

XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN MÁY LẠNH HẤP THỤ LOẠI SINGLE EFFECT DÙNG DUNG DỊCH H_2O -LiBr

Lê Thành Niên

Trung tâm đánh giá kỹ năng nghề, Trường Cao Đẳng Kỹ Nghệ II

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả sử dụng phần mềm EES để nghiên cứu cơ sở lý thuyết đánh giá ảnh hưởng của: hiệu suất thiết bị trao đổi nhiệt, nhiệt độ dung dịch loãng ra khỏi bình hấp thụ, nhiệt độ dung dịch đậm đặc ra khỏi thiết bị bay hơi, độ khô của môi chất lạnh ra khỏi thiết bị bay hơi đến hiệu suất làm lạnh của máy lạnh hấp thụ. Kết quả nghiên cứu cho thấy nhiệt độ dung dịch đậm đặc ra khỏi thiết bị bay hơi có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu suất làm lạnh, cụ thể khi tăng từ $80^{\circ}C$ lên $90^{\circ}C$, hiệu suất làm lạnh của chu trình tăng từ 0,6 lên 0,75.

Từ khóa: phần mềm EES, truyền nhiệt, chu trình, trung học phổ thông, phần mềm tính toán.

DESIGNING A CALCULATION PROGRAM FOR SINGLE-EFFECT ABSORPTION REFRIGERATION SYSTEM USING H_2O -LiBr SOLUTION

Abstract: The article presents the results of using EES software to study the theory of evaluating the influence of: heat transfer device efficiency, temperature of dilute solution leaving the absorption tank, temperature of concentrated solution leaving the evaporator, dryness of refrigerant leaving the evaporator on the cooling efficiency of absorption chillers. The research results show that the temperature of concentrated solution leaving the evaporator has a great influence on the cooling efficiency, specifically increasing from $80^{\circ}C$ to $90^{\circ}C$, the cycle cooling efficiency increases from 0.6 to 0.75.

Keywords: EES software, heat transfer, cycle, high school, Calculation Software

Nhận bài: 18/10/2025

Phản biện: 19/11/2025

Duyệt đăng: 24/11/2025

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh thế giới có những thay đổi sâu sắc, toàn diện, đặc biệt công nghệ số và trí tuệ nhân tạo đang tái định hình nền giáo dục trên phạm vi toàn cầu, mỗi quốc gia đều phải xác định lại tầm nhìn và chiến lược mới cho hệ thống giáo dục trong tương lai. Phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số đang là yếu tố quyết định phát triển của các quốc gia; là điều kiện tiên quyết, thời cơ tốt nhất để nước ta phát triển giàu mạnh, hùng cường trong kỷ nguyên mới - kỷ nguyên vươn mình của Dân tộc. Để ứng dụng công nghệ số, chuyển đổi số trong giáo dục và đào tạo, giáo dục nghề nghiệp được thành công thì yếu tố quan trọng chính là đội ngũ giáo viên, những người trực tiếp tham gia thực hiện công việc đào tạo phải chủ động học tập và bồi dưỡng nâng cao năng lực chuyên môn, ứng dụng công nghệ trong giảng dạy.

Hiện nay, chương trình học trung cấp vừa học văn hóa, vừa học nghề hoàn toàn riêng lẻ nhau. Dự thảo luật Giáo dục nghề nghiệp: Bổ sung mô hình trung học nghề dành cho học sinh sau trung học cơ sở, là chương trình tích hợp kiến thức nghề và kiến thức trung học phổ thông. Karamangil và cộng sự đã trình bày một phân tích nhiệt động lực học về quá trình hấp thụ một giai đoạn, áp dụng các cặp môi chất lạnh-hấp thụ khác nhau. Việc so sánh hiệu suất giữa các hệ thống lý thuyết khác nhau đã chứng minh rằng hệ số hiệu suất giảm khi nhiệt độ bộ hấp thụ và bộ ngưng tụ giảm, và tăng

