

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG ẮC QUY NHIỆT CHO MÁY ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ MINI DI ĐỘNG

RESEARCH ON THE APPLICATION OF THERMAL BATTERIES FOR PORTABLE MINI AIR CONDITIONERS

DƯƠNG XUÂN QUANG*, NGUYỄN MẠNH CHIỀU

Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: duongxuanquang@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Bài báo tập trung vào việc nghiên cứu ứng dụng ắc quy nhiệt sử dụng vật liệu thay đổi pha (PCM) để lưu trữ năng lượng nhiệt cho máy điều hòa mini di động và tiến hành thử nghiệm với các thiết bị hiện có tại phòng thí nghiệm. Ắc quy nhiệt được thiết kế với thể tích 3,6 lít PCM có thể lưu trữ lượng nhiệt 3,27kW. Thử nghiệm đã cho thấy hệ thống điều hòa mini sử dụng ắc quy nhiệt có thể hoạt động liên tục trong 30 phút. Từ kết quả thực nghiệm đưa ra các biện pháp nhằm kéo dài thời gian sạc và giảm thời gian xả của ắc quy nhiệt.

Từ khóa: Ắc quy nhiệt, điều hòa di động, truyền nhiệt, lưu trữ nhiệt.

Abstract

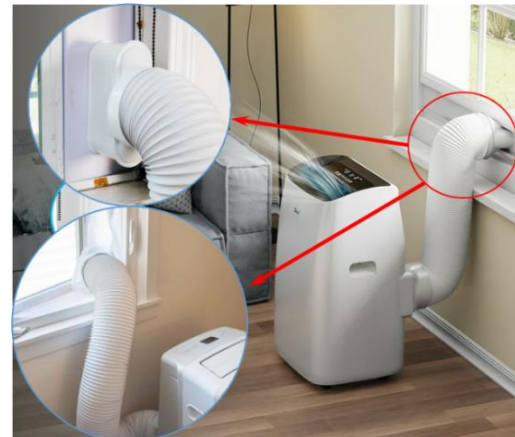
The article focuses on the application of thermal batteries using phase change materials (PCM) to store thermal energy for portable mini air conditioners and conducting experiments with existing equipment at the laboratory. The thermal battery designed with a volume of 3.6 liters of PCM that can store 3.27kW of heat. Experiments have shown that mini air conditioning systems using thermal batteries can operate continuously for 30 minutes. From the experimental results, measures are proposed to extend the operating time and reduce the discharge time of thermal batteries.

Keywords: Thermal battery, portable air-conditioning, heat transfer, heat storage.

1. Mở đầu

Máy điều hòa mini di động là một dạng điều hòa cũng có chức năng điều hòa không khí như máy điều hoà thông thường. Tuy nhiên, thay vì được cố định trên tường hoặc sàn thì nó lại có thể di chuyển được và có thể được đặt ở mọi vị trí, mọi địa hình. Máy điều hoà di động với tính năng làm lạnh nhanh chóng, có thể sử dụng cho các không gian mở như: quán ăn, nhà xưởng, bãi đậu xe,... Đặc biệt ở những nơi có diện tích nhỏ, thiếu không gian, không thể gắn cụm nóng cho máy điều hoà treo tường, thì máy điều hoà mini di

động là giải pháp tối ưu [1], [2]. Máy điều hoà mini di động thường có công suất làm việc nhỏ, trung bình 400 - 500 (W/h), thậm chí có máy chỉ đạt 230W/h. Công suất nhỏ đồng nghĩa với việc máy thải ra một lượng nhiệt không quá lớn trong quá trình hoạt động [3]. Máy điều hoà mini sử dụng hệ thống ống dẫn khí thải nóng ra ngoài với chiều dài tối đa 5m và là loại ống mềm nên dễ hư hỏng khi di chuyển và có thể không đủ dài để dẫn khí nóng ra ngoài một không gian cần được điều hòa (Hình 1). Sử dụng ống dẫn khí thải nóng gây khó khăn cho việc làm kín không gian điều hòa và làm giảm tính thẩm mỹ của không gian.



