

Tối ưu quá trình truyền nhiệt bằng phương pháp năng lượng - ứng dụng cho tủ điều khiển máy CNC

Optimizing the heat transfer process by energy method - applying for control cabinets of 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: ngqthanh@hcmut.edu.vn*

Tel: +84-8378637868; Mobile: 0973 184 199

Tóm tắt

Từ khóa:

Tủ điều khiển máy CNC, hệ thống truyền nhiệt, định luật bảo toàn năng lượng.

Việc thiết kế chế tạo một sản phẩm nào đó đòi hỏi phải tạo ra nhiều sản phẩm thử nghiệm, sau đó làm các thí nghiệm để kiểm các tiêu chí đặt ra của từng sản phẩm, từ đó đưa ra thiết kế tối ưu nhất. Tuy nhiên những việc như vậy tốn rất nhiều thời gian, công sức và tiền bạc. Do đó, việc mô phỏng, tính toán ứng xử của các sản phẩm bằng chương trình máy tính dần phát triển và thay thế cách làm truyền thống. Các kết quả tính toán mô phỏng nhiệt độ, vận tốc của dòng không khí trong tủ để tìm ra nguyên nhân chính gây nhiệt độ cao trong tủ, từ đó đề xuất các biện pháp giảm nhiệt. Thiết lập hệ thống tản nhiệt cho tủ điều khiển. Tuy không giảm nhiệt nhiều như lắp máy lạnh, nhưng tiết kiệm chi phí, năng lượng, lại an toàn cho người sử dụng. Đây là giải pháp phù hợp nhất với xưởng quy mô nhỏ, không có hệ thống làm lạnh.

Abstract

Keywords:

Control cabinets of CNC machines; heat transfer system; principle of energy conservation

Designing and manufacturing a certain product definitely requires many experimental ones, and then doing some experiments to examine specifications of each product and proposing the optimal design. However, too much time, labour and money should be invested into such activities. Therefore, emulating and calculating behaviors of these products by computerizing has increasingly become more popular than the traditional method. The results of emulating and calculating temperatures, speed of air flow in the cabinets to identify the main causes of high temperatures, after that proposing some heat reduction methods. Establishing heat elimination systems for control cabinets. Although the reduction is not so significant as in air conditioning system, it does save money, energy, and is safe for users. This is the most appropriate solution for small-scaled workshop which does not have cooling system.

Ngày nhận bài: 03/07/2018

Ngày nhận bài sửa: 14/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. GIỚI THIỆU

Quá trình trao đổi nhiệt trong tủ điều khiển thường được chia làm 2 giai đoạn bao gồm:

Giai đoạn 1: Trong quá trình các thiết bị điện tử trong tủ 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. Quá trình truyền nhiệt này xảy ra hình thức dẫn nhiệt.

Giai đoạn 2: Sau khi nhận được nhiệt lượng, các phần tử chất khí bao bọc xung quanh thiết bị điện sẽ tiếp tục truyền nhiệt lượng qua các phần tử chất khí khác trong tủ điều khiển làm cho nhiệt độ không khí bên trong tủ điều khiển tăng lên. Quá trình này làm cho nhiệt độ không khí bên trong lớn hơn nhiệt độ bên ngoài vỏ tủ, thì giữa chúng lại có sự chênh lệch áp suất và do đó có sự trao đổi không khí bên ngoài với bên trong. Các phần tử không khí trong tủ có nhiệt độ cao sẽ tăng thể tích lên, dẫn đến khối lượng riêng nhẹ nên bốc lên cao, tạo ra vùng chân không phía dưới tủ điều khiển và không khí bên ngoài sẽ tràn vào thế chỗ. Ở phía trên các phần tử không khí bị dồn ép và có áp suất lớn hơn không khí bên ngoài và thoát ra ngoài theo các khe hở và quạt hút gió phía trên. Quá trình này diễn ra ở hình thức đối lưu. Chúng ta dễ dàng nhận thấy nếu nhiệt độ không khí trong tủ cao hơn nhiệt độ các thiết bị điện. Thì nhiệt lượng của các thiết bị không được phát tán ra bên ngoài khiến nhiệt độ bản thân chúng lại càng tăng lên do hấp thu ngược lại từ nơi có nhiệt độ môi trường cao hơn. Vậy muốn đảm bảo được nhiệt độ làm việc cho các thiết bị điện được tối ưu, thì quá trình trao đổi nhiệt trên phải xảy ra thật hiệu quả. Quá trình truyền nhiệt phụ thuộc trực tiếp từ sự chênh lệch nhiệt độ các thiết bị điện và môi trường xung quanh nó. Sự chênh lệch càng cao, quá trình truyền nhiệt diễn ra càng nhanh chóng.

