

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Харьковский национальный университет радиоэлектроники

**ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ
СОВМЕСТИМОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ
БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ
(ЭМС – 2015)**

Сборник научных трудов первой международной
научно-технической конференции

Харьков 27 мая 2015 г.

Харьков 2015

УДК 621.37/.39

Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей связи (ЭМС-2015) : Сборник научных трудов первой международной научно-технической конференции, Харьков 27 мая 2015 г. / М-во образования и науки Украины, Харьковский национальный университет радиоэлектроники. – Харьков: ХНУРЭ, 2015. – 172 с.

В сборник включены научные доклады участников первой Международной научно-технической конференции «Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей связи» (ЭМС-2015).

Издание подготовлено кафедрой телекоммуникационных систем
<http://tcs.kharkov.ua/>

61166, Украина, Харьков, просп. Ленина, 14.
Тел./факс: +380 (57) 702-13-20,
+380 (57) 702-55-92.

E-mail: emc@picst.org
<http://emc-2015-ru.weebly.com/>

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ КОМПОНЕНТОВ РАДИО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ГИБКИХ КОММУТАЦИОННЫХ СТРУКТУР

Невлюдова В.В., Жарикова И.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. ТАПР, тел. (057) 702-14-86,

E-mail: tapr@kture.kharkov.ua, факс. (057) 702-14-86

The analysis of design requirements for the radio-technical systems components on the basis of flexible printed circuit boards taking into account their electromagnetic compatibility is performed in the article. The basic parasite parameters of multi-layered printed circuit boards are considered and the recommendations on their diminishing are formulated. Also the information of mechanical actions influence on the electromagnetic compatibility of radio-technical modules is presented.

ВВЕДЕНИЕ

Надежность электронной аппаратуры во многом обеспечивается конструктивно-технологическими решениями. Повышение плотности размещения элементов соединений на единицу площади печатных плат (ПП), увеличение их абсолютного числа и уменьшение размеров усложняют задачу обеспечения надежности.

Актуальным направлением является разработка модулей радиотехнических систем (РТС) на основе гибких коммутационных плат, которые получили широкое распространение благодаря обеспечению возможности снижения габаритно-массовых характеристик, стоимости, повышения надежности устройств, содержащих такие структуры [1]. Особенно целесообразным представляется применение подобных шлейфов для портативных телекоммуникационных устройств, для систем наземной и спутниковой связи [2].

При проектировании модулей РТС обязателен учет требований по электромагнитной совместимости (ЭМС) компонентов, входящих в их состав. Задача анализа ЭМС ПП на основе гибких коммутационных структур является довольно трудоемкой, поскольку ее решение постоянно усложняется в связи с ростом плотности монтажа и верхней частоты спектра полезных и помеховых сигналов в РТС, а также с уменьшением уровней полезных сигналов и ростом уровней помех [3].

Анализ ЭМС печатных узлов РТС

Анализ ЭМС печатных узлов в составе РТС предназначен для проведения комплексной оценки качества конструкторской разработки, подтверждающей правильность принятых конструкторско-технологических решений, обеспечивающих функционирование РТС в заданных условиях и с требуемым качеством.

От эффективности такого анализа во многом зависит надежность модуля РТС, которая закладывается на этапе проектирования.

Анализ ЭМС выполняется с учетом паразитных параметров электронных компонентов. При компьютерном моделировании целостности сигнала учитывается частотная зависимость материалов ПП: прокладок, препрега, паяльной маски, влагозащитного покрытия. За счет более точного моделирования реального влияния компонентов и материалов ПП снижаются издержки производства модулей РТС за счет исключения повторного проектирования печатных плат из-за выявления путей проникновения высокочастотных электромагнитных помех при испытаниях.

Анализ ЭМС печатных узлов РТС состоит из:

- анализа целостности сигналов, в частности анализа волнового сопротивления линий передач, помех шин питания и перекрестных помех, анализа влияния нагрузки линии передачи, а также определения рациональной структуры многослойных печатных плат;
- анализа временных характеристик, а именно задержки распространения сигнала в линиях передачи, расфазировки сигналов и джиттера их фронтов;
- анализ электромагнитной совместимости компонентов печатного узла, в особенности уровня помехоэмиссии от печатного узла, кондуктивных помех по шинам питания и восприимчивости к излучаемым помехам от внешних источников.

