

Giải pháp nâng cao khả năng tản nhiệt cho khung vỏ chứa bo mạch điện tử dạng kín

Lê Thạc Tài*, Trần Hồng Quân

Trung tâm Công nghệ Cơ khí Chính xác, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.

*Email: lethactai@gmail.com

Nhận bài: 05/9/2022; Hoàn thiện: 20/10/2022; Chấp nhận đăng: 24/10/2022; Xuất bản: 28/12/2022.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.84.2022.159-162>

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu giải pháp làm tăng khả năng tản nhiệt cho khung vỏ chứa bo mạch điện tử dạng kín sử dụng quạt gió luân chuyển tuần hoàn không khí bên trong. Xây dựng mô hình và phương pháp giải bài toán truyền nhiệt. Trên cơ sở đó, khảo sát ảnh hưởng của tốc độ dòng khí tới chênh lệch nhiệt độ bên trong so với môi trường bên ngoài và nhiệt độ bề mặt tấm chip. Bài báo cũng đề xuất lựa chọn thông số cấu trúc và một số chi tiết quan trọng phù hợp cho một phương án tản nhiệt với công suất nguồn nhiệt cụ thể và tiến hành các thử nghiệm kiểm chứng. Kết quả nghiên cứu của bài báo được ứng dụng khi thiết kế khung vỏ tản nhiệt chứa bo mạch điện tử dạng kín.

Từ khoá: Khung vỏ tản nhiệt; Bo mạch điện tử dạng kín; Tỏa nhiệt đối lưu.

1. MỞ ĐẦU

Khoa học công nghệ ngày càng phát triển, cho phép chế tạo các loại vi mạch điện tử có kích thước nhỏ gọn nhưng tốc độ xử lý ngày càng cao. Tuy nhiên, đi kèm với nó là lượng nhiệt sinh ra rất lớn khi làm việc. Thông thường nhiệt độ giới hạn cho phép khi làm việc của các thiết bị điện tử nằm trong khoảng từ 85 °C đến 100 °C [1]. Do đó, việc đặt ra giải pháp thiết kế đảm bảo khả năng tản nhiệt cho các thiết bị bo mạch điện tử là cấp thiết. Đối với bo mạch điện tử được chứa trong khung vỏ dạng kín, vấn đề tản nhiệt trở lên phức tạp hơn do phần không khí nóng chỉ được luân chuyển trong vùng thể tích kín. Quá trình tản nhiệt khi đó được thực hiện chủ yếu dựa vào tỏa nhiệt đối lưu tự nhiên giữa khung vỏ với môi trường bên ngoài.

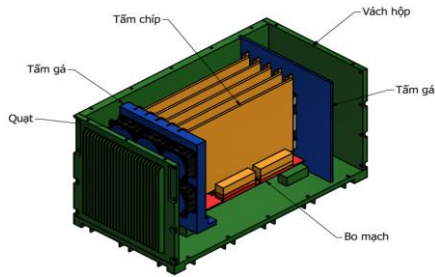
Nội dung nghiên cứu chính của bài báo tập trung vào xây dựng phương pháp giải bài toán tản nhiệt cho khung vỏ chứa bo mạch điện tử dạng kín. Trên cơ sở phương pháp, tiến hành khảo sát ảnh hưởng của tốc độ dòng khí tuần hoàn tới độ chênh lệch nhiệt độ bên trong so với nhiệt độ môi trường bên ngoài và nhiệt độ bề mặt tấm chip trong các trường hợp công suất nguồn nhiệt khác nhau. Từ đó, đề xuất giải pháp lựa chọn chi tiết và tham số kết cấu ảnh hưởng đến thông số dòng khí tuần hoàn cho phù hợp với yêu cầu của bài toán tản nhiệt. Đây là một phần tính toán về tản nhiệt trong việc thiết kế chế tạo khung vỏ dạng kín chuyên dụng gá bo mạch điện tử dùng trong quân sự, với chỉ tiêu khoảng chênh lệch nhiệt độ trong khung vỏ và ngoài môi trường không vượt quá 20 °C, với môi trường làm việc 0 - 50 °C.