Các giải pháp tối ưu thường được sử dụng như sau:

Sắp xếp các thiết bị điện dựa trên nguyên lý động học của khối khí, nếu khối lượng riêng của không khí $D = m/v$, D là khối lượng riêng, đơn vị kg/m^3 ; m là khối lượng, đơn vị kg ; V là thể tích, đơn vị m^3 . Thì khi nhiệt độ tăng thì thể tích V tăng dẫn đến khối lượng riêng không khí sẽ nhẹ hơn và nổi lên trên. Do đó, ở phía trên tủ điện nhóm nghiên cứu sẽ sắp xếp những thiết bị tỏa nhiệt ít nhất lên trên (mạch BOB Mach3, chống nhiễu EMC Filters for AC Power Line ZAC-00U), còn những thiết bị tỏa nhiệt lớn thì để phía dưới.

Biện pháp thứ 2: Do tác động nhiệt làm cho khí giãn nở ra và tạo nên sự dịch chuyển của không khí. Đối với tủ điều khiển có một khe hở thì sẽ có một lượng khí thoát ra ngoài và một lượng khí từ ngoài vào trong phòng. Tỷ số giữa các lưu lượng khí đó tỷ lệ với nhiệt độ tuyệt đối của trong và ngoài phòng, đây dựa vào năng lượng tỏa ra của mỗi thành phần trong hệ để có lượng tỏa/thu nhiệt (hút vào/thoát ra) hợp lý theo định lý (1)

$$\frac{Q_{out}}{Q_{in}} = \frac{T_{out}}{T_{in}} \quad (1)$$

Trong đó: Q_{out} là lưu lượng thể tích của không khí từ tủ thoát ra (m^3/s); Q_{in} là lưu lượng thể tích của không khí từ ngoài vào (m^3/s); T_{out} là nhiệt độ của khối thoát khỏi phòng (K); T_{in} là nhiệt độ không khí vào phòng (K).

Nghiên cứu này sẽ dựa vào phương pháp năng lượng để đánh giá quá trình truyền nhiệt cũng như tối ưu hóa tác dụng nhiệt trong tủ điều khiển của máy CNC. Các kết quả bước đầu cho thấy các giá trị nhiệt sau khi được tối ưu bằng phương pháp năng lượng sẽ ưu việt hơn hẳn mô hình cũ.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT/PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên lý vật lý: Năng lượng được bảo toàn

Phát biểu của nguyên lý này chính là định luật thứ nhất của nhiệt động lực, mà khi ứng dụng cho phần tử lưu chất chuyển động với dòng thì suất biến đổi năng lượng trong phần tử lưu chất bằng dòng nhiệt đi vào phần cộng với suất của công thực hiện trên phần tử do lực khối và lực mặt

Hoặc có thể hiểu theo (2): $A = B + C$ (2)

Trong đó A, B, và C biểu thị những số hạng tương ứng ở trên.

Trước hết đánh giá C, tức là nhận được biểu thức cho suất của công thực hiện trên phần tử lưu chất chuyển động do lực mặt. Có thể thấy rằng suất của công thực hiện bởi một lực tác động trên vật thể chuyển động bằng tích của lực và thành phần vận tốc trong hướng của lực. Do đó suất của công thực hiện bởi lực khối tác động lên phần tử lưu chất chuyển động với vận tốc là $\vec{V}$ là $\rho \cdot \vec{f} \cdot \vec{V} (dx \cdot dy \cdot dz)$. Với lưu ý tới những lực mặt, chỉ xét những lực trong hướng x trong Hình 1. Suất của công thực hiện trên phần tử lưu chất chuyển động bởi áp suất và lực ứng suất theo hướng x, đơn giản là thành phần vận tốc u nhân với lực. Để nhận được suất ròng của công thực hiện trên phần tử lưu chất bởi lực mặt, chú ý rằng những lực đó trong hướng x dương thực hiện công dương và những lực đó trong hướng x âm thực hiện công âm. Đó đó so sánh lực áp suất trên mặt *adhe* và *bcbf* trong Hình 1, suất ròng của công thực hiện bởi áp suất trong hướng x:

$$\left[up - \left(up + \frac{\partial(up)}{\partial x} \right) \right] dydz = - \frac{\partial(up)}{\partial x} dx dy dz \quad (3)$$

