

УДК 621.396.72+621.382.049.77

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА

© 2012 Г. Н. Князева, Г. Ф. Краснощёкова, С. В. Тюлевин

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва
(национальный исследовательский университет)

В работе представлены тепловые модели различных тепловыделяющих компонентов, которые различными способами крепятся к плате и дан расчёт их эквивалентных тепловых сопротивлений. Кроме того, обращается внимание на расчёт толщины теплопроводящей пасты при анализе тепловых сопротивлений. Показано, что толщина слоя пасты зависит от зазора между контактирующими поверхностями.

Тепловой расчёт, тепловая модель, тепловая схема, тепловое сопротивление.

Изделия электронной техники стремительно миниатюризируются. С увеличением функциональной плотности интегральных микросхем (ИМС) размеры проводящих дорожек уменьшаются, что приводит к увеличению плотности тока, увеличению доли отказов ИМС в изделиях, особенно при нарушении температурных режимов [1, 2].

Микросхемы высокой степени интеграции не всегда надёжны и стабильны, поэтому необходимо решать задачи отвода тепла от работающих изделий, обеспечивать неразрушение внутренних контактов интегральных схем при технологическом воздействии и испытаниях. Эти требования к разработке методов приводят к изменению методов конструирования, обеспечивающих нормальный тепловой режим.

В настоящее время всё большее распространение получают конструкции устройств, состоящие из скреплённых между собой ячеек, установленных на общем основании, а основание, в свою очередь, соединяется с термоплатой с применением теплопроводящей пасты. С помощью термопасты производится отвод тепла от ячеек.

Задачей данной статьи является разработка и анализ тепловых моделей для расчёта и оценки эффективности теплоотвода конструкции. Для этого определяются температуры тепловыделяющих элементов при наиболее жёстком температурном режиме,

когда максимальная температура термопасты не должна превышать 40°C .

Тепловой расчёт производится методом тепловых сопротивлений. Участки тепловой цепи, представляющие собой тепловые сопротивления, в свою очередь эквивалентны электрическим сопротивлениям, тепловая мощность эквивалентна электрическому току, а температура в точках цепи – электрическому потенциалу.

Представим несколько тепловых моделей тепловыделяющих элементов:

1. Чип-резистор.

Тепловая модель чип-резистора и ее эквивалентная схема приведены на рис. 1, 2.

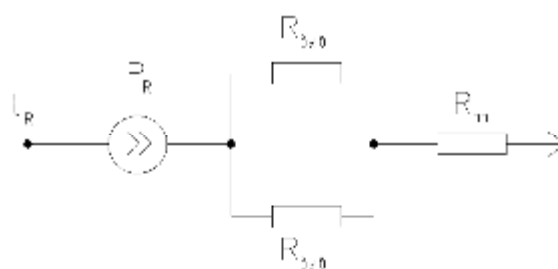


Рис. 1. Тепловая модель чип-резистора

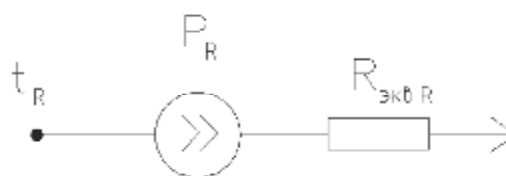


Рис. 2. Эквивалентная схема чип-резистора

На рис. 1, 2: t_R – температура корпуса резистора, К; $R_{\text{выв}}$ – тепловое сопротивление вывода резистора, К/Вт; $R_{\text{пт}}$ – тепловое сопротивление печатной платы под резистором, К/Вт; $R_{\text{эквR}}$ – эквивалентное тепловое сопротивление, К/Вт; P_R – мощность, рассеиваемая резистором, Вт.

Согласно схемы можно найти $R_{\text{эквR}}$:

$$R_{\text{эквR}} = \frac{R_{\text{выв}}}{2} + R_{\text{пт}} =$$

$$= \frac{1}{2S_R} \left(\frac{h_{\text{припоя}}}{\lambda_{\text{припоя}}} + \frac{h_{\text{пт}}}{\lambda_{\text{пт}}} \right), \quad (1)$$

где $h_{\text{припоя}}$ – толщина слоя припоя; $\lambda_{\text{припоя}}$, $\lambda_{\text{пт}}$ – соответственно теплопроводности припоя и материала печатной платы; S_R – площадь контактной площадки резистора.

2. Резисторная сборка.

Тепловая модель резисторной сборки, установленной на печатную плату и её эквивалентная схема приведены на рис. 3 и 4.

