

GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ HỆ THỐNG TRAO ĐỔI NHIỆT

Lê Quang Tuyền, Nguyễn Đức Toàn,
Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì

E-mail: tuyenlequangpt@gmail.com

Ngày nhận bài: 07/04 /2022

Ngày nhận bài được sửa theo ý kiến phản biện: 10/05/2022

Ngày bài được duyệt đăng: 20/06/2021

Tóm tắt: Bài báo nghiên cứu về giải pháp tiết kiệm năng lượng đối với quá trình và hệ thống trao đổi nhiệt, xây dựng thuật toán để tối ưu các tham số hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng, dựa trên mô hình toán học của các thiết bị và phương pháp cố định tham số, thiết kế được bộ trao đổi nhiệt đa tầng tối ưu về cấu trúc và tham số. Kết quả nghiên cứu đã đánh giá được hiệu quả của hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng so với hệ thống trao đổi nhiệt đơn tầng.

Từ khóa: Tối ưu hệ thống trao đổi nhiệt, tiết kiệm năng lượng, quá trình hệ thống, thiết kế và tối ưu, cấu trúc hệ thống.

KÝ HIỆU:

MHEN - Hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng.

OHEN - Hệ thống trao đổi nhiệt đơn tầng.

EBHEN - Phần tử trao đổi nhiệt cơ bản.

S_i^h, S_j^c - Nguồn nhiệt nóng, lạnh.

F_i^h, F_j^c - Lưu lượng của nguồn nóng và nguồn lạnh (Kg/h).

$T_i^{h,in}, T_j^{c,in}$ - Nhiệt độ đầu vào thiết bị trao đổi nhiệt của nguồn nóng và nguồn lạnh (K).

$T_i^{h,out}, T_j^{c,out}$ - Nhiệt độ đầu ra thiết bị trao đổi nhiệt của nguồn nóng và lạnh (K).

$f_{ij}^{he}, f_{ij}^{col}, f_{ij}^{reb}$ - Tổng chi phí vận hành qui đổi và chi phí tổn thất khi thực hiện trao đổi nhiệt giữa các nguồn nóng và lạnh.

$m_1^{he}, m_1^{col}, m_1^{reb}$ - Đơn giá cố định đối với chi phí cơ bản.

$m_2^{he}, m_2^{col}, m_2^{reb}$ - hệ số tính toán chi phí cơ bản đối với Thiết bị trao đổi nhiệt, Thiết bị làm lạnh, Thiết bị làm nóng tại EBHEN.

A_{ij} - Diện tích bề mặt tiếp xúc của thiết bị trao đổi nhiệt.

A_j - Diện tích bề mặt tiếp xúc thiết bị làm nóng.

A_i - Diện tích bề mặt tiếp xúc thiết bị làm lạnh.

F_j^{hu}, F_i^{cu} - Lưu lượng của chất làm nóng và chất làm lạnh (Kg/h).

ΔQ_i^h - Nhiệt lượng nguồn nóng cần truyền đi.

ΔQ_j^c - Nhiệt lượng nguồn lạnh cần nhận.

$\Delta Q_{i,q}^h$ - Nhiệt lượng của nguồn nóng tại tầng thứ q

$\Delta Q_{j,q}^c$ - Nhiệt lượng của nguồn lạnh tại tầng thứ q

N - Số tầng trao đổi nhiệt của hệ thống.

$T_{i,q+1}^{h,in}$ - Nhiệt độ của nguồn nóng vào tầng q+1.

$T_{i,q}^{h,out}$ - Nhiệt độ của nguồn nóng ra tầng q.

$T_{j,q+1}^{c,in}$ - Nhiệt độ của nguồn lạnh vào tầng q+1.

$T_{j,q}^{c,out}$ - Nhiệt độ của nguồn lạnh ra tầng q+1

ϕ_q^k - Hàm mục tiêu của các phần tử trao đổi nhiệt EBHEN ở các tầng đối với vòng lặp thứ k.

nhu hiệu phẩm hàng ngày của chúng ta cho đến các nhà máy công nghiệp như đóng tàu, động cơ Diesel, dầu khí, hóa chất, nhiệt điện, điện tử vi mạch...

Trong các quá trình sản xuất thì hệ thống trao đổi nhiệt có nhiệm vụ giảm nhiệt độ của nguồn nóng hoặc tăng nhiệt độ của nguồn lạnh đến một giá trị yêu cầu của công nghệ sản xuất. Hiện nay các hệ thống trao đổi nhiệt được thiết kế khá đơn giản, mỗi nguồn lạnh chỉ được tăng nhiệt độ bằng một nguồn

1. ĐẶT VẤN ĐỀ.

Nhiệt năng (gọi tắt của năng lượng nhiệt) là dạng năng lượng được sử dụng phổ biến trong sản xuất công nghiệp và dân dụng, trên 80% năng lượng được sử dụng trong thực tế liên quan đến dạng nhiệt (Nguồn: Cơ quan năng lượng quốc tế - IEA). Trong các ngành công nghiệp hiện nay, trao đổi nhiệt được sử dụng ở hầu hết ở các lĩnh vực như: các nhà máy chế biến thực phẩm, đồ uống phục vụ

nóng duy nhất và mỗi nguồn nóng được làm mát bằng một nguồn lạnh duy nhất, do vậy năng lượng nhiệt tổn hao cũng như chi phí để lắp đặt và vận hành hệ thống trao đổi nhiệt trong các ngành sản xuất công nghiệp rất lớn.

Với vai trò như vậy thì việc nghiên cứu các giải pháp tiết kiệm năng lượng nhiệt cũng như thiết kế chế tạo, việc vận hành sử dụng các máy và thiết bị nhiệt sao cho kinh tế, hiệu quả cũng là điều hết sức có ý nghĩa. Bài viết này giới thiệu giải pháp nâng cao hiệu quả đối với hệ thống trao đổi nhiệt, bằng phương pháp thiết kế hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng mà ở đó một nguồn nhiệt lạnh có thể nhận năng lượng từ nhiều nguồn nhiệt nóng và một nguồn nhiệt nóng có thể được làm mát bằng nhiều nguồn nhiệt lạnh, sử dụng phương pháp cố định các tham số để thiết kế hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng tối ưu.

Một hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng MHEN được xây dựng từ nhiều hệ thống trao đổi nhiệt đơn tầng OHEN nối tiếp, ở OHEN mỗi nguồn nhiệt nóng và nguồn nhiệt lạnh gặp nhau một lần duy nhất tại thiết bị trao đổi nhiệt.

Xác định các tham số của hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng MHEN là nhiệm vụ rất phức tạp, bởi giá trị nhiệt độ các nguồn nhiệt nóng và nguồn nhiệt lạnh ở các tầng giữa đều là các biến số, để thực hiện nhiệm vụ này bài viết sẽ sử dụng phương pháp tối ưu phi tuyến, kết hợp phương pháp tối ưu tuyến tính [1, 2]. Việc tối ưu MHEN

được thực hiện dựa trên nguyên lý cố định các tham số trung gian. Thuật toán được thực hiện theo 3 cấp cơ bản:

Cấp 1: Chọn các thiết bị trao đổi nhiệt tối ưu cho hệ thống trao đổi nhiệt đơn tầng OHEN dựa trên chi phí tổn thất và vận hành thiết bị trao đổi nhiệt.

Cấp 2: Xác định cấu trúc của hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng MHEN dựa trên các giả thiết về giá trị nguồn nhiệt đầu vào ở các tầng giữa.

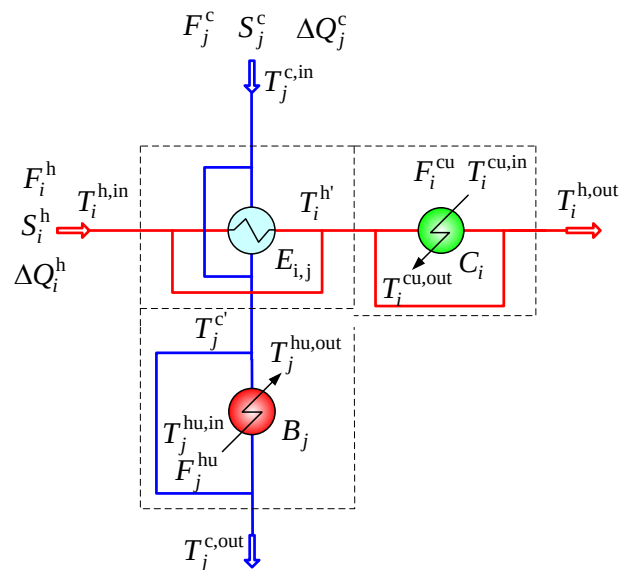
Cấp 3: Xác định tham số của hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng MHEN dựa trên tối ưu tổng qui đổi chi phí cơ bản và chi phí vận hành của hệ thống.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Tối ưu hệ thống trao đổi nhiệt đơn tầng.