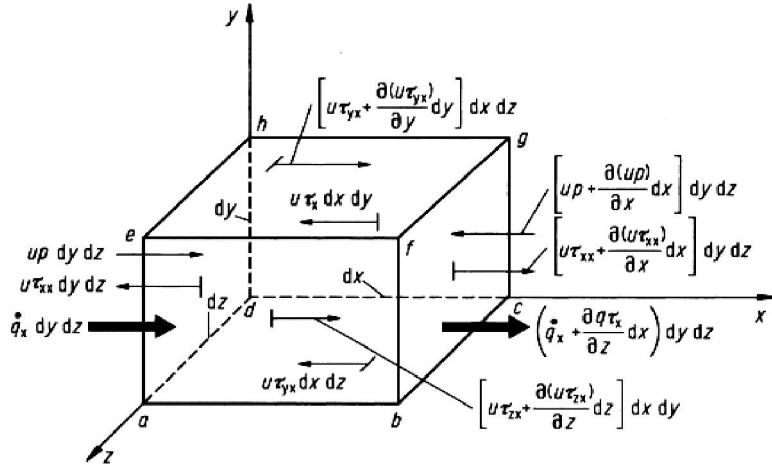
Tương tự suất ròng của công thực hiện bởi ứng suất tiếp theo hướng x trên những mặt *abcd* và *efgh*

$$\left[\left(u\tau_{yx} + \frac{\partial(u\tau_{yx})}{\partial y} dy \right) - u\tau_{yx} \right] dx dz = - \frac{\partial(u\tau_{yx})}{\partial y} dx dy dz \quad (4)$$

Xét tất cả các lực mặt đưa vào Hình 1, suất ròng của công thực hiện trên phần tử lưu chất chuyển động do những lực này đơn giản:

$$\left[- \frac{\partial(up)}{\partial x} + \frac{\partial(u\tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(u\tau_{yx})}{\partial y} + \frac{\partial(u\tau_{zx})}{\partial z} \right] dx dy dz \quad (5)$$

Biểu thức trên xét duy nhất lực mặt theo hướng x. Khi xét lực mặt trong những hướng y và z, cũng nhận được những biểu thức tương tự.



Hình 1. Dòng năng lượng liên quan đến phần tử lưu chất vô cùng bé chuyển động

Tổng quát, ứng suất tĩnh của công thực hiện trên phần tử lưu chất chuyển động là tổng của những đóng góp lực mặt trong hướng x , y và z , cũng như đóng góp lực khối. Khi đó, C trong biểu thức (2) được xác định bởi (6)

$$C = \left[-\left(\frac{\partial(up)}{\partial x} + \frac{\partial(up)}{\partial y} + \frac{\partial(up)}{\partial z} \right) + \left(\frac{\partial(u\tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(u\tau_{yx})}{\partial y} + \frac{\partial(u\tau_{zx})}{\partial z} \right) + \left(\frac{\partial(v\tau_{xy})}{\partial x} + \frac{\partial(v\tau_{yy})}{\partial y} + \frac{\partial(v\tau_{zx})}{\partial z} \right) + \left(\frac{\partial(w\tau_{xy})}{\partial x} + \frac{\partial(w\tau_{yx})}{\partial y} + \frac{\partial(w\tau_{zz})}{\partial z} \right) \right] dxdydz + \rho \cdot \vec{f} \cdot \vec{V}(dx \cdot dy \cdot dz) \quad (6)$$

Tiếp theo xét B trong phương trình (2), tức là thông lượng tịnh của nhiệt đi vào trong phần tử. Thông lượng nhiệt này do: thứ nhất để đốt nóng thể tích như hấp thụ hoặc phát xạ của bức xạ, và thứ hai để truyền nhiệt qua bề mặt do gradient nhiệt độ, tức là dẫn nhiệt, khi đó cho $\dot{q}$ như ứng suất bổ sung nhiệt thể tích trên đơn vị khối lượng.

Số hạng B trong phương trình (2) là tổng của phương trình (7)

$$B = \left[\rho \dot{q} - \left(\frac{\partial \dot{q}_x}{\partial x} + \frac{\partial \dot{q}_y}{\partial y} + \frac{\partial \dot{q}_z}{\partial z} \right) \right] dxdydz \quad (7)$$

Trong đó: $\dot{q}_i = K \left(\frac{\partial T}{\partial i} \right)$; $i = x \rightarrow z$

$$B = \left[\rho \dot{q} - \left(\frac{\partial}{\partial x} K \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} K \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} K \left(\frac{\partial T}{\partial z} \right) \right) \right] dxdydz \quad (8)$$

Cuối cùng A trong phương trình (2) biểu thị suất biến đổi theo thời gian của năng lượng phần tử lưu chất. Năng lượng toàn phần của một lưu chất chuyển động trên khối lượng đơn vị là

tổng nội năng của nó trên đơn vị khối lượng e , và động năng của nó trên khối lượng đơn vị $V^2/2$. Do đó năng lượng toàn phần là $(e + V^2/2)$. A được xác định bởi (9)

$$A = \rho \frac{D}{Dt} \left(e + \frac{V^2}{2} \right) dx dy dz \quad (9)$$

Từ (2) được thay thế bởi các biểu thức (9), (8) và (6), khi đó (10) được thể hiện định luật bảo toàn cho quá trình truyền nhiệt.

