

Mô phỏng ảnh hưởng về nhiệt trong mạch điều khiển MACH3 cho máy CNC

Simulations of heat effects in MACH3 control circuits for CNC machines

Võ Đình Minh Trí, Nguyễn Quang Vũ, Nguyễn Quốc Hưng,
Nguyễn Quang Thành*, Ngô Kiều Nhi

PTN Cơ học Ứng dụng, Trường Đại học Bách khoa TP HCM

** Email: nqthanh@hcmut.edu.vn*

Tel: +84-838637868 ; Mobile: 0973 184 199

Tóm tắt

Từ khóa:

Bộ điều khiển CNC, Mạch MACH3, Truyền nhiệt, Máy CNC.

Hiện nay máy CNC không còn là khái niệm xa lạ tại Việt Nam. Máy CNC xuất hiện tại hầu hết các lĩnh vực sản xuất, đặc biệt là trong công nghiệp. Bên cạnh đó MACH3 là một bộ điều khiển cho máy CNC có giá thành tương đối rẻ, nhỏ gọn phù hợp với nhu cầu và thị hiếu của thị trường Trung Quốc, Việt Nam. Tuy nhiên trong quá trình vận hành, việc tỏa nhiệt trong mạch là điều không thể tránh khỏi. Điều đó có thể gây ảnh hưởng đến tính ổn định, độ bền của phần tử mạch mà việc sửa chữa, thay thế có thể làm chậm tiến độ công việc, chi phí sửa chữa. Nghiên cứu hiện tượng ảnh hưởng về nhiệt trong mạch điều khiển Mach3 cho máy CNC (cụ thể là mạch CNC BOB MACH3 LPT) bằng phương pháp mô phỏng sẽ mở ra một tương lai gần cho những máy CNC được thiết kế và sản xuất tại Việt Nam sẽ có chất lượng tốt hơn và ngày càng phổ biến hơn, từ đó góp một phần nhỏ công sức vào việc phát triển của nền khoa học công nghệ trong nước.

Abstract

Keywords:

CNC controller set, MACH3 circuit, heat transfer, CNC machines.

Nowadays CNC machines are no longer an unfamiliar term in Vietnam. They have already appeared in most of the fields of manufacturing, especially in the industry sector. In addition, MACH3 is a controller set for CNC machines which is known for being relatively cheap, small, and highly suitable for demands and preferences for both Vietnamese and Chinese markets. However, during the operating process, heat generation is certainly unavoidable. This may have some certain effects on the stability and durability of circuit elements, and therefore repairs or replacements may slow down the work progress as well as increasing repair costs. Research on the phenomenon of heat effects in MACH3 control circuits for CNC machines (namely circuit CNC BOB MACH3 LPT) using emulation methods will open a very near future where CNC machines designed and manufactured in Vietnam will have better quality and be gradually more popular. Accordingly, it will insignificantly contribute to the development of national science and technology.

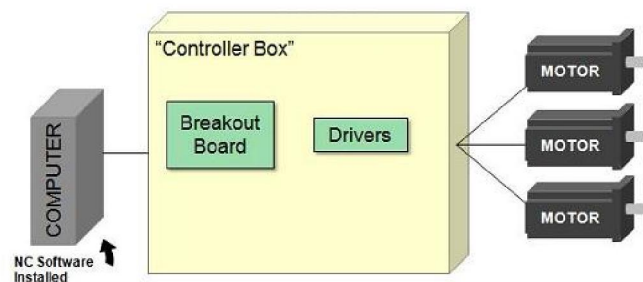
Ngày nhận bài: 03/07/2018

Ngày nhận bài sửa: 07/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. GIỚI THIỆU

Máy công cụ CNC là bước phát triển cao từ các máy NC. Các máy CNC có một máy tính để thiết lập phần mềm dùng để điều khiển các chức năng dịch chuyển của máy. Các chương trình gia công được đọc cùng một lúc và được lưu trữ vào bộ nhớ. Khi gia công, máy tính đưa ra các lệnh điều khiển máy. Máy công cụ CNC có khả năng thực hiện các chức năng như: nội suy đường thẳng, nội suy cung tròn, mặt xoắn, mặt parabol và bất kì mặt bậc ba nào. Máy CNC cũng có khả năng bù chiều dài và đường kính dụng cụ. Tất cả các chức năng trên đều được thực hiện nhờ một phần mềm của máy tính. Và để đưa các lệnh từ máy tính đến để gia công trên máy CNC, cần phải có một bộ phận để tương tác giữa máy tính và máy CNC, ta gọi đó là *Mạch giao tiếp*. Mạch giao tiếp dùng để kết nối giữa máy tính PC và mạch điều khiển động cơ, các công tắc hành trình, nút dừng khẩn cấp. Phạm vi ứng dụng: nên dùng mạch này với các driver chính hãng, các driver tự làm thì nguy cơ gặp sự cố với máy tính là khá cao nên cẩn thận trước khi dùng. Các driver tự làm nên dùng mạch Giao tiếp có cách ly.

