

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

И.В. Лофицкий, А.В. Семьянов

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Общие тенденции развития современной аппаратуры сводятся к росту функциональных возможностей изделий при максимальном уменьшении их габаритов. При решении данной задачи все чаще встает вопрос об отводе тепла от теплонагруженных элементов печатных плат. Поскольку доля отказов многих типов электронных компонентов, работающих на уровне выше 50% от их номинальной мощности, может удваиваться при повышении температуры области нагрева на 20°C [1], то принятие мер по защите элементов от перегрева является особенно важными.

При расчете теплового режима руководствуются понятием о тепловом балансе. Так повышение температуры платы является функцией от мощности, рассеиваемой на плате, и мощности, уводимой с платы благодаря проводимости, конвекции и излучению. При анализе теплового режима чаще всего рассматривают два вида теплообмена: конвекцию – отвод тепла за счет воздушного потока и кондукцию – теплообмен за счет непосредственного контакта между объектами.

Поскольку в современной технике основной тенденцией является уменьшение её габаритов, то при плотной внутренней компоновке необходимо учитывать, что отвод тепла за счет конвекции будет затруднен, поскольку использование активных систем значительно увеличивает габариты систем и уменьшает их надежность. И здесь на первый план выходит необходимость грамотной разработки конструкций с кондуктивным отводом тепла от электрорадиоизделий (ЭРИ).

Наиболее часто при оценке теплообмена используют модель теплового сопротивления, т.е. способностью тела (его поверхности или какого-либо слоя) препятствовать распространению теплового движения молекул [1]:

$$R = \frac{L}{\theta S},$$

где L – длина пути прохождения тепловой мощности, θ – теплопроводность материала, S – площадь поперечного сечения проводника тепловой мощности.

Таким образом, уравнение теплового сопротивления для ЭРИ (рис.1) примет вид:

$$R_{\Sigma} = R_{M-T} + \frac{R_{K.M} \cdot R_{M-KП}}{R_{K.M} + R_{M-KП}} + R_{ШВ-T}, \quad (2)$$

где $R_{М-Т}$ – тепловое сопротивление между теплоотводом и ЭРИ, $R_{КМ-ПП}$ – тепловое сопротивление между корпусом ЭРИ и печатной платой, $R_{М-КП}$ – тепловое сопротивление между ЭРИ и печатной платой через выводы элемента, $R_{ПП-Т}$ – тепловое сопротивление между печатной платой и конструкцией.

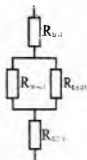
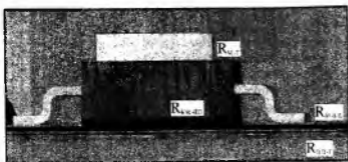


Рис. 1. Распределение теплового сопротивления при установке ЭРИ на печатную плату

Далее, зная мощность, рассеиваемую ЭРИ, можно оценить повышение температуры перехода ЭРИ – печатная плата [1]:

$$\Delta t = R_{\Sigma} \cdot P, \quad (3)$$

где P – мощность, рассеиваемая ЭРИ.

Определив максимально допустимую температуру на плате:

$$t_{ПП} = t_{\max} - \Delta t, \quad (4)$$

где t_{\max} – максимально допустимая температура для функционирования ЭРИ, можно оценить перегрев платы и температуру, которую необходимо рассеять:

$$t_{П} = t_{ПП} - t_{OC}. \quad (5)$$

где t_{OC} – температура окружающей среды.

Предоставленный расчет позволяет оценить тепловой режим ЭРИ на первоначальном этапе проектирования конструкции. Как видно из формулы 1 проблему отвода тепла можно решать путем увеличения теплопроводности и площади теплоотвода.

Увеличение теплопроводности решают за счёт использования технологии “изолированная металлическая подложка” (ИМП). Фактически это печатная плата, изготовленная на металлической пластине (обычно из алюминия), к которой с помощью предварительно пропитанной смолами стеклоткани (препрега) прикреплена медная фольга. Основными свойствами такой платы являются отличное рассеяние тепла и повышенная электрическая прочность диэлектрика при воздействии высоких напряжений.

Технология ИМП позволяет спроектировать печатную плату с очень малым тепловым сопротивлением, по сравнению с материалом FR4. Поскольку слой теплопроводного препрега смолы достаточно тонкий, то его тепловое сопротивление также мало. Например, если сравнить печатную плату из материала FR4 толщиной 1,60 мм и печатную плату с ИМП с теплопроводным препрегом толщиной 0,15 мм, то обнаружится, что тепловое сопротивление последней конструкции более чем в 100 раз ниже теплового сопротивления печатной платы из FR4. В изделиях из материала FR4 рассеяние любого большого количества тепла затруднено [2].

Другим решением является комбинированное применение материала FR4 и сквозных отверстий (рис. 2), заполненных теплопроводящей пастой, что улучшает тепловые характеристики печатных плат по сравнению с обычными. Такое решение часто является более экономным, так как применяется традиционная технология FR4, а показатели теплового сопротивления зачастую сопоставимы с технологией ИМП [3].

