

УДК 658.61.011.56

А.М. Синотин, Т.А. Колесникова

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛОСКИХ ТЕПЛОСТОКОВ НА ТЕМПЕРАТУРУ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТОЧКЕ НАГРЕТОЙ ЗОНЫ РЭА

Изложены результаты проведенных экспериментальных исследований о характере влияния плоских теплосток на максимальную температуру в центральной точке тепловых макетов радиоэлектронных аппаратов с плотным монтажом.

Ключевые слова: *нагретая зона, анизотропное тело, коэффициент эффективной теплопроводности.*

Введение

Актуальность. Проектирование оптимального по габаритам и надежности радиоэлектронного аппарата, отвечающего всем требованиям современной электроники, предусматривает строгий учет температурного режима его элементов.

Анализ работ ведущих отечественных и зарубежных специалистов, занимающихся проблемами создания надежных РЭА, показывает, что в настоящее время инженер, работающий в области проектирования аппаратов, должен принимать во внимание не только законы электроники, но и законы переноса и рассеивания тепловой энергии.

Напряженный тепловой режим современных РЭА вытекает из следующих особенностей их конструкций:

- интенсивное рассеивание тепловой энергии. Примерно 90% всех форм энергии превращается в РЭА в тепловую энергию;

- высокая плотность монтажа элементов внутри аппарата и деталей внутри самих элементов, способствующая тепловому контакту (взаимодействию) между элементами. За последние годы плотность элементов РЭА возросла в 10 -100 раз, а плотность деталей в самих элементах в 300 раз;

- низкие, предельные, допустимые значения температур (50°C – 100°C), обеспечивающие надежное функционирование элементов.

Таким образом, мы приходим к необходимости решения ряда теплотехнических задач, связанных с исследованием характера температурного поля аппарата на всех этапах проектирования.

Неправильное размещение одного элемента можно легко выявить и устранить в процессе температурных испытаний. Устранение ошибок в общей компоновке элементов требует в этом случае дорогих переработок всего блока. Поэтому как в нашей стране, так и за рубежом уделяется большое внимание разработке расчетных методов исследования тепловых режимов РЭА.

Анализ исследований и публикаций. В монографиях Г.Н. Дульнева с различными соавторами,

Л.Л. Роткопа, Ю.Е. Спокойного, и других авторов обобщены расчетные методы исследования стационарных тепловых режимов РЭА. Работами Н.Д. Кришталева, Н.М. Дульневой, В.С. Кондратьева начаты исследования нестационарных тепловых режимов РЭА. В основу этих исследований положено условие постоянства мощности источников энергии.

Зависимость электрического сопротивления ряда элементов от температуры, групповые включения и выключения элементов (особенно типичные для РЭА систем управления) нарушают условие постоянства мощности, т.е. мощность становится функцией температуры и времени.

Цель исследования. Экспериментально исследование влияния плоских теплосток на температурное поле в центральной точке нагретой зоны радиоэлектронных аппаратов, работающих в нестационарном режиме.

Основной материал

Температурные испытания проведены на тепловых макетах радиоэлектронных аппаратов и охватывают класс одноблочных РЭА со средней ($\eta_m > 1$) и высокой ($\eta_v \gg 1$) плотностью монтажа, собранных на малогабаритных радиоэлементах. Их температурные режимы, размеры элементов, плотность размещения элементов на платах и плотность размещения самих плат показывает, что по структуре своего построения нагретые зоны макетов адекватны нагретым зонам РЭА, выполненных на интегральных, микромодульных схемах или малогабаритных радиоэлементах.

Для изготовления плат применялся стеклотекстолит. В качестве тепловых источников использовались резисторы МЛТ-1. Теплосток изготавливались из медной фольги $\delta = 0,2$ мм.

Крепление плат относительно друг друга производилось четырьмя нетеплопроводными стержнями ($\lambda_{ст} = 0,1$ Вт / м · град), диаметром $\varnothing = 0,2$ мм. Макеты подвешивались на нетеплопроводных нитях в камере спокойного воздуха. Один из таких макетов представлен на рис. 1.

