

BỘ GIÁO DỤC ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

LÊ THỊ VIỆT HƯƠNG

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ
THIẾT BỊ TÍCH TRỮ LẠNH CHO
HỆ THỐNG ĐIỀU HOÀ KHÔNG KHÍ
WATER CHILLER SÂN BAY ĐÀ NẴNG

Chuyên ngành: Công nghệ Nhiệt
Mã số:60.52.80

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Đà Nẵng – Năm 2014

**Công trình được hoàn thành tại
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

Người hướng dẫn khoa học: TS. TRẦN THANH SƠN

Phản biện 1: TS. THÁI NGỌC SƠN

Phản biện 2: TS. LÊ QUANG NAM

Luận văn được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp Thạc sĩ Kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 20 tháng 12 năm 2014.

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

- Trung tâm Thông tin - Học liệu, Đại học Đà Nẵng
- Trung tâm Học liệu, Đại học Đà Nẵng

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

“ NĂNG LƯỢNG ĐANG KIỂM SOÁT THẾ GIỚI”

Đó là nhận định của các chuyên gia năng lượng trước vấn đề năng lượng trong bối cảnh hiện tại của thế giới, là vấn đề cực kỳ nhạy cảm, là nguồn gốc của các xung đột chính trị và quân sự. Năng lượng có một vai trò hết sức quan trọng, nó không chỉ cải thiện chất lượng cuộc sống mà còn làm cho kinh tế và xã hội phát triển. Do đó, mỗi quốc gia dù giàu hay nghèo đều coi việc đảm bảo nguồn năng lượng là tiền đề cần thiết cho sự phát triển bền vững của mình. Đông Á hiện là một trong những khu vực có mức cầu về năng lượng lớn trên thế giới. Trong tương lai mức cầu này sẽ còn tăng hơn nữa cùng với sự phát triển mạnh mẽ của các nền kinh tế trong khu vực. Vì vậy, việc đảm bảo an ninh năng lượng đang ngày càng trở thành nhiệm vụ cấp bách đối với toàn khu vực, là mối quan tâm hàng đầu của các quốc gia trên thế giới.

Việt Nam cũng không đứng ra ngoài dòng chảy của hiện thực. Hơn thế nữa, Việt Nam là một trong những quốc gia được dự báo sẽ chịu nhiều tổn thương nhất với vấn đề biến đổi khí hậu, cho nên vấn đề năng lượng tại Việt Nam là vấn đề tổng thể, vĩ mô, và đang được quan tâm hàng đầu. Để đảm bảo được an ninh năng lượng cần nhìn nhận trên hai vấn đề. Đó là đảm bảo nguồn năng lượng sơ cấp, như đường ống dẫn khí, than cho nhiệt điện, nước cho thủy điện... Bên cạnh đó là sự cân đối giữa năng lực phát của các nhà máy điện phải lớn hơn nhu cầu sử dụng điện.

Trong xã hội hiện đại, nơi mà tiêu chí “ *Công nghiệp hoá, hiện đại hoá*” là mục tiêu của sự phát triển, thì điện năng là nguồn năng

lượng không thể thiếu. Cùng với sự đi lên của các nền kinh tế trên thế giới, điện năng lại đóng một vai trò cực kỳ quan trọng. Các nguồn năng lượng hóa thạch tạo ra điện năng như than đá, dầu mỏ đang ngày một cạn kiệt, theo thống kê của Cơ quan Năng lượng nguyên tử quốc tế (IAEA), trữ lượng dầu mỏ trên thế giới chỉ còn khoảng 40 năm, khí đốt khoảng 60 năm, than đá khoảng 230 năm. Vì vậy, việc sử dụng năng lượng hiệu quả và tiết kiệm luôn là vấn đề được đặt lên hàng đầu.

Với những lợi ích mà CNTTL mang lại, việc nghiên cứu, chế tạo các CNTTL và khả năng ứng dụng của công nghệ này vào các hệ thống lạnh ở nước ta là rất cần thiết.

Chính vì vậy tôi chọn đề tài “ *Nghiên cứu thiết kế thiết bị tích trữ lạnh cho hệ thống ĐHKK Water Chiller sân bay Đà Nẵng*”

2. Mục tiêu nghiên cứu

- Giới thiệu các phương pháp tích trữ lạnh hiện nay đang được sử dụng trên thế giới. Qua đó so sánh và lựa chọn sơ đồ tích trữ lạnh ứng dụng trong các hệ thống điều hòa không khí tại Việt Nam

- Nghiên cứu tính toán lượng nhiệt tích trữ theo công suất lạnh yêu cầu

- Tính toán thiết kế chế tạo thiết bị trữ lạnh theo công nghệ tích trữ lạnh đã lựa chọn

- Đánh giá tính kinh tế trong việc ứng dụng công nghệ TTL cho hệ thống ĐHKK Water Chiller sân bay Đà Nẵng, tính toán chi phí vận hành tiết kiệm hàng năm từ đó xác định thời gian thu hồi vốn cho hệ thống.