Hình 1 Điều hoà mini di động

Đề có thể loại bỏ hệ thống ống dẫn khí thải nóng khỏi máy điều hoà mini, cần phải có một thiết bị có thể thu và lưu trữ lượng nhiệt thải trong quá trình máy điều hoà hoạt động. Về nguyên tắc, các ắc quy nhiệt có thể đáp ứng được yêu cầu này. Tuy nhiên để có thể đưa ra được một mô hình thực tế có tính ứng dụng, cần phải có các nghiên cứu, thử nghiệm, điều chỉnh phù hợp và đây chính là những gì mà nghiên cứu này sẽ thực hiện.

Ắc quy nhiệt là một thiết bị sử dụng vật liệu thay đổi pha (PCM) để lưu trữ năng lượng nhiệt. Trong các ắc quy nhiệt, năng lượng nhiệt được vật liệu thay đổi pha lưu trữ thông qua nhiệt ẩn nóng chảy và nhiệt hiện của vật liệu này. Mô hình ắc quy nhiệt này đã được đưa ra bởi [4], [5], [6], các nghiên cứu đã chỉ ra ưu điểm của ắc quy nhiệt và đưa ra được thiết kế ắc quy nhiệt tối ưu sử dụng cho việc lưu trữ nhiệt.

Ở nghiên cứu này, tác giả tập trung vào việc nghiên cứu ứng dụng ắc quy nhiệt sử dụng vật liệu thay đổi pha (PCM) để lưu trữ năng lượng nhiệt cho máy điều hòa mini di động và tiến hành thử nghiệm với các thiết bị hiện có tại phòng thí nghiệm để kiểm nghiệm khả năng áp dụng ắc quy nhiệt vào hệ thống điều hòa không khí mini di động.

2. Thiết kế mô hình thực nghiệm ắc quy nhiệt

2.1 Mô tả thực nghiệm

Nhóm tác giả đã thiết kế và xây dựng một mô hình thực nghiệm ắc quy nhiệt để thu và lưu trữ nhiệt thải cho máy điều hòa di động của hãng Sakaiwa JHS-1019-04KR/A [7]. Các thông số kỹ thuật của máy điều hòa được nêu trong Bảng 1. Ắc quy nhiệt được thiết kế bao quanh dàn ngưng của hệ thống điều hòa nguyên bản với kích thước $L \times B \times D = 30(\text{cm}) \times 30(\text{cm}) \times 4(\text{cm})$. Vật liệu PCM được lựa chọn sử dụng cho thí nghiệm là sáp nến (Parafin Wax). Các đặc tính nhiệt động học của PCM được nêu trong tài liệu [5]. PCM được điền đầy vào ắc quy với 100% thể tích bình chứa (Hình 2).



Hình 2. Sơ đồ thực nghiệm và giao diện điều khiển trên máy tính

Các đầu cảm biến nhiệt độ loại RTD100 với độ chính xác $\pm 0.1^\circ\text{C}$ được gắn vào các vị trí khác nhau của hệ thống điều hòa để đo nhiệt độ. Cảm biến (ST1) đo nhiệt độ trên bề mặt dàn bay hơi, cảm biến (ST2)

đo nhiệt độ trên bề mặt dàn ngưng PCM, cảm biến (ST3) đo nhiệt độ dòng không khí lạnh thổi ra khỏi máy điều hòa và cảm biến (ST4) đo nhiệt độ không khí môi trường. Các thiết bị này được kết nối và điều khiển bằng phần mềm trên máy tính. Giao diện chương trình điều khiển được thiết kế trên NI Labview được mô tả như trên Hình 3.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của điều hòa model JHS-1019-04KR/A

Tham số	Giá trị	Đơn vị
Công suất danh định	2,64 (9000)	kW (BTU/h)
Điện năng tiêu thụ	1,080	kW
Cường độ dòng điện	5,01	A
Nguồn điện	220	V
Lưu lượng gió	310	m ³ /h
Kích thước điều hòa	335x325x 708	
Môi chất lạnh	R290	