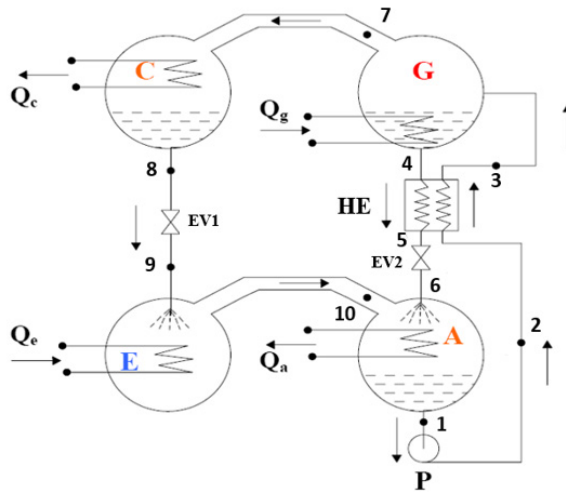
khi nhiệt độ bộ bay hơi và bộ ngưng tụ tăng. Assilzadeha và cộng sự đã trình bày một so sánh giữa hệ thống điều hòa không khí lạnh nén hơi và hệ thống điều hòa không khí hấp thụ năng lượng mặt trời, họ đã chỉ ra rằng hệ thống điều hòa không khí hấp thụ năng lượng mặt trời có nhiều ưu điểm hơn. Balghouthi và cộng sự đã cho thấy việc sử dụng rộng rãi các công nghệ điều hòa không khí thông thường đã dẫn đến các vấn đề môi trường ngày càng gia tăng ngoài chi phí nhiên liệu hóa thạch trong khi nguồn năng lượng mặt trời là miễn phí.

Do đó, đổi mới phương pháp và ứng dụng số hóa vào giảng dạy tích hợp để giảm tải các môn học, mô đun liên quan đến tính toán, tạo tính năng động và chủ động và tích học đối với người học là yêu cầu cấp bách đối với người giảng viên dạy các nghề kỹ thuật, kinh tế. Đồng thời, nâng cao sự nhận thức, tính chủ động trong việc bảo vệ tầng ozone và sự nóng lên toàn cầu là yêu cầu cấp bách hiện nay.

Môn học Kỹ thuật lạnh ứng dụng trong chương trình Nghề kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí cần đổi mới phương pháp dạy học để đáp ứng các yêu cầu trên. Chính vì vậy, từ những yêu cầu trên, tác giả đã sử dụng phần mềm EES xây dựng chương trình tính toán máy lạnh hấp thụ Single Effect dùng dung dịch H_2O -LiBr.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Sơ đồ nguyên lý



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý

Dung dịch loãng trạng thái 1 được bơm P hút về và bơm đẩy đến thiết bị trao đổi nhiệt HE trạng thái 2, dung dịch nhận nhiệt rồi đi đến bình sinh hơi G trạng thái 3. Tại bình sinh hơi G, dung dịch loãng nhận nhiệt Q_g , nước sẽ sôi và bốc hơi trở thành hơi quá nhiệt đi đến thiết bị ngưng tụ C (do nhiệt độ sôi của nước thấp hơn LiBr), dung dịch loãng trở thành dung dịch đậm đặc trạng thái 4 đi vào thiết bị trao đổi nhiệt HE, ra khỏi thiết bị trao đổi nhiệt trạng thái 5 rồi đi vào van tiết lưu dung dịch EV2, nhiệt độ và áp suất dung dịch giảm phun vào bình hấp thụ trở thành dung dịch loãng. Hơi quá nhiệt vào bình ngưng tụ, ngưng tụ thành lỏng. Lỏng này đi đến van giãn nở, giảm áp suất và nhiệt độ rồi đi vào bình bay hơi E, nhận nhiệt môi trường cần làm lạnh thành hơi bão hòa khô đến bình hấp thụ, hấp thụ LiBr trở thành dung dịch loãng. Chu trình tiếp diễn.