Выбор конструкции печатной платы с учетом требований ЭМС

Выбор конструкции ПП является важным фактором, определяющим механические и электрические характеристики при использовании устройства в целом. Основные требования к конструкциям модулей РТС различного назначения выражаются в их способности противостоять климатическим и механическим воздействиям в процессе эксплуатации. При воздействии на аппаратуру вибраций ударов и линейных ускорений могут произойти восстанавливаемые и невосстанавливаемые нарушения функционирования. К восстанавливаемым относятся электромагнитные шумы и параллельная модуляция, к невосстанавливаемым – обрывы и поломки. К восстанавливаемым отказам

относятся акустические искажения и появления в получаемом сигнале большого уровня шумов и паразитная модуляция положительного сигнала, которая возникает вследствие тензоэффекта и пьезоэффекта.

Кроме механической ветви реакции модуля РТС существует ещё и электрическая. Она обусловлена деформацией и механическим напряжением. Существует понятие устойчивости модуля, которое характеризуется нормальным функционированием аппаратуры при механических воздействиях. Причинами нарушения устойчивости могут быть:

- изменение значения переходного сопротивления в контактных группах разъемов;
- изменение параметров пассивных элементов;
- изменение параметров активных элементов;
- появление шумовых напряжений в проводниках, колеблющихся в магнитных полях;
- появление шумовых напряжений в колебаниях за счет возникающих электрических зарядов

при механических воздействиях в высококачественных диэлектриках.

Перечисленные конструкторско-технологические направления в развитии техники монтажа многослойных коммутационных плат предъявляют целый ряд специфических требований к качеству материала гибких оснований и к технологическим операциям при изготовлении плат и кабелей и их сборке.

На выходные параметры конструкции РЭС на гибком печатном основании могут влиять такие параметры:

- механические: жесткость платы, частота собственных колебаний, динамическая гибкость, износ;
- электрические: паразитные параметры системы проводников, электромагнитная совместимость и т. п.
- технологические: количество слоев платы, материалы основания и проводящих слоев, тип межслойного соединения, ширина проводников и зазор между ними [4].

Для ответственных схмотехнических разработок применяются многослойные печатные платы (МПП). Их реализация на основе гибких материалов позволяет обеспечить значительное снижение габаритно-массовых показателей, а также увеличение плотности печатного монтажа.

Среди существенных особенностей применения МПП можно выделить следующие:

- сигнальные слои ПП освобождаются от шин питания, что облегчает разводку сигнальных проводников;
- между полигонами земли и питания появляется распределенная емкость, которая уменьшает высокочастотный шум;
- обеспечивается лучшее подавление электромагнитных и радиочастотных помех благодаря эффекту отражения;
- снижение общей стоимости при мелкосерийном производстве. Несмотря на то, что изготовление многослойных печатных плат обходится дороже, их возможное излучение меньше, чем у одно- и двухслойных плат. Следовательно, в некоторых случаях применение лишь многослойных плат позволит выполнить требования по излучению, поставленные при разработке, и не проводить дополнительных испытаний и тестирований. Применение МПП может снизить уровень излучаемых помех на 20 дБ по сравнению с двухслойными платами.

Паразитные параметры ПП

Рисунок проводников на ПП может быть как источником, так и приемником помех. Хорошая разводка проводников уменьшает чувствительность аналоговой схемы к излучению источников [5]. ПП восприимчива к излучению, поскольку проводники и выводы компонентов образуют своеобразные антенны. Несмотря на принимаемые в приборостроении меры по снижению уровня паразитных связей и наводок до допустимых значений для обеспечения требуемых характеристик модулей РТС, остаточный их уровень создает сложности при эксплуатации многих устройств.

Между проводниками гибкой ПП, находящимися друг над другом на смежных слоях, возникает емкостная связь. Примеры расположенных на разных слоях проводников, в точке пересечения образующих паразитную связь, а также взаимосвязи между параллельными сигнальными проводниками, представлены на рис. 1.