Xét hệ thống trao đổi nhiệt gồm M nguồn nhiệt nóng $S_i^h, i=1,2,\dots,M$ và M nguồn lạnh $S_j^c, j=1,2,\dots,M$ (các nguồn nóng và nguồn lạnh gặp nhau ở thiết bị trao đổi nhiệt); các nguồn nóng phải tiếp xúc với thiết bị làm lạnh và các nguồn lạnh phải tiếp xúc với thiết bị làm nóng.

Trong trường hợp tổng quát mỗi phần tử trong ma trận của hệ thống trao đổi nhiệt đơn tầng EBHEN gồm có: Thiết bị trao đổi nhiệt E_{ij} , Thiết bị làm nóng B_j , Thiết bị làm lạnh C_i như **Hình 1**.



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc phần tử trao đổi nhiệt EBHEN.

Mô hình toán học các thiết bị được xây dựng dựa trên phương trình cân bằng nhiệt và phương trình truyền nhiệt như công thức (8), (9), (10), [2, 3, 5]. Kết hợp với phương pháp tối ưu phi tuyến, chúng ta sẽ chọn được thông số các thiết bị, để tổng chi phí vận hành qui đổi và chi phí tổn thất của phần tử trao đổi nhiệt là nhỏ nhất.

Chi phí vận hành qui đổi hay còn gọi là chi phí thiết bị theo diện tích bề mặt của thiết bị, sẽ tỷ lệ thuận với diện tích bề mặt trao đổi trao đổi nhiệt, đối với thiết bị trao đổi nhiệt E_{ij} được xác định theo công thức: $f_{vh} = m^{he} (A_{thietbi})^\gamma$ (1)

Trong đó: m^{he} là đơn giá vận hành (đồng/m²)

γ là hệ số tương đối.

$A_{thietbi}$ là diện tích bề mặt trao đổi nhiệt của thiết bị (m²)

Đồng thời khi dòng chất lỏng lạnh và nóng tách dòng sẽ làm cản trở quá trình chuyển động trong thiết bị, dẫn tới chi phí vận hành sẽ tăng lên, khi đó nhiệt lượng vận chuyển qua thiết bị và diện tích trao đổi nhiệt sẽ phụ thuộc vào độ chênh nhiệt độ trung bình logarit giữa 2 dòng chất lỏng nóng và lạnh, đối với thiết bị trao đổi nhiệt E_{ij} trên **Hình 1** được xác định như sau :

$$Q_{ij}^{he} = U_{ij} A_{ij}^{he} \Delta T \quad (2)$$

Trong đó: $U, \Delta T$ là hệ số truyền nhiệt và độ chênh nhiệt độ trung bình logarit.

$$\Delta T = (dT_1 - dT_2) / \log(dT_1 / dT_2)$$

$$dT_1 = T_i^{h,in} - T_j^{c'}; dT_2 = T_i^{h'} - T_j^{c,in}$$

Trong trường hợp tổng quát hàm mục tiêu về chi phí đối với các thiết bị trong phần tử trao đổi nhiệt được xác định như sau:

$$f_{ij}^{opt} = \min_{A_{ij}, A_i, A_j, F_i^{cu}, F_j^{hu}} \phi_1 \quad (3)$$

$$\text{Trong đó } \phi_1 = f_{ij}^{he} + f_{ij}^{col} + f_{ij}^{reb} \quad (4)$$

$$f_{ij}^{he} = m_1^{he} + m_2^{he} (A_{ij}^{he})^{\gamma^{he}} \quad (5)$$

$$f_{ij}^{col} = m_1^{col} + m_2^{col} (A_{ij}^{col})^{\gamma^{col}} + m^{cu} F_{ij}^{cu} \quad (6)$$