$$\begin{aligned} \rho \frac{D}{Dt} \left(e + \frac{V^2}{2} \right) dx dy dz = & \left[\rho \dot{q} - \left(\frac{\partial}{\partial x} K \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} K \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} K \left(\frac{\partial T}{\partial z} \right) \right) \right] dx dy dz \\ & + \left[- \left(\frac{\partial (up)}{\partial x} + \frac{\partial (up)}{\partial y} + \frac{\partial (up)}{\partial z} \right) + \left(\frac{\partial (u\tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial (u\tau_{yx})}{\partial y} + \frac{\partial (u\tau_{zx})}{\partial z} \right) + \right. \\ & \left. + \left(\frac{\partial (v\tau_{xy})}{\partial x} + \frac{\partial (v\tau_{yy})}{\partial y} + \frac{\partial (v\tau_{zx})}{\partial z} \right) + \left(\frac{\partial (w\tau_{xy})}{\partial x} + \frac{\partial (w\tau_{yx})}{\partial y} + \frac{\partial (w\tau_{zx})}{\partial z} \right) \right] dx dy dz \\ & + \rho \cdot \vec{f} \cdot \vec{V} (dx \cdot dy \cdot dz) \end{aligned} \quad (10)$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Bài toán mô phỏng nhiệt của tủ điều khiển với hệ thống thông gió truyền thống

Thiết lập nhiệt độ, hệ số dẫn nhiệt cho từng phần tử trong tủ điều khiển

Bảng 1. Nhiệt độ và thông lượng nhiệt trước khi lắp hệ thống tản nhiệt

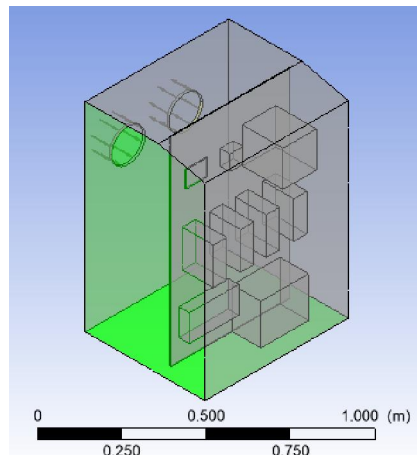
Phần tử	Hệ số bức xạ	Nhiệt độ ban đầu ($^{\circ}\text{C}$)	Cường độ bức xạ (W/m^2)
Mach 3	0,87	52,4	566,78
Tấm phẳng	0,85	34	428,11
TDK Noise	0,59	50,0	364,12
Transitor	0,93	39,8	504,82
Servopack 1	0,91	43,2	515,79
Servopack 2	0,91	43,2	515,79
Servopack 3	0,91	43,2	515,79
Servopack 4	0,91	43,2	515,79
Nguồn 24V	0,85	40,2	463,76
Nguồn 110V	0,85	41,4	470,90

Thiết lập bài toán với 1 quạt thổi không khí từ bên ngoài vào tủ điều khiển và 1 quạt hút khí nóng từ bên trong tủ điều khiển ra bên ngoài theo mẫu truyền thống hiện nay.

Với mô hình truyền thống với 2 quạt có chức năng làm mát cho tủ bao gồm:

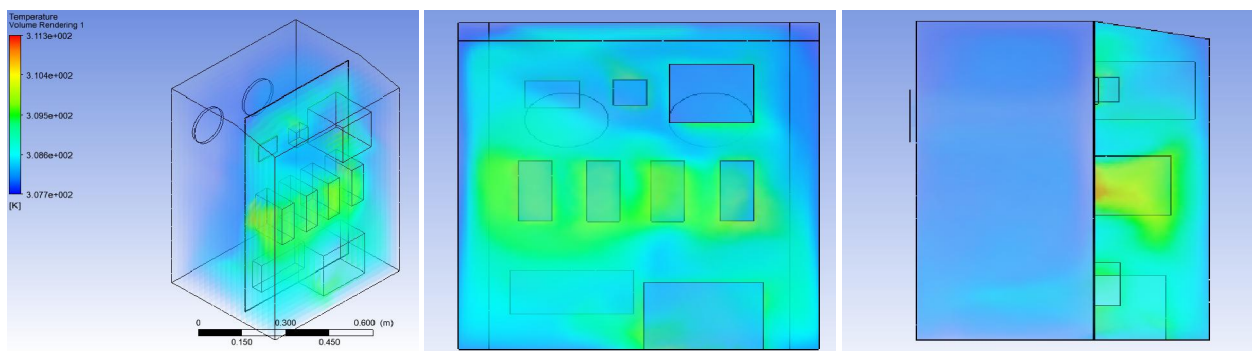
Quạt 1: hút khí từ bên ngoài vào làm mát cho tủ (tủ, các linh kiện điện tử trong tủ). Tuy nhiên, với mô hình này khi khí thổi vào sẽ bị chặn ngay tại nắp chắn dẫn đến khí chỉ có thể làm mát một bên của tủ điều khiển. Ngoài ra, khí thổi trực tiếp vào tủ thì quạt đồng thời mang theo nhiều bụi trong không khí sẽ là ảnh hưởng đến chất lượng và tuổi thọ của tủ.