2. MÔ HÌNH VÀ TÍNH TOÁN TẢN NHIỆT

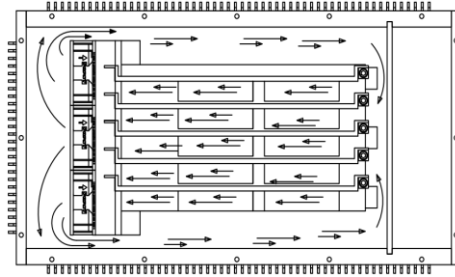
2.1. Mô hình và quá trình truyền nhiệt

Kết cấu khung vỏ chứa bo mạch điện tử được thực hiện như mô tả trên hình 1 gồm: Bo mạch điện tử được bố trí bên trong khung vỏ kín. Gắn các tấm nhôm tản nhiệt với bề mặt chip bằng keo tản nhiệt (sau đây gọi là tấm chip). Sử dụng hệ thống quạt gió tạo luồng không khí luân chuyển tuần hoàn bên trong khung vỏ kín, đi qua bề mặt các tấm chip và các bề mặt bên trong của khung vỏ kín. Bề mặt bên ngoài khung vỏ xẻ các rãnh để tăng khả năng trao đổi nhiệt với môi trường. Dòng khí được tuần hoàn bên trong khung vỏ kín như mô tả trên hình 2. Quá trình truyền nhiệt từ bề mặt tấm chip ra ngoài môi trường được thực hiện qua các giai đoạn sau:

- Tỏa nhiệt đối lưu cưỡng bức giữa tấm chip và dòng khí bên trong khung vỏ kín.
- Tỏa nhiệt đối lưu cưỡng bức giữa dòng khí và bề mặt bên trong khung vỏ kín.



Hình 1. Kết cấu khung vỏ chứa bo mạch điện tử dạng kín.



Hình 2. Mô tả di chuyển của dòng khí bên trong khung vỏ.

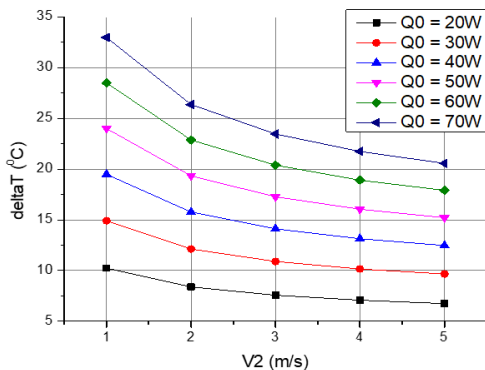
- Dẫn nhiệt qua vách khung vỏ: dẫn nhiệt từ vách trong ra vách ngoài.
- Tỏa nhiệt đối lưu tự nhiên giữa bề mặt ngoài khung vỏ và môi trường.

Khi quá trình trao đổi nhiệt đạt cân bằng thì lượng nhiệt từ tấm chip truyền sang dòng khí bằng với lượng nhiệt truyền ra môi trường. Mục tiêu của bài báo là xác định tham số thiết kế hệ tuần hoàn khí sao cho kết cấu có khả năng tản nhiệt được nguồn nhiệt công suất Q_0 và chênh lệch nhiệt độ bên trong khung vỏ so với môi trường ngoài không quá Δt_{max} , đồng thời nhiệt độ trên bề mặt tấm chip không được lớn hơn giá trị t_{max} .

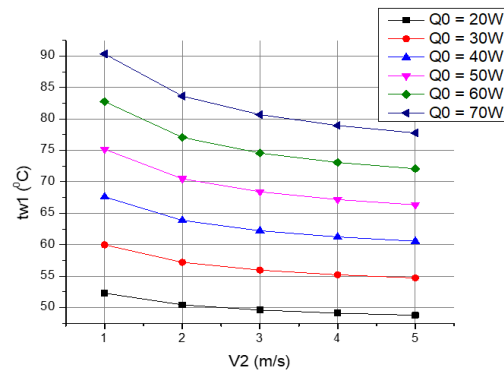
Hệ các phương trình truyền nhiệt cho 4 quá trình trao đổi nhiệt chính nêu như sau [6]:

$$\begin{cases} \alpha_1(t_{w1} - t_{f1})F_1 = Q_0 \\ \alpha_2(t_{w2} - t_{f2})F_2 = Q_0 \\ \alpha_3(t_{w3} - t_{f3})F_3 = Q_0 \\ t_{f1} - t_{f3} = \left(\frac{1}{\alpha_2 F_2} + \frac{\delta}{\lambda F_2} + \frac{1}{\alpha_3 F_3} \right) Q_0 \end{cases}$$

Với Q_0 là công suất tỏa nhiệt khảo sát; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ là hệ số tỏa nhiệt của bề mặt tấm chip ra dòng khí, dòng khí sang bề mặt vách trong, bề mặt vách ngoài ra môi trường; t_{f1}, t_{f2}, t_{f3} là nhiệt độ tấm chip, nhiệt độ trung bình vách trong, nhiệt độ môi trường ngoài; F_1 là diện tích bề mặt các tấm chip; F_2 là diện tích bề mặt vách trong; F_3 là diện tích bề mặt vách ngoài; δ là chiều dày vách; λ là hệ số dẫn nhiệt của vật liệu chế tạo vách.