- Rút ra các nhận xét, kết luận

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Nghiên cứu phương pháp tính toán chế tạo thiết bị TTL
- Nghiên cứu khả năng trữ nhiệt của thiết bị TTL
- Từ các kết quả tính toán, luận văn đưa ra các kết luận về tiềm năng trong việc chế tạo và sử dụng rộng rãi CNTTL ở Việt Nam.

4. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp kế thừa;
- Phương pháp điều tra, khảo sát thực tế;
- Phương pháp tổng hợp, thống kê;
- Phương pháp phân tích, đánh giá;

5. Bố cục đề tài

Luận văn gồm 3 phần chính:

- Phần 1: MỞ ĐẦU
- Phần 2: NỘI DUNG

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ TÍCH TRỮ LẠNH

CHƯƠNG 2: ĐẶC TÍNH CHẤT CHUYỂN PHA

CHƯƠNG 3: NGHIÊN CỨU, TÍNH TOÁN LỰA CHỌN CÔNG NGHỆ TÍCH TRỮ LẠNH

CHƯƠNG 4: NGHIÊN CỨU- TÍNH TOÁN THIẾT KẾ THIẾT BỊ TÍCH TRỮ LẠNH BẰNG MUỐI EUTECTIC

CHƯƠNG 5: ĐÁNH GIÁ KINH TẾ KỸ THUẬT TRONG VIỆC ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TRỮ LẠNH CỦA HỆ THỐNG ĐHKK WATER CHILLER SÂN BAY ĐÀ NẰNG

- Phần 3: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA ĐỀ TÀI

CHƯƠNG I

TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ TÍCH TRỮ LẠNH

1.1 TÌNH HÌNH SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ TÍCH TRỮ LẠNH TRÊN THẾ GIỚI

1.2 MỘT SỐ CÔNG TRÌNH ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TÍCH TRỮ LẠNH TIÊU BIỂU TRÊN THẾ GIỚI

1.3 TIỀM NĂNG VÀ XU HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA TÍCH TRỮ LẠNH TRONG HỆ THỐNG ĐIỀU HOÀ KHÔNG KHÍ TẠI VIỆT NAM

1.4 NGUYÊN LÝ CHUNG VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍCH TRỮ LẠNH

1.4.1. Nguyên lý chung của công nghệ tích trữ lạnh.

Nguyên lý chung của công nghệ tích trữ lạnh là tích trữ lạnh lúc hệ thống ở chế độ phụ tải thấp, giá điện rẻ và giải phóng lạnh cung cấp cho hệ thống ở chế độ phụ tải cao, giá điện cao.

1.4.2. Các phương pháp tích trữ lạnh.

Phương pháp tích trữ lạnh: Có 2 phương pháp

a. Tích trữ lạnh toàn phần

b. Tích trữ lạnh một phần

1.5. CÁC CHẤT TRỮ LẠNH

Các chất hiện nay đang được sử dụng trong công nghệ tích trữ lạnh là nước, băng và muối Eutectic. Mỗi chất có nhiệt độ tích trữ, nhiệt độ xả tải và nhiệt độ biến đổi phase khác nhau. Sự khác biệt đó được nêu trong bảng 1.1

Bảng 1.1 Các chất trữ lạnh

Chất dùng để tích trữ	Nhiệt độ tích trữ, 0C	Nhiệt độ xả tải, 0C	Nhiệt độ biến đổi phase, 0C	Dung tích ₃ m /kWh
Nước	4 ÷ 7	5 ÷ 8		0,0861 ÷ 0,169
Băng	-9 ÷ -3	1 ÷ 3	0	0,0193 ÷ 0,0265
Muối Eutectic	4 ÷ 6	9 ÷ 10	8,3	0,0483

1.6. CÁC CÔNG NGHỆ VÀ SƠ ĐỒ TÍCH TRỮ LẠNH

1.6.1. Tích trữ lạnh dạng nhiệt hiện

1.6.2. Tích trữ dạng nhiệt ẩn

Tích trữ lạnh dạng nhiệt ẩn là tích trữ lạnh dưới dạng nhiệt ẩn hóa rắn, hiện sử dụng chủ yếu nước lạnh làm chất tích trữ (tích trữ lạnh dạng băng) và nước muối Eutectic làm chất tích trữ (tích trữ lạnh dạng muối Eutectic)

a. Tích trữ dạng băng

Tích trữ lạnh dạng băng có 4 loại:

- *Tích trữ băng dạng tĩnh (Ice – on – coil)*
- *Tích trữ băng dạng động (Ice harvester)*
- *Tích trữ băng dạng bột băng (Ice slury)*
- *Tích trữ băng dạng nổi (Encapsulated ice)*

b. Tích trữ dạng muối Eutectic

CHƯƠNG 2

ĐẶC TÍNH CỦA CHẤT CHUYỂN PHA

2.1. KHÁI NIỆM VỀ PHA VÀ SỰ CHUYỂN PHA

2.1.1. Sự thay đổi của entropy khi chuyển pha

2.1.2. Sự phụ thuộc của nhiệt độ chuyển pha vào áp suất

2.1.3. Hiện tượng chuyển pha trong chất rắn

2.2. MỘT SỐ CHẤT CHUYỂN PHA:

2.2.1. Phân loại PCMs

2.2.2. Một số chất chuyển pha hay dùng

a. Paraffin

b. Muối Hydrates

c. Muối Eutectic

Eutectic là hỗn hợp hai hoặc nhiều hơn các chất (theo tỷ lệ cố định) mà sự tan chảy / hoá rắn ở nhiệt độ duy nhất đó là thấp hơn so với điểm nóng chảy của các thành phần riêng biệt hoặc của bất kỳ hỗn hợp khác của nó