Quạt 2: Hút khí nóng từ bên trong tủ điều khiển ra bên ngoài, tuy nhiên khi hầu hết khí nóng tập trung xuống dưới đáy thùng như Hình 2. Do đó, biện pháp này không đạt hiệu quả như mong muốn vì hầu như tất cả khối khí nóng vẫn tồn tại trong tủ điều khiển.

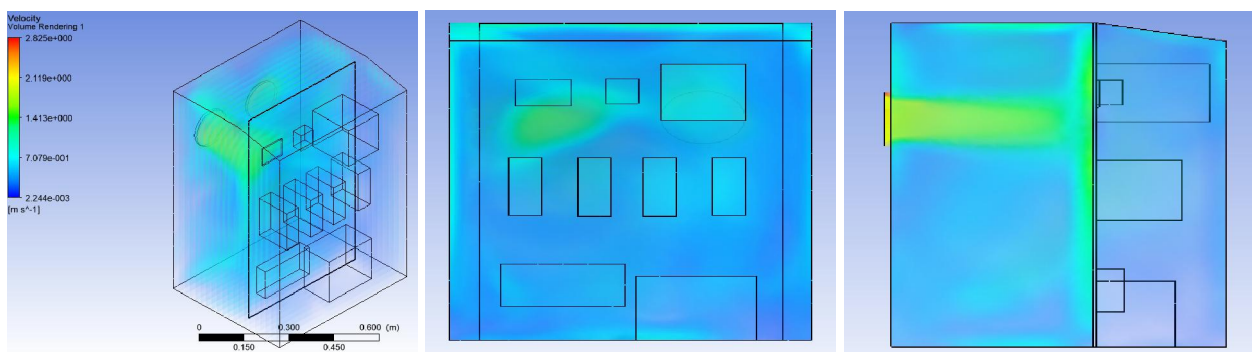


Hình 2. mô hình với 2 quạt gió truyền thống

Các kết quả mô phỏng cho thấy sự phân bố nhiệt độ trong tủ điện như Hình 3, như đã phân tích ở trên, hầu hết độ nóng vẫn tập trung ở các bo mạch và card điều khiển.



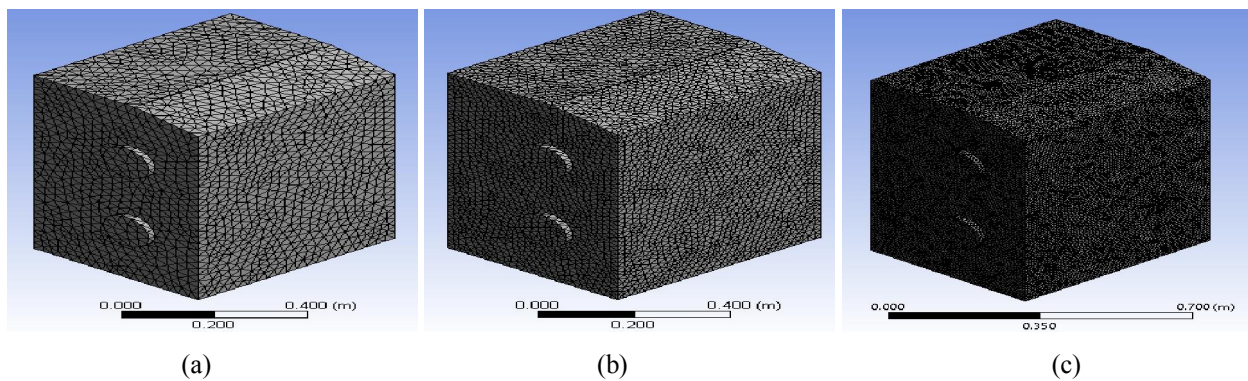
Hình 3. Kết quả nhiệt từ mô hình tủ điều khiển ban đầu