Еще одним методом является соединение материалов: медь-инвар-медь, при котором слой инвара размещается между двумя слоями меди. Этот метод используется в случаях, когда важны термостабильность и механическая устойчивость. Коэффициент теплового расширения в этом случае низкий, а это означает, что механические напряжения между печатной платой и установленным на ней компонентом минимальны. Термостабильность достигается путем применения слоя инвара разной толщины; слой меди, в основном, предназначен для улучшения адгезии с диэлектрическим материалом. Соединение материалов медь-инвар-медь предпочтительно применять для рассеяния тепла в комбинации с металлической подложкой [2].

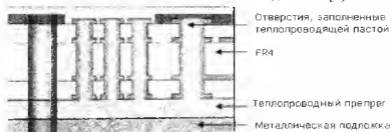


Рис. 2. Комбинированное применение материала FR4 и сквозных отверстий

Увеличение площади теплоотвода можно достигнуть за счет использования металлизации торцов печатных плат (рис. 3). Изначально причиной выполнения металлизации торцов была электромагнитная совместимость электроники. Но было замечено, что при этом также существенно улучшается охлаждение печатной платы. Металлизация торцов платы вносит значительный вклад в решение данной задачи, как видно из расчета площади торцевой поверхности стандартной платы (100×160 мм) площадь составляет

$2 \times (10+16) \times 0,15 = 7,80 \text{ см}^2$, что является достаточно существенным вкладом в охлаждение печатной платы, особенно если учесть тот факт, что в современных конструкциях довольно трудно выделить свободную область на внешних слоях, предназначенную для отвода тепла [4].



Рис. 3. Металлизация торцов печатных плат

Для кондуктивного отвода тепла непосредственно от элементов используют радиаторы, если тепловыделяющих элементы расположены локально. Когда тепловыделение источника обусловлено многими компонентами, используется система выравнивания градиента температур в виде алюминиевой пластины, находящейся в тепловом контакте с компонентами с большим тепловыделением.

Такие системы можно разделить на активные и пассивные.

Активное охлаждение с использованием внешнего теплоносителя – самый эффективный метод отвода тепла, однако весьма сложный с точки зрения конструктивной реализации, неблагоприятный с точки зрения надёжности и дорогой в исполнении. Системы активного охлаждения неизбежно увеличивают общие габариты и массу встроеной системы, а также её энергопотребление [5].

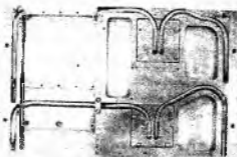


Рис. 4. Активное охлаждение с использованием внешнего теплоносителя

Пассивный кондуктивный теплоотвод организуется на основе естественной теплопроводности по специально сформированным каналам отвода тепла. Это могут быть включения металла с повышенной теплопроводностью или металлические трубки с жидким теплоносителем. В каналы отвода тепла, как правило, входят области специально сформированных контактов двух и более металлических деталей системы кондуктивного охлаждения, зачастую выполняющих ещё и функции механического упрочения и защиты от электромагнитного излучения [5].

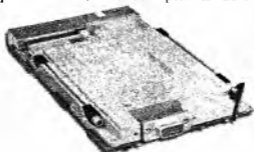


Рис 4. Пассивный кондуктивный теплоотвод

В настоящее время наиболее часто используется пассивный кондуктивный теплоотвод. При этом тепло отводится от микросхем в специальный механический конструктив и далее в корпус встроенной системы или в слой металлизации платы, а оттуда – в специальный конструктив или сразу в корпус и затем в окружающую среду. При проектировании печатных плат рекомендуется предусматривать встраивание в их топологию проводящих линий, по которым тепло отводится к кромкам плат (рис. 5), а также обрамление печатных плат теплопроводящей металлической рамкой, контактирующей с общей системой (рис. 6).



Рис 5. Теплопроводящая окантовка, проходящая по границе печатной платы



Рис. 6. Тепловой контакт металлической рамки, обрамляющей печатную плату встраиваемого модуля, с общей системой

Таким образом, задачу обеспечения теплового режима можно решить путем грамотного выбора материалов с низким тепловым сопротивлением и проработкой конструкции с максимальным отводом тепла от мощных, теплонагруженных ЭРИ.

Список использованных источников

1. Юппи, Майк. Области нагрева печатных плат и теплоотвод [Текст] / Майк Юппи // Электронные компоненты - 2004 - №11.
2. Режим доступа: <http://www.ncab.ru/> [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 15.02.2012.
3. Винокуров, А. Тепловые режимы мощных светодиодов [Текст] / А. Винокуров // Компоненты и технологии. - 2006 - №5.
4. Режим доступа: <http://www.tenro.ru/> [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 15.02.2012.
5. Реут, А. Обеспечивающие технологии электроники: охлаждение встраиваемых систем [Текст] / А. Реут // Современная электроника - 2010 - № 4

ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ МАГНИТНОГО МОМЕНТА МИКРОСПУТНИКА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВНЕШНЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ РЕЗОНАНСА

В.В. Любимов, А.А. Осипов

Системы управления вращательным движением и пространственной ориентацией космических аппаратов являются наиболее сложной и ответственной частью бортовой аппаратуры.