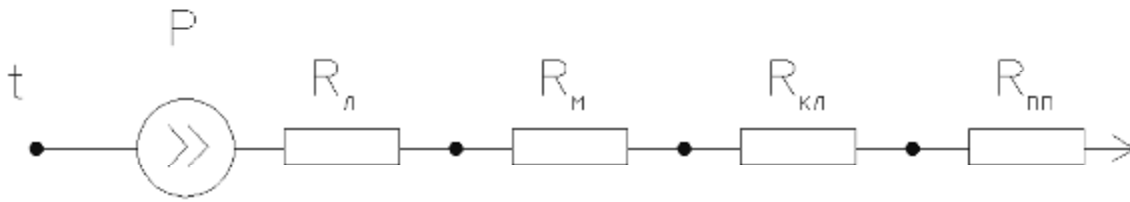


Рис. 3. Тепловая схема резисторной сборки

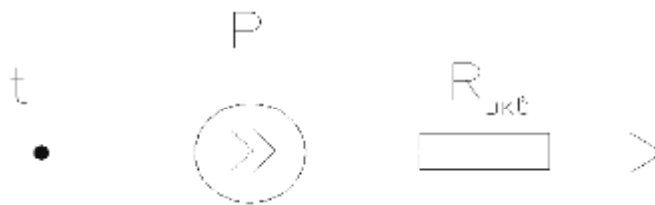


Рис. 4. Эквивалентная схема резисторной сборки

Здесь t – температура корпуса радиоэлемента;
 P – мощность, рассеиваемая элементом;
 $R_{\text{л}}$ – тепловое сопротивление лакоткани;
 $R_{\text{м}}$ – тепловое сопротивление мастики;
 $R_{\text{кл}}$ – тепловое сопротивление клея;
 $R_{\text{пт}}$ – тепловое сопротивление печатной платы;
 $R_{\text{экв}}$ – эквивалентное тепловое сопротивление.

Для этого случая:

$$R_{\text{экв}} = R_{\text{л}} \parallel R_{\text{м}} \parallel R_{\text{кл}} \parallel R_{\text{пт}} - \frac{1}{2S} \left(\frac{h_{\text{л}}}{\lambda_{\text{л}}} + \frac{h_{\text{м}}}{\lambda_{\text{м}}} + \frac{h_{\text{кл}}}{\lambda_{\text{кл}}} + \frac{h_{\text{пт}}}{\lambda_{\text{пт}}} \right), \quad (2)$$

где S – площадь под корпусом радиоэлемента,
 $\lambda_{\text{л}}$, $\lambda_{\text{м}}$, $\lambda_{\text{кл}}$, $\lambda_{\text{пт}}$ – теплопроводности лакоткани, мастики, клея, печатной платы,
 $h_{\text{л}}$, $h_{\text{м}}$, $h_{\text{кл}}$, $h_{\text{пт}}$ – толщины слоев лакоткани, мастики, клея, печатной платы.

Если резисторы, микросхемы, диоды установлены на печатной плате с помощью припоя, то тепловая схема будет иметь вид, приведённый на рис. 5.

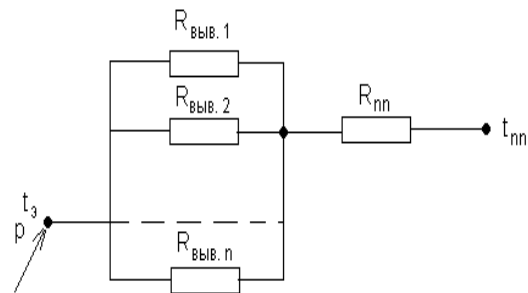


Рис. 5. Тепловая схема 1

Здесь t_3 – температура элемента,
 P – мощность рассеяния радиоэлемента;
 $R_{\text{вывi}}$ – тепловое сопротивление припоя под выводами элемента;
 $R_{\text{пт}}$ – тепловое сопротивление печатной платы.

Для такого случая монтажа общее эквивалентное тепловое сопротивление определится формулой

$$R_t = \frac{R_{\text{выв}}}{N} + R_{\text{пт}}, \quad (3)$$

где N – число выводов радиоэлемента.

Если радиоэлементы дополнительно приклеиваются к печатной плате, то тепловую схему можно представить следующим образом (рис. 6).

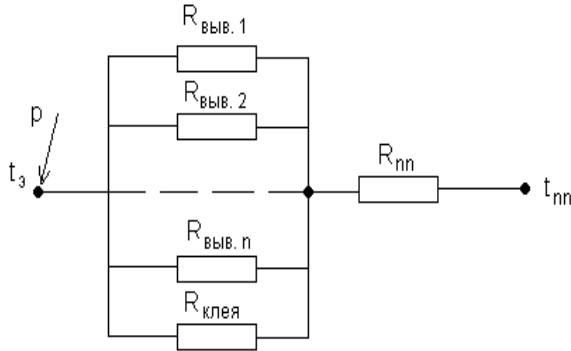


Рис. 6. Тепловая схема 2

Здесь t_3 – температура радиоэлемента,

$R_{\text{выв}i}$ – тепловое сопротивление припоя под вывод;

P – мощность рассеяние элемента;

$R_{\text{клея}}$ – тепловое сопротивление слоя клея;

$R_{\text{пт}}$ – тепловое сопротивление печатной платы.