2.2. Tính toán chu trình

Công thức tính toán như sau:

Q_g : Công suất nhiệt cấp cho bình sinh hơi G, kW

Q_c : Công suất nhiệt thải ra ở bình ngưng tụ C, kW

Q_e : Công suất nhiệt nhận ở bình bay hơi E, kW

Q_a : Công suất nhiệt thải ra ở bình hấp thụ A, kW

m – Lưu lượng tác nhân lạnh, kg/s

m_s – Lưu lượng dung dịch đậm đặc, kg/s

m_w – Lưu lượng dung dịch loãng, kg/s

c_s – Nồng độ dung dịch đậm đặc, %

c_w – Nồng độ dung dịch loãng, %

Tại bình hấp thụ:

Phương trình cân bằng khối lượng:

$$m_6 + m_{10} = m_1$$

Phương trình cân bằng năng lượng:

$$Q_a = m_{10}.h_{10} + m_6.h_6 - m_1.h_1$$

Phương trình cân bằng nồng độ:

$$c_w.m_w = c_s.m_s$$

Tại bình ngưng tụ:

Lưu lượng tác nhân lạnh tuần hoàn:

$$m_7 = m_8 = m$$

Phương trình cân bằng năng lượng:

$$Q_c = m.(h_7 - h_8), \text{ kW}$$

Tại bình bay hơi:

$$m_9 = m_8 = m_{10} = m$$

$$h_8 = h_9$$

Phương trình cân bằng năng lượng:

$$Q_e = m.(h_{10} - h_9), \text{ kW}$$

Tại máy bơm:

$$m_1 = m_2 = m_w$$

$$W_p = (1 + \lambda).m.v_s.(p_c - p_e), \text{ kW}$$

vs: Thể tích riêng của dung dịch loãng. Chọn $v = 0,00055 \text{ m}^3/\text{kg}$.

Tại thiết bị trao đổi nhiệt:

$$m_2 = m_3 = m_w$$

$$m_4 = m_5 = m_s$$

$$Q_{HX} = m_w.(h_3 - h_2) = m_s.(h_4 - h_5), \text{ kW}$$

$$Q_{HX} = (1 + \lambda).m.(h_3 - h_2) = \lambda.m.(h_4 - h_5), \text{ kW}$$

Tại thiết bị sinh hơi:

Phương trình cân bằng khối lượng:

$$m_3 = m_4 + m_7$$

Phương trình cân bằng năng lượng:

$$Q_g = m_7.h_7 + m_4.h_4 - m_3.h_3, \text{ kW}$$

Phương trình cân bằng chất:

$$c_w.m_w = c_s.m_s$$

$$m_3.(1 - c_w) = m_4.(1 - c_s) + m_7$$

Gọi f là bội số tuần hoàn:

$$f = m_3/m_7 = m_w/m$$

$$f = c_s/(c_s - c_w)$$

$$Q_a = m.h_{10} + \lambda.m.h_6 - (1 + \lambda).m.h_1, \text{ kW}$$

Hệ số làm lạnh chu trình:

$$COP = Q_c / (Q_g + W_p)$$

$W_p \approx 0$, ta có:

$$COP = Q_c / Q_g$$

2.3. Xây dựng tính toán bằng phần mềm EES

Xác định các thông số đầu vào

Hiệu suất thiết bị trao đổi nhiệt

Lưu lượng dung dịch loãng ra khỏi bình hấp thụ

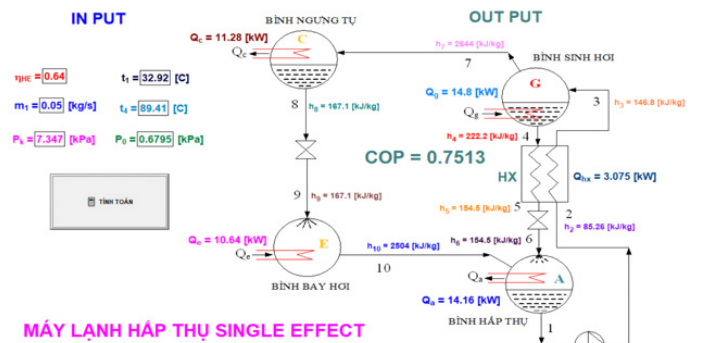
Áp suất cao (ngưng tụ)

Áp suất thấp (bay hơi)

Nhiệt độ dung dịch loãng ra khỏi bình hấp thụ

Nhiệt độ dung dịch đậm đặc ra khỏi bình sinh hơi

Độ khô của tác nhân lạnh ra khỏi bình ngưng tụ, bình hay hơi lần lượt là: $x_8 = 0$, $x_{10} = 1$. Giao diện tính toán như hình 1.



Hình 1. Giao diện tính toán

2.4. Kết quả và bàn luận

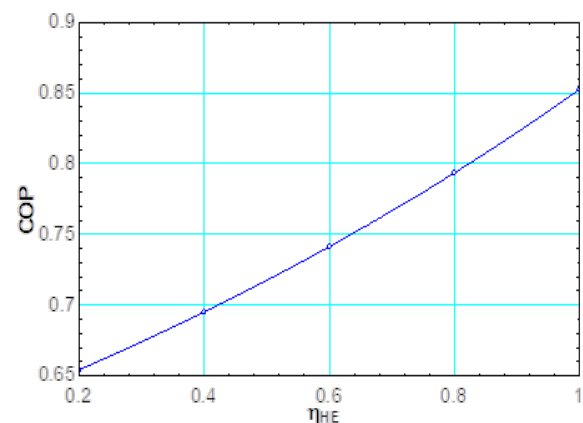
Kết quả mô phỏng được thực hiện để tính toán

các chu trình máy lạnh hấp thụ single effect bằng phần mềm EES, được thể hiện bảng bên dưới:

Điểm	$t, ^\circ\text{C}$	p, bar	$c, \%$	$h, \text{kJ/kg}$	$m, \text{kg/s}$
1	35	0,49	0	133,85	0,0006
2	5	0,08	0	133,85	0,0006
3	5	0,08	0	2509,91	0,0006
4	27	0,08	51,1	57,71	0,0044
5	27	0,49	51,1	57,71	0,0044
6	55	0,49	51,1	112,31	0,0044
7	74	0,49	0	2657,32	0,0006
8	74	0,49	59,6	181,81	0,0038
9	40	0,49	59,6	118,16	0,0038
10	40	0,08	59,6	118,16	0,0038

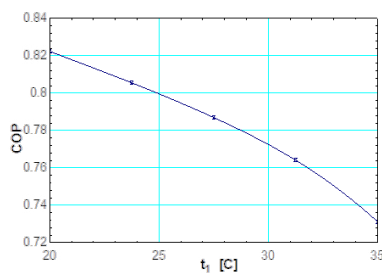
Để kiểm chứng độ tin cậy của phần mềm, tác giả đã làm nhiều thí nghiệm tính toán và so sánh kết quả với việc tính bằng phương pháp tra bảng, đồ thị và kết quả tính toán bằng phần mềm của các tác giả khác. Tác giả nhận thấy kết quả tính toán bằng phần mềm rất phù hợp so với các kết quả được lấy làm đối chứng.

Khảo sát sự ảnh hưởng của hiệu suất thiết bị trao đổi nhiệt η_{HE} đến hệ số làm lạnh COP của hệ thống. Hiệu suất thiết bị trao đổi nhiệt tăng thì hệ số làm lạnh chu trình cũng tăng. Có thể thấy rằng việc tăng hiệu suất của bộ trao đổi dung dịch (HE) làm tăng hệ số làm lạnh COP, điều này giải thích rằng đây là một cách để tăng hệ số làm lạnh của máy lạnh hấp thụ.



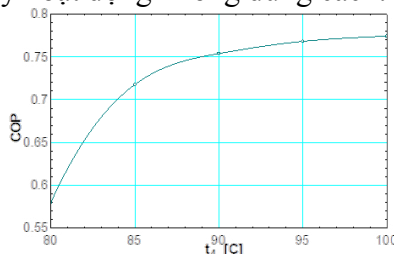
Hình 2. Ảnh hưởng η_{HE} đến COP

Tác giả nhận thấy rằng nhiệt độ dung dịch loãng ra khỏi bình hấp thụ tăng thì hiệu quả làm lạnh COP của hệ thống giảm.