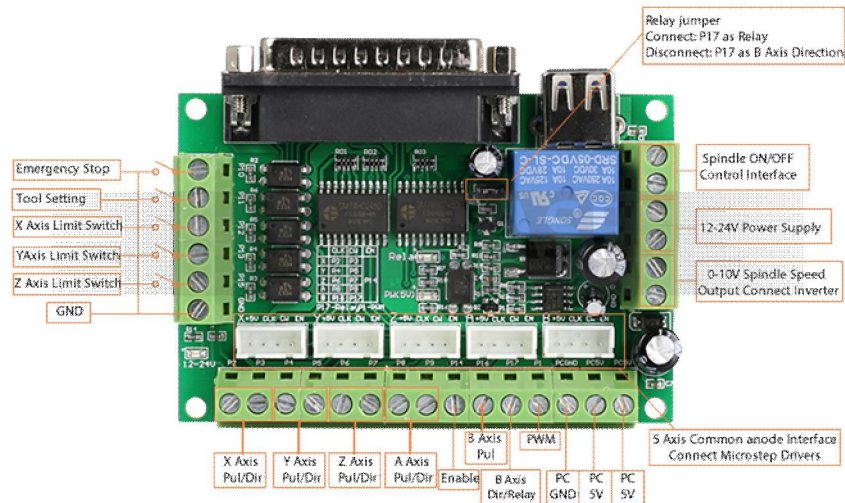


Hình 1. Breakout Board (Mạch giao tiếp)

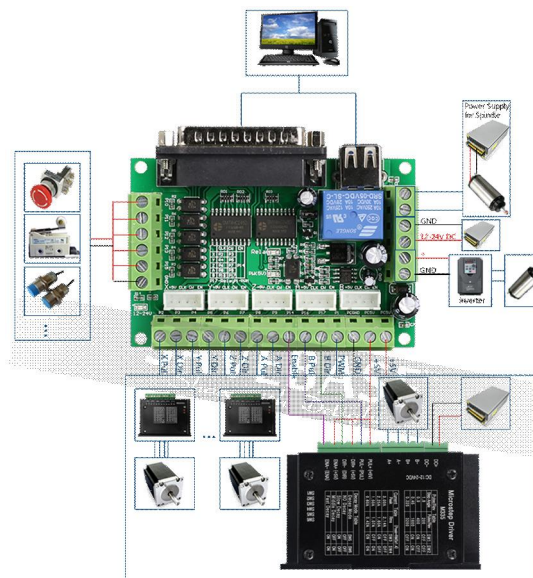
Hệ thống trong hình bao gồm một máy tính với phần mềm NC điều khiển và các động cơ ổ đĩa. Hộp điều khiển bao gồm nguồn điện (không hiển thị), mạch giao tiếp và trình điều khiển động cơ. Trên thực tế thì máy tính hoàn toàn có khả năng kết nối trực tiếp đến các trình điều khiển, nhưng nếu làm như vậy thì nguy cơ rủi ro, hỏng hóc là khá cao. Bởi vậy chúng ta nên sử dụng đến mạch giao tiếp để có thể đảm bảo an toàn cho máy làm việc.

Mạch MACH3 là mạch kết nối giữa phần mềm điều khiển (phần mềm Mach3) trên máy tính và các phần tử điều khiển như driver điều khiển động cơ bước hoặc Servo, ngoài ra còn có nhiệm vụ nhận tín hiệu phản hồi từ các cảm biến và công tắc hành trình và đưa về phần mềm xử lý.

Trong quá trình các thiết bị điện tử trong mạch điện hoạt động sẽ sản sinh ra nhiệt lượng do dòng điện chạy qua, làm cho nhiệt độ các thiết bị này tăng cao. Lúc này xuất hiện sự chênh lệch nhiệt độ, nhiệt độ các thiết bị điện sẽ cao hơn nhiệt độ không khí xung quanh. Chính sự chênh lệch nhiệt độ này dẫn đến quá trình truyền nhiệt. Nhiệt lượng từ các thiết bị điện sẽ được truyền sang môi trường thông qua các phần tử chất khí bao bọc xung quanh lớp vỏ thiết bị điện điều này làm ảnh hưởng lớn đến quá trình điều khiển cũng như hư hỏng trong mạch điện tử đang dùng. Bài báo đã tiến hành mô phỏng quá trình nhiệt cũng như sự trao đổi nhiệt qua lại giữa các linh kiện điện tử khi hoạt động. Bằng phương pháp mô phỏng sự truyền nhiệt, các kết luận đã chỉ ra sự tập trung nhiệt độ lớn nhất trong mạch MACH3 để tiến hành gia công và khắc phục kịp thời. Những nghiên cứu sâu hơn sẽ được trình bày trong những nghiên cứu tiếp theo của nhóm tác giả.