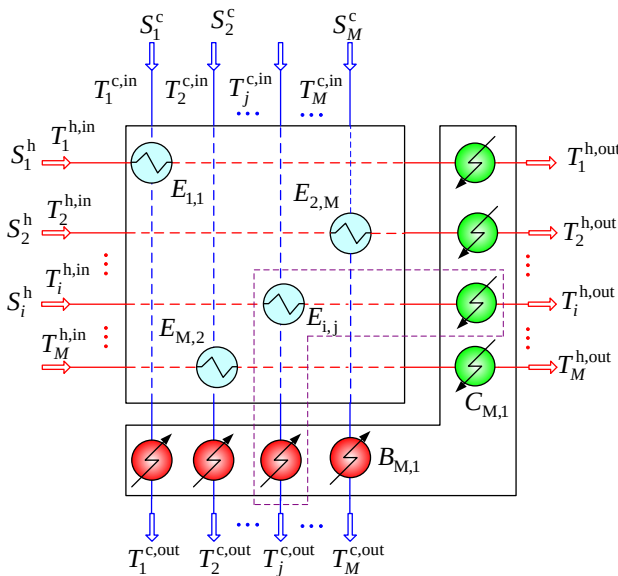
$$f_{ij}^{reb} = m_1^{reb} + m_2^{reb} (A_{ij}^{reb})^{\gamma^{reb}} + m^{hu} F_{ij}^{hu} \quad (7)$$

$$\phi^{he}(T_i^{h'}, T_j^{c'}, T_i^{h,in}, T_j^{c,in}, A_{ij}, F_i^h, F_j^c, U_{ij}) = 0 \quad (8)$$

$$\phi^{col}(T_i^{h'}, T_j^{h,out}, T^{cu,in}, T^{cu,out}, A_i, F_i^h, F_i^{cu}, U_i) = 0 \quad (9)$$

$$\phi^{reb}(T_i^{c'}, T_j^{c,out}, T^{hu,in}, T^{hu,out}, A_j, F_j^c, F_j^{hu}, U_j) = 0 \quad (10)$$

Hệ thống trao đổi nhiệt đơn tầng được tạo thành từ nhiều phần tử trao đổi nhiệt EBHEN, mà ở đó mỗi nguồn nhiệt nóng chỉ được làm mát bởi một nguồn nhiệt lạnh duy nhất, và mỗi nguồn lạnh được tăng nhiệt bởi một nguồn nhiệt nóng duy nhất, như **Hình 2**.



Hình 2. Hệ thống trao đổi nhiệt đơn tầng

Để thiết kế được bộ trao đổi nhiệt đơn tầng tối ưu, thì mỗi nguồn nhiệt nóng bất kỳ sẽ gặp một nguồn nhiệt lạnh duy nhất, và mỗi nguồn lạnh sẽ gặp một nguồn nóng duy nhất tại thiết bị trao đổi nhiệt, để tổng chi phí vận hành qui đổi và chi phí tổn thất của hệ thống nhỏ nhất. Việc này sẽ được thực

hiện bằng phương pháp tối ưu tuyến tính [1, 4, 8], như (11), (12).

$$\min \sum_{i,j} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M f_{ij}^{opt} z_{ij} \quad (11)$$

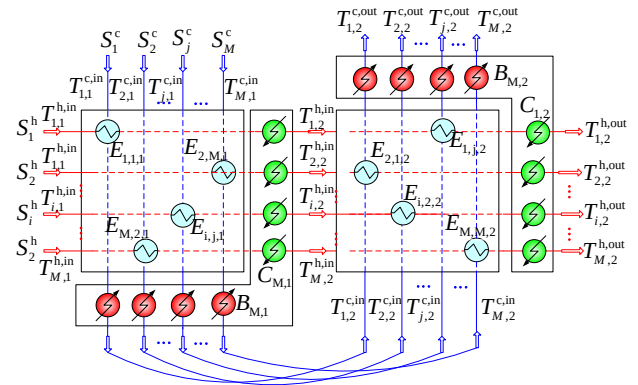
$$\sum_{i=1}^M z_{ij} = 1, \sum_{j=1}^M z_{ij} = 1, \quad i, j = 1, \dots, M \quad (12)$$

$$z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{nếu } (S_i^h; S_j^c) \text{ thực hiện trao đổi năng lượng} \\ & \text{tại thiết bị trao đổi nhiệt,} \\ & \text{hoặc } S_i^h \text{ được giảm nhiệt bởi thiết bị làm lạnh,} \\ & S_j^c \text{ được tăng nhiệt bởi thiết bị làm nóng} \\ 0, & \text{nếu } S_i^h \text{ trao đổi nhiệt với các nguồn nhiệt} \\ & \text{nóng còn lại và } S_j^c \text{ thực hiện trao đổi nhiệt với} \\ & \text{các nguồn lạnh còn lại} \end{cases}$$

$$z_{ij} \in \{0,1\}, i, j = 1 \dots M \quad (13)$$

2.2 Hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng

Một hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng được tạo thành từ nhiều hệ thống trao đổi nhiệt đơn tầng nối tiếp như **Hình 3**.



