

КАК ПРАВИЛЬНО ВЫБРАТЬ АНТЕННУ?

НИКОЛАЙ ЦАУЛИН, vse-chitau@mail.ru

Выбор подходящей антенны — не такая простая задача, как может показаться на первый взгляд. Часто этот вопрос возникает только в конце проектирования. Зачастую разработчики выбирают антенну по коэффициенту усиления, без тщательного анализа параметров, полагаясь на интуицию или собственный вкус. Данная статья поможет избежать ошибок, которые часто возникают при выборе антенны.

ПОЛУВОЛНОВЫЕ И ЧЕТВЕРТЬВОЛНОВЫЕ АНТЕННЫ

Для повышения скорости передачи уже несколько лет используется принцип разделения сигнала на потоки. Это позволяет существенно повысить скорость передачи. Для передачи по одному каналу применяются стандартные полуволновые или четвертьволновые антенны. В полуволновой антенне, которую часто называют «диполь», максимальный ток наблюдается в центральной точке, а максимальное напряжение — на концах (см. рис. 1). Фидер подключают к центральной точке. В этом месте антенна имеет наименьший импеданс.

Простая четвертьволновая антенна по определению представляет собой половину диполя и состоит из вертикального штыря, длина которого обычно несколько меньше четверти длины рабочей волны, излучаемой передатчиком, и противовеса. Он выполняется из нескольких горизонтально расположенных четвертьволновых лучей, соединенных с оболочкой коаксиального кабеля, по которому от передатчика подается высокочастотная энергия. Для согласования антенны с кабелем необходимо использовать дополнительные элементы: катушки индуктивности, конденсаторы или отрезки кабеля с определенными параметрами.

Максимальный ток наблюдается в самой нижней точке антенны, максимальное напряжение — на конце. Вторая половина полуволновой антенны «отражается» в системе заземления. Основная зона охвата ширококонтурной станции «обслуживается» поверхностной (земной) волной. Для того чтобы волна распространялась вблизи земной поверхности, она должна иметь вертикальную поляризацию, т.е. вектор электрического поля излучения должен быть вертикальным, и, следовательно, необходима вертикальная антенна. В действительности достаточно иметь антенну лишь половинной высоты, причиной тому является ее зеркальный заряд. Когда электромагнитное поле встречает на своем пути проводящую плоскость, оно зеркально отражается от нее. Поэтому электромагнитное поле, создаваемое

над проводящей плоскостью некоторой системой токов и зарядов, оказывается идентичным полю, которое существовало бы, если бы вместо проводящей плоскости имелась зеркально отраженная система токов и зарядов, т.е. просто зеркальное отображение реальной системы в данной плоскости. Таким образом, поле над плоскостью — это поле вертикального полуволнового симметричного вибратора (см. рис. 2).

Основной характеристикой антенны является диаграмма направленности. В большинстве портативных устройств применяются ненаправленные антенны, излучающие одинаково по всем направлениям, хотя они имеют более низкий коэффициент усиления. При выборе антенны следует обратить внимание на частоту, полосу пропускания, диаграмму направленности и размер.

КОНФИГУРАЦИЯ

Современные антенны могут быть изготовлены в виде чипа, детали корпуса или напыления на пластиковых частях устройства (см. рис. 3). Антенна может быть выполнена в виде небольшой дополнительной печатной платы, которая крепится к основной. Методы изготовления также различаются, от изготовления вручную до лазерного вырезания. Таким образом, выбор антенны не ограничивается анализом электрических и частотных параметров. Один из определяющих факторов — физический размер. На частотах Wi-Fi 2,4 ГГц и 5 ГГц четвертьволновая антенна имеет малый размер 1,2". Для LTE длина антенны составляет уже 4,25", поскольку нижняя граница частот равна 694 МГц, т.е. длина волны равна 17".

Согласование импеданса, топология печатной платы, материал корпуса, близлежащие металлические элементы и т.д. — все влияет на качество приема. Для антенн, встроенных в плату, важным фактором является геометрия полигона земли, поскольку от нее зависит импеданс антенны. В соответствии с размером и формой полигона земли подбирается длина антенны. Второе требование заключается в том, что под антенной не должны проходить соединительные проводники и шины земли. Печатная антенна стоит недорого, однако ее характеристики во многом зависят от производственных допусков материала печатной платы и линий связи. Характеристики антенн поверхностного монтажа более повторяемы. Независимо от типа антенны необходимо обеспечивать согласование ее импеданса и линии.

ЗАЗЕМЛЕНИЕ

Для полуволновых антенн не требуется дополнительный полигон земли, поэтому их можно подсоединять к пластиковому корпусу точки доступа без потери качества. Однако если то же самое сде-

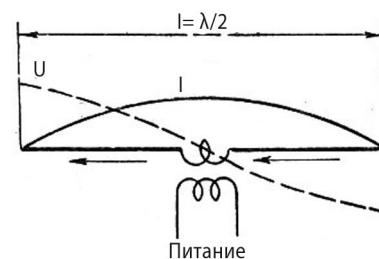


Рис. 1. Распределение тока и напряжения по полуволновой антенне

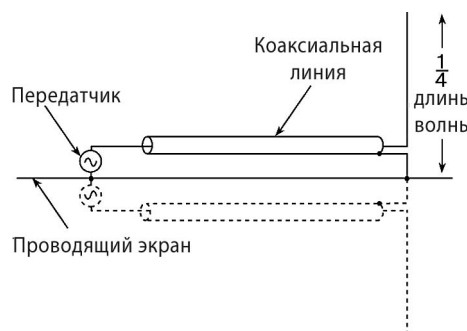


Рис. 2. Четвертьволновая антенна

лать с четвертьволновой антенной, ее характеристики будут хуже ожидаемых. Для этого типа антенн заземление необходимо, иначе по всем металлическим элементам вблизи антенны потечет ток.

Если бы в проекте было предусмотрено заранее, что будет использоваться четвертьволновая антенна, то можно было бы нанести слой металлизации на корпус для заземления, либо изготовить печатную плату так, чтобы она могла выступать в качестве «земли» без негативных последствий, как это обычно делается в сотовых телефонах. Неправильное заземление — одна из наиболее распространенных ошибок.

МІМО

При использовании нескольких антенн фундаментальные принципы сохраняются. Рассмотрим антенну 3x3 Wi-Fi 2,4 ГГц. В ней имеются три отдельных антенных элемента, каждый со своим фидером. Каждый элемент — четвертьволновая антенна, которую необходимо заземлить.

Для антенн МІМО есть такой параметр как коэффициент корреляции (Correlation Coefficient). Это число от 0 до 1, характеризующее степень независимости элементов. При $K = 1$ антенна работает как одиночная, улучшений по скорости передачи не будет. Значение $K = 0$ говорит о хорошей изолированности антенн и максимальном увеличении скорости передачи. Достаточно обеспечить $K \leq 0,5$. Коэффициент корреляции зависит от многих элементов, в т.ч. расстояния между элементами. Минимально допустимое расстояние 0,3 от длины волны, при котором $K = 0,5$.

Возвращаясь к нашему примеру 3x3 Wi-Fi. На частоте 2,4 ГГц для получения $K = 0,5$, необходимо развести элементы на 1,45" ($\approx 3,7$ см). Учитывая расстояние, которое требуется для заземления, 1,2" для каждого элемента, получаем, что антенны должны отстоять на $1,45 + 1,2 + 1,2 = 3,85$ ". Это легко обеспечить, и корпус для антенны с тремя элементами будет не слишком большого размера.

Теперь рассмотрим 3x3 LTE. Для частоты 694 МГц значение $K = 0,5$ достигается при удалении элементов на 5,1". Прибавляя к нему четверть волны на заземление, получаем $5,1 + 4,25 + 4,25 = 13,6$ " ($\approx 34,5$ см). Это уже не так легко обеспечить в мобильном устройстве.

В технологии МІМО используется то, что сигналы от нескольких передающих антенн имеют несколько разные характеристики и приходят на приемную антенну с несовпадающими задержками с разных направлений. Здесь помогает эффект, который долгое время мешал разработчикам — отражение и многолучевость.

Передатчики разделяют сигнал на потоки, каждый из которых транслируется отдельной антенной с установленной задержкой. В приемнике потоки данных цифровыми методами соединяются, восстанавливается исходный сигнал. Иногда применяется более сложное разделение сигнала с применением различных типов поляризации.

В смартфонах наиболее распространены следующие конфигурации МІМО: рамочные антенны из композита, кубические антенные элементы и тонкопленочные планарные F-образные антенны. Их настройка — задача не из легких.

Для системы с несколькими антенными элементами самая большая проблема заключается в том, чтобы заставить элементы работать независимо. Расстояние между ними настолько мало, что они работают как одна антенна. Для изоляции применяются такие приемы как изменение фазы или балансировка.

ПОЛЯРИЗАЦИЯ

Поляризацию сигнала следует выбирать исходя из свойств среды передачи. Невыполнение этого требования является типичной ошибкой.

Уже давно известно, что сильнее всего отражаются сигналы с вертикальной поляризацией, поскольку большинство препятствий — вертикальные. Сигналы с несколькими типами поляризации удобнее применять внутри помещения,



Рис. 3. Пример чип-антенн

поскольку большинство поверхностей неметаллические и невертикальные, поляризация не нарушается. Кроме того, расстояния не такие большие, чтобы поляризация сигнала успела измениться. Помимо этого может применяться пространственное разделение, когда передающие антенны располагаются в разных местах и установлены под разными углами. Сигналы поступают на приемник в разные моменты времени, поэтому можно повысить скорость передачи.

Технология МІМО обеспечивает хороший выигрыш в скорости передачи. Однако нерешенными остается множество проблем. Не стоит сомневаться, что в будущем они будут устранены. Тогда можно будет использовать еще больше антенных элементов, повышая в разы скорость передачи. В настоящее время массово выпускаются точки доступа с 6 антеннами, а в портативных устройствах данные разделяются на 2—3 потока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bursky D. Antenna Selection Depends on Many Factors//www.digikey.com.
2. Jerry C. Posluszny. Avoiding Pitfalls When Selecting MIMO Antennas//High Frequency Electronics, декабрь, 2011.

**ОАО
“НИИЭМ”**

ОТДЕЛЕНИЕ ДАТЧИКОВ ТОКА

Разработка и производство:

датчики тока
от 10мА до 30кА

датчики напряжения
от 100мВ до 1000В

датчики мощности
на 20кВт и 200кВт

клещи токовые
от 20А до 5кА

Гибкие цены, минимальные сроки изготовления.

Основная часть продукции внесена в
Госреестр средств измерений РФ

143502, Московская обл., г. Истра,
ул. Панфилова, д. 11, ОАО “НИИЭМ”

тел.:(495)994-51-88; ф.:(499)254-53-75;
email: sensor@niiem46.ru; www.niiem46.ru