Hình 3. Ảnh hưởng t_1 đến COP

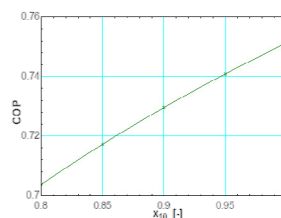
Nhiệt độ dung dịch trong bộ phát sinh t_1 tăng làm cho COP tăng rất nhanh và đạt cực đại. Nếu tiếp tục tăng nhiệt độ phát sinh thì COP giảm. Có thể nhận thấy rằng việc tăng nhiệt độ bình sinh hơi sẽ làm tăng COP cho đến khi đạt đến nhiệt độ ổn định trên 90°C . Việc tăng nhiệt độ bình sinh hơi sẽ gây ra một số vấn đề trong hỗn hợp nhị phân đi vào bộ hấp thụ, cụ thể là hiệu ứng kết tinh và do đó làm máy hoạt động không đúng cách.



Hình 4. Ảnh hưởng t_4 đến COP

Nhiệt độ bay hơi t_4 càng thấp, hệ thống có nhiệt độ phát sinh khởi động càng cao, thì COP cực đại càng thấp, tăng mạnh từ 80°C đến 90°C .

Khảo sát sự ảnh hưởng của độ khô tác nhân lạnh x10 ra khỏi bình bay hơi đến hiệu quả làm lạnh của hệ thống. Độ khô của tác nhân lạnh ra khỏi bình bay hơi càng tăng thì giá trị COP của hệ thống càng tăng.



Hình 5. Ảnh hưởng x10 đến COP

III. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, định luật nhiệt động lực học thứ nhất đã được sử dụng để mô hình hóa một chu trình làm lạnh hấp thụ single effect. Ảnh hưởng của các nhiệt độ khác nhau, chẳng hạn như tại bình sinh hơi, thiết bị bay hơi, thiết bị hấp thụ và thiết bị ngưng tụ, ảnh hưởng đến hệ số làm lạnh COP đã được nghiên cứu. Ở các nhiệt độ khác nhau tại các vùng khác nhau, hệ số hiệu suất COP đã được tính toán.

Hệ thống được kiểm tra từ các đặc tính nhiệt động lực học cho phép tính toán các giá trị COP và tải nhiệt tối đa bằng cách thay đổi nhiệt độ của các thành phần khác nhau bằng cách sử dụng mô hình toán học được phát triển bằng phần mềm EES. Đồng thời, phần mềm này giúp cho các nhà thiết kế, sản xuất, vận hành có thể lựa chọn được phương án kỹ thuật một cách hiệu quả.

Việc ứng dụng phần mềm vào giảng dạy phù hợp với yêu cầu về ứng dụng công nghệ số vào dạy học. Phần mềm EES là một công cụ đặc lực phù hợp để ứng dụng vào giảng dạy một số môn tính toán nhiệt động, truyền nhiệt và ứng dụng kỹ thuật lạnh, tính toán nhanh và chính xác; người học chỉ việc nhập thông số đầu vào và tức thời xuất kết quả ngay lập tức; qua kết quả đó, người học đã nhận định đánh giá dựa vào kiến thức lý thuyết đã học trước đó để kiểm chứng kết quả.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nghị quyết số 71-NQ/TW ngày 22/8/2025 của Bộ Chính trị về đột phá phát triển giáo dục và đào tạo
- Nghị quyết số 57-NQ/TW ngày 22/12/2024 của Bộ Chính trị về đột phá phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia
- <https://thanhnien.vn/trung-hoc-nghe-la-gi-hoc-sinh-co-nhieu-co-hoi-lua-chon-ra-sao-185251022232649742.htm>
- Karamangil MI, Coskun S, Kaynakli O, Yamankaradeniz N. A simulation study of performance evaluation of single-stage absorption refrigeration system using conventional working fluids and alternatives. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2010;14:1969–78.
- R. Touaibi, E. E. Vasilescu, M. Feidt, A. Kheiri, M. T. Abbes, et B. Khelidj, “à simple effet utilisant le couple Eau Bromure de lithium”, p. 6.
- M. Balghouthi, M.H. Chahbani, A. Guizani “Feasibility of solar absorption air conditioning in Tunisia” Building and environment 43, pp.1459-1470, 2008.
- Satish Raghuvanshi, Piyush Laad. (2018-2019) “Analysis of Lithium Bromide-Water (LiBr- H₂O) Vapour Absorption Refrigeration System Using First Law of Thermodynamics”.