

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ НАГРЕТОЙ ЗОНЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО АППАРАТА НА ЭФФЕКТИВНУЮ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ

Каранкевич Р.В.

Научный руководитель д.т.н. проф. Синотин А.М

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, Харьков, пр.Ленина, 14 каф. ТАПР, тел.(057)702-14-86)

Research of influence of the form of the warm zone of the radio-electronic device on effective heat conductivity.

Для проектирования надёжных и компактных радиоэлектронных аппаратов наряду с созданием электрических схем необходим всесторонний учёт температурного режима элементов будущей конструкции, а также умение разработчика с помощью различных конструктивных параметров влиять на температурное поле прибора или системы в целом. Неправильное размещение одного элемента можно легко выявить и устранить в процессе температурных испытаний (поверочных расчётов). Устранение ошибок в общей компоновке элементов приводит к дорогостоящей переработке всего блока, т.е. ошибки, допущенные на первых этапах конструирования, ведут к дополнительным затратам. Поэтому теплофизическое конструирование следует осуществлять на всех стадиях разработки и создания надёжной малогабаритной экономичной конструкции аппарата. Существенное влияние на минимизацию радиоэлектронных аппаратов оказывает эффективная теплопроводность нагретой зоны, выраженная через относительный параметр теплопроводности

$$F_{\lambda} = \frac{1}{1 + \frac{\delta_M}{\lambda_o} \cdot \frac{\delta_m}{\Delta + \delta_m}} \cdot \frac{A_2}{A_1} \cdot \frac{(\mu_{X_s} \cdot \xi_{X_0})^2 + (\mu_{Y_s} \cdot \xi_{Y_0})^2 + (\mu_{Z_s} \cdot \xi_{Z_0})^2}{(\mu_{X_2} \cdot \xi_{X_0})^2 + (\mu_{Y_2} \cdot \xi_{Y_0})^2 + (\mu_{Z_2} \cdot \xi_{Z_0})^2},$$

где λ_o , λ_m – эффективная теплопроводность нетеплопроводных и теплопроводных плат; δ - толщина плат; Δ - расстояние между платами;

A_s, μ_i - амплитуды и собственные значения при B_{i_0} ;

ξ_i – относительные размеры сторон аппарата;

$$B_{I_1} = B_{I_0} \cdot \frac{\sqrt{\xi_{X_0} \cdot \xi_{Y_0} \cdot \xi_{Z_0}}}{\xi_{I_0}} \cdot \frac{\lambda_o}{\lambda_{\max}}, \quad I = X, Y, Z.$$

В результате проведенных исследований установлено, что форма параллелепипеда практически не влияет на характер минимизации параметра F_{λ} изотропных нагретых зон ($\lambda_x = \lambda_y = \lambda_z = \lambda_{\max}$). С увеличением λ_{\max} параметр F_{λ} минимизируется. При этом эффективность минимизации существенно возрастает с ростом интенсивности охлаждения

на поверхности нагретой зоны. При увеличении значений B_{i_0} от 0,5 до 20 параметр F_λ соответственно минимизируется с 1 до 0,7 – 0,07.

Достижение определённых уровней минимизации наблюдается при определённых значениях эффективной теплопроводности для каждого B_{i_0} . Дальнейшее увеличение λ_{\max} практически не вызывает существенного изменения F_λ . Значения параметра F_λ для всех форм при $B_{i_0} = \infty$ выражается зависимостью

$$F_{\lambda_\infty} = \frac{\lambda_0}{\lambda_{\max}} = \frac{1}{1 + \frac{\delta_m}{\Delta + \delta_m}},$$

где λ_0 - эффективная теплопроводность при нетеплопроводных платах;

λ_{\max} - максимальная теплопроводность, Вт/м·град;

δ_m - толщина сплошных металлических плат, м;

Δ - расстояние между платами.

Конструктивно теплопроводность нагретой зоны можно изменить двумя путями. Первый состоит в применении высокотеплопроводных заполнителей.

В этом случае $\lambda_x = \lambda_y = \lambda_z = \lambda_{\max}$, т. е. нагретая зона удовлетворяет всем рассмотренным выше закономерностям минимизации параметра F_λ . Параметр анизотропности при этом равен единице ($\lambda_{a\lambda} = 1$).

Установлено:

- увеличение эффективной теплопроводности свыше 2-4 Вт/(м·град) не вызывает дальнейшей минимизации. Значит, не следует стремиться к увеличению теплопроводности заполнителей (компаундов) свыше этих значений;

- для изотропных нагретых зон ($\lambda_x = \lambda_y = \lambda_z$) никакие ограничения на размещение монтажных плат не накладываются. Они могут иметь форму либо большой, либо малой грани – «квадратного бруса»;

- при применении теплостокков, практически, нецелесообразно увеличивать эффективную теплопроводность свыше 3-4 Вт/м·град. В случае медных теплостокков это соответствует относительной толщине 0,01 – 0,015 по отношению к расстоянию между платами Δ и удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными;

- конструктивное совмещение кожуха аппарата с нагретой зоной (при обеспечении хороших тепловых связей между платой и стенкой кожуха) позволяет в 2 раза повысить коэффициент теплопередачи в условиях естественной конвекции. Дальнейшее увеличение коэффициента теплоотдачи может быть достигнуто применением специальных систем вынужденного воздушного охлаждения.