Hình 2. Mạch kết nối Breakout board



Hình 3. Sơ đồ hệ thống điều khiển mô hình máy phay CNC

2. TỔNG QUAN CƠ SỞ LÝ THUYẾT NGHIÊN CỨU

2.1. Trình tự phân tích bài toán theo FEM




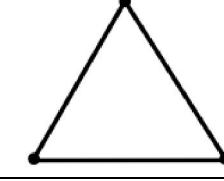
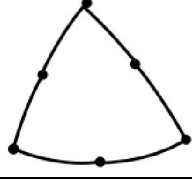
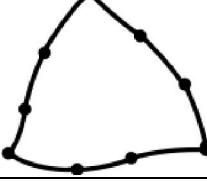
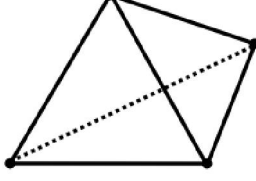
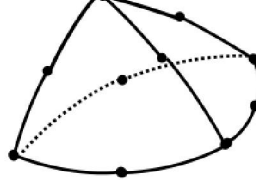
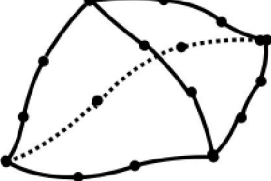
FEM là phương pháp số gần đúng để giải các bài toán được mô tả bởi các phương trình vi phân đạo hàm riêng trên miền xác định có hình dạng và điều kiện biên bất kỳ mà nghiệm chính xác không thể tìm được bằng phương pháp giải tích. Trình tự giải một bài toán bằng phương pháp FEM bao gồm:

Bước 1: Rời rạc hóa miền khảo sát.

Miền khảo sát V được chia thành nhiều miền con V_e hay thành các phần tử có dạng hình học thích hợp. Với bài toán cụ thể số phần tử, hình dạng hình học của phần tử cũng như kích

thước các phần tử phải được xác định rõ. Số điểm nút mỗi phần tử không lấy được một cách tùy tiện mà tùy thuộc vào hàm xấp xỉ định chọn.

Bảng 1. Dạng hình học đơn giản của các phần tử

| | Phần tử bậc nhất | Phần tử bậc hai | Phần tử bậc ba |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Phần tử một chiều |  |  |  |
| Phần tử hai chiều |  |  |  |
| Phần tử ba chiều |  |  |  |

Bước 2: Chọn hàm xấp xỉ thích hợp

Vì đại lượng cần tìm chưa biết, nên ta giải thuyết dạng xấp xỉ nó sao cho đơn giản đối với tính toán bằng máy tính nhưng phải thỏa mãn các tiêu chuẩn hội tụ. Và thường được chọn ở dạng đa thức. Rồi biểu diễn hàm xấp xỉ theo tập hợp giá trị và có thể có cả các đạo hàm của nó tại các nút của phần tử $\{q_e\}$.

Bước 3: Xây dựng phương trình phần tử, hay thiết lập ma trận độ cứng phần tử $[K]_e$ và vector tải phần tử $\{P\}_e$. Có nhiều cách thiết lập: trực tiếp, hoặc sử dụng nguyên lý biến phân, hoặc các phương pháp biến phân, ... Kết quả nhận được có thể biểu diễn một cách hình thức như một phương trình phần tử.

$$[K]_e \{q\}_e = \{P\}_e \tag{1}$$

Bước 4: Ghép nối các phần tử trên cơ sở mô hình tương thức mà kết quả là hệ thống phương trình.

$$[\bar{K}] \cdot \{\bar{q}\} = \{\bar{P}\} \tag{2}$$

Trong đó: $[\bar{K}]$ là ma trận độ cứng tổng thể, $\{\bar{q}\}$ là vector chuyển vị nút tổng thể, $\{\bar{P}\}$ là Vector tải tổng thể. Sử dụng điều kiện biên của bài toán, ta nhận được hệ phương trình sau:

$$[\bar{K}^*] \{\bar{q}^*\} = \{\bar{P}^*\} \tag{3}$$

Đây chính là phương trình hệ thống.

Bước 5: Giải hệ phương trình đại số.

$$[\bar{K}^*] \{\bar{q}^*\} = \{\bar{P}^*\} \tag{4}$$

Với bài toán tuyến tính việc giải phương trình đại số là không khó khăn. Kết quả tìm được là các chuyển vị của các nút. Nhưng đối với bài toán phi tuyến thì nghiệm sẽ đạt được sau một

chuỗi các bước lặp mà sau mỗi bước ma trận cứng $[\bar{K}]$ thay đổi (trong bài toán phi tuyến vật lý) hay vector lực nút $\{\bar{P}\}$ thay đổi.

Bước 6: Hoàn thiện.

Từ kết quả ở trên, tiếp tục tìm ứng suất, chuyển vị hay biến dạng của tất cả các phần tử.

2.2. Tính toán nhiệt trên các IC

Công thức tính nhiệt độ tiếp xúc của IC với môi trường :

$$T_{cs} = P_d \times R_{JC} + T_{amb} \quad (5)$$

Trong đó: T_{cs} : Nhiệt độ bề mặt IC, P_d : Công suất tiêu thụ, T_{amb} : Nhiệt độ môi trường, R_{JC} : Nhiệt trở từ Die tỏa nhiệt tới lớp vỏ. Tính toán trên lý thuyết: *Tính nhiệt độ bề mặt IC (Nhiệt độ lớp vỏ đóng gói, đơn vị $^{\circ}C$ với P_d, R_{JC} , nhập theo datasheet, $T_{amb} = 28^{\circ}C$) :*

- 74HC245D (SO20) : $T_{cs} = P_d \times R_{JC} + T_{amb} = 0,5 \times 40 + 28 = 48^{\circ}C$

- LM 358 (SO8) : $T_{cs} = P_d \times R_{JC} + T_{amb} = 0,53 \times 35 + 28 = 46,5^{\circ}C$

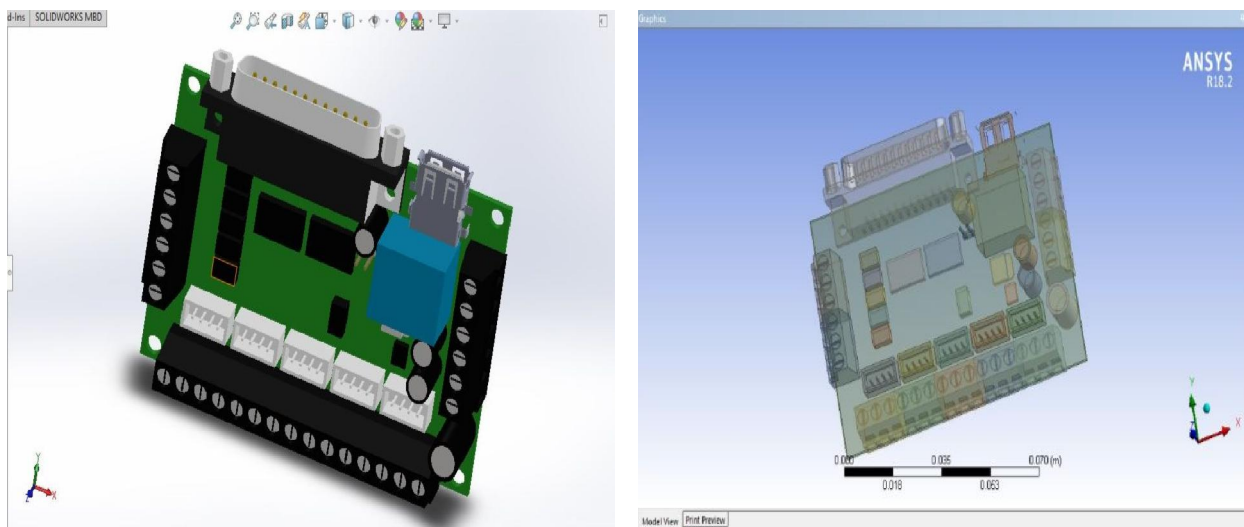
- EL 817 (DIP) : $T_{cs} = P_d \times R_{JC} + T_{amb} = 0,2 \times 70 + 28 = 44^{\circ}C$

- LM 317M (DPAK, IC Ổn áp) : $T_{cs} = P_d \times R_{JC} + T_{amb} = 5 \times 8 + 28 = 68^{\circ}C$

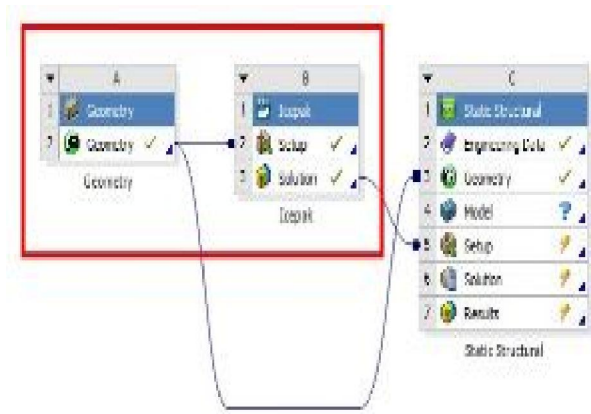
3. MÔ HÌNH HÓA VÀ KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

3.1. Mô hình hóa trên phần mềm SolidWork

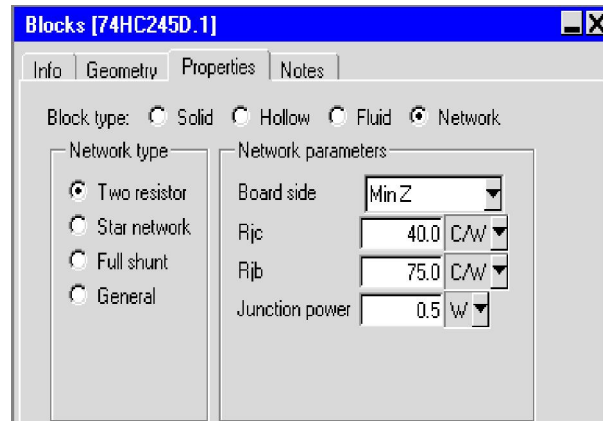
Sự mô phỏng dựa trên các thiết kế điện tử và thực hiện truyền nhiệt hoặc mô phỏng dòng chảy chất lỏng thì ta có thể tạo mô hình hình học hoặc nhập dữ liệu mô hình từ các gói CAD và CAE khác. Sau đó tạo ra một lưới cho hình học mô hình đó và vượt qua lưới và mô hình định nghĩa để giải quyết các tính toán động lực học mô phỏng tính toán.



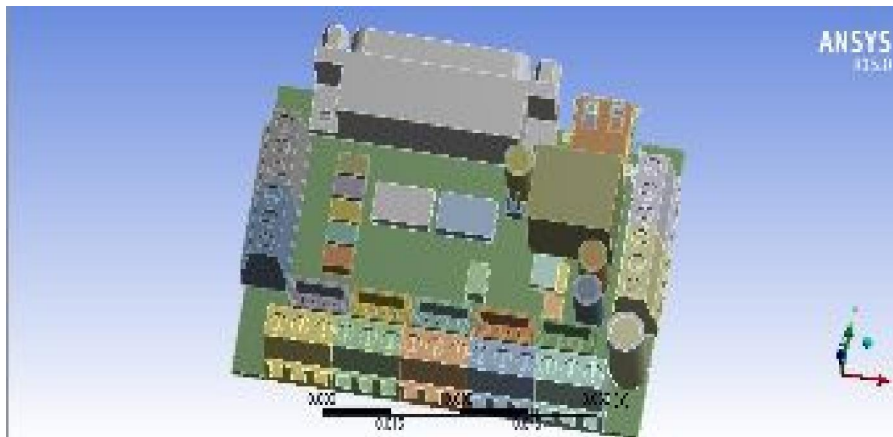
Hình 4. Mô hình mạch điều khiển MACH3 vẽ bằng SolidWork và mô hình mạch điều khiển MACH3 trong phần mềm DesignModeler



Hình 5. Liên kết vật thể hình học



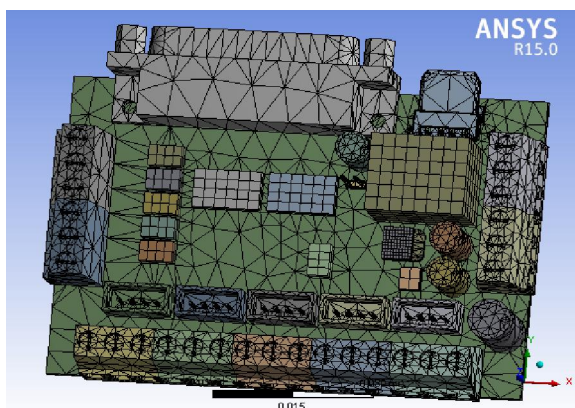
Hình 6. Nhập thông số của mỗi IC



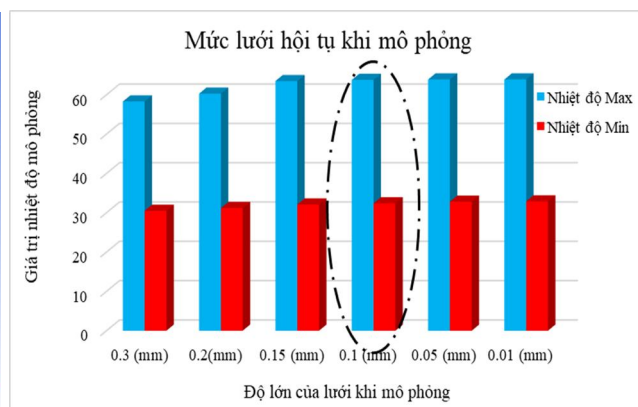
Hình 7. Tính toán và xuất kết quả bằng The Mechanical application

3.2. Kết quả tính toán nhiệt trên FEM

Tiến hành chia lưới với các mức hội tụ của lưới được thể hiện như Hình 8 và Hình 9.

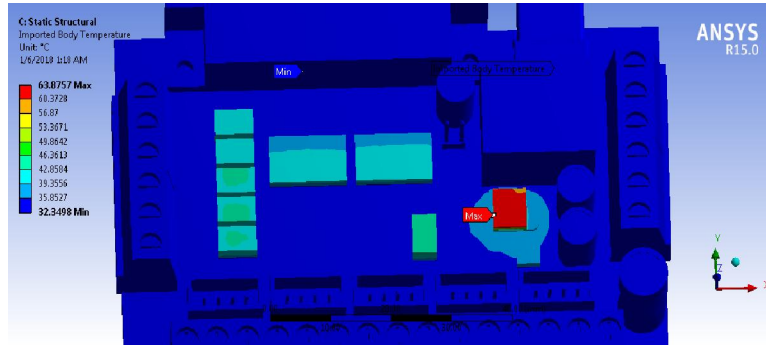


Hình 8. Kết quả sau khi Mesh

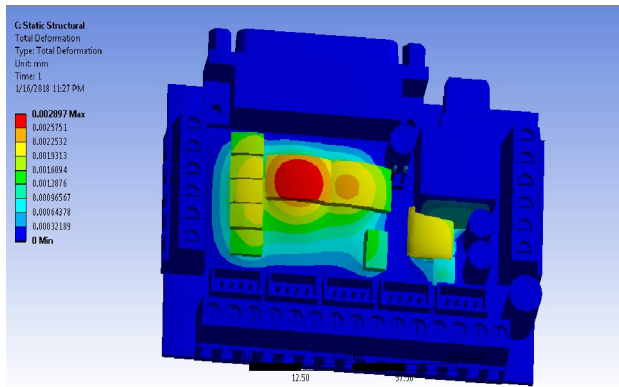


Hình 9. Kiểm tra mức lưới hội tụ của mô hình

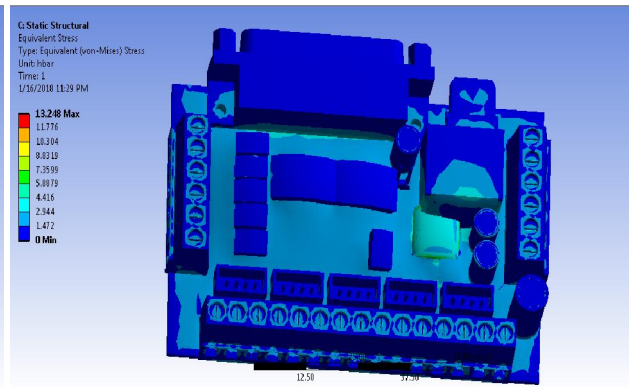
Nhận thấy với mô hình chia lưới cho mạch MACH3 như nghiên cứu sẽ sử dụng mức lưới mịn có kích thước 0,1mm tại giá trị nhiệt độ Max, Min tương ứng là 63,43°C và 32,35°C. Các kết quả cho thấy:



Hình 10. Trường nhiệt độ trên mạch



Hình 11. Trường chuyển vị của mạch



Hình 12. Trường ứng suất của mạch

Nhiệt độ tại các linh kiện trên mạch được thể hiện quan bảng 2

Bảng 2. Nhiệt độ tại các linh kiện trên mạch

| Tên IC | Nhiệt độ (°C) | Trên tính toán | Trên Ansys |
|------------|---------------|----------------|------------|
| 74HC245D_1 | | 48 | 44 |
| 74HC245D_2 | | 48 | 44 |
| LM 358 | | 46.5 | 42 |
| EL 817_1 | | 44 | 41 |
| EL 817_2 | | 44 | 41 |
| EL 817_3 | | 44 | 42,7 |
| EL 817_4 | | 44 | 43,2 |
| EL 817_5 | | 44 | 42,2 |
| EL 817_6 | | 44 | 44 |
| LM 317M | | 68 | 63,88 |

Kết quả so sánh nhiệt độ trên tính toán và trên mô phỏng Ansys-Icepak, với kết quả sau khi mô phỏng ta thấy được có sự chênh lệch nhiệt độ giữa các IC. Ta có thể lý giải hiện tượng này có thể là do bức xạ điện từ, sự tỏa nhiệt vốn có từ nơi có nhiệt độ cao sang nơi có nhiệt độ thấp trong mạch và sai số trong quá trình chia lưới do đó quá trình tính toán lý thuyết có kết quả cao hơn so với mô phỏng.

4. ĐỀ XUẤT BIỆN PHÁP GIẢM NHIỆT

Để mạch điều khiển MACH3 giảm nhiệt độ. Biện pháp giảm nhiệt cho mạch hoạt động tốt hơn được đề ra khi tiến hành thêm quạt tản nhiệt cho mô hình. Tính toán hệ thống thông gió cho thùng máy với nhiệt độ không khí môi trường là 28°C đi ra thùng máy với nhiệt độ là 30°C và chọn loại quạt gió phù hợp.

Bảng 3. Năng suất tỏa nhiệt trên các linh kiện

| Số lượng | Tên IC | Công suất |
|----------------|----------|--------------------|
| 2 | 74HC245D | 0,5W |
| 1 | LM317 | 5W |
| 1 | LM358 | 0,53W |
| 6 | EL817 | 0,2W |
| Tổng công suất | | 7,73W = 27,828kJ/h |

Lưu lượng giải nhiệt thừa với nhiệt độ không khí ra và vào tương ứng với $t_r = 30^\circ\text{C}$ và $t_v = 28^\circ\text{C}$.

Thông thường độ ẩm tương đối không khí khoảng $\varphi = 80$. Khi nước và hơi nước bão hòa theo $t_r = 30^\circ\text{C}$ ta được $P_{hbh} = 0,04241\text{bar}$.

$$d_r = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_{hbh}}{1 - \varphi \cdot P_{hbh}} = 0,622 \cdot \frac{0,8 \cdot 0,04241}{1 - 0,8 \cdot 0,04241} = 0,0218\text{kg/kgkk}$$

$$I_R = t_r + (2500 + 2t_r)d_r = 86\text{kJ/kg}$$

Theo $t_v = 28^\circ\text{C}$ nội suy ta được $P_{hbh} = 0,03811\text{bar}$.

$$d_v = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_{hbh}}{1 - \varphi \cdot P_{hbh}} = 0,622 \cdot \frac{0,8 \cdot 0,03811}{1 - 0,8 \cdot 0,03811} = 0,0196\text{kg/kgkk}$$

$$I_V = t_v + (2500 + 2t_v)d_v = 78\text{kJ/kg}$$

Suy ra:

$$Q = \frac{W}{I_R - I_V} = \frac{27,828}{86 - 78} = 3,8\text{m}^3/\text{h}$$

Thể tích thùng máy : $V = x \cdot y \cdot z = 0,2 \cdot 0,14 \cdot 0,1 = 0,0028\text{ m}^3$

$$\text{Bội số tuần hoàn : } k = \frac{Q}{V} = \frac{3,8}{0,0028} = 1357,14$$

Chọn 6 miệng thông gió khi đó tốc độ gió là : $\omega = \frac{Q}{F} = \frac{3,8}{0,7} = 5,4\text{m/s}$

$$\text{Tổn thất ma sát } \lambda = 0,0125 + \frac{0,001x}{d_{td}} = 0,0137.$$

$$\text{Tổn thất cục bộ: } H_{cb} = \xi \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \rho = \xi \cdot p_d$$

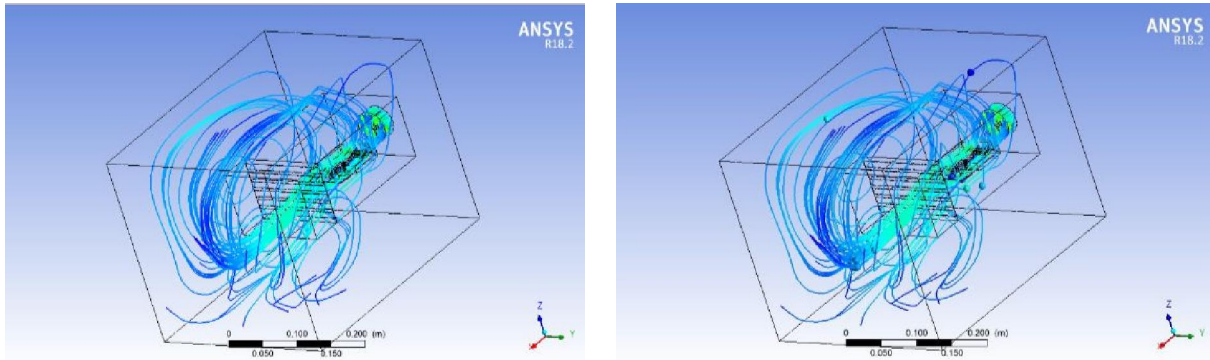
Trong đó: ξ là hệ số trở kháng cục bộ; v là vận tốc không khí; ρ là mật độ không khí; p_d là áp suất động. Chọn áp suất động p_d ta được: $\xi = 2,1$; $H_{cb} = 23,856 \text{ (mmH}_2\text{O)} = 224,14 \text{ (Pa)}$.

Lưu lượng quạt : $\sum Q = k \cdot Q = 1,13,8 = 4,18 \text{ (m}^3/h)$. Với $k = 1,1$ là hệ số an toàn

Hiệu suất chung của quạt : $\eta = 0,5$.

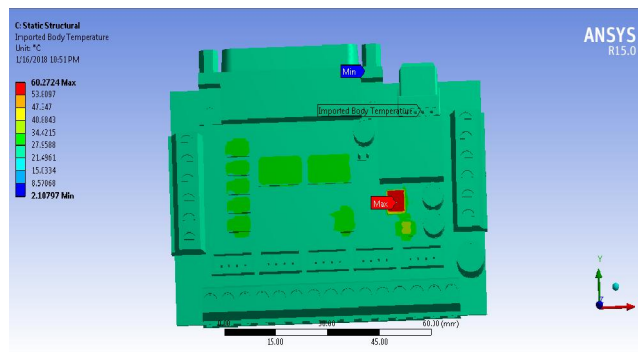
Công suất động cơ : $N = \frac{\rho g h_c Q}{\eta \cdot 10^3} \approx 2,2W$.

Các kết quả mô phỏng:

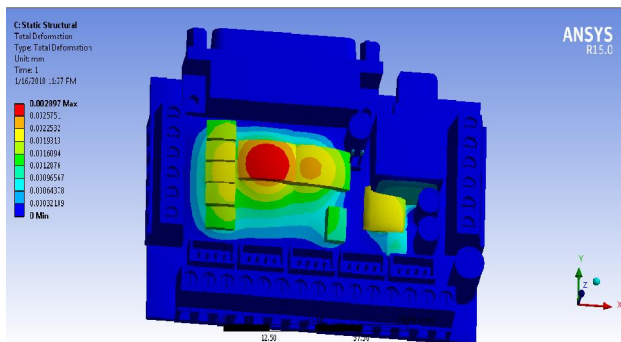


Hình 13. Không khí từ cánh quạt thổi vào, và thoát ra tấm màn

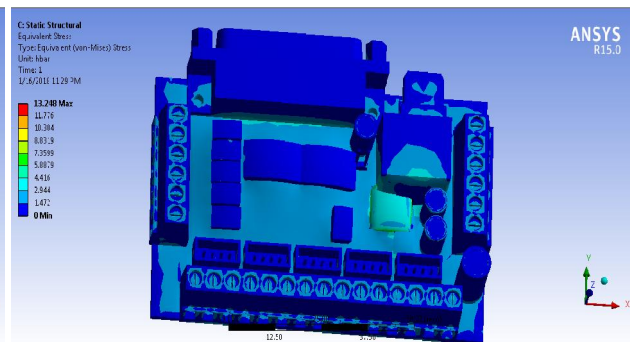
Để kiểm tra kết quả nhiệt độ mạch giảm ta chạy mô phỏng kết quả bằng phần mềm Icepak - tích hợp trong AnsysWorkbench.



Hình 14. Trường nhiệt độ sau khi lắp quạt tản nhiệt



Hình 15. Chuyển vị sau khi lắp quạt



Hình 16. Ứng suất Von-Mises sau khi lắp quạt

Bảng 4. So sánh nhiệt độ mạch sau khi lắp tản nhiệt

| Tên IC \ Nhiệt độ (°C) | Trên tính toán | Trên Ansys | Sau khi tản nhiệt |
|--------------------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------|
| 74HC245D_1 | 48 | 44 | 34,4 |
| 74HC245D_2 | 48 | 44 | 34,4 |
| LM 358 | 46,5 | 42 | 38,1 |
| EL 817_1 | 44 | 41 | 32,2 |
| EL 817_2 | 44 | 41 | 32,2 |
| EL 817_3 | 44 | 42,7 | 32,7 |
| EL 817_4 | 44 | 43,2 | 33,7 |
| EL 817_5 | 44 | 42,2 | 34,8 |
| EL 817_6 | 44 | 44 | 32 |
| LM 317M | 68 | 63,88 | 60,27 |

5. KẾT LUẬN

Mục tiêu trước tiên mà nhóm nghiên cứu đề ra trong nghiên cứu này mô phỏng tác ảnh hưởng về nhiệt của các phần tử tỏa ra nhiệt độ trong quá trình hoạt động và mô phỏng chúng bằng các phần mềm chuyên dụng như Icepak, Fluent được tích hợp trong phần mềm Ansys, sau đó đưa ra biện pháp giảm nhiệt. Các Kết quả cho thấy khi tiến hành tản nhiệt đã mang lại hiệu quả tương đối lớn, hầu hết các thành phần đều giảm được một lượng nhiệt lớn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Datasheet các chip EL817L, 74HC245, LM358, LM317 - datasheet do nhà sản xuất cung cấp.
- [2]. T.G. Alexandru, T.A. Mantea, C. Pupaza, S. Velicu. HEAT TRANSFER SIMULATION FOR THERMAL MANAGEMENT OF ELECTRONIC COMPONENTS .
- [3]. Nguyễn Quốc Ý. *Hướng dẫn giải các bài tập cơ bản trong cơ học thủy khí*. NXB ĐHQG TP HCM.
- [4]. Tạ Duy Liêm. *Hệ thống điều khiển số cho máy công cụ*. NXB Khoa học & Kỹ thuật.
- [5]. Hoàng Đình Tín, Bùi Hải. *Bài tập Nhiệt động lực học và truyền nhiệt*.