2.2 Phân tích năng lượng

Nhiệt lượng lưu trữ trong PCM bao gồm ba phần: phần nhiệt hiện làm tăng nhiệt độ của PCM từ nhiệt độ ban đầu đến nhiệt độ nóng chảy; phần nhiệt ẩn cấp cho vật liệu PCM nóng chảy; và phần nhiệt hiện làm tăng nhiệt độ của PCM lỏng từ nhiệt độ nóng chảy đến nhiệt độ cuối cùng t .

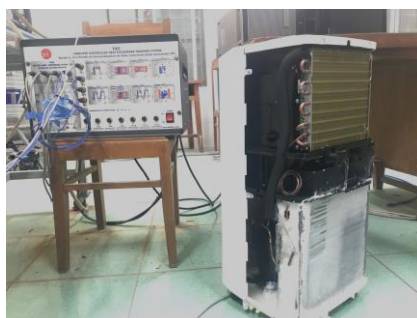
Nhiệt lượng lưu trữ của PCM được tính theo công thức:

$$Q_{\max} = M.C_p [T(t) - T_i] \quad (1)$$

Trong đó:

- M là khối lượng của PCM;

- $C_p = m_f C_{p,l} + (1 - m_f) C_{p,s}$;



(a)



(b)

Hình 3. Mô hình điều hòa di động mini (a) và Sơ đồ thực nghiệm (b)

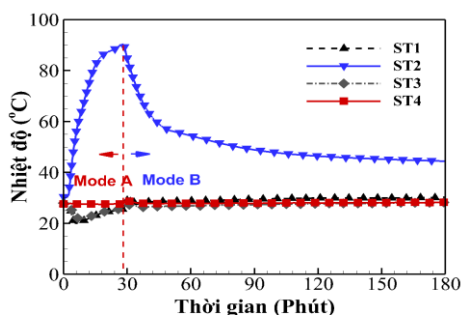
- Với $C_{p,s}$ và $C_{p,l}$ lần lượt là nhiệt dung riêng ở trạng thái rắn và lỏng của PCM; m_f là tỉ lệ khối lượng pha lỏng của PCM;

- T_i và $T(t)$ lần lượt là nhiệt độ ban đầu và nhiệt độ tại thời điểm t của PCM.

Phần nhiệt lượng lưu trữ trong PCM cân bằng với tổng nhiệt lượng mà máy điều hòa thải ra từ thời điểm bắt đầu hoạt động đến thời điểm t . Với các hệ thống điều hòa thông thường hoạt động ổn định trong không gian kín, lượng nhiệt tỏa ra ở thiết bị ngưng tụ không khó xác định. Tuy nhiên máy điều hòa mini hoạt động không ổn định trong không gian mở nên không thể xác định được lượng nhiệt thải này bằng phương pháp phân tích, tính toán mà phải xác định bằng thực nghiệm.

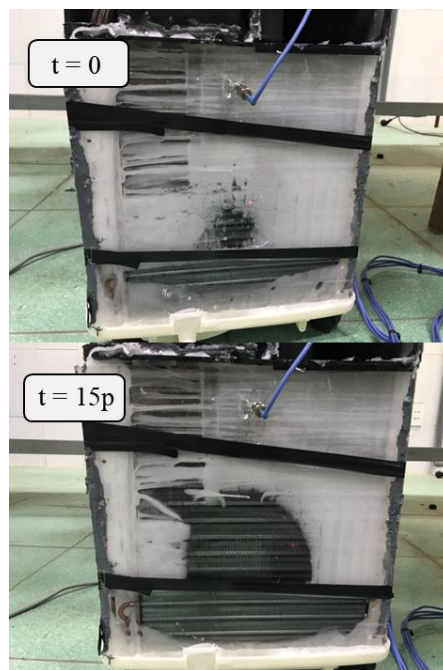
3. Kết quả và thảo luận

Do kích thước của ắc quy nhiệt được xây dựng trong thực nghiệm tương đối nhỏ so với sản lượng lạnh của máy điều hòa, nên chúng ta sẽ tiến hành thực nghiệm với hai chế độ: Sạc ắc quy (mode A) ở chế độ này hệ thống điều hòa làm việc nhiệt lượng tỏa ra từ dàn ngưng được ắc quy nhiệt hấp thụ và lưu trữ. Chế độ xả ắc quy (mode B) ở chế độ này hệ thống điều hòa ngưng làm việc, ắc quy được đưa ra làm mát ở điều kiện môi trường. Ở chế độ mode A ta tiến hành bật máy điều hòa chạy trong thời gian 30 phút với nhiệt độ môi trường đo được là 27°C. Ở chế độ B máy điều hòa được tắt để cho chất PCM nhà nhiệt cho môi trường và giảm dần nhiệt độ. Giá trị nhiệt độ tại các vị trí đo được các cảm biến được ghi lại trên máy tính với bước thời gian $t = 5s$.



Hình 4 Nhiệt độ đo được tại các vị trí ở mode A và mode B

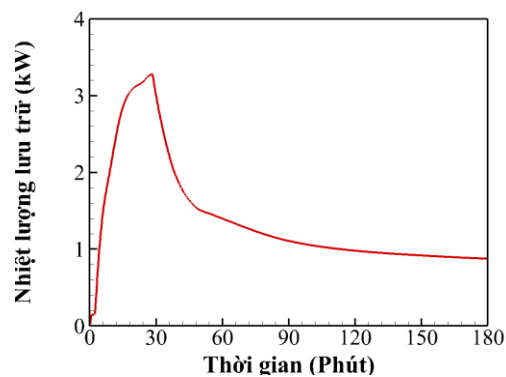
Hình 4 mô tả sự thay đổi nhiệt độ tại các vị trí đo theo thời gian. Từ đồ thị ta thấy nhiệt độ của dàn bay hơi giảm xuống nhiệt độ 20°C (cảm biến ST1). Nhiệt độ gió đo được tại cửa ra của máy điều hòa đạt 21°C (cảm biến ST3). Nhiệt độ dàn ngưng tăng và đạt tới 90°C sau thời gian 30 phút. Đồng thời nhiệt độ của dàn bay hơi cũng tăng dần. Kết quả cho thấy khả năng làm mát của hệ thống giảm dần.



Hình 5. Sự thay đổi trạng thái của PCM tại $t = 0$ và $t = 15$ phút

Hình 5 cho thấy sự thay đổi trạng thái của ắc quy nhiệt. Quan sát quá trình làm việc ta thấy vật liệu PCM thay đổi trạng thái từ thể rắn sang thể lỏng. Quá trình này diễn ra ở khu vực trung tâm của ắc quy nhiệt và mở rộng ra khu vực lân cận. Quá trình nóng chảy này diễn ra trong thời gian 30 phút. Khi nhiệt độ dàn ngưng đạt 90°C hệ thống bị ngắt do nhiệt độ quá cao.

Ở chế độ mode B, khi hệ thống điều hòa ngừng hoạt động, ắc quy được làm mát tự nhiên trong không khí môi trường. Thay đổi nhiệt độ của PCM trong quá trình được mô tả ở Mode B trên Hình 4. Từ kết quả cho thấy nhiệt độ của dàn ngưng giảm dần xuống 45°C sau 150 phút.