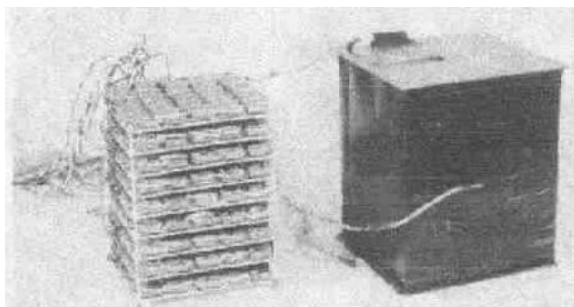


Рис. 1. Нагрята зона и кожух теплового макета

Измерение температур в различных точках тепловых макетов осуществлялось дифференциальными медно – константовыми термопарами, изготовленными из провода $\varnothing = 0,2$ мм, $\ell = 1500$ мм, путём сваривания под флюсом в пламени вольтовой дуги. Качество изготовления термопар контролировалось путём измерения омического сопротивления цепи каждой термопары с помощью моста постоянного тока Р316, класса 0,2, ГОСТ 7168 – 86.

Максимальная ошибка измерений составляла $\pm 0,2\%$ при общем сопротивлении термопары 23 – 24 ома.

Крепление термопар производилось клеем БФ-2 под давлением, чем обеспечивался необходимый контакт.

Питание тепловых макетов осуществлялось от универсального источника питания типа УИП-2, контроль которого производился приборами: сила тока – вольтамперметром М 253, класс точности – 0,5. Напряжение – вольтамперметром М 2007, класс точности – 0,1.

Показания термопар подключаемых к гальванометру ГЗП – 47, во время опытов снимались визуально в делениях прибора через определённые интервалы времени до выхода теплового макета на стационарный режим. Зеркальный гальванометр ГЗП - 47, ГОСТ – 7324 – 75, класс точности 1, 0 был проградуирован совместно с термопарами, с дополнительным сопротивлением МЛТ 2 – 120 ом и двадцати точечным коммутатором. При таком сопротивлении 1 деление гальванометра соответствовало 0,29 град. Коммутатор обеспечивал в процессе тарировки последовательное подключение концов дифференциальных термопар к гальванометру. Этим учитывалось сопротивление проводов и контактов термопар. Стенд для температурных испытаний тепловых макетов представлен на рис. 2.

Разброс показаний для гальванометра ГЗП-47 составлял ± 2 деления, что соответствует $\Delta_T = 0,58^\circ\text{C}$ Средняя квадратичная погрешность серии измерений датчиков (20) шт. составляла $\sigma = 0,15$. Таким образом, суммарная максимальная ошибка измерения температуры, вызванная нестабильностью характеристики термопар и тарировкой, составляла

$$\Delta_T = \pm (2\sigma + \Delta_T) \approx \pm 1^\circ\text{C}.$$

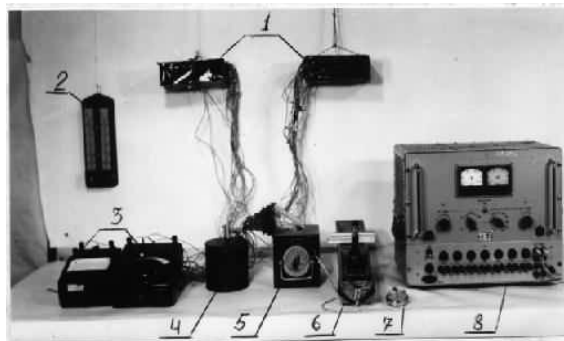


Рис. 2. Стенд для температурных испытаний: 1 – тепловые макеты; 2 – психрометр; 3 – приборы для измерения напряжения и силы тока источников тепла; 4 – сосуд; 5 – коммутатор; 6 – гальванометр; 7 – секундомер; 8 – УИП-2

Нагрята зона теплового макета набиралась из пяти стеклотекстолитовых горизонтально расположенных плат размером $200 \times 150 \times 1,5$ мм. Высота нагрятой зоны составляла $2\ell_{i-c} = 60$ мм. Заполнитель между платами – воздух. На каждой плате, равномерно по всей поверхности было размещено по 200 резисторов; 10 рядов, в каждом ряду – 20 резисторов, т.е. был получен плотный монтаж. Общая мощность нагрятой зоны составляла $P_{\text{сум}} = 25$ ватт. Нагрята зона теплового макета РЭА помещалась в кожух, изготовленный из дюралюминиевой фольги $\delta_f = 0,1$ мм, покрытой чёрным лаком ($\epsilon = 0,9$), размером $220 \times 170 \times 80$ мм. Зазор между кожухом и нагрятой зоной составлял – 10 мм.

Для увеличения эффективной теплопроводности нагрятой зоны стеклотекстолитовые платы заменялись фольгированным стеклотекстолитом с толщиной фольги 0,1 мм.

Влияние введения теплостоков в нагрятую зону на температурное поле теплового макета показано на рис. 3 (кривая 2).