Trong đó muối Eutectic là dung dịch hỗn hợp của hai hay nhiều muối vô cơ, nước và các chất phụ gia khác để tạo ra hỗn hợp đông đặc ở nhiệt độ yêu cầu. Eutectics của các muối trong nước là giải pháp có xu hướng nhiệt độ thay đổi pha dưới 0 độ C

➤ Ưu nhược điểm của muối Eutectic:

▪ Ưu điểm:

- Eutectic có điểm nóng chảy mạnh tương tự như chất tinh khiết

- Mật độ tích trữ lớn hơn chất hữu cơ

▪ Nhược điểm:

- Có rất ít các muối là Eutectic thực sự, phải có nhiều sửa đổi trong nghiên cứu tính chất nhiệt vật lý của các chất mới có thể sử

dụng lâu dài

2.3. ĐÓNG GÓI PCMs

- Đóng gói bằng kim loại:
- Đóng gói bằng nhựa cứng:
- Đóng gói bằng Flexible plastic

2.4. PHÂN TÍCH LỰA CHỌN CHẤT CHUYỂN PHA SỬ DỤNG CHO THIẾT BỊ TÍCH TRỮ LẠNH

2.4.1. Các tiêu chí lựa chọn

- Các đặc tính nhiệt động chất chuyển pha nên có
- Đặc tính động học
- Đặc tính hoá học
- Các đặc tính kinh tế

2.4.2. Muối Eutectic PCM E8

a. Ưu nhược điểm

b. Thông số muối PCM E8

- Nhận xét:

Từ các đặc tính của muối Eutectic so với Paraffin và muối Hydrate, có thể thấy muối Eutectic có giá thành thấp hơn Paraffin, tiềm ẩn nhiệt lớn hơn Paraffin, ít suy thoái sau nhiều chu kỳ hoạt động hơn muối Hydrates. Ngoài ra khoảng nhiệt độ hoạt động của muối Eutectic là rất rộng (được mô tả trên hình 2.2 và hình 2.8), vì vậy rất phù hợp để ứng dụng làm môi chất của thiết bị tích trữ lạnh, trong các hệ thống lạnh.

Như vậy với hệ thống điều hoà không khí Water Chiller có thể tích trữ lạnh bằng thiết bị trữ lạnh dùng muối Eutectic, tùy theo nhiệt độ hoạt động của hệ thống mà chọn loại muối Eutectic phù hợp theo bảng 2.

CHƯƠNG 3

NGHIÊN CỨU, TÍNH TOÁN, LỰA CHỌN CÔNG NGHỆ TÍCH TRỮ LẠNH

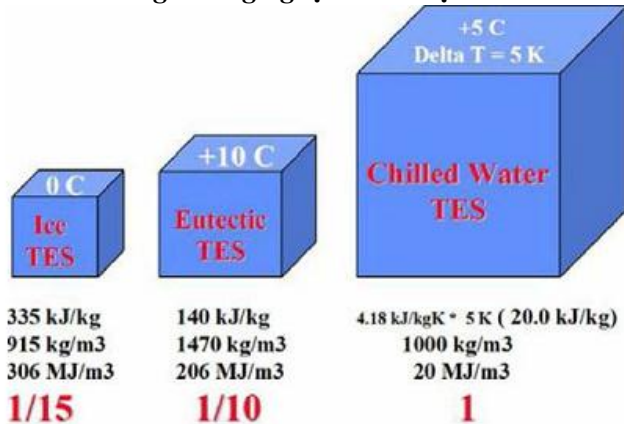
3.1. ĐÁNH GIÁ VÀ LỰA CHỌN CÔNG NGHỆ TÍCH TRỮ LẠNH

3.1.1. Giới thiệu hệ thống điều hoà không khí Water Chiller tại sân bay Đà Nẵng:

Hệ thống ĐHKK tại sân bay Đà Nẵng là hệ thống Water Chiller có tổng công suất lạnh là 1500 ton. Hệ thống hoạt động với các thông số cơ bản sau:

- Nhiệt độ nước lạnh vào Chiller là +12°C
- Nhiệt độ nước lạnh từ Chiller ra là +5°C

3.1.2. Đánh giá công nghệ tích trữ lạnh:



Hình 3.1 So sánh thể tích thiết bị của các dạng tích trữ

➤ Kết luận:

Từ hình 3.1 và đặc điểm hoạt động của hệ thống Water Chiller của sân bay Đà Nẵng chọn công nghệ tích trữ dạng nước lạnh hoặc chất chuyển pha, như muối Eutectic PCM E8

3.2. ĐÁNH GIÁ VÀ LỰA CHỌN SƠ ĐