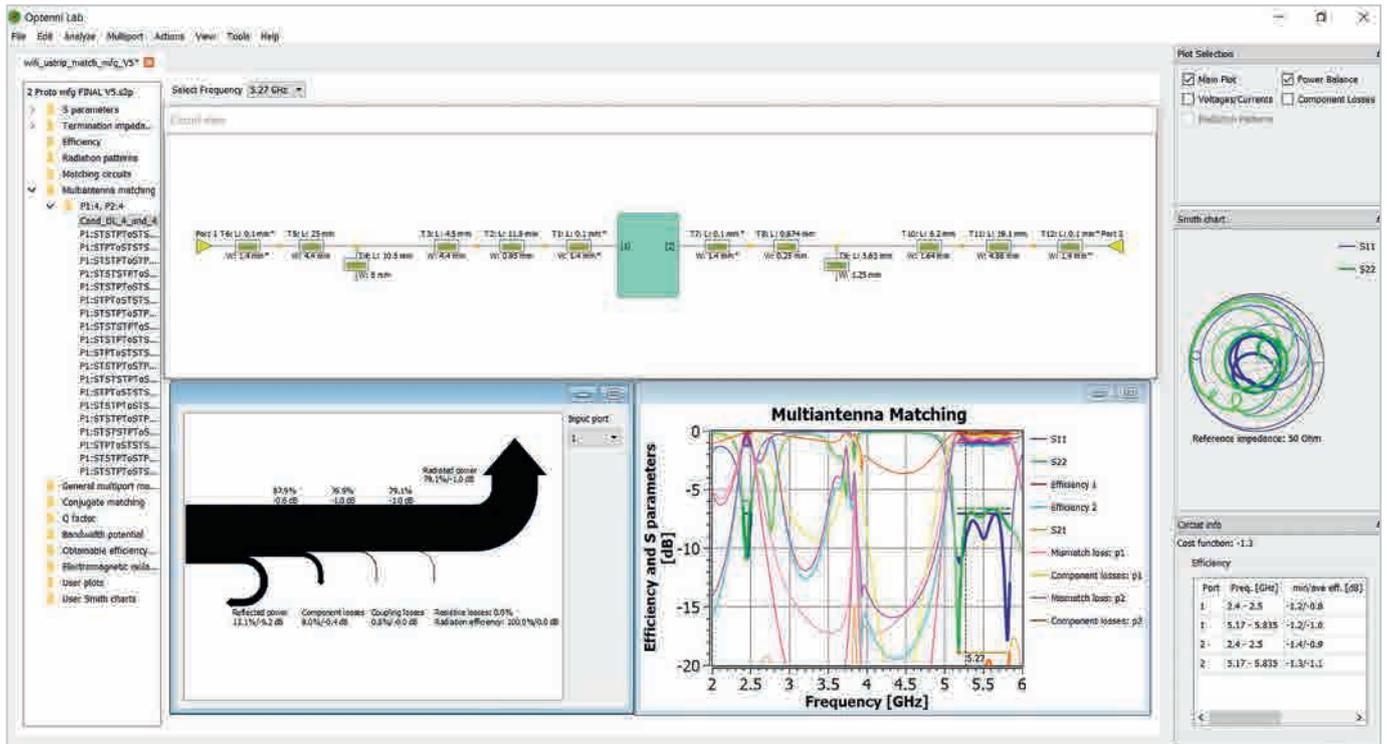


Рис. 3. Optenni Lab синтезирует множество различных конструкций микрополосковых согласующих линий, оптимизирующих параметры антенны (в проекте были использованы предложенные программным обеспечением варианты цепей)

потери в самой антенне и её согласующей цепи.

Базовый проект (см. рис. 2) был создан при помощи AntSyn, уникальный функционал которого позволяет синтезировать геометрии антенн на основе заданных спецификаций.

Необходимость оптимизации параметров антенны в двух диапазонах не только усложняет работу алгоритмов, но и значительно увеличивает время симуляции. Тем не менее, несмотря на то, что оптимизировать однодиапазонную антенну с лучшими характеристиками в одной полосе и меньшими размерами было бы несколько проще, заданное ограничение по размерам платы не позволило бы разместить 4 однодиапазонные антенны (по 2 антенны на каждую полосу). Помимо этого, использование нескольких однополосных антенн означало бы включение в итоговую конструкцию диплексеров, что, в свою очередь, увеличило бы потери, размер антенны, общую сложность конструкции, а также эффекты взаимного влияния, что негативно сказалось бы на работе антенны в режиме ММО.

Для исследования всех возможных комбинаций характеристик антенны и поиска оптимальных значений физических размеров и ВЧ-параметров антенны AntSyn запускался около 10

раз с различными входными данными. Большая часть запусков была необходима разработчику для нахождения компромисса между размером и выходными характеристиками антенны. AntSyn использует специализированные продвинутое генетические алгоритмы оптимизации для последовательного поиска наилучшего решения поставленной задачи со множеством варьируемых параметров, при этом для каждого их набора производится полноценный 3D электромагнитный анализ. (Примечание: на момент написания этой статьи в AntSyn реализована возможность оптимизировать не только отдельные элементы, как было во время создания этого проекта, но и многопортовые антенные конструкции с учётом взаимного влияния элементов). Результаты, полученные сразу по окончании процесса синтеза в AntSyn, были почти достаточны для завершения работы над проектом, однако особенности применяемой подложки требовали некоторых изменений и дополнительной верификации.

Синтезированная конструкция была экспортирована в Microwave Office и промоделирована при помощи планарного 2.5D ЭМ-симулятора на основе метода моментов AXIEM. Согласующая схема (см. рис. 3) была спроектирована при помощи Optenni Lab и

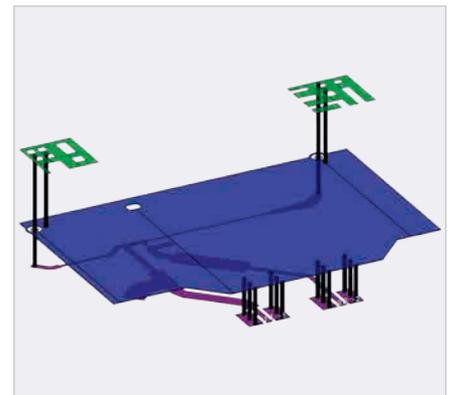


Рис. 4. Конструкция антенны (зелёные элементы) и цепей согласования и питания в AXIEM

подстроена на основе ЭМ-анализа в AXIEM.

Авторы проекта приняли решение разместить согласующие схемы на обратной стороне платы, поэтому добавление поддерживающего слоя нарушило согласование антенн. При помощи ещё одного запуска Optenni Lab согласующие цепи были синтезированы и подстроены заново, а их характеристики были верифицированы в AXIEM (см. рис. 4).

В схему была добавлена дополнительная цепь для улучшения развязки на 2,4 ГГц, что несколько усложнило структуру цепи питания. Тем не менее, высокий уровень развязки был одним из ключевых требова-



Рис. 5. Векторный анализатор Anritsu ShockLine™ MS46322B

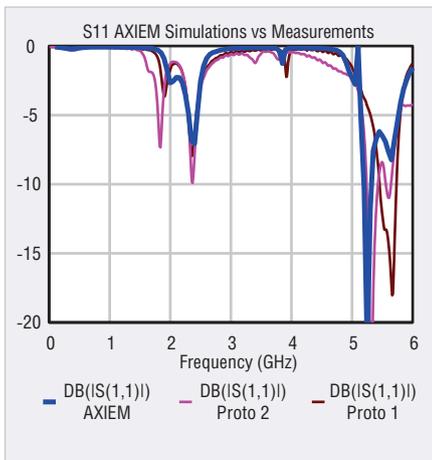


Рис. 6. Сравнение результатов моделирования и измерений возвратных потерь

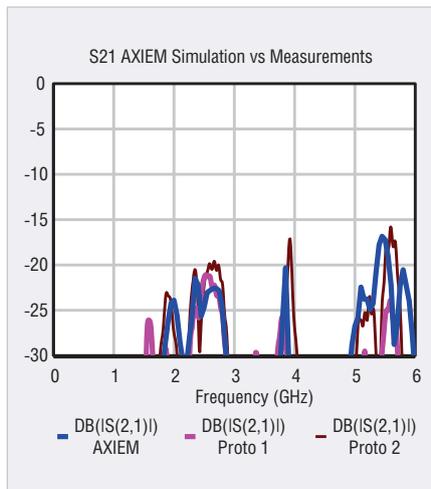


Рис. 7. Сравнение результатов моделирования и измерений вносимых потерь (Получение хорошей развязки – одно из основных требований к проекту)

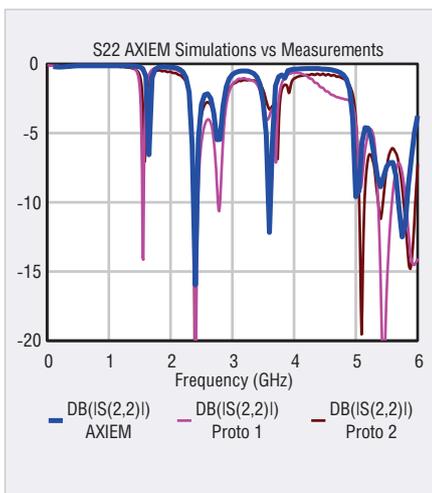


Рис. 8. Сравнение результатов моделирования и измерений коэффициента отражения по выходу

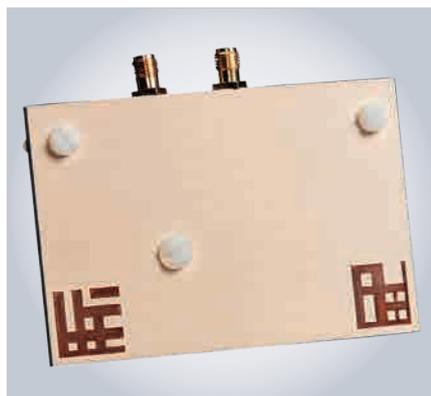


Рис. 9. Фотография изготовленного прототипа двухдиапазонной Wi-Fi-антенны

ний к проекту, поэтому схема была протестирована для работы на частотах до 6 ГГц. Возвратные потери на соответствующих портах составили 20 дБ (КСВН 1,22:1) при коэффици-

енте развязки в 16 дБ и более. Такие результаты были приняты как более чем удовлетворительные. Коэффициенты усиления антенн в диапазоне 2,5–5,0 дБ также были приняты как

реализуемые. Диаграмма направленности – всенаправленная, как показано на рисунке 2.

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИЗМЕРЕНИЙ

Для верификации результатов моделирования были изготовлены 2 прототипа. Листы PREPERM 255 и PREPERM PPE370 были сначала металлизированы с обеих сторон слоем меди толщиной 18 мкм, после чего разделены на отдельные платы нужных размеров, на которых были вытравлены антенны и согласующие цепи. На конечном этапе производства платы PREPERM 255 и PREPERM PPE370 были объединены. Измерения прототипов выполнялись на векторном анализаторе Anritsu ShockLine™ MS46322B (см. рис. 5).

Результаты измерений хорошо согласуются с результатами моделирования в ЭМ-симуляторе AXIEM. Помимо этого, измерения дополнительно подтвердили характеристики материалов PREPERM. На рисунках 6, 7 и 8 представлены результаты измерений в сравнении с данными ЭМ-анализа проекта на частотах до 6 ГГц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Используя программное обеспечение NI AWR и Optenni Lab, а также диэлектрические материалы PREPERM, авторы статьи смогли спроектировать, промоделировать, изготовить и протестировать сложную двухдиапазонную Wi-Fi-антенну для работы в режиме MIMO (фотография изготовленного прототипа представлена на рисунке 9).

Итоговое решение обеспечило эффективность более –2 дБ с развязкой между антеннами более 20 дБ на всех частотах диапазонов 2,4 ГГц и 5 ГГц (за исключением одного из образцов, развязка которого уменьшилась до 17 дБ на частоте 5,6 ГГц).

Материалы PREPERM показали свои отличные характеристики, включая постоянную диэлектрическую проницаемость и сверхмалый уровень потерь (тангенс угла потерь на частоте 2,4 ГГц составил 0,0009 для обоих использованных материалов), при этом постоянность их характеристик сохраняется и на более высоких частотах, поэтому представленный в этой статье пример можно масштабировать для применения в миллиметровом диапазоне – например, в устройствах сетей 5G.



НОВОСТИ МИРА

KEYSIGHT ЗАПУСКАЕТ ПРОГРАММУ АВТОМОБИЛЬНОЙ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ

Компания Keysight Technologies, Inc. анонсировала новую программу автомобильной кибербезопасности. Данная программа позволяет гарантировать высокий уровень безопасности транспортных средств при помощи проактивной защиты от кибератак в течение всего процесса исследований, разработок и изготовления, а также в послепродажный период.

Программа автомобильной кибербезопасности Keysight состоит из комплекса программно-аппаратных средств и сервисов, необходимых производителям автомобилей и предприятиям-поставщикам комплектующих для обеспечения безопасности автомобилей для оперативного реагирования на масштаб и сложность стремительно меняющихся технологий, ускорения срока внедрения инноваций и обеспечения кибербезопасности внутренней деятельности автопроизводителей.

Keysight признаёт, что автомобильная безопасность должна быть частью разработки продукта с самого начала и на всём протяжении цикла производства, а также в послепродажный период. Для решения дан-

ной задачи Keysight предлагает комплексное решение, включающее в себя:

- аппаратные средства, подключаемые к тестируемому устройству посредством всех соответствующих интерфейсов, например, Wi-Fi, сотовая связь, Bluetooth, USB, CAN и автомобильная ЛС;
- программное обеспечение, моделирующее атаки, отчёты по уязвимостям (и степени опасности) и предлагающее рекомендуемые корректировки;
- регрессивное тестирование, адаптированное под конкретное тестируемое устройство, упрощающее и ускоряющее проверку корректировок;
- управление тестированием на уровне предприятия, в том числе полная интеграция с широко используемыми корпоративными платформами головного изготовителя и предприятий-поставщиков.

Для обеспечения проактивной защиты Keysight также предлагает услугу подписки на постоянно дорабатываемую базу данных по угрозам безопасности. Данная подписка обеспечивает частые обновления данных по последним попыткам несанкционированного доступа, тактике уклонения и приме-

рам действующего вредоносного ПО. Данная услуга также включает в себя частые выпуски протоколов приложений, а также постоянные обновления и доработки ПО.

Программа автомобильной кибербезопасности Keysight позволяет производителям автомобилей и их поставщикам:

- внедрять и обеспечивать выполнение стандартов безопасности на корпоративном уровне;
- вводить на корпоративном уровне методику тестирования для сертификации и аудита поставщиков;
- добиваться воспроизводимости за счёт активного регрессивного тестирования и документирования рабочего процесса и результатов;
- выявлять потенциальные уязвимости, начиная от физического уровня и заканчивая прикладным, в том числе в беспроводных и проводных соединениях;
- быстро проверять и внедрять корректировки ПО;
- пережывать намерения злоумышленников, оценивая риски для безопасности перед возможными атаками.

Пресс-служба Keysight Technologies



Акционерное общество

ЭРКОН

Научно-производственное объединение

Разработка и производство постоянных непроволочных резисторов, СВЧ резисторов, поглотителей и чип-индуктивностей.

- Современная производственная база
- Высокое качество
- Индивидуальный подход к потребителю

603104, г. Нижний Новгород, ул. Нартова, д.6.
тел. (831)202-24-34 (многоканальный)
(831)202-25-52 отдел продаж (многоканальный),
www.erkon-nn.ru,
e-mail: info@erkon-nn.com