Hình 6. Nhiệt lượng trao đổi của ắc quy nhiệt theo thời gian

Năng lượng lưu trữ của ắc quy nhiệt được mô tả trong Hình 6. Từ kết quả cho thấy lượng nhiệt lớn nhất mà ắc quy lưu trữ được là $Q_{max}=3,27kW$. Quá trình xả nhiệt của ắc quy diễn ra trong thời gian dài. Sau 150 phút lượng nhiệt trong ắc quy vẫn còn khoảng 1kW. Nguyên nhân là do quá trình xả được thực hiện ở điều kiện làm mát đối lưu tự nhiên nên quá trình làm mát diễn ra chậm. Như vậy để quá trình xả được nhanh và triệt để cần đưa ra giải pháp để nâng cao khả năng trao đổi nhiệt của ắc quy nhiệt trong quá trình xả nhiệt cho ắc quy.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, các tác giả đã thiết kế, xây dựng mô hình thực nghiệm một ắc quy nhiệt để lưu trữ năng lượng nhiệt cho máy điều hòa mini và tiến hành thử nghiệm mô hình với các thiết bị đo đạc, xử lý hiện có tại phòng thí nghiệm.

Kết quả thực nghiệm cho thấy, hệ thống điều hòa mini di động có thể làm việc được với nhiệt độ không khí đầu ra đạt đến 20°C khi sử dụng ắc quy nhiệt thay cho hệ thống làm mát thông thường.

Với kết quả thu được có thể khẳng định ắc quy nhiệt hoàn toàn có thể được sử dụng để lưu trữ nhiệt thải từ dàn ngưng của máy điều hòa mini di động và các thiết bị tương tự khác.

Tuy nhiên để hệ thống có thể ứng dụng được trong thực tế cần phải tìm ra các phương pháp nhằm tăng thời gian hoạt động của máy điều hòa (30 phút) và giảm thời gian tự xả của ắc quy (150 phút).

Để tăng thời gian hoạt động của máy điều hòa ta phải sử dụng các ắc quy nhiệt có nhiệt dung lớn hơn (kích thước ắc quy lớn hơn hoặc sử dụng chất PCM có nhiệt ẩn nóng chảy lớn hơn). Để giảm thời gian tự xả của ắc quy nhiệt tới một giá trị thực tế có thể chấp nhận được cần phải nghiên cứu kết hợp các phương pháp làm mát khác nhau.

Kết quả của bài báo có thể sử dụng để tham khảo khi thiết kế, đánh giá và khai thác ắc quy nhiệt cho các hệ thống điều hòa mini di động và các hệ thống tương tự khác.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **DT23-24.40**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Văn Tuấn, *Điều hòa di động, 'bình mới, rượu cũ' hay công nghệ mới*, Đại học Điện lực.
- [Online] Available at: <https://et.epu.edu.vn/chi-tiet-tin/dieu-hoa-di-dong-binh-moi-ruou-cu-hay-cong-nghe-moi-20-12329.html>
- [2] Rohit Dhumane, Jiazhen Ling, Vikrant Aute, Reinhard Radermacher (2017), *Portable personal conditioning systems: Transient modeling and system analysis*, Applied Energy, Vol.208, pp.390-401.
doi: 10.1016/j.apenergy.2017.10.023.
- [3] Nguyễn Đức Lợi (2015), *Hướng dẫn thiết kế hệ thống điều hòa không khí*. NXB Xây dựng, Hà Nội.
- [4] Dương Xuân Quang, Nguyễn Mạnh Chiêu (2022), *Phân tích nhiệt động lực học ắc quy nhiệt bằng phương pháp mô phỏng CFD*, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, Số.5, tr.24-27.
- [5] Dương Xuân Quang, Đặng Văn Trường (2021), *Nghiên cứu thử nghiệm quá trình lưu trữ nhiệt của ắc quy nhiệt sử dụng vật liệu thay đổi pha*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 68 (11/2021), tr.44-48.
- [6] Dương Xuân Quang, Trần Thế Nam (2023), *Nghiên cứu sử dụng ống có cánh để nâng cao khả năng lưu trữ nhiệt của ắc quy nhiệt bằng phương pháp số*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 73 (01/2023), tr.19-22.
- [7] JHS-A019A,
https://www.jhs8.com/products_detail/26.html.

Ngày nhận bài:	09/04/2024
Ngày nhận bản sửa:	17/04/2024
Ngày duyệt đăng:	25/04/2024