

УДК 658.51.011.56

Розроблено метод експериментального визначення ефективної теплопровідності нагрітих зон РЕА і дані рекомендації по його застосуванню залежно від конструкції апарату

Ключові слова: ефективна теплопровідність, нагріта зона, радіоелектронний апарат, анізотропне тіло, регулярний режим

Разработан метод экспериментального определения эффективной теплопроводности нагретых зон РЕА и даны рекомендации по его применению в зависимости от конструкции аппарата

Ключевые слова: эффективная теплопроводность, нагретая зона, радиоэлектронный аппарат, анизотропное тело, регулярный режим

The method of experimental determination of effective heat conductivity of the heated areas REA is developed and recommendations on his application depending on construction of vehicle are given

Key words: effective heat conductivity, heated area, vehicle radio electronic, and anisotropic body, regular mode

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОЧНОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

А.М. Синотин

Доктор технических наук, профессор
Кафедра проектирования и эксплуатации электронных
аппаратов*

Контактный тел.: (057) 702-14-94, 712-17-94

Т.А. Колесникова

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра инженерной и компьютерной графики*

*Харьковский институт радиоэлектроники
пр. Ленина, 14, г. Харьков, 61166

В связи с расширением круга задач, решаемых с помощью радиоэлектронной аппаратуры (РЕА), резко возрастает сложность изделий. Надёжная работа РЕА обеспечивается только благодаря применению специальных методов проектирования, одним из которых является миниатюризация и микроминиатюризация аппаратуры. Этот метод предусматривающий использование микромодулей, плёночных и твердых схем, позволяет в несколько раз уменьшить габариты и вес отдельных частей радиоэлектронной аппаратуры, (а габариты и вес блоков, узлов и стоек даже в несколько десятков раз). Вместе с тем, микроминиатюризация аппаратуры приводит к значительному повышению удельных тепловых нагрузок, Так например, если в конструкциях, использующих электровакуумные приборы, тепловая нагрузка может достигать 20 - 60 Вт/дм³, то для радиоэлектронной микроминиатюрной аппаратуры максимальные пределы тепловых нагрузок уже сегодня принимают значения до 2000 Вт/дм³ и продолжают расти. Для расчёта тепловых нагрузок требуется знание эффек-

тивной теплопроводности нагретой зоны аппарата, значение которой может быть определена экспериментальным методом. Определение эффективной теплопроводности аналитическими методами связано со сложными математическими трудностями. Отсутствуют данные о его величине (из-за сложности самих элементов и конструкции в целом) в техническом паспорте элементов и в соответствующей технической литературе.

Цель исследования – аналитическое исследование точности предлагаемого метода для определения эффективной теплопроводности сложных систем при $\lambda > 1$.

Современный РЕА представляет собой сложную систему тел (рис. 1). Создадим такую систему тел путём набора элементарных ячеек на металлических платах у которой $\lambda_x = \lambda_y = \lambda \gg \lambda_z$ (1). Математическая модель РЕА аппарата (рис. 2) может быть представлена как ядро 1, зазор 2, оболочка 3. Запишем выражение для предельного темпа регулярного режима (m_∞) анизотропного тела в форме параллелепипеда при $Bi = \infty$:

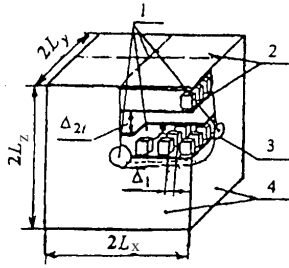


Рис. 1. Нагретая зона радиоэлектронного аппарата

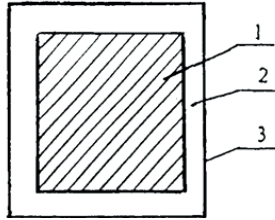


Рис. 2. Математическая модель радиоэлектронного аппарата

$$m_{\infty} = \frac{\pi^2}{C\gamma} \left[\frac{\lambda_x}{L_x^2} + \frac{\lambda_y}{L_y^2} + \frac{\lambda_z}{L_z^2} \right], \text{ или согласно условия} \quad (1)$$

$$m_{\infty} = \frac{\pi^2}{C\gamma} \lambda \left[\frac{1}{L_x^2} + \frac{1}{L_y^2} + \frac{\lambda_z}{L_z^2} \right], \quad (2)$$

где C – удельная теплоёмкость, дж/кг·град; γ – плотность, кг/м³.

Из условия (1) вытекает $\lambda_z/\lambda \ll 1$, а величины сторон, характеризующие размер параллелепипеда, имеют одинаковый порядок, поэтому третьим членом в скобках можно пренебречь и выражение (2) примет вид:

$$\lambda = \frac{m_{\infty}}{\pi^2 \left[\frac{1}{L_x^2} + \frac{1}{L_y^2} \right]} C\gamma = \frac{m_{\infty} C}{\pi^2 V \left[\frac{1}{L_x^2} + \frac{1}{L_y^2} \right]}, \quad (3)$$

где V – объём тела; C – полная теплоёмкость, дж/град.

Следовательно, если проводить эксперименты при $Bi = \infty$, например, в воде с интенсивным перемешиванием (т.е. $\alpha \gg 1$) можно построить зависимость $\ln \vartheta = f(\tau)$ во времени и получить из графика значение

$$m_{\infty} = \ln \vartheta_1 - \ln \vartheta_2 / \tau_2 - \tau_1 \quad (4)$$

Данный метод в литературе получил название первого метода регулярного режима.

Для оценки точности рассмотренного метода применим к (3) метод полного дифференциала считая, что объём тела, его полная теплоёмкость C и линейные размеры L_x, L_y , определены без ошибки ($\Delta V = \Delta C = \Delta L = 0$), тогда:

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{\Delta m_{\infty}}{m_{\infty}}. \quad (5)$$

$$\text{Из (4) имеем: } \frac{\Delta m_{\infty}}{m_{\infty}} = \frac{\frac{\Delta \vartheta_1 + \Delta \vartheta_2}{\vartheta_1 - \vartheta_2} + \frac{2\Delta \tau}{\tau_2 - \tau_1}}{\ln \vartheta_1 - \ln \vartheta_2}. \quad (6)$$

На стадии регулярного режима с точностью до постоянного множителя можно записать: $\vartheta_1 \approx e^{-m_{\infty} \tau_1}$; $\vartheta_2 \approx e^{-m_{\infty} \tau_2}$ и их отношения

$$\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = e^{-m_{\infty}(\tau_1 - \tau_2)}. \quad (7)$$

С учётом (7) $\ln \vartheta_1 - \ln \vartheta_2 = \ln \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = -m_{\infty}(\tau_1 - \tau_2)$, тогда

$$\frac{\Delta m_{\infty}}{m_{\infty}} = \frac{1 + e^{-m_{\infty}(\tau_1 - \tau_2)}}{-m_{\infty}(\tau_1 - \tau_2)} \frac{\Delta \vartheta}{\vartheta_1} + \frac{2\Delta \tau}{\tau_2 - \tau_1}. \quad (8)$$

При измерении отрезка времени $\tau_2 - \tau_1$ в долях $1/m_{\infty}$, т.е.

$$\tau_2 - \tau_1 = n \frac{1}{m_{\infty}}, \quad (9)$$

где n – любое положительное число.

Подставим (9) в (8), в результате получим выражение для относительной ошибки $\delta \lambda$:

$$\delta \lambda = N_{n1} \delta \vartheta + N_{n2} \delta \tau, \text{ или } \delta \lambda = \frac{1 + e^n}{n} \frac{\Delta \vartheta}{\vartheta_1} + \frac{2}{n} \frac{\Delta \tau}{\frac{1}{m_{\infty}}}, \quad (10)$$

де $\delta \vartheta$ и $\delta \tau$ – соответственно ошибки измерения температуры и времени, численно равно одной постоянной времени регулярного процесса $1/m_{\infty}$.

$$N_{n1} = \frac{1 + e^n}{n}; \quad (11)$$

$$N_{n2} = \frac{2}{n}. \quad (12)$$

Таким образом, для получения наименьшей ошибки $\delta \lambda$ необходимо брать разность логарифмов температуры в (4) на отрезке времени, численно равно $\tau_2 - \tau_1 = 1,25 / m_{\infty}$, т.е. при $n = 1,25$.

Из выражений (5) и (10) следует, что для уменьшения влияния ошибки времени на точность определения λ необходимо увеличивать « n ».

Исходя из условия, что практически весь нестационарный процесс длится до $n \leq 2$, т.е. две постоянные времени процесса ($2/m_{\infty}$), мы приходим к выводу, что для получения λ с наименьшей ошибкой при $Bi = \infty$ необходимо вести обработку в (4) на интервале $\tau_2 - \tau_1 = 1 + 2 / m_{\infty}$.

При размерах одноблочных радиоэлектронных аппаратов порядка $L \approx 10^{-1}$ м, произведением с $\gamma \approx 10^3 \cdot 10^3 = 10^6$ Дж/м³·град. Согласно (10) получим, что $m_{\infty} = 10 \cdot \lambda \frac{1}{\text{сек}}$, где λ – Вт/м·град.

Постоянная времени процесса $1/m_{\infty}$ соответственно равна:

$$1/m_{\infty} = 10^3 / \lambda \text{ сек}. \quad (13)$$

Таким образом, из (13) следует, что по первому методу регулярного режима можно практически опреде-

лять эффективные теплопроводности нагретых зон радиоэлектронных аппаратов до $\lambda < 20$ Вт/м · град.

При значениях λ значительно превышающие указанные значения нестационарный процесс будет настолько скоротечным (например, при $\lambda = 60$ Вт/м · град. из (13) имеем $1/m_{\infty} = 20$ сек., т.е. весь нестационарный процесс закончится за $2(1/m_{\infty}) = 40$ сек., что практически, фиксировать изменение температуры во времени обычными средствами окажется невозможными в силу их инерционности. Для чего потребуется специальная аппаратура, что существенно усложняет и удорожает эксперимент и сделает его экономически нецелесообразным.

Выводы

1. При проведении эксперимента при $Bi = \infty$, мы сможем определять эффективную $1 < \lambda < 20$ Вт/м · град. анизотропного тела в двух направлениях, а для определения в третьем направлении, при условии, что $\lambda_z < 1$, можно применять метод многих точек в условиях естественной конвекции и $Bi = 3$, т.е. мы приходим к единому методу.

Таким образом, полученный метод может быть использован, как самостоятельный или как поверочный.

2. Метод может быть использован как самостоятельный или как поверочный при $\lambda_x \approx \lambda_y \approx \lambda_z$.

Литература

1. Майко И.М., Синотин А.М. Экспериментальное определение эффективной теплопроводности нагретых зон радиоэлектронных аппаратов. – Вопросы радиоэлектроники. Сер. ТРТО, 1972, № 2, С. 13 – 17.
2. Майко И.М., Детинов Ю.М., Синотин А.М. О теплофизическом конструировании одноблочных радиоэлектронных аппаратов с заданным тепловым режимом. – Вопросы радиоэлектроники. Сер. ТРТО, 1974. № 1 С. 80 – 87.

УДК 539.184.28:621.375.4

ЗЕЕМАН - МОДУЛЯТОР С ПРЕЦИЗИОННОЙ ФОРМОЙ ВЫХОДНОГО ТОКА

Розглянуто підсилювач потужності, в якому для корекції форми струму навантаження застосована схема джерела струму, керованого напругою. Дослідження, проведені з допомогою запропонованої схеми, показали усунення синхронної завади при реєстрації спектру ЯКР

Ключові слова: ЯКР, ДСКН, індуктивне навантаження, котушки Гельмгольца

Рассмотрен усилитель мощности, в котором для коррекции формы тока нагрузки применена схема источника тока, управляемого напряжением. Исследования, проведенные с помощью предложенной схемы, показали устранение синхронной помехи при регистрации спектра ЯКР

Ключевые слова: ЯКР, ИТУН, индуктивная нагрузка, катушки Гельмгольца

The power amplifier in which to correct the shape of the load current applied current controlled voltage source is considered. Studies using proposed scheme, the destruction of synchronous interference during registration NQR spectrum shown

Key words: NQR, CCVS, inductive load, Helmholtz coil

А. П. Самила
Аспирант*

E-mail: asound@ukr.net

А. Г. Хандожко

Доктор физико-математических наук, профессор*

E-mail: khand@chv.ukrpack.net

*Кафедра радиотехники и информационной безопасности

Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича

ул. Коцюбинского, 2, г. Черновцы, Украина, 58000

Контактный тел.: (03722) 4-24-36

В. А. Хандожко

Заместитель технического директора

Телерадиокомпания «НБМ»

ул. Электриков, 26, г. Киев, Украина, 04176

Контактный тел.: (044) 351-77-20

E-mail: khand@chv.ukrpack.net

1. Введение

Несмотря на интенсивное развитие импульсных методов в резонансной радиоспектроскопии, ста-

онарные методы не потеряли актуальность и до сих пор широко используются в лабораторной практике. Особенно это касается спектроскопии ядерного квадрупольного резонанса, где отсутствие сильного