Для такого случая монтажа эквивалентное сопротивление может быть найдено с помощью следующего выражения:

$$R_t = \frac{\frac{R_{\text{выв}}}{N} R_{\text{клея}}}{\frac{R_{\text{выв}}}{N} + R_{\text{клея}}} + R_{\text{пт}}. \quad (4)$$

Чаще всего, особенно для жёстких условий эксплуатации, радиоэлементы с выводами, сформованными под поверхностный монтаж, обязательно устанавливаются с помощью клея.

Основным вопросом при расчете теплового сопротивления теплопроводящей пасты является определение её толщины. Она будет иметь разную толщину из-за величины зазоров между контактируемыми поверхностями, который складывается из допусков на неплоскостность между контактируемыми поверхностями. Обычно допуск на эту величину не задаётся при разработке и часто его

берут равным допуску на габаритный размер и тогда тепловое сопротивление теплопроводящей пасты и основания можно определить по следующим формулам:

$$R_{\text{пасты}} = \frac{T_{\text{осн}}}{\lambda_n S_{\text{осн}}}, \quad (5)$$

$$R_{\text{осн}} = \frac{h_{\text{осн}}}{\lambda_{\text{осн}} S_{\text{осн}}}, \quad (6)$$

где $T_{\text{осн}}$ – допуск на неплоскостность, λ_n – теплопроводность теплопроводящей пасты, $S_{\text{осн}}$ – площадь основания.

Если температуры тепловыделяющих радиоэлементов превышают допустимые по ТУ, требуется уточнение моделей.

Данные модели более полно отражают детали рассматриваемого процесса. Степень соответствия модели реальным процессам определяет точность получаемых при регулировании результатов и зависит от полноты учёта существенных сторон моделируемых процессов.

В работе нагретая зона РЭС представлена как неоднородная система многих тел, идеализирующаяся в виде однородного тела. Свойства этого тела характеризуются эффективными значениями теплофизических параметров: коэффициента теплопроводности $\lambda_{\text{экв}}$ и теплоёмкости $C_{\text{экв}}$, т.е. это анизотропные тела с распределёнными по объёму источниками энергии.

В работе для расчёта температурного поля конструкция делится на укрупнённые элементарные ячейки. Анализ этой модели показывает, что в многокомпонентной структуре температурное поле неравномерно, т.е. необходимо перейти к решению задачи управления-перемещения дискретных элементов по сети.

Применение моделирования тепловых полей на основе предложенной методики позволило наметить новые пути к управлению перемещением дискретных элементов с целью получения равномерного температурного поля, что дало возможность исключить влияние температурного фона на режим работы элементов. Кроме того, следует отметить всевозрастающую роль принципа взаимосвязи задач, включаемых для решения проблем конструирования надёжных РЭС.

Библиографический список

1. Зеленский, А.В. Электронные средства. Конструкции и расчетные модели: учебное пособие [Текст]/ А.В. Зеленский, Г.Ф. Краснощекова. – Самара: Изд-во СГАУ, 2010. – 152 с.
2. Медведев, А.М. Сборка и монтаж электронной аппаратуры [Текст]/ А.М. Медведев. – М.: Техносфера, 2007. – 208 с.

ANALYSIS OF MODELS OF FUEL ELEMENTS WHILE USING OF SURFACE MOUNTING

© 2012 G. N. Knyazeva, G. F. Krasnoshchekova, S. V. Tyulevin

Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov
(National Research University)

This paper presents the thermal models of different fuel components that are attached in various ways to the board and calculations of their heat resistance are given below. Also in the analysis of the thermal resistances a great attention is given to the calculation of the thickness of thermal paste. It is shown that the thickness of the paste layer depends on the gap between the contacting surfaces.

Thermal design, thermal model, the thermal circuit, the thermal resistance.

Информация об авторах:

Краснощёкова Галина Федоровна, кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: kipres@ssau.ru. Область научных интересов: моделирование процессов в РЭС.

Князева Галина Николаевна, магистрант кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: kipres@ssau.ru. Область научных интересов: надёжность и качество радиоэлектронных средств.

Тюлевин Сергей Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: kipres@ssau.ru. Область научных интересов: надёжность и качество космических радиоэлектронных средств.

Krasnoshchekova Galina Fedorovna, candidate of technical sciences, assistant professor of design and production radio-electronic means, Samara State Aerospace University named after S. P. Korolyov (National Research University). E-mail: kipres@ssau.ru. Area of scientific: modeling of the electronic equipment.

Knyazeva Galina Nikolaevna, under-graduate student of design and production radio-electronic means, Samara State Aerospace University named after S. P. Korolyov (National Research University). E-mail: kipres@ssau.ru. Area of scientific: the quality and reliability of electronic equipment.

Tyulevin Sergei Viktorovich, candidate of technical sciences, assistant professor of design and production radio-electronic means, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University). E-mail: kipres@ssau.ru. Area of scientific: quality and reliability of space-based radioelectronic means.