Hình 3. Đồ thị độ chênh lệch nhiệt độ trong khung vỏ với môi trường theo công suất nguồn nhiệt và tốc độ dòng khí.



Hình 4. Đồ thị khảo sát nhiệt độ bề mặt tấm chip theo công suất nguồn nhiệt và tốc độ dòng khí.

Các hệ số tỏa nhiệt được xác định theo các tiêu chuẩn đồng dạng [6, 7]. Giải hệ phương trình trên tại các giá trị khác nhau của công suất tỏa nhiệt và vận tốc dòng khí tại nhiệt độ môi trường $t_{w3} = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ nhận được giá trị chênh lệch nhiệt độ Δt và nhiệt độ bề mặt tấm chip t_{w1} tương ứng như trên hình 3 và hình 4. Từ đồ thị nhận thấy, tốc độ dòng khí có ảnh hưởng đáng kể tới khả năng tản nhiệt của kết cấu khung vỏ chứa bo mạch điện tử dạng kín. Khi tăng tốc độ dòng khí, ở cùng một giá trị của công suất nguồn nhiệt, khả năng tản nhiệt của kết cấu tăng. Hiệu quả của việc thay đổi tốc độ dòng khí ở các giá trị công suất nguồn nhiệt cao thể hiện rõ rệt hơn so với các giá trị công suất nguồn nhiệt thấp. Ở vùng khảo sát của tốc độ dòng khí và công suất nguồn nhiệt, nhiệt độ bề mặt tấm chip dưới $90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dựa vào kết quả khảo sát có thể sơ bộ xác định được tốc độ dòng khí cần thiết để đảm bảo khả năng tản nhiệt một nguồn nhiệt công suất cho trước, thỏa mãn điều kiện chênh lệch nhiệt độ dòng khí bên trong với môi trường bên ngoài và nhiệt độ tối đa cho phép của tấm chip, làm tiền đề để chế tạo kết cấu khung vỏ tản nhiệt.

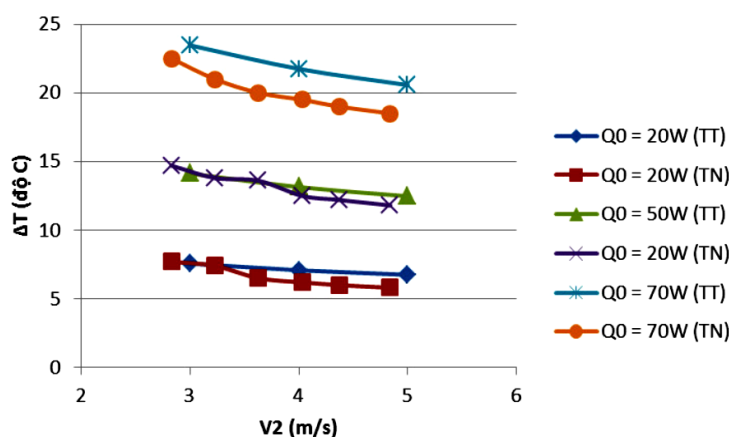
3. KẾT QUẢ SẢN PHẨM CHẾ TẠO

Tiến hành các thí nghiệm xác định khả năng tản nhiệt của kết cấu tại các giá trị khác nhau của tốc độ dòng khí và công suất tỏa nhiệt. Thí nghiệm sử dụng 6 quạt sử dụng điện áp định mức 12 V với lưu lượng dòng khí định mức của mỗi quạt là 16,4CFM ($\approx 27,86\text{ m}^3/\text{h}$). Việc điều chỉnh lưu lượng dòng khí được thực hiện bằng cách thay đổi giá trị điện áp cấp cho quạt.

Kết quả thử nghiệm độ chênh lệch nhiệt độ bên trong khung vỏ so với bên ngoài môi trường được thể hiện trên bảng 2. Giá trị tốc độ dòng khí V_2 được quy đổi theo điện áp làm việc và lưu lượng định mức của quạt gió. Đồ thị so sánh kết quả thử nghiệm và tính toán thể hiện trên hình 5.

Bảng 2. Kết quả thử nghiệm chênh lệch nhiệt độ bên trong khung vỏ so với môi trường.