Hình 3. Hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng

Đối với hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng như **Hình 3** thì một nguồn nhiệt nóng S_i^h có thể truyền nhiệt lượng đến nhiều nguồn nhiệt lạnh S_j^c , hay một nguồn nhiệt lạnh S_j^c có thể nhận nhiệt lượng từ nhiều nguồn nóng.

Do vậy nhiệt lượng của nguồn nóng và nguồn lạnh tại các tầng liên hệ với nhau phương trình cân bằng nhiệt:

$$\Delta Q_i^h = \sum_{q=1}^N \Delta Q_{i,q}^h, \text{ và } \Delta Q_j^c = \sum_{q=1}^N \Delta Q_{j,q}^c \quad (14)$$

Trong một số trường hợp để việc lập trình tính toán, thiết kế hệ thống được dễ dàng ta sử dụng hệ số phân phối nhiệt lượng đối với nguồn nhiệt nóng

và nguồn nhiệt lạnh ở các tầng trao đổi nhiệt như biểu thức (15).

$$\Delta Q_{i,q}^{h,(k)} = \alpha_{i,q}^{h,(k)} \Delta Q_i^h \text{ và } \Delta Q_{j,q}^{c,(k)} = \alpha_{j,q}^{c,(k)} \Delta Q_j^c \quad (15)$$

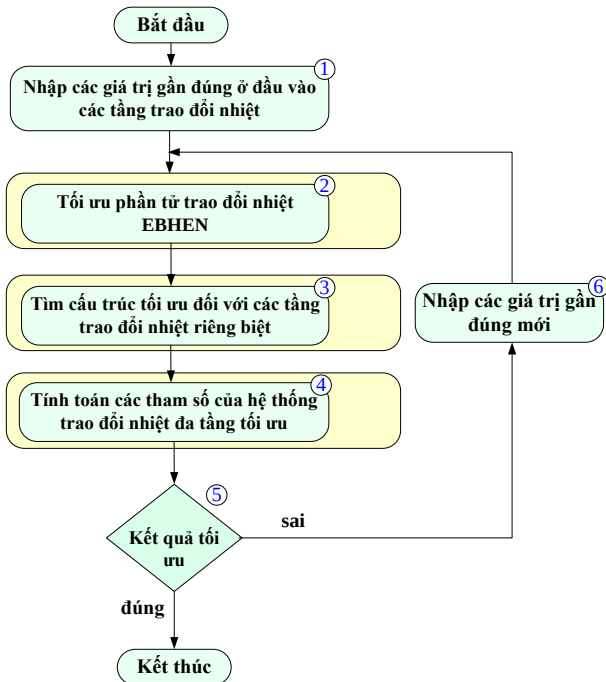
Vì hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng được xây dựng từ nhiều hệ thống đơn tầng nối tiếp, nên nhiệt độ ra của tầng này sẽ là nhiệt độ vào của tầng kế tiếp như biểu thức (16), (17).

$$T_{i,q}^{h,out} = T_{i,q+1}^{h,in} \text{ và } T_{i,q}^{c,out} = T_{i,q+1}^{c,in} \quad (16)$$

$$T_{i,1}^{h,in} = T_i^{h,in} \text{ và } T_{j,1}^{c,in} = T_j^{c,in} \quad (17)$$

2.3 Thuật toán thiết kế hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng tối ưu.

Để nâng cao hiệu quả đối với hệ thống trao đổi nhiệt, hay nói cách khác là thiết kế hệ thống trao đổi nhiệt tối ưu, thì tham số của các thiết bị như: phần tử trao đổi nhiệt EBHEN, các tầng trao đổi nhiệt đơn OHEN và cả hệ thống phải thỏa mãn được điều kiện tổng chi phí vận hành qui đổi và chi phí tổn thất năng lượng là nhỏ nhất. Để thực hiện công việc này bài viết sử dụng phương pháp tối ưu tuyến tính để chọn cấu trúc hệ thống kết hợp với tối ưu phi tuyến để chọn tham số các thiết bị, phần tử và hệ thống để đảm bảo yêu cầu nhiệm vụ thiết kế đặt ra, thuật toán như **Hình 4**



Hình 4. Thuật toán thiết kế hệ thống trao đổi nhiệt tối ưu đa tầng.

Các bước trong lưu đồ thuật toán được thực hiện cụ thể như sau:

Bước 1. Vòng lặp đầu tiên ($k=1$) thực hiện với các giá trị gần đúng ở đầu vào các tầng trao đổi nhiệt:

$$T_{i,1}^{h,out,(1)} = T_i^{h,out,(1)}; T_{i,q}^{c,out,(1)} = T_{i,q+1}^{c,in,(1)} \quad (18)$$

$$T_{i,2}^{h,in,(1)} = T_{i,1}^{h,out,(1)}; T_{j,2}^{c,in,(1)} = T_{j,1}^{c,out,(1)}; (i, j = 1 \dots M) \quad (19)$$

Bước 2. Tối ưu chi phí vận hành qui đổi và chi phí tổn thất của các phần tử trao đổi nhiệt EBHEN đối với các tầng trao đổi nhiệt riêng biệt theo (20):

$$f_{ij,q}^{opt} = \min_{A_{ij,q}, A_{iq}, A_{jq}, F_{iq}^{cu}, F_{jq}^{hu}} \phi_{1,q} \quad (20)$$

Bước 3. Ứng dụng phương pháp tối ưu tuyến tính và sử dụng kết quả ở **bước 2** để tìm cấu trúc ở các tầng trao đổi nhiệt.

$$\min_{z_{ij}} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M f_{ij}^{opt} z_{ij}, \sum_{i=1}^L z_{ij} = 1, \sum_{j=1}^L z_{ij} = 1; i, j = 1, \dots, M \quad (21)$$

Bước 4. Sử dụng phương pháp tối ưu phi tuyến để xác định các tham số của thiết bị và hệ thống dựa trên cấu trúc đã tìm được ở **bước 3**

$$\Phi^k = \min_{A_{ij,q}, A_{iq}, A_{jq}, F_{iq}^{cu}, F_{jq}^{hu}} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \sum_{q=1}^N \Phi_q^{(k)} \quad (22)$$

Trong đó

$$\phi_q^k = f_{ij,q}^{he,k} + f_{ij,q}^{col,k} + f_{ij,q}^{reb,k} \quad (23)$$

$$f_{ij,q}^{he,k} = m_1^{he} + m_2^{he} (A_{ij,q}^{he,k})^{\gamma^{he}} \quad (24)$$

$$f_{ij,q}^{col,k} = m_1^{col} + m_2^{col} (A_{ij,q}^{col,k})^{\gamma^{col}} + m^{cu} F_{ij,q}^{cu,k} \quad (25)$$

$$f_{ij,q}^{reb,k} = m_1^{reb} + m_2^{reb} (A_{ij,q}^{reb,k})^{\gamma^{reb}} + m^{hu} F_{ij,q}^{hu,k} \quad (26)$$

Bước 5. So sánh giá trị giữa các vòng lặp nếu $|\phi^{k+1} - \phi^k| < \varepsilon$ thì kết thúc quá trình tính toán.

Bước 6. Sử dụng các giá trị nhiệt độ của nguồn nóng và nguồn lạnh tại đầu vào các tầng trao đổi nhiệt đã tính toán được ở Bước 4, để thực hiện với vòng lặp tiếp theo.

$$T_{i,2}^{h,in,(k+1)} = T_{i,1}^{h,out,k}; T_{j,2}^{c,in,(k+1)} = T_{j,1}^{c,out,k} (i, j = 1, \dots, M) \quad (27)$$

3. Áp dụng tính toán thực nghiệm.

Giả sử cần thiết kế hệ thống trao đổi nhiệt giữa các dòng chất lỏng nóng và lạnh, có thông số nhiệt theo qui luật GROSS MAN như **Bảng 1**, **Bảng 2** và **Bảng 3**.

Bảng 1. Thông số của nguồn nóng.

Nguồn nóng	$T_i^{h,in}$, K	$T_i^{h,out}$, K	FCp kW/K	CFI kW/m ² k
H1	420	360	50	1
H2	470	375	200	2.5
H3	485	390	150	2
H4	500	435	100	2
Chất làm lạnh	$T_j^{c,in}$, K	$T_j^{c,out}$, K	CFUh kW/m ² k	
	620	620	5	

Bảng 2. Thông số nguồn lạnh.

Nguồn lạnh	$T_j^{C,in}$, K	$T_j^{C,out}$, K	FCp kW/K	CFJ kW/m ² k
C1	340	380	60	1
C2	365	430	120	1
C3	395	450	100	1
C4	410	465	400	1
Chất làm nóng	$T^{cu,in}$, K	$T^{cu,out}$, K	CFUc kW/m ² k	
	300	315	1	

Bảng 3. Đơn giá chi phí cơ bản và vận hành

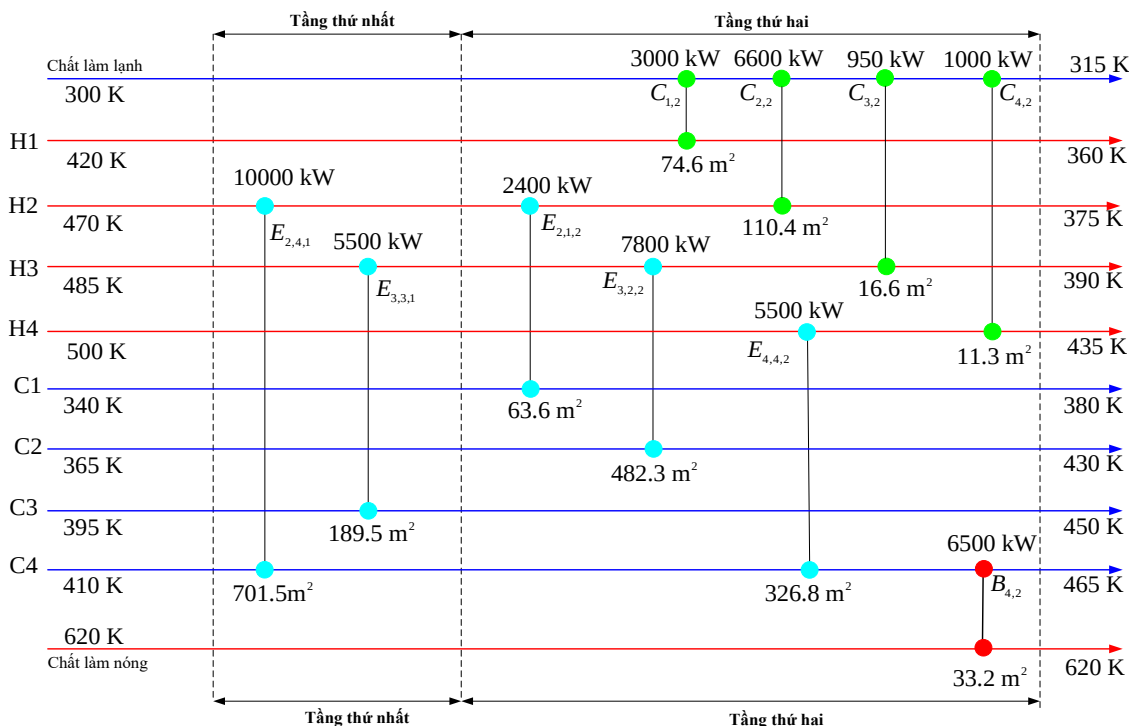
Đơn giá phí vận hành chất làm nóng	85\$/kW-năm
Đơn giá phí vận hành chất làm lạnh	15\$/kW-năm
Đơn giá chi phí cơ bản	380 \$/m ²
Hệ số tương đối	0,65
Độ chênh lệch nhiệt độ nhỏ nhất	10 K

Kết quả tối ưu hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng thực hiện theo thuật toán đã trình bày ở mục 2.3 như bảng 4.