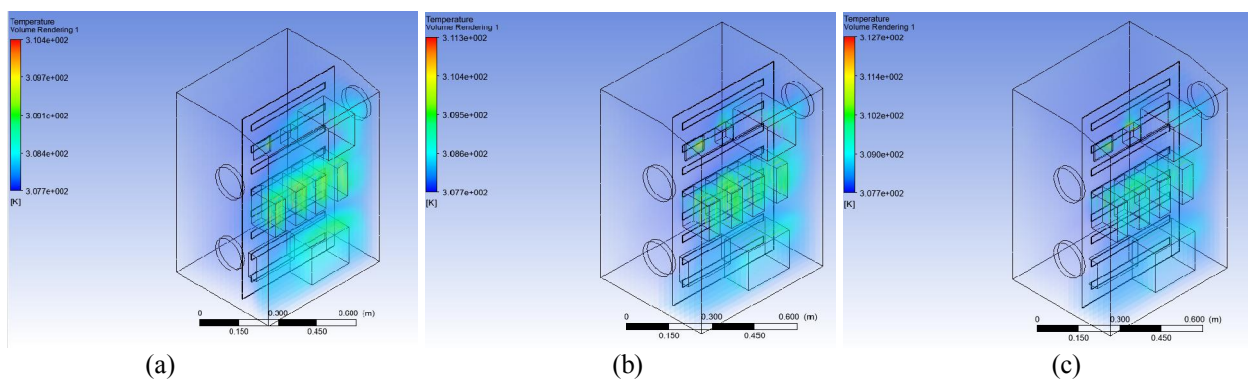
Hình 4. Kết quả vận tốc gió từ mô hình tủ điều khiển ban đầu

3.2. Bài toán mô phỏng nhiệt với đề xuất cải tiến sau khi mô phỏng bằng PP năng lượng

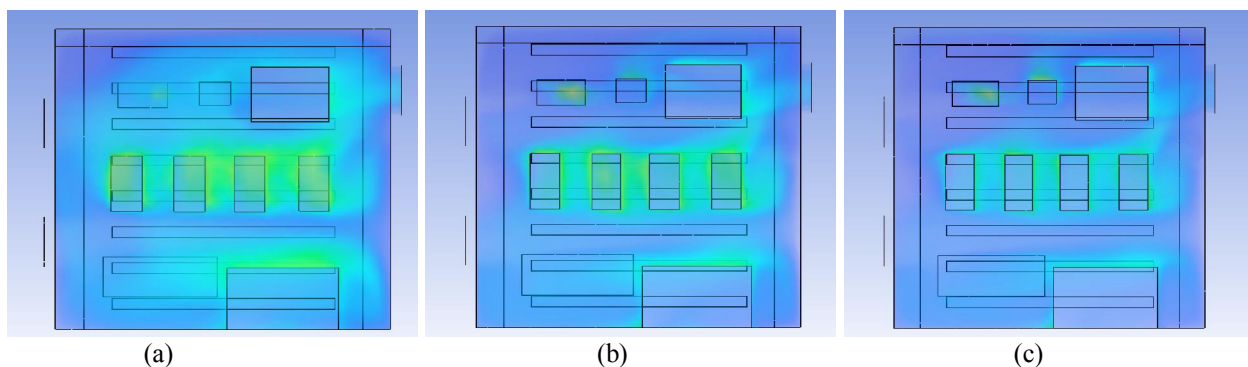
Để giải quyết vấn đề trên, chúng tôi tiến hành đề xuất đưa các quạt ra bên hông của tủ điện với mô hình như Hình 5, trong đó 2 quạt hút bên hông sẽ đưa khí từ bên ngoài vào và 1 quạt hút khí nóng từ trong tủ điện ra bên ngoài. Tiến hành mô phỏng với các kiểu lưới thô, trung bình và mịn, các kết quả như sau:



Hình 5. Kết quả Mesh lưới mô hình lưới, thô, trung bình, mịn



Hình 6. Kết quả nhiệt từ mô hình mesh lưới thô, trung bình và mịn theo phương chiều nghiêng