$Q_0(\text{W})$		20	50	70
U(V)	$V_2(\text{m/s})$			
7	2,83	7,7	14,7	25,1
8	3,23	7,4	13,8	22,8
9	3,63	6,5	13,6	22,0
10	4,03	6,2	12,5	21,1
11	4,37	6,0	12,2	20,0
12	4,84	5,8	11,8	19,1



Hình 5. Đồ thị so sánh kết quả tính toán lý thuyết và thực nghiệm.

Từ bảng tổng hợp kết quả nhận thấy:

- Khi tăng điện áp (tăng tốc độ quạt) chênh lệch nhiệt độ bên trong khung vỏ so với môi trường bên ngoài môi trường giảm, khung vỏ có khả năng tản nhiệt tốt hơn.

- Quy luật thay đổi chênh lệch nhiệt độ từ kết quả thử nghiệm phù hợp với kết quả tính toán theo lý thuyết đồng dạng. Ở công suất nguồn nhiệt 20 W và 50 W sai lệch giữa 2 phương pháp không quá 1 °C. Ở công suất nguồn nhiệt cao nhất (70 W) sai lệch dưới 2 °C.

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở giải bài toán tỏa nhiệt cho kết cấu khung vỏ chứa bo mạch điện tử dạng kín, bài báo đã đề xuất lựa chọn loại quạt phù hợp cho bài toán tản nhiệt đối với nguồn nhiệt có công suất 70 W. Kết quả thử nghiệm cho thấy chênh lệch nhiệt độ bên trong khung vỏ so với môi trường bên ngoài khi quạt hoạt động đúng công suất định mức không quá 20 °C. Kết quả này tương đương với một số sản phẩm thương mại được chào bán với giá thành cao. Điều này cho thấy lựa chọn giải pháp dùng quạt gió lưu thông không khí bên trong hộp kín để tăng khả năng tản nhiệt là phù hợp. Đây có thể coi là bước đi ban đầu quan trọng cho các nghiên cứu tản nhiệt khung vỏ chứa bo mạch điện tử dạng kín tiếp theo. Dựa trên kết quả nghiên cứu của bài báo có thể tiếp tục nghiên cứu theo hướng tối ưu kết cấu khung vỏ để tăng khả năng tản nhiệt.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả cảm ơn sự tài trợ về kinh phí của đề tài “Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thiết bị khung vỏ chuyên dụng gá bo mạch điện tử dùng trong quân sự”, giúp đỡ về ý tưởng khoa học của TS Nguyễn Trung Kiên, TS Nguyễn Thanh Bình – Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. H. Y. Li, M. H. Chang, C. I. Lee, W. J. Yang, “Thermal performance of plate –fin vapor chamber heat sinks,” Int. Commun. Heat Mass Transf. 37(7), pp 731-738, (2010).
- [2]. Atrenne Intergrated Solutions “Choosing the right cooling methodology”, Atrenne.com, (2016).
- [3]. Mike DeGaetano, “Thermal Management for VIA™ and ChiP™ Modules”, Vicor Corporation, (2017).
- [4]. H. E. Ahmed, B. H. Salman, A. S. Kherbeet, M. I. Ahmed, “Optimization of thermal design of heat sinks: A review”, Int. J. Heat Mass Transf., vol. 18, pp. 129-153, (2018).
- [5]. W. D. Jheng, S. H. Chen, Z. Y. Lin, “The efficiency of thermoelectric chip by different heat sink”, Appl. Mech. Mater., Vol. 121-126, pp. 2974-2978, (2012).
- [6]. N. Bón, H. N. Đồng, “Nhiệt kỹ thuật”, NXB Giáo dục (1999).
- [7]. B. Hải, H. N. Hồng, “Bài tập Kỹ thuật nhiệt”, NXB Khoa học và Kỹ thuật (1999).
- [8]. A. Amoako, J. Doom, “Optimization of heat sinks in a range of configurations”, Jt. Thermophys. Heat Transf. Conf., (2018).
- [9]. V. C. Hải, H. D. Hùng, L. Quốc, L. H. Anh, “Kỹ thuật nhiệt”, NXB Khoa học và Kỹ thuật (2012).

ABSTRACT

A solution to improve heat dissipation for closed circuit board chassis

This paper presents the results of research on a solution to increase the heat dissipation for the enclosure containing the closed circuit board using a blower to circulate the air inside. Building models and methods to solve heat transfer problems. On that basis, investigating the influence of air flow velocity on the temperature difference between the inside and the outside environment and the chip surface temperature. The article also proposes to choose the right type of blower for a heat dissipation plan with a specific heat source capacity and conduct verification tests. The research results of the article can be applied when designing a heatsink housing containing a closed circuit board.

Keywords: Heatsink chassis; Enclosed circuit board; Convection heat dissipation.