

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВЫБОР СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

© 2014 Н.В. Горячев, В.А. Трусов, Н.К. Юрков

Пензенский государственный университет

Изложен принцип автоматизированного выбора унифицированной конструкции системы охлаждения, реализуемый в процессе теплофизического проектирования радиоэлектронных средств, который использует результаты натурного и вычислительного экспериментов.

РЭС, охлаждение, теплоотвод, проектирование.

Для эффективного использования информационно-измерительного комплекса исследования теплоотводов, предложенного авторами [1], разработана методика теплофизического проектирования (ТФП). Следует, что под термином ТФП подразумевается последовательность действий, приводящая к выбору системы тепловой защиты радиоэлектронного средства (РЭС) и его теплонагруженных элементов. Результатом, получаемым в ходе выбора тепловой защиты того или иного теплонагруженного элемента РЭС, является тип системы охлаждения (СО). Как справедливо отмечено в работе [2], сегодня промышленностью выпускается широкая номенклатура унифицированных конструкций СО. Фактически унифицированные СО покрывают большую часть потребностей конструктора РЭС. Вследствие чего, для решения типовых конструкторских задач, отпадает необходимость в применении достаточно сложных методов расчёта теплоотвода [3], которые хотя и хорошо изучены, но при

этом достаточно трудоёмки. При решении типовых конструкторских задач, к которым относится расчёт теплоотвода для полупроводникового элемента в стандартном корпусе, авторы предлагают использовать методику ТФП, в которой ключевым, завершающим этапом является выбор унифицированной конструкции СО.

Настоящая методика распространяется на РЭС, СО в которых работают в стационарном тепловом режиме с естественным или принудительным воздушным охлаждением при изменении температуры окружающей среды от -60 до $+85^{\circ}\text{C}$ и атмосферного давления от 5 до 1520 мм рт. ст. (от 665 до 202160 Н/м²).

Методика может применяться при разработке конструкций РЭС, работающих в заданном тепловом режиме и содержащих теплонагруженные элементы в стандартном корпусе.

Структурная схема методики представлена на рис. 1.

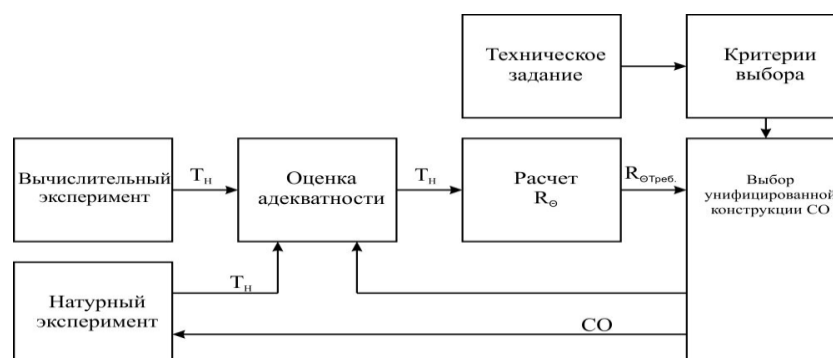


Рис. 1. Структурная схема методики теплофизического проектирования с элементами автоматизированного выбора СО

На основе требований, изложенных в техническом задании, конструктор, учитывая набор критериев, должен выбрать систему охлаждения, которая позволит обеспечить нормальный тепловой режим РЭС и её элементов. Для решения этой задачи предлагается в единой методике объединить результаты вычислительного и натурального экспериментов. Такое объединение позволяет обеспечить всестороннее решение трудноформулируемой задачи ТФП, решение которой, как правило, связано с построением сложной математической модели (ММ) СО или всего РЭС. Однако, как известно, построение ММ и её связь с реальным объектом осуществляется с помощью упрощения и идеализации модели. Исходя из этого ММ СО содержит неточности, которые зачастую незаметны

при нормальном режиме работы СО, но проявляют себя при тяжёлых и критических режимах эксплуатации. Вследствие этого, по мнению авторов, крайне важно в процессе ТФП использовать не только результаты вычислительного эксперимента, направленного на исследование ММ, но и результаты натурального эксперимента, направленного на исследование полученного в ходе проектирования решения.

Наряду с учётом результатов вычислительного и натурального экспериментов, а также применением системы автоматизированного выбора системы охлаждения [2], отличительной особенностью предлагаемой методики является наличие трёх векторов функционирования (табл. 1).

Таблица 1. Векторы функционирования

Вектор функционирования	Последовательность действий
Вычислительный	1. Исследование тепловой ММ СО. 2. Оценка адекватности. 3. Определение R_{Θ} , ΔT . 4. Выбор унифицированной конструкции СО.
Натурный	1. Исследование физической модели СО. 2. Оценка адекватности. 3. Определение пригодности СО. 4. Выбор унифицированной конструкции СО.
Объединённый	1. Исследование тепловой ММ и физической модели СО. 2. Оценка адекватности. 3. Определение R_{Θ} , ΔT для ММ. 4. Определение пригодности физической модели СО. 5. Выбор унифицированной конструкции СО.

Вычислительный вектор - это режим, когда для исследования используется ММ СО и по результатам исследования осуществляется выбор унифицированной конструкции СО.

При реализации натурального вектора в распоряжении конструктора имеется физический образец СО, т.е. натурная модель, которая и подвергается исследованию с целью определения его пригодности для решения поставленной задачи охлаждения, и объединённый вектор работы, при котором исследуются обе модели, что позволяет не только провести корректный выбор унифицированной конструкции СО, но и оценить взаимную адекватность моделей.

При любом векторе функционирования методики на финальном этапе производятся

следующие действия:

1) на основе данных о корпусе теплонагруженного элемента ограничивается список возможно применимых унифицированных конструкций СО;

2) учитывая полученное ранее значение требуемого теплового сопротивления $R_{\Theta_{\text{Треб.}}}$, которое позволит обеспечить нормальный тепловой режим, осуществляется выбор одного или нескольких типов СО, удовлетворяющих следующему критерию:

$$R_{\Theta_{\text{Треб.}}} \geq R_{\Theta_{\text{СО}}}, \quad (1)$$

где $R_{\Theta_{\text{Треб.}}}$ - требуемое тепловое сопротивление СО, обеспечивающее нормальный тепловой режим ЭРЭ;

$R_{\theta CO}$ - тепловое сопротивление унифицированной СО;

3) учитывая дополнительные (не основные) критерии, такие как геометрия СО, ориентация на поверхности печатной платы или РЭС и т.п., осуществляется окончательный выбор СО унифицированной конструкции.

Как следует из вышеизложенного, основным критерием выбора унифицированной СО является соотношение (1). Фактически выбор СО происходит по основному её параметру - тепловому сопротивлению ($R_{\theta CO}$), значение которого приводится в технической документации СО. Многолетний опыт конструирования теплонагруженных РЭС показывает, что тепловое сопротивление - это универсальная величина, объединяющая в себе такие параметры СО, как эффективная площадь, тепловая проводимость материала и т.д. Дальнейшие испытания методики, основанной на учёте только $R_{\theta CO}$, доказали возможность решения задачи выбора СО для элементов РЭС, испытывающих заданную тепловую нагрузку и имеющих

стандартный корпус. Методика опробована на практике при выборе унифицированной СО для полупроводниковых транзисторов и диодов в стандартных корпусах SOT-93, TO-3, TO-60, TO-63, TO-66, TO-126, TO-218 TO-220 и ряда других.

Одновременно, в результате апробации предложенной методики, проходившей в процессе совершенствования лабораторного стенда [4], доказано, что методика является адекватной, а результаты её применения воспроизводимыми.

Таким образом, предложенная методика позволяет полностью использовать функциональные возможности современного научно-исследовательского оборудования [1,4], в частности, объединить в единой проектной среде вычислительный и натурный эксперименты, а также автоматизированный выбор унифицированной конструкции СО [5], необходимость в котором обоснована в работе [2].

Библиографический список

1. Горячев Н.В., Юрков Н.К. Совершенствование структуры современного информационно измерительного комплекса // Инновационные информационные технологии. 2013. Т. 3. № 2. С. 433-436.

2. Горячев Н.В., Юрков Н.К. Концепция создания автоматизированной системы выбора теплотвода электрорадиоэлемента. // Современные информационные технологии. 2010. № 11. С. 171-176.

3. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре: учебник для вузов по спец. "Конструир. и произв. радиоаппаратуры". М.: Высш. шк., 1984. 247 с.

4. Горячев Н.В., Граб И.Д., Лысенко А.В., Андреев П.Г., Трусов В.А. Стенд исследования тепловых полей элементов конструкций РЭС // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2008. Т. 2. С. 162-166.

5. Горячев Н.В. Алгоритм функционирования системы поддержки принятия решений в области выбора теплотвода электрорадиоэлемента // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". 2012. Т. 2. С. 238-238.

Информация об авторах

Горячев Николай Владимирович, аспирант, Пензенский государственный университет. E-mail: ra4foc@yandex.ru. Область научных интересов: информационные технологии.

Трусов Василий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, Пензенский государственный университет. E-mail:

kipra@mail.ru. Область научных интересов: тепловые процессы в РЭС.

Юрков Николай Кондратьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, Пензенский государственный университет. E-mail: Yurkov_NK@mail.ru. Область научных интересов: конструирование радиоэлектронных средств.

AUTOMATED SELECTION OF COOLING SYSTEM FOR RADIO ELECTRONIC DESIGN OF THERMOPHYSICAL

© 2014 N.V. Goryachev, V.A. Trusov, N.K. Yurkov

Penza State University, Penza, Russian Federation

Explain the principle of automated selection of uniform design of the cooling system, implemented in the process of designing thermal electronic means, which uses the results of natural and computational experiments.

RES, cooling, heat sink, design.

References

1. Goryachev N.V., Jurkov N.K. Improving the structure of modern information-measuring complex // Innovative information technologies. 2013. T. 3. № 2. pp.433-436. (In Russ.)
2. Goryachev N.V., Jurkov N.K. The concept of creating an automated system of choice electroradioelements heatsink // Modern information technology. 2010. № 11. pp. 171-176. (In Russ.)
3. Dulnev G.N. Transfer of heat and mass in radioelectronic equipment: textbook for universities on special. "Design. and Manuf. of radioequipment" M.: High school., 1984. p.247.
4. Goryachev N.V., Grab I.D., Lysenko A.V., Andreev P.G., Trusov V.A. Stand study of thermal fields of structural elements radio electronic equipment // Proceedings of the International Symposium Reliability and quality. 2008. T. 2. pp. 162-166. (In Russ.)
5. Goryachev N.V. The algorithm of functioning of decision support systems in the selection electroradioelements // Proceedings of the International Symposium "The reliability and quality." 2012. T. 2. pp. 238-238. (In Russ.)

About the authors

Goryachev Nikolay Vladimirovich, post-graduate the Penza state university. E-mail: ra4foc@yandex.ru. Area of research: information technology.

Trusov Vasily Anatolievich, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of Department. Penza State University.

E-mail: kipra@mail.ru. Area of research: thermal processes in the RES.

Yurkov Nicholay Kondrat'evich, Doctor of Sciences (Engineering), Head department Design and production of radio, Professor Penza state university, Penza, Russian Federation. E-mail: Yurkov_NK@mail.ru. Area of research: designing electronic means.