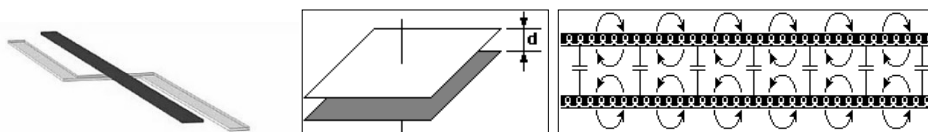


Рисунок 1 – Образование паразитной связи между проводниками гибкой ПП

Величина паразитной емкости рассчитывается по формуле

$$C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d}, \quad (1)$$

где ε – относительная диэлектрическая проницаемость;

ε_0 – электрическая постоянная, равная $8,854187817 \cdot 10^{-12}$ Ф/м;

S – площадь наложения проводников;

d – толщина изоляции.

Исходя из приведенной зависимости, одним из вариантов решения проблемы паразитных емкостей является уменьшение длины проводников или их ширины. За счет этого возможно снизить значение емкости в десятки раз.

Однако ширина определяется как технологическим процессом изготовления ПП на гибком основании, так и толщиной фольги (при использовании фольгированного диэлектрика, например, полиимида). Также ширина проводника может ограничиваться требованиями ТЗ для высокочастотных схем. В качестве альтернативного решения данной проблемы можно предложить увеличить количество слоев ПП (до максимально допустимого) и уменьшить площадь наложения проводников в разных слоях. При этом важно помнить, что увеличение количества слоев гибкой ПП при эксплуатации устройства может снизить ее динамическую гибкость.

Индуктивная связь может возникать между проводниками, расположенными близко друг к другу, а также при создании межслойного соединения в виде переходного отверстия (рис. 2).



Рисунок 2 – Индуктивность переходного отверстия

Следует помнить, что индуктивность отверстия вместе с емкостью формируют резонансный контур, что может сказаться при работе модуля на высоких частотах. И хотя собственная индуктивность отверстия достаточно мала, и резонансная частота контура находится примерно в гигагерцовом диапазоне, но если сигнал в течение своего пути вынужден проходить через несколько переходных отверстий, то их индуктивности складываются (последовательное соединение), а резонансная частота понижается. Поэтому следует избегать большого количества переходных отверстий в гибких ПП при разводке ответственных высокочастотных проводников аналоговых схем.

ВЫВОДЫ

При проектировании модулей РТС необходимо обеспечить требуемые электрические характеристики топологии ПП, а также минимизировать паразитные параметры схемы. Для снижения паразитных параметров рекомендуется располагать отдельно информационные элементы и проводников питания. Также стоит помнить, что чем меньше количество изгибов проводников на плате, тем лучше частотные характеристики схемы.

В задаче обеспечения ЭМС модулей РТС можно выделить несколько подзадач, таких как воздействие внешних электромагнитных полей на гибкие коммутационные структуры, задержки и искажения сигналов в межсоединениях и др. Среди данных задач в настоящее время на первое место выходит задача прогнозирования электромагнитного излучения от межсоединений печатных плат. Применение упрощенных моделей для такого прогнозирования на этапе разработки модулей РТС затруднительно из-за сложной геометрии исследуемого объекта.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Технологии в производстве электроники. Часть III. Гибкие печатные платы / Под общ. ред. А. М. Медведева и Г. В. Мылова. - М.: Группа ИДТ, 2008. - 488 с.
2. Анализ электромагнитной совместимости печатных узлов радиоэлектронных средств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://inotomsk.ru/products/analiz-elektromagnitnoy-sovmestimosti-pechatnykh-uzlov-radioelektronnykh-sredstv/>.
3. Акбашев, Б. Б. Защита объектов телекоммуникаций от электромагнитных воздействий / Б. Б. Акбашев, Н. В. Балук, Л. Н. Кечиев. - М.: Грифон, 2014. - 472 с.
4. Пирогова, Е. В. Проектирование и технологии печатных плат / Е. В. Пирогова. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 560 с.
5. Картер, Б. Техника разводки печатных плат. Ч. 1 / Б. Картер // Chip News. - 2004. - №7 (90). - С.63-70.