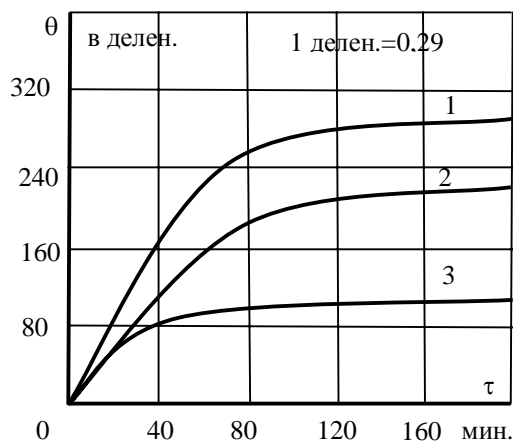


Рис. 3. Значение температуры в центральной точке нагрятой зоны: 1 – при отсутствии теплостоков; 2 – при наличии теплостоков; 3 – при выводе теплостоков на кожух

Аналогичные экспериментальные исследования проведены и для тепловых макетов РЭА, вышеописанной конструкции, когда обеспечивался плотный контакт между теплостоками и кожухом ($\epsilon'' = \infty$), т.е. кожух "садился" на нагретую зону, что обеспечит увеличение коэффициента теплопередачи. Для этого к стеклотекстолитовым платам подклеивалась медная фольга 0,2 мм. Выбор размеров фольги проводился с учётом вывода за пределы платы и изгиба сторон на величину зазора между платами. Фольга по периметру между платами припаивалась, образуя кожух.

Результаты изменения нестационарного поля для центральной точки теплового макета при экспериментальном исследовании представлены на рис. 3 кривой 3.

Анализ графиков, приведенных на рис. 3, показывает, что повышение эффективной теплопроводности нагретой зона за счёт введения теплостоков на платах способствует выравниванию температурного поля блока и снижению общего температурного фона.

Так, повышение эффективной теплопроводности данного блока от 0,2 Вт/м · град до 3,1 Вт/м · град. вдоль плат (x, y) способствует снижению температуры в центральной точке до 22% (кривая 2).

При выводе теплостоков на кожух температурный фон в центральной точке понижается до 50% (кривая 3).

Температура окружающего воздуха и в камере, где проводились эксперименты, контролировалось с помощью ртутных термометров ГОСТ 2823 – 79.

Давление воздуха, измеряемое с помощью барометра, наблюдалось в пределах 760 – 740 мм рт. столба; влажность воздуха в лаборатории, измеряемая помощью психрометра КТЗ – 2, составляла 30 – 40%.

Выводы

1. В аппарате с плоскими теплостоками в условиях естественной конвекции неравномерность распределения мощности практически не сказывается на максимальном перегреве и способствует выравниванию и снижению температурного поля блока (кривая 2).

2. При выводе теплостоков на кожух температурный фон в центральной точке понижается до 50% (кривая 3).

Список литературы

1. Синотин А.М. Исследование точности метода многих точек для определения теплопроводности анизотропных материалов / А.М. Синотин // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 2004. – Вып. 129. – С. 37-40.

2. Майков И.М. Экспериментальное определение эффективной теплопроводности нагретых зон радиоэлектронных аппаратов / И.М. Майков, А.М. Синотин // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ТРТО, 1972. – Вып. 2. – С. 23-26.

Поступила в редколлегию 11.04.2011

Рецензент: проф. д-р техн. наук. В.П. Авраменко. Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПЛОСКИХ ТЕПЛОСТОКОВ НА ТЕМПЕРАТУРУ В ЦЕНТРАЛЬНІЙ ТОЧЦІ НАГРІТОЇ ЗОНИ РЕА

А.М. Сінотін, Т.А. Колеснікова

Висловлені результати проведених експериментальних досліджень про характер впливу плоских теплостоків на максимальну температуру в центральній точці теплових макетів радіоелектронних апаратів з щільним монтажем.

Ключові слова: нагріта зона, анізотропне тіло, коефіцієнт ефективної теплопровідності.

RESEARCH OF INFLUENCING OF FLAT TEPLOSTOKOV ON TEMPERATURE IN CENTRAL POINT OF THE HEATED AREA REA

A.M. Sinotin, T.A. Kolesnikova

The results of the conducted experimental researches about the character of influencing of flat teplostokov on a maximal temperature in the central point of thermal models of vehicles radio electronic with the dense editing are expounded.

Keywords: the heated area, anisotropnoe body, coefficient of effective heat conductivity.