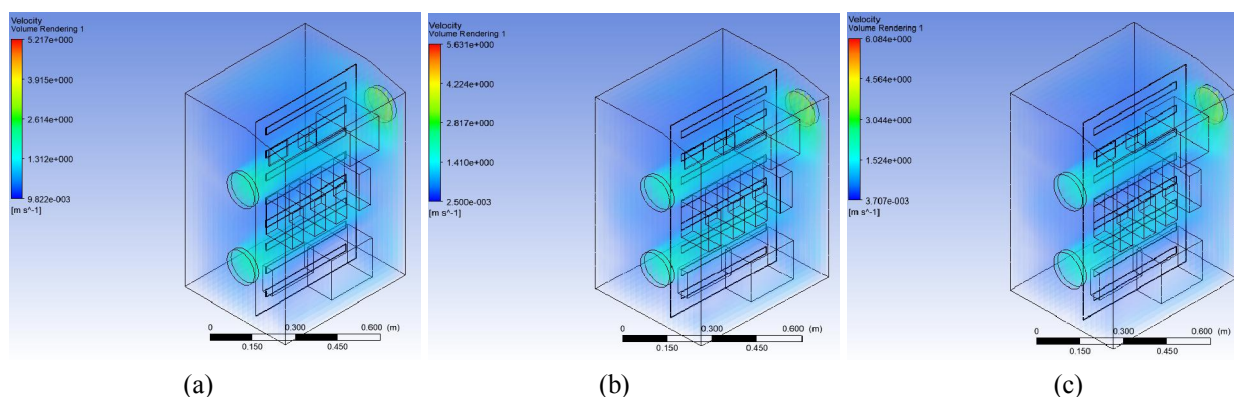
Hình 7. Kết quả nhiệt từ mô hình mesh lưới thô, trung bình và mịn theo phương chiều đứng

Bảng 2. So sánh nhiệt độ ban đầu và nhiệt độ tại các điểm có nhiệt độ cao nhất

	Nhiệt độ ban đầu ($^{\circ}\text{C}$)	Nhiệt độ ở mô hình Mesh thô ($^{\circ}\text{C}$)	Nhiệt độ ở mô hình Mesh trung bình ($^{\circ}\text{C}$)	Nhiệt độ ở mô hình Mesh mịn ($^{\circ}\text{C}$)
Mach 3	52,4	37,279	38,301	38,760
TDK Noise	50,0	36,422	37,243	39,677
Transitor	39,8	36,286	36,682	36,904
Servopack 1	43,2	37,000	37,721	37,813
Servopack 2	43,2	37,156	37,877	38,128
Servopack 3	43,2	37,358	38,275	38,206
Servopack 4	43,2	37,050	37,882	38,179
Nguồn 24V	40,2	36,003	36,272	36,531
Nguồn 110V	41,4	36,975	37,845	38,455

Bảng 3. So sánh nhiệt độ ban đầu và nhiệt độ trung bình sau khi mô phỏng

	Nhiệt độ ban đầu ($^{\circ}\text{C}$)	Nhiệt độ ở mô hình Mesh thô ($^{\circ}\text{C}$)	Nhiệt độ ở mô hình Mesh trung bình ($^{\circ}\text{C}$)	Nhiệt độ ở mô hình Mesh mịn ($^{\circ}\text{C}$)
Mach 3	52,4	35,818	36,191	36,596
TDK Noise	50,0	35,559	36,145	37,102
Transitor	39,8	35,309	35,637	35,882
Servopack 1	43,2	36,063	36,389	36,562
Servopack 2	43,2	36,194	36,699	36,900
Servopack 3	43,2	36,201	36,689	36,949
Servopack 4	43,2	35,958	36,445	36,771
Nguồn 24V	40,2	35,463	35,650	35,809
Nguồn 110V	41,4	35,761	36,169	36,377



Hình 8. Kết quả vận tốc gió từ mô hình mesh thô, trung bình và mịn

Bảng 4. Kết quả mô phỏng vận tốc gió ở mô hình mesh, thô, trung bình và mịn

	Mesh thô		Mesh trung bình		Mesh mịn	
	Vận tốc gió tại điểm cao nhất (m/s)	Vận tốc gió trung bình (m/s)	Vận tốc gió tại điểm cao nhất (m/s)	Vận tốc gió trung bình (m/s)	Vận tốc gió tại điểm cao nhất (m/s)	Vận tốc gió trung bình (m/s)
Mach 3	1,807910	0,705220	1,788540	0,635119	1,737030	0,589884
TDK Noise	1,318190	0,626915	1,336870	0,668104	1,590090	0,658993
Transitor	1,786790	0,828671	1,954110	0,866744	2,101670	0,872077
Servopack 1	0,672687	0,229693	1,136140	0,239836	0,961881	0,206318
Servopack 2	0,725071	0,256772	0,941319	0,197325	0,938362	0,180903
Servopack 3	0,697478	0,268579	0,920011	0,222332	0,877097	0,198582
Servopack 4	0,732693	0,347278	1,126600	0,347841	0,920520	0,320649
Nguồn 24V	1,534920	0,624966	1,659150	0,534261	1,776730	0,506980
Nguồn 110V	0,818656	0,430046	0,968614	0,406005	1,006630	0,371296

- Nhiệt độ và vận tốc gió của 3 mô hình chia lưới có nhiệt độ có chênh lệch nhỏ. Cho thấy rằng lời giải của bài toán đang hội tụ khá chính xác với phương pháp bảo toàn năng lượng như đã trình bày trong phần cơ sở lý thuyết.

