

УДК 621.396.6

## ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗМІЩЕННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ ПРИ ТЕПЛОВОМУ ПРОЕКТУВАННІ ГЕРМЕТИЧНИХ БЛОКІВ

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

*Розглянуто вплив розміщення друкованих плат на тепловий режим герметичних блоків. Розроблено метод оптимізації розміщення плат з урахуванням величини потужності, що розсіюються функціональними вузлами. Використано програмні засоби моделювання теплових процесів.*

*Ключові слова: теплове проектування, розміщення друкованих плат, герметичний блок, оптимізація, програмні засоби.*

Важливим завданням при проектуванні радіоелектронної апаратури є отримання максимальної щільності компонування електрорадіоелементів зі збереженням високого ступеня надійності [1]. Збільшення щільності компонування і потужності розсіювання електрорадіоелементів суттєво погіршує тепловий режим і, як наслідок, призводить до збільшення масогабаритних показників радіоелектронної апаратури. Питання мінімізації об'єму і маси особливо важливе для бортової апаратури, де використовуються герметичні блоки етажерної конструкції [2].

Поліпшити тепловий режим герметичних блоків етажерної конструкції можливо за рахунок зменшення перепаду температури в блоці, який визначається сумою перепадів по платах, внутрішнім тепловідвідним елементам, а також перепаду між корпусом та зовнішнім середовищем. На перепад температури на внутрішніх тепловідвідних елементах впливає взаємне розташування джерел тепла в блоці, що при нераціональному розміщенні друкованих плат може призвести до значного перегріву блоків. Завдання розміщення плат в блоці до теперішнього часу розглядалося лише з точки зору оптимізації з'єднань між функціональними вузлами [3, 4]. Розробка методів розміщення функціональних вузлів з точки зору теплових режимів ускладнювалася точністю та тривалістю розрахунку теплового режиму. Підвищення точності розрахунків стало можливе з появою засобів інженерного аналізу [5].

Метою роботи є розробка методу оптимізації розміщення функціональних вузлів в герметичних блоках етажерної конструкції з урахуванням потужностей розсіювання кожної плати та застосування програмних засобів моделювання теплових процесів.

Для виконання поставленої мети необхідно:

- створити теплову модель герметичного блоку етажерної конструкції;
- розглянути особливості тепловідводу в герметичних блоках;
- розробити алгоритм оптимізації розміщення друкованих плат в блоці.

Дослідження теплових режимів герметичних блоків етажерної конструкції проводилося на тепловій моделі, яка створювалася шляхом виключення: конструктивних елементів, що не впливають на розподіл температур в блоці; локальних збурень температури в друкованих платах поблизу електрорадіоелементів; елементів кріплення блоків в апаратурі. Розглядався рівномірний розподіл потужності по поверхні плати. Відстань між друкованими платами обмежується висотою електрорадіоелементів. Було прийнято, що всі плати мають однакові розміри. Вплив металізації в друкованій платі на теплові процеси враховується анізотропним коефіцієнтом теплопровідності. При моделюванні задавався теплообмін між блоком і зовнішнім середовищем тільки конвекцією і випромінюванням. Враховувалась також теплопередача теплопровідністю всередині блоку.

Дослідження теплових режимів проводилося програмним комплексом SolidWorks, модуль Flow Simulation. В результаті дослідження встановлено, що теплопередача від верхньої (зовнішньої) поверхні плати відбувається конвекцією і випромінюванням до поверхні корпусу зі значно меншою темпера-

турою, що покращує тепловідвід, внаслідок чого, знижується температура верхньої плати. Тепловіддача конвекцією і випромінюванням від внутрішньої поверхні плат здійснюється в просторі з більш високою температурою, що обумовлює підвищення температури цих плат. У процесі дослідження також встановлено, що температура корпусу практично однакова при будь-якому розміщенні плат в блоці. Ці особливості враховуються в алгоритмі оптимізації розміщення друкованих плат в блоці.

Алгоритм розпочинається з ранжування друкованих плат по потужності зі зменшенням по висоті блока. На другому етапі найбільш потужну плату розташовують на вершину ранжованого ряду та визначається максимальна температура в блоці. Далі проводилася зміна розташування плат і порівняння температури на кожному етапі переміщення. Плата з найменшою максимальною температурою розташовується на вершину ранжованого ряду та виключається з переліку плат. Перевіряється умова завершення алгоритму: якщо розташування визначено не для всіх плат, то алгоритм повторюється знову, інакше — завершується.

Застосування алгоритму розглянуто на моделі герметичного блоку етажерної конструкції з кількістю друкованих плат  $n=5$ , відстанню між платами 20 мм і діаметром стояків 10 мм. Товщина основи корпусу становила 7 мм, а кришки корпусу і плат — 2 мм. Відстань від краю плати до кришки корпусу задавалася 10 мм, загальна монтажна площа електрорадіоелементів  $S_e=0,04 \text{ м}^2$ . Температура навколишнього середовища складала  $50^\circ\text{C}$ . Потужність плат становила  $P_1=3,0 \text{ Вт}$ ,  $P_2=2,5 \text{ Вт}$ ,  $P_3=2,0 \text{ Вт}$ ,  $P_4=1,5 \text{ Вт}$ ,  $P_5=1,0 \text{ Вт}$ . Коефіцієнт чорноти всіх поверхонь складав 0,9, коефіцієнт теплопровідності стояків і корпусу —  $140 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ , а друкованих плат — 3 та  $40 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  в аксіальному і радіальному напрямках відповідно.

Застосування запропонованого методу дозволило знизити максимальну температуру в блоці на  $7,0^\circ\text{C}$  в порівнянні з найгіршим варіантом розташування плат. Наведений алгоритм може використовуватися як один з етапів оптимізації об'єму блоку у випадку, коли на платах розсіюється різна потужність. Для забезпечення теплових режимів електрорадіоелементів необхідно також проводити оптимізацію відстаней між платами, діаметра стояків і кількості друкованих плат. Слід враховувати, що застосування алгоритму може обмежуватися неможливістю зміни розміщення плат в блоці, викликану значним збільшенням довжини з'єднань.

#### ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Кольтюков Н. А., Белоусов О. А. Проектирование несущих конструкций радиоэлектронных средств.— Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009.
2. Белоусов Е. Л., Ушкар М. Н. Конструирование блоков бортовой авиационной аппаратуры связи.— Нижний Новгород: НГТУ, 2005.
3. Пирогова, Е. В. Проектирование и технология печатных плат.— Москва: Форум, Инфра-М, 2005.
4. Меркухин Е. Н. Использование графовых моделей пространства допустимых решений в задаче размещения электронных элементов // Изв. Вузов. Приборостроение.— 2009.— Т. 52, № 5.— С. 56–61.
5. Алямовский А. А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи.— С.-Петербург: БХВ-Петербург, 2012.

---

V.M. Krischuk, G.M. Shilo, J.A. Lopatka, M.P. Gaponenko

#### **Optimization of placing printed circuit boards in thermal design of hermetically sealed units.**

The authors investigate the influence of placing printed circuit boards on the thermal conditions of hermetically sealed unit. A method is developed for optimizing the placing of circuit boards taking into account the power dissipation by functional units. Software simulating thermal conditions is used in the study.

Keywords: *thermal design, placing printed circuit boards, hermetically sealed unit, optimization, software.*