Bảng 4. Kết quả tối ưu hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng

Số tầng trao đổi nhiệt	N=1	N=2	N=3	N=4
Công suất tại các thiết bị trao đổi nhiệt, kW	25700	31200	31200	31200
Công suất tại các thiết bị làm nóng, kW	12000	6500	6500	6500
Công suất tại các thiết bị làm lạnh, kW	17050	11550	11550	11550
Số thiết bị trao đổi nhiệt	4	5	5	5
Số thiết bị làm nóng	1	1	1	1
Số thiết bị làm lạnh	3	4	4	4
Tổng chi phí tổn thất và vận hành	1360541	829512.3	829512.3	829512.3

Từ kết quả ở bảng 4 ta thấy rằng, tổng chi phí vận hành qui đổi và chi phí tổn thất sẽ tỷ lệ nghịch với số tầng trao đổi nhiệt. Kết quả cũng cho thấy rằng trong trường hợp này hệ thống trao đổi nhiệt 2 tầng đã tối ưu. Tham số các thiết bị, cũng như cấu trúc của hệ thống như trên **hình 5**.

**Hình 5. Cấu trúc và tham số hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng tối ưu**

4. KẾT LUẬN

Sau khi khảo sát thiết bị và hệ thống trao đổi nhiệt, bài viết đã xây dựng được thuật toán để thiết kế hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng tối ưu, có sự logic từ thiết bị, cấu trúc cho tới hệ thống. Kết quả ví dụ tính toán ở bảng 4 cho thấy rằng hệ thống trao đổi nhiệt đa tầng đã tối ưu hơn hệ thống trao đổi nhiệt đơn tầng là 40%. Kết quả về công suất, diện tích trao đổi nhiệt, số thiết bị và số tầng trao đổi nhiệt trên hình 5 là cơ sở rất hữu ích cho việc chế tạo

thiết bị và hệ thống trao đổi nhiệt trong sản xuất công nghiệp và sinh hoạt.

Kết quả nghiên cứu có vai trò rất lớn trong việc thiết kế và chế tạo các thiết bị và hệ thống trao đổi nhiệt trong sản xuất và sinh hoạt, đặc biệt là trong các trường hợp nguồn nóng và nguồn lạnh đều là tham số công nghệ của các quá trình sản xuất. Đây cũng là giải pháp tiết kiệm năng lượng rất hữu ích trong sản xuất công nghiệp và sinh hoạt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Doãn Phước, "Lý thuyết điều khiển nâng cao, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật", 2005
- [2] G. M. Ostrovskii, N. N. Ziyatdinov, and I. I. Emel'yanov, Synthesis of Optimal Systems of Simple Distillation Columns with Heat Recovery // Doklady Chemistry. – 2015. –V. 461, No. 2, pp. 89–92.
- [3] Võ Chí Chính, Hoàng Dương Hùng, Lê Quốc, Lê Hoài Anh, "Kỹ thuật nhiệt, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật", 2012
- [4] Емельянов И.И. Оптимальная одностадийная теплоинтеграция при синтезе и реконструкции систем ректификационных колонн: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01. –Казань, 2018. – 173 с
- [5] Yee, T.F. & Grossmann, I.E., Simultaneous Optimization Models for Heat Integration - II. Heat Exchanger Network Synthesis, Comp. Chem. Engng., 14(10), 1165-1184, 1990
- [6] Yee, T.F. Simultaneous optimization models for heat integration — III. Process and heat exchanger network optimization / T.F. Yee, I.E. Grossmann, Z. Kravanja // Comput. Chem. Eng. 1990. V. 14. № 11. P. 1185.
- [7] Chen, Y., Grossmann, I. E., and Miller, D.C., Computational Strategies for Large-Scale MILP Transshipment Models for Heat Exchanger Network Synthesis, Comput. Chem. Eng. 2015. V. 82. P. 68.
- [8] Klemeš JJ, Kravanja Z. Forty years of heat integration: pinch analysis (PA) and mathematical programming (MP). Current Opinion in Chemical Engineering, 2013: 2(4):461-474

SOLUTION TO INCREASE THE EFFICIENCY OF HEAT EXCHANGE SYSTEM

Lê Quang Tuyền, Nguyễn Đức Toàn

Faculty of Electrical Engineering, Viet Tri University of Industry, Phu Tho, Viet Nam.

Email: tuyenlequangpt@gmail.com

ABSTRACT

The article researches on energy-saving solutions for heat exchanger processes and systems, builds an algorithm to optimize the parameters of a multistage heat exchanger system, based on mathematical models of equipment and systems. With the method of parameter fixation, the multistage heat exchanger is designed with optimal structure and parameters. The research results have evaluated the efficiency of the multistage heat exchanger system compared with the single stage heat exchanger system.

Keywords: *optimum heat exchange network, energy-saving solutions for heat exchanger,, superstructure system, optimum design, process system*