

УДК 658.51.011.56

А.М. Синотин, Т.А. Колесникова

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРА РАЗМЕЩЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА НА ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ РЭА

Экспериментальное исследование влияния характера расположения источников тепла на температурное поле макетов радиоэлектронных аппаратов.

Ключевые слова: анизотропность, нагретая зона, эффективная теплопроводность, относительный параметр теплопроводности, коэффициент теплоотдачи.

Введение

Всестороннее проникновение радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) во все области деятельности приводит к необходимости обеспечения высокой ее надежности работы, сокращения ее веса и габаритов. Эти требования выдвинули новые требования проектирования и производства РЭА особенно для аппаратов, размещаемых на летательных аппаратах.

Создание оптимальных радиоэлектронных систем резко увеличило объем исходной информации и требует тесной связи с другими отраслями науки и техники (математикой, физикой, теплофизикой, электронно-вычислительной техникой и др.). В потоке этой информации важное место занимают сведения о характере теплового режима аппарата, создании методов расчета тепловых режимов отдельных элементов и радиоэлектронных аппаратов в целом.

Актуальность. Расчеты тепловых режимов радиоэлектронной аппаратуры не поддаются строгому математическому описанию из-за наличия большого количества радиоэлементов. Да и сами радиоэлементы зачастую состоят из различных материалов обладающих различной степенью черноты, обладают различной теплоемкостью и эффективной теплопроводностью, значения, которых не приведены в технической литературе и отсутствуют в техническом паспорте. Все это приводит к значительным погрешностям при расчетах тепловых режимов аппаратуры и вызывает необходимость проведения экспериментальных исследований.

Цель исследования. Определение влияния характера расположения тепловыделяющих радиоэлектронных элементов в нагретой зоне на тепловой режим аппарата.

Основной материал

Исследование влияния характера размещения источников тепла в нагретой зоне на температурный режим аппарата производилось на тепловых макетах радиоэлектронных аппаратов, изготавливаемых в

лаборатории. Габаритные размеры тепловых макетов выбирались в соответствии с исследованиями, представленными в работе [1].

Температурные испытания проведены на тепловых макетах радиоэлектронных аппаратов (РЭА) рис. 1 и охватывают класс одноблочных РЭА со средней ($\eta_m > 1$) и высокой ($\eta_m \gg 1$) плотностью монтажа, собранных на малогабаритных радиоэлементах.

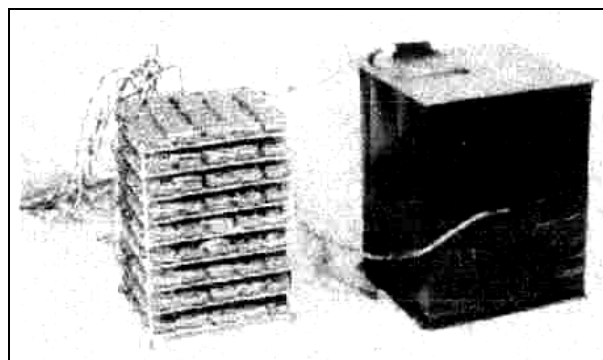


Рис. 1. Нагретая зона и кожух теплового макета

Их температурные режимы, размеры элементов, плотность размещения элементов на платах и плотность размещения самих плат показывают, что за структурой своего построения нагретые зоны макетов адекватны нагретым зонам РЭА, выполненным на интегральных, микромодульных схемах или малогабаритных радиоэлементах.

Для изготовления плат применялся стеклотекстолит. В качестве тепловых источников использовались резисторы МЛТ-2. Теплостоки 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 $\varnothing = 2$ мм, что исключало отвод тепла по стержням из центральной зоны, с максимальной температурой, к менее нагретой зоне макету. Нагретая зона теплового макета помещалась в кожух, изготовленный из дюралюминиевой фольги толщиной $\delta = 0.1$ мм. Кожух покры-

вался черным лаком со степенью черноты $\varepsilon = 0.9$. Макеты подвешивались на нетеплопроводных нитях в камере спокойного воздуха.

Измерение температур в разных точках тепловых макетов осуществлялось дифференциальными медно-константановыми термопарами, изготовленными из провода $\varnothing = 0.2\text{ мм}$, $l = 1500\text{ мм}$, путем сваривания под флюсом в пламени вольтовой дуги.

Качество изготовленных термопар контролировалось путем измерения омического сопротивления цепи каждой термопары с помощью моста постоянного тока Р316, класса 0.2, ГОСТ 7166-66.

Максимальная погрешность измерений составляла $\pm 0.2\%$ при общем сопротивлении термопары 23-24 Ом.

Крепление термопар осуществлялось клеем БФ-2 под давлением, чем обеспечивался плотный контакт между головкой термопары и местом её крепления.

Питание тепловых макетов осуществлялось от универсального источника питания типа УИП-1, контроль которого проводился приборами: сила тока – вольтамперметром М253, класс точности – 0.5; напряжение – вольтамперметром М2007, класс точности – 0.2.

Показания термопар, которые подключились к гальванометру ГЗП-47, во время опытов снимались визуально в делениях прибора через определенные интервалы времени к выходу теплового макета на стационарный режим.

Зеркальный гальванометр ГЗП-47, ГОСТ 7324-55, класс точности 1.0 (цена деления по току $C = 8.3 \cdot 10^{-8}$) был проградуирован совместно с термопарами, с дополнительным сопротивлением МЛТ-2-120 Ом и 20 точечным коммутатором. При таком сопротивлении 1 деление гальванометра соответствует 0.29 град. Коммутатор обеспечивал в процессе тарировки последовательное подключение рабочих концов дифференциальных термопар к гальванометру. Этим учитывалось сопротивление проводов и контактов коммутатора. Стенд для температурных испытаний тепловых макетов представлен на рис. 2.

Разброс показаний для гальванометра ГЗП-47 составлял ± 2 деления, что соответствует $\Delta_2 = 0.58^\circ\text{C}$. Средняя квадратичная погрешность серии измерений датчиков (20 шт.) составляла $\sigma = 0.15$. Таким образом, суммарная максимальная погрешность измерения температуры, вызванная нестабильностью характеристики термопар и тарировкой, составляла: $\Delta_T = \pm (2\sigma_1 + \Delta_2) \approx \pm 1^\circ\text{C}$.

Отсчет времени проводился секундомером прерываемого действия "51СД", ГОСТ 5072-62, 1класс. Цена деления секундомерной шкалы 0,5 сек. контролировалась с помощью ртутных технических термометров ГОСТ 2823-59.

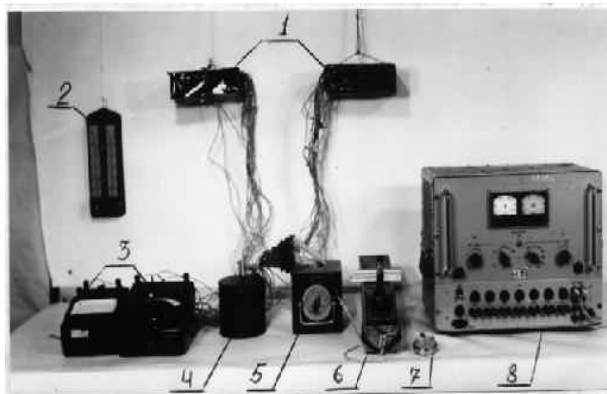


Рис. 2. Стенд для температурных испытаний:

- 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

Давление воздуха, измеряемое с помощью барометра, колебалось в пределах 760-740 мм рт. столбика; влажность воздуха в лаборатории, измеряемая с помощью психрометра – 4.4.

Температура окружающего воздуха в камере спокойного воздуха, где проводились эксперименты КТЗ-2, составляла 30 – 40%.

На рис. 3 приведены результаты обработки экспериментальных данных для установившегося температурного режима, на котором приведен характер изменения положения максимальной температуры по мере перехода от равномерной концентрации мощности к её концентрации на периферийных платах в направлении z .

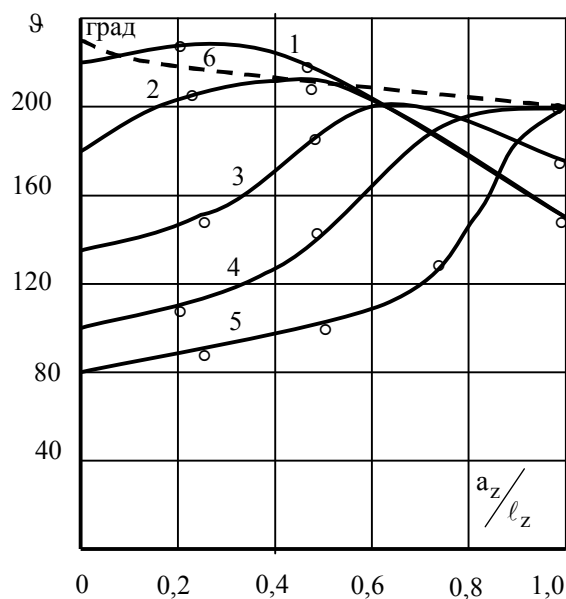


Рис. 3. Зависимость максимальной температуры от закона концентрации мощности на периферии нагретой зоны

На рис. 3:

1 – Равномерное распределение мощности

$$\left(\frac{a_x}{l_x} = \frac{a_y}{l_y} = \frac{a_z}{l_z} = 0 \right).$$

2 – Неравномерная концентрация мощности

$$\left(\frac{a_x}{l_x} = \frac{a_y}{l_y} = 0; \frac{a_z}{l_z} = 0,1 \right).$$

3 – Неравномерная концентрация мощности

$$\left(\frac{a_x}{l_x} = \frac{a_y}{l_y} = 0; \frac{a_z}{l_z} = 0,3 \right).$$

4 – Неравномерная концентрация мощности

$$\left(\frac{a_x}{l_x} = \frac{a_y}{l_y} = 0; \frac{a_z}{l_z} = 0,5 \right).$$

5 – Неравномерная концентрация мощности

$$\left(\frac{a_x}{l_x} = \frac{a_y}{l_y} = 0; \frac{a_z}{l_z} = 0,8 \right).$$

6. Характер перемещения максимальной температуры по мере концентрации мощности к периферии.

Анализ экспериментальных данных и рис. 3 показывает, что при малых значениях критерия Био, т.е. при низкой эффективности поверхностного охлаждения или при применении теплостоков, влияние закона концентрации источников практически не сказывается на изменении максимальной температуры по сравнению с равномерным распределением источников. Имеет место лишь перемещение максимального перегрева (рис. 3, кривая 6) от центра к периферии. Полученные количественные изменения параметра влияния закона концентрации мощности источников тепла (F_w) и закон изменения критерия Био удовлетворительно экспонируют с теоретическими исследованиями по минимизации параметра концентрации мощности F_w .

Эксперименты показали, что наиболее эффективно параметр F_w минимизируется (до 20%) за счёт неравномерности плотности монтажа. На центральной плате плотность наименьшая ($\eta_m \approx 1$), а на периферийных – максимальная ($\eta_m \gg 1$).

Выводы

1. В аппарате с плоскими теплостоками в условиях естественной конвекции неравномерность распределения мощности практически не сказывается на максимальном перегреве.

2. Концентрация элементов, рассеивающих тепло, к центру нагретой зоны способствует увеличению параметра мощности, т.е. отрицательно сказывается на температурном режиме элементов по сравнению с равномерным распределением мощности источников.

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. Ярышев Н.А. Теоретические основы измерения нестационарных температур / Н.А. Ярышев. – Л.: Энергия, 1967. – 198 с.
3. Майков И.М. Экспериментальное определение эффективной теплопроводности нагретых зон радиоэлектронных аппаратов / И.М. Майков, А.М. Синотин // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ТРТО, 1972. – Вып. 2.

Поступила в редколлегию 28.01.2011

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ХАРАКТЕРУ РОЗМІЩЕННЯ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛА НА ТЕМПЕРАТУРНЕ ПОЛЕ РЕА

А.М. Сінотін, Т.А. Колесникова

Експериментальне дослідження впливу характеру розташування джерел тепла на температурне поле макетів радіоелектронних апаратів.

Ключові слова: анізотропія, нагріта зона, ефективна теплопровідність, відносний параметр теплопровідності, коефіцієнт тепловіддачі.

RESEARCH OF INFLUENCING OF CHARACTER OF PLACING OF SOURCES OF HEAT ON THE TEMPERATURE FIELD REA

A.M. Sinotin, T.A. Kolesnikova

Experimental research of influencing of character of location of sources of heat on the temperature field of models of vehicles radio electronic.

Keywords: anisotropnost, heated area, effective heat conductivity, relative parameter of heat conductivity, coefficient of heat emission.