- Theo các đặc tính truyền nhiệt của các thiết bị điện, quá trình chủ yếu xảy ra dưới dạng đối lưu. Và với việc sử dụng quạt thổi và hút để tăng cường trao đổi nhiệt quá trình này trở thành đối lưu cưỡng bức. Dựa vào các tính chất vật lý của dòng nhiệt lượng, đề tài đã sắp xếp lại các thiết bị điện, và bố trí lại quạt hút và thổi so với mẫu đang sử dụng trong phòng thí nghiệm Cơ

Học Ứng Dụng. Sự thay đổi này đã mang lại kết quả thay đổi rõ rệt, các kết quả cho thấy không khí trong tủ được lưu thông đồng đều hơn, không khí làm mát từ bên ngoài được đưa vào chính xác các vị trí cần tiêu tán nhiệt, làm giảm nhiệt trực tiếp các thiết bị điện. Và nhiệt độ trong tủ cũng đồng thời giảm theo.

- Nhiệt độ của các thiết bị giảm đi so với nhiệt độ ban đầu khi chưa thiết lập hệ thống tản nhiệt giảm khá đáng kể. Giữa 4 Servopack có nhiệt độ chênh lệch nhau. Servopack 1, 4 gần quạt nên tản nhiệt nhiều nhất. Điều này cho thấy còn mặt hạn chế về phân bố vị trí các thiết bị theo phương ngang. Lượng không khí khuếch tán theo phương ngang bị chặn bởi các thiết bị có kích thước lớn xếp sát nhau, vì vậy cần xác định được khoảng cách tối thiểu các thiết bị này để luồng không khí đi vào có đảm bảo việc thay thế các lượng không khí có nhiệt độ cao hơn và khuếch tán tiếp tục đến những nơi có nhiệt độ cao khác.

- Những nơi tiếp xúc gần quạt sẽ có vận tốc dòng lớn hơn, nên hệ số tỏa nhiệt cũng sẽ lớn và nhiệt độ sẽ giảm nhanh hơn những nơi khác. Vì quạt mang không khí từ bên ngoài vào để giảm nhiệt, nên có thể mang theo bụi bẩn và không khí ẩm từ bên ngoài vào. Nên chúng ta có thể hạn chế vấn đề này bằng cách lắp thêm lưới lọc bụi cho quạt.

4. KẾT LUẬN

Với những giải pháp trên, các tác giả sẽ đi sâu nghiên cứu về giải pháp thiết kế hệ thống tản nhiệt cho tủ điều khiển thông qua việc mô phỏng tính toán trên phần mềm Ansys CFX. Các kết quả tính toán mô phỏng nhiệt độ, vận tốc của dòng không khí trong tủ để tìm ra nguyên nhân chính gây nhiệt độ cao trong tủ, từ đó đề xuất các biện pháp giảm nhiệt. Thiết lập hệ thống tản nhiệt cho tủ điều khiển. Tuy không giảm nhiệt nhiều như lắp máy lạnh, nhưng tiết kiệm chi phí, năng lượng, lại an toàn cho người sử dụng. Đây là giải pháp phù hợp nhất với xưởng quy mô nhỏ, không có hệ thống làm lạnh

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Hoàng Thị Nam Hương - Bài giảng Nhiệt động lực học và truyền nhiệt, Trường Đại học Bách Khoa thành phố Hồ Chí Minh.
- [2]. Nguyễn Thị Bảy - Bài giảng Cơ lưu chất, Trường Đại học Bách Khoa thành phố Hồ Chí Minh.
- [3]. Nguyễn Thị Lê - Giáo trình thông gió, Trường Đại học Bách Khoa Đà Nẵng.
- [4]. Nguyễn Việt Hùng - Nguyễn Trọng Giảng, *ANSYS & và mô phỏng số trong công nghiệp bằng phần tử hữu hạn*, NXB Khoa học và kỹ thuật
- [5]. David C. Wilcox (1998), *Turbulence Modeling for CFD*, DCW Industries.
- [6]. Hermann Schlichting (2000), *Boundary Layer Theory*, Springer.
- [7]. John D. Anderson (1995), *Computational Fluid Dynamics – The basic with applications*, McGraw - Hill Science/Engineering/Math.
- [8]. John F. Wendt (2009), *Computational Fluid Dynamics – An Introduction*, Springer
- [9]. Các hệ số bức xạ - <http://www.infrared-thermography.com>
- [10]. DTTN CFD - TrongTan - <https://vncfdgroup.wordpress.com/category/cfd-khi-dong-luc-hoc-tinh-toan>
- [11]. Nhiệt độ và lượng mưa trung bình tại Thành phố Hồ Chí Minh <http://worldweather.wmo.int/en/city.html?cityId=309>