электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

 # 11, ноябрь 2015

УДК 621.3.049.75

Совершенствование межсхемного монтажа на основе применения гибко-жёстких печатных плат

***Данилов Г.Ю.**, студент*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Технологии приборостроения»

Научный руководитель: Сагателян Г.Р., профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Технологии приборостроения»
k_rl6@bmstu.ru

Современные условия таковы, что ко всем приборам предъявляются высокие требования по точности, надежности, стабильности работы и «выживаемости» прибора при очень суровых условиях эксплуатации, при этом происходит постоянный рост функциональной сложности радиоэлектронной аппаратуры. Решая задачи повышения функциональной сложности и улучшения технических показателей аппаратуры, перед инженерами ставятся задачи по уменьшению массы и габаритных размеров приборов, увеличению прочности и надежности.

Вышеназванные требования достигаются путем внедрения новых технологий, применения новых материалов и конструкционных решений на предприятиях. Одним из таких конструкционных решений является переход на гибкие и гибко-жёсткие печатные платы.

Постоянно растущий спрос на гибкие схемы и на гибко-жёсткие многослойные печатные платы обусловлен следующими факторами:

1. Гибкие схемы дают возможность создавать уникальные конструкции, которые позволяют решать вопросы межсхемных соединений и монтажа, обеспечивая при этом гибкость системы.
2. Повышается процент выхода годных сложных конструкций.
3. Гибкие платы обеспечивают повышенную эффективность и надёжность конечных систем.
4. По сравнению с жёстким монтажом гибко-жёсткие печатные платы обеспечивают больше свободы и возможностей для конструктора; более

высокую производительность при производстве плат и при монтаже готовых изделий; дают выигрыш по весу и объёму, занимаемому изделиями; обеспечивают простоту монтажа и установки конечного изделия.

Исходная конструкция

В настоящее время блоках летательной аппаратуры для увеличения плотности монтажа, увеличения быстродействия, удельной мощности и надёжности электронной аппаратуры, а также для уменьшения массогабаритных характеристик широко применяются гибкие соединения на основе гибких печатных кабелей (ГПК).

На рис. 1 приведена исходная конструкция электронного блока летательного аппарата, состоящая из двух частей: логической и вторичного источника питания.

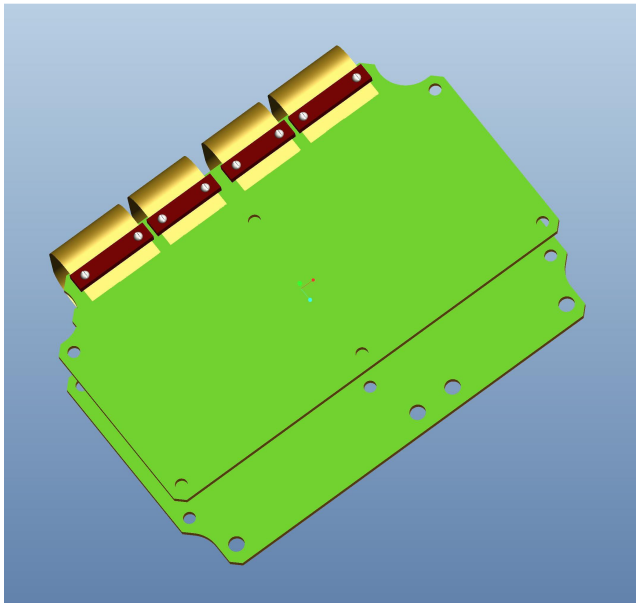


Рис. 1. Две МПП, соединённые четырьмя ГПК

Конструкция представляет собой две шестислойные многослойные печатные платы (МПП), толщиной 1,5 мм каждая. Габаритные размеры МПП 130х87,5 мм и 130х72,5 мм. Расстояние между платами, установленными в корпус 28 мм. МПП соединены между собой четырьмя однорядными гибкими печатными кабелями, толщиной 0,3 мм и длиной 55 мм каждый, шириной два по 23 мм и два по 19 мм.

Конструктивно однорядный гибкий печатный кабель представляет собой ленту с токоведущими жилами, с напресованной на неё с двух сторон полиимидной покрывной защитной плёнкой. ГПК заканчиваются планарными выводами для распайки на контактные площадки МПП. На конце кабелей предусмотрены отверстия для крепления к

печатным платам. После распайки выводов ГПК механически закрепляются на МПП с помощью прижимных планок, гаек и винтов с шайбами, а также заливаются компаундом.

ГПК имеет следующие достоинства:

1) выигрыш в массе электронной аппаратуры по сравнению с объёмным монтажём;

2) упрощение компановки и уменьшение объёма электронной аппаратуры;

3) динамическая гибкость;

4) улучшенные электрические характеристики;

5) возможность придания ГПК формы корпуса сложной конфигурации;

Но вместе с тем применение ГПК в качестве элемента межсхемного соединения имеет существенные недостатки:

1) меньшая надёжность по сравнению с монолитной конструкцией из-за наличия дополнительных паяных соединений, выполняемых вручную, что приводит к возможности ошибок монтажа;

2) наличие мест потонциального нарушения целостности ГПК в месте его крепления к печатной плате (винты, острые выступы платы);

3) невозможность полной автоматизации технологического процесса сборки печатных плат;

4) невозможность автоматизированного контроля электрических параметров печатной платы до её сборки.

Описание новой конструкции

В качестве альтернативы ГПК предлагается использовать гибко-жёсткую печатную плату. Гибко-жесткие ПП объединяют в себе достоинства жестких и гибких схем, при этом лишены недостатков, свойственных гибким печатным кабелям. Поэтому такие конструкции более эффективны для обеспечения межсхемных соединений в электронных блоках, к которым предъявляются высокие требования по надёжности, минимально возможной массе и габаритам.

Гибко-жесткие ПП чаще всего состоят из двух или нескольких жестких зон и одной или нескольких гибких зон. Жесткие части соединяются друг с другом с помощью гибких базовых материалов. После разъединения многоместных заготовок ГЖПП можно очень точно по месту без особых приёмов разместить в очень маленьком корпусе. Такие платы позволяют исключить большое количество штекерных разъёмов и мест пайки, ручную припайку ленточных кабелей для соединения нескольких жёстких печатных плат,

что позволяет, кроме уменьшения габаритов прибора, повысить его надёжность. Благодаря отсутствию операций ручной сборки позволяют полностью автоматизировать процессы сборки печатной платы и контроля электрических параметров в процессе её изготовления.

На рис. 2 представлена разработанная конструкция ГЖПП, являющаяся более совершенным вариантом исходной конструкции.

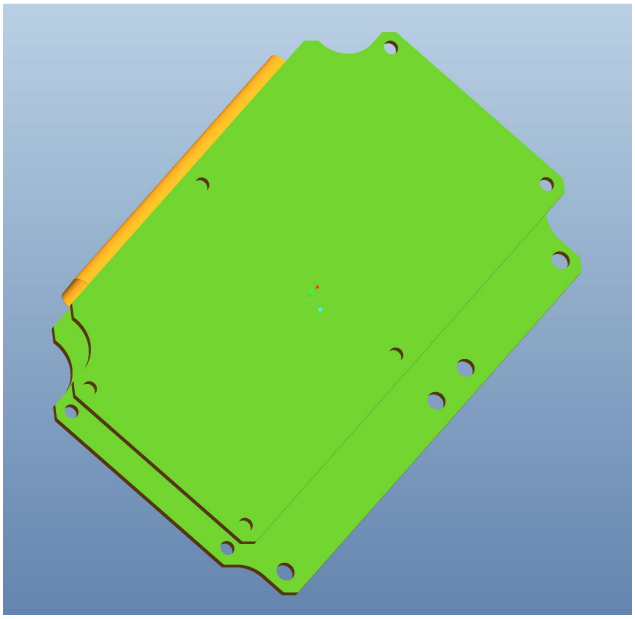


Рис. 2. ГЖПП, состоящая из двух жёстких зон, соединенных гибкой частью

Новая печатная плата представляет собой монолитную конструкцию, включающую в себя две жёсткие и одну гибкую части. Жёсткие части (полуплаты) служат для размещения электрорадиоэлементов. Межсхемные соединения между жесткими частями выполнены на гибком участке платы машинными методами при разводке печатных проводников. Габаритные размеры полуплат 130х85 мм и 130х70 мм, гибкой части 80х20 мм. На рис. 3 приведена структура разработанной ГЖПП.

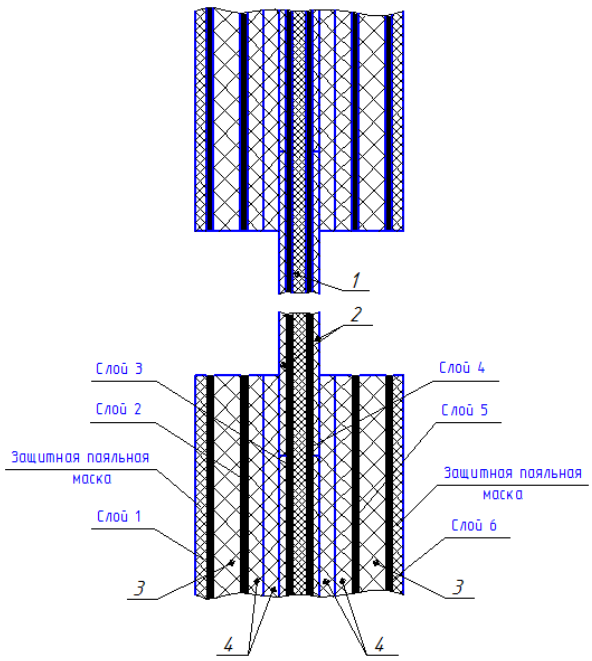


Рис. 3. Структура ГЖПП: 1 – базовый материал с адгезивом; 2 – покрывная плёнка; 3 – жёсткий ламинат; 4 – препрег

Основные элементы структуры ГЖПП:

1) базовый материал – материал основания представляет собой гибкую полимерную пленку, играющую роль основы фольгированного диэлектрика. В обычных обстоятельствах базовый материал обеспечивает большинство физических и электрических характеристик платы. Когда речь идет о безадгезивных конструкциях печатных плат, базовый материал определяет все их характерные свойства. Хотя толщина пленки может варьироваться в широких пределах, большинство предлагаемых гибких материалов имеют сравнительно малые толщины в узком диапазоне от 12 до 125 мкм. Более тонкие материалы обладают большей гибкостью, жесткость гибких материалов пропорциональна кубу их толщины, поэтому, если толщина материала удваивается, он становится в восемь раз жестче и при той же нагрузке прогнется в восемь раз меньше. В качестве базового материала предпочтительна полиимидная пленка толщиной 50-60 мкм. Она обеспечивает относительно лучшую размерную стабильность. По сравнению с другими гибкими композиционными материалами гибкие плёнки на основе полиимидов могут обеспечить: стабильно более высокую прочность сцепления; контролируемую и низкую текучесть адгезива; хорошую химическую стойкость и стойкость к растворителям; исключительную термическую стойкость; хорошую стабильность размеров; большую

технологическую ширину переработки; длительный срок хранения без холодильников; постоянство качества от партии к партии.

2) покровные пленки - покровный слой представляет собой двухслойный материал, состоящий из базового материала и подходящего термореактивного адгезива. Однако в покровных слоях также могут применяться термопластичные пленки из одного материала. Покровный слой служит для защиты проводников готовой гибкой зоны платы и помогает увеличить гибкость. Покровные пленки - это полиимидные пленки, покрытые с одной стороны клеем, причем со стороны клея имеется защитная пленка. Покровная плёнка ламинируются в процессе горячего прессования на ПП. Толщина клея подбирается в зависимости от толщины меди на печатном рисунке. Клеи обладают определенной текучестью, которая гарантирует запрессовку печатных проводников без наличия воздушных включений. Слишком большая текучесть клея приводит к вытеканию клея на контактные площадки и препятствует дальнейшей обработке платы.

3) жесткий ламинат - диэлектрики, применяемые для изготовления жесткой части, представляют собой такой же фольгированный стеклотекстолит, как и для обычных жестких плат. Это сочетание медной фольги, адгезивных смол, жесткого стеклотекстолита.

4) препреги – склеивающие прокладки для ГЖПП должны обладать низкой текучестью.

Для изготовления ГЖПП были выбраны следующие материалы:

1) базовый материал – полиимид фольгированный ПФ-2-18-0,08;
2) покрывная плёнка – полиимидная покрывная плёнка ЭЛИФОМ-ППП-0,06;
3) жёсткий ламинат – стеклотекстолит СОНФМ-2-18-0,5;
4) препрег – стеклоткань прокладочная СТП-СОНФМ-0,062;
5) защитная паяльная маска – фоторезист СПФ-ВЩ-100 «Метакрилар-2».

Покрывной слой гибкой части платы заведён в жёсткие части только на 1,5 см. Это связано с тем, что адгезив, используемый для склейки покрывной плёнки и фольгированного полиимида, имеет большой коэффициент теплового расширения. Если в жёсткой части печатной платы будет присутствовать несколько слоёв адгезива, при пайке сквозных монтажных отверстий тепловое расширение этих слоёв может привести к разрыву медных стенок отверстия и обрыву цепи.

Печатные проводники в гибкой части должны бать перпендикулярны к направлению изгиба, иметь постоянную ширину и располагаться в «шахматном» порядке на соседних слоях.

Толщина новой ГЖПП рассчитывается по формуле $H_п = \Sigma H_с + 0{,}75\Sigma H_{пр}$, где $H_с$ – толщина слоя МПП (с учётом химико-гальванических покрытий), мм; $H_{пр}$ – толщина препрега, мм. Подставляя значения толщин выбранных материалов, получим суммарную толщину МПП $H_п$ = 1,694 мм.

Минимальный радиус изгиба гибкой части МПП рассчитывается по формуле

$$R = \left(\frac{d}{2} + C\right) \times \frac{100 - Eв}{Eв - D},$$

где d – толщина ламинированного диэлектрика, мм; C – толщина меди, мм; D – толщина покрывной плёнки с адгезивом, мм; Ев – величина деформации меди, %. Для плат, изгибание которых происходит только при установке, Ев = 10 %. Рассчитанное значение минимального радиуса изгиба R = 0,53 мм.

Заключение

Была предложена замена исходной конструкции межсхемного соединения на гибко-жёсткую печатную плату. С помощью гибко-жёсткой печатной платы удалось устранить недостатки, свойственные гибким печатным кабелям, а именно, исключены паяные соединения, ошибки монтажа при ручной распайке выводов, потенциальные дефекты механического закрепления кабеля на плате.

Список литературы

1. Мылов Г.В. Печатные платы: выбор базовых материалов. М.: Горячая линия-Телеком, 2015. 172 с.
2. Акулин А. Проектирование гибко-жёстких печатных плат. Материалы, конструкции и особенности проектирования // Технологии в электронной промышленности. 2007. № 8. С. 18-20.
3. Медведев А., Мылов Г., Семенов П., Сержантов А. Конструирование гибких и гибко-жёстких печатных плат // Компоненты и технологии. 2008. № 6. С. 147-160.