

УДК 621.396.6

ТЕПЛОВЕ ПРОЕКТУВАННЯ ГЕРМЕТИЧНИХ БЛОКІВ РЕА ЕТАЖЕРНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

К. т. н. В. М. Кришук, к. т. н. Г. М. Шило, Ю. А. Лопатка, к. т. н. М. П. Гапоненко

Запорізький національний технічний університет
Україна, м. Запоріжжя
emiliax@mail.ru

Моделюється тепловий режим герметичних блоків радіоелектронної апаратури етажерної конструкції програмними засобами інженерного аналізу. Досліджуються масогабаритні та теплові характеристики. Оптимізуються кількість друкованих плат та відстань між ними. Використовуються стратегії мінімізації об'єму, маси та масогабариту.

Ключові слова: теплове проектування, герметичний блок, оптимізація масогабариту, тепловий режим, математична модель.

Актуальною задачею проектування радіоапаратури є розробка конструкцій з мінімальними масогабаритними показниками. Ця вимога особливо важлива для бортової апаратури, де використовуються герметичні блоки етажерної конструкції. Мінімізація масогабаритних показників блоків можлива за рахунок вибору розміру стояків, кількості плат, а також за рахунок визначення відстані між платами та між платами і корпусом. Оскільки ці параметри впливають на тепловий режим блока, актуальними, але складними в формалізації, є задачі оптимального проектування з урахуванням теплових режимів радіоелектронних апаратів (РЕА).

Обчислення теплових режимів блоків традиційно проводиться коефіцієнтним методом на основі моделей із трьох тіл [1]. Коефіцієнти моделей визначаються за допомогою статистичної обробки результатів реального проектування, а це неминує викликає значні похибки у визначенні температур електрорадіоелементів і теплового стану блоків. Поява програмних засобів інженерного аналізу дозволила з високою точністю проводити аналіз теплових режимів [2], що відкрило можливість проведення оптимізаційних процедур [3]. Можливість такої оптимізації для масогабаритних параметрів блоків РЕА етажерної конструкції показано в [4]. Але запропоновані алгоритми мали проблеми із збіжністю, що не дозволяло проводити оптимізацію усіх параметрів. Наприклад, не проводилася оптимізація кількості друкованих плат.

Метою даної роботи є розробка методики оптимізації масогабаритних показників блоків етажерної конструкції з урахуванням кількості друкованих плат.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- дослідити властивості теплових характеристик герметичних блоків етажерної конструкції та цільових функцій оптимізації;
- створити математичні моделі масогабаритних і теплових характеристик цих блоків;
- визначити співвідношення для оптимізації масогабаритних показників герметичних блоків;
- розробити алгоритм оптимізації.

Для дослідження масогабаритних та теплових характеристик використовується спрощена модель герметичного блока етажерної конструкції, яка не враховує масу і габарити електрорадіоелементів, з'єднувачів і елементів об'ємного монтажу. В конструкції також відображено, що плати квадратні та мають однакові розміри. При утворенні теплової моделі задавалось, що герметичний блок заповнюється аргоном, та вважалось, що розподіл густини теплового потоку по поверхні друкованих плат задається однаковим і рівномірним на усіх платах. Також вважалось, що друковані плати розташовуються у блоці горизонтально, відвід тепла від блока у навколишнє середовище відбувається тільки конвекцією та випромінюванням у повітряному просторі. Враховується також кондуктивний меха-

нізм передачі тепла всередині блока.

Дослідження масогабаритних характеристик герметичних блоків проводилося при загальній площі електрорадіоелементів $S_e = 0,04 \text{ м}^2$. В результаті досліджень визначено, що найменший об'єм та маса забезпечуються при кількості плат $n = 3$.

Дослідження теплового режиму блоків проводилось при потужності $P = 6 \text{ Вт}$. В процесі досліджень задавалась температура навколишнього середовища $t_c = 50^\circ\text{C}$ і коефіцієнт чорноти усіх поверхонь $\varepsilon = 0,91$. Коефіцієнт теплопровідності стояків, основи і кришки корпусу дорівнював $\lambda_k = 140 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$. Багатошарові друковані плати мали коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{\text{п}} = 3(40) \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ відповідно у аксіальному та радіальному напрямках. Змінювалась кількість плат та відстань між платами. Найкращі умови охолодження виникають при $n = 1$, а найгірший тепловий режим утворюється при відстані між платами $l_p = 5 \text{ мм}$.

Масогабаритні та теплові характеристики використовувались для створення математичних моделей залежності об'єму, маси та перепаду температури блока від зміни конструктивних параметрів при проведенні оптимального проектування. Вирази для визначення оптимальних параметрів блока містять коефіцієнти моделі, які мають нелінійну залежність від умов теплового режиму. Тому при оптимізації масогабариту блока використовується ітераційний алгоритм.

Алгоритм починається із визначення початкового наближення значень параметрів блока за допомогою масогабаритних та теплових характеристик. Після цього створюється тривимірна модель блока із визначеними параметрами, проводиться моделювання теплових процесів та перевіряється умова забезпечення теплового режиму. Якщо умова не виконується, то за допомогою оптимальних співвідношень визначаються нові параметри блока: спочатку змінюється кількість плат і перевіряються умови завершення, а сама процедура проводиться для відстаней між платами і радіуса стояків.

Розроблений алгоритм оптимізації враховує конструктивні обмеження на розміри елементів конструкції, проводить перевірку доцільності та можливість проведення оптимізаційних процедур. Застосування запропонованого методу дозволило зменшити об'єм герметичного блока етажерної конструкції в 1,7 рази, а масу в 1,5 рази відносно максимальної компоновки, яка визначається за максимальною відстанню між платами.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Роткоп Л. Л., Спокойный Ю. Е. Обеспечение тепловых режимов при конструировании радиоэлектронной аппаратуры.– Москва: Сов. радио, 1976.
2. Алямовский А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation.– Москва: ДМК, 2010.
3. Шило Г. Н., Сиротюк О. М., Савелло О. Є., Лопатка Ю. А., Арешкін Є. К., Гапоненко М. П. Дослідження масогабаритних і теплових характеристик герметичних блоків радіоелектронних апаратів // *Радиоэлектроника. Информатика. Управление.*– 2013.– № 1–2.– С. 30–33.
4. Гапоненко Н. П., Сиротюк О. В., Огренич Е. В., Лопатка Ю. А., Арешкин Е. К. Оптимизация объема герметичных блоков радиоэлектронной аппаратуры // *Прикладная радиоэлектроника.*– 2012.– Т.11 – № 3 – С. 155–158.

V. M. Krischuk, G. M. Shilo, J. A. Lopatka, M. P. Gaponenko
Thermal design of hermetically sealed stack package devices.

Heat treatment of hermetically sealed stack-housing devices is modeled by CAE system. Weight, size and weight-and-size characteristics of radio-electronic devices are researched. The number of printed circuit boards and the distance between them are optimized. Strategies to minimize weight, size and weight-and-size characteristics are used.

Keywords: *thermal design, hermetically sealed device, weight-and-size optimization, thermal mode, mathematical model.*
