

СОГЛАСОВАНИЕ ЧИП-АНТЕНН НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ

ИГНАТ БАЛАКИРЕВ, инженер

В статье детально описана процедура согласования антенны с компонентами схемы.

Антенны являются особым типом компонентов, поскольку их поведение в конечном устройстве отличается от наблюдаемого в лаборатории на прототипе. Этот эффект вызван влиянием расположенных на печатной плате (ПП) компонентов и материалов, которые поглощают или отражают сигнал. Именно поэтому возникают сложности при проектировании нательных беспроводных устройств для спорта или медицинского контроля – человеческое тело поглощает сигналы.

Также сложно встраивать антенны в устройства с металлическим корпусом, поскольку он экранирует сигналы. Приемники должны улавливать отраженный сигнал, имеющий значительно меньшую мощность.

Таким образом, антенна ведет себя по-разному в свободном пространстве, в тестовых условиях и в конечном устройстве. Установленную на плату антенну необходимо согласовать с другими радиочастотными компонентами, чтобы она излучала в заданном частотном диапазоне и обеспечивала требуемые характеристики. Процесс согласования является одной из наиболее сложных стадий проектирования.

ЗАЗЕМЛЯЮЩИЙ СЛОЙ

Большинство встроенных антенн отражают сигнал от заземляющего слоя (явление взаимности). Соответственно, этот слой должен иметь определенную длину, чтобы антенна работала правильно. Размер и расположение антенны выбираются на начальных стадиях проектирования. Хотя некоторым из этих устройств не требуется заземляющий слой, он является одним из ключевых аспектов при выборе встраиваемой антенны.

Для антенн, характеристики которых определяются полигоном земли, печатная плата выступает в роли заземления. Поскольку нижние слои печатной платы могут повлиять на характеристики антенны, не следует устанавливать аккумулятор или ЖКИ рядом с антенной.

Размер заземляющего слоя должен быть достаточным для разводки платы,

обеспечив место для подключения проводов и аккумулятора так, чтобы они минимально влияли на антенну.

КПД АНТЕННЫ

Эффективность работы антенны характеризуется ее КПД. Расположенные поблизости объекты меняют электромагнитное поле излучения антенны. Эффективность показывает, насколько антенна согласована, т.е. какую часть энергии она излучает по отношению к энергии, поступающей от передатчика.

КОЭФФИЦИЕНТ СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ ПО НАПРЯЖЕНИЮ

Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) характеризует обратные потери, т.е. количество энергии, которое прошло по линиям передачи или отражено от них. Оба этих эффекта приводят к снижению качества передачи.

Если КСВН достаточно мал (в диапазоне 2:1–3:1), он компенсирует низкую

эффективность антенны, поскольку при небольшом КСВН антенна получает больше мощности, чем требуется. При КСВН меньше 2 антенна хорошо согласована.

ЛИНИЯ ПЕРЕДАЧИ

Линия передачи представляет собой медную дорожку, по которой сигналы направляются в сторону антенны и от нее. Если линия передачи выполнена неправильно, у нее может оказаться большим сопротивление. Потери сигнала в таком случае достигают 50%. Сигнал уходит на землю вместо антенны.

Значение импеданса линии передачи, ведущей к антенне, равно 50 Ом. Остальные элементы схемы должны иметь этот же импеданс. В идеальном случае линия передачи передает 100% мощности в антенну, однако на практике это не достигается из-за потерь в материалах, на изгибах и из-за отражений, вызванных рассогласованием импедансов. Для минимизации КСВН необходимо рассчитать оптимальные

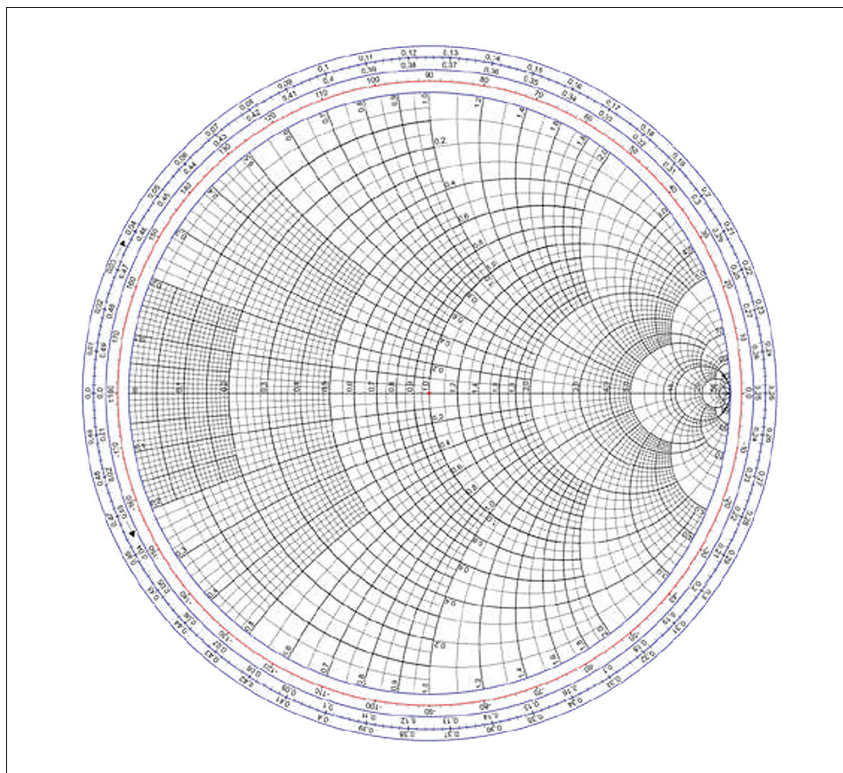


Рис. 1. Пример диаграммы Вольперта

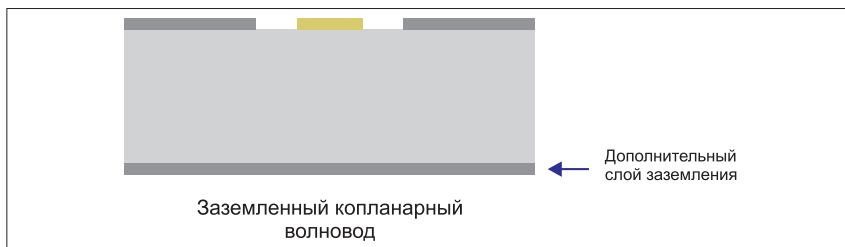


Рис. 2. Поперечное сечение заземленного копланарного волновода

параметры линии передачи и печатной платы.

Прежде импеданс антенны рассчитывали по круговым диаграммам Вольперта, на которых приведено соответствие между импедансом и частотой (см. рис. 1). В центре круга согласование идеально, по внешней окружности коэффициент отражения максимален, т.е. абсолютно вся энергия возвращается обратно в источник.

В настоящее время используются компьютерные программы, имеющиеся в интернете в открытом доступе. Они осуществляют расчет на основе толщины ПП, толщины медной металлизации, диэлектрической проницаемости материала ПП. Толщина и диэлектрическая проницаемость платы играют ключевую роль в ограничении обратных потерь. Заметим, что ПП должна быть изготовлена из того же материала, который был принят в расчете, иначе несоответствия параметров приведут к потерям.

СОГЛАСОВАНИЕ АНТЕННЫ

Согласованием антенны называется процесс, в результате которого импеданс антенны приводится в соответствие с импедансами других РЧ-компонентов на плате.

Задача заключается в обеспечении импеданса, максимально близкого к 50 Ом. Следует иметь в виду, что при возникновении интерференции от расположенных поблизости компонентов частота работы антенны может быть изменена.

Для этого добавляют согласующую схему из трех компонентов (конденсаторов и индуктивностей) для антенны с одним диапазоном и из большего количества — для многодиапазонных антенн. Такая схема особенно актуальна для портативных и нательных устройств, работающих в сложных условиях.

Встроенную антенну на ПП можно изготовить на заземленных копланарных волноводах. В этом случае не требуется соединять компоненты на обратной стороне ПП через сквозные отверстия. Это большое преимущество, поскольку из-за них увеличивается индуктивность. В итоге согласование теряется.

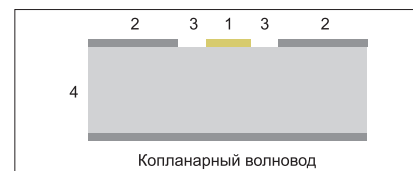


Рис. 3. Основные параметры копланарных волнопроводов: 1 — проводящая линия; 2 — окружающие участки заземления; 3 — изолирующие зазоры; 4 — слой диэлектрика

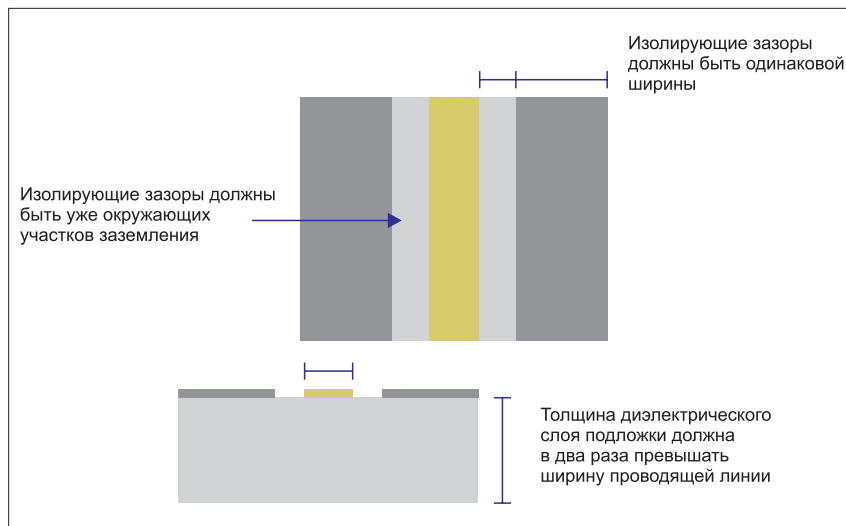


Рис. 4. Топология копланарного волновода

Метод копланарных волнопроводов является удобным способом расчета линий передачи для встроенной антенны. Этот метод позволяет определить оптимальную высоту антенны над землей, чтобы обеспечивался импеданс 50 Ом.

Копланарные волнопроводы имеют конфигурацию земля–сигнал–земля на верхнем слое (см. рис. 2). Кроме того, сигнал изолирован дополнительным слоем заземления. Такая конфигурация хорошо зарекомендовала себя при работе на высоких частотах. Она обеспечивает достаточную защиту от интерференции, а также позволяет подобрать наиболее удобные габариты и форму линии передачи. Имеются, по крайней мере, четыре параметра, которые можно варьировать (см. рис. 3): проводящая линия; окружающие участки заземления; изолирующие зазоры; слой диэлектрика.

Чем длиннее линия передачи, тем больше сигналы подвержены интерференции. Необходимо, чтобы длина линии не превышала 10% от длины волны, особенно при работе с высокочастотными сигналами.

Ширина изолирующего зазора должна быть одинаковой по всей длине линии, поскольку этот параметр влияет на характеристический импеданс. Кроме того, зазор должен быть уже окружающих областей заземления, чтобы не ухудшились

характеристики. Наконец, толщина диэлектрической подложки должна в два раза превышать ширину проводящей линии (см. рис. 4).

Копланарные волнопроводы имеют следующие преимущества:

- меньше отражений, поскольку проводники изолированы;
- возможность работы на ВЧ, в т.ч. 5G;
- изменение импеданса за счет изменения ширины изолирующих зазоров и области заземления;
- потери в меньшей мере зависят от материала ПП.

В случаях, когда вероятно появление интерференции, копланарные волнопроводы являются хорошим выбором. Кроме того, они используются в устройствах, в отношении которых важна не стоимость, а компактный размер. Для более крупных устройств следует отдавать предпочтение коаксиальным кабелям, поскольку их стоимость и потери меньше, они просты в использовании и защищены от интерференции. Поскольку в компактных устройствах приходится располагать компоненты близко к антенне, ее следует правильно согласовать.

В готовом устройстве рекомендуется немного изменить параметры, влияющие на согласование антенны, и изменить излучаемую мощность, чтобы проверить на практике, является ли оптимальным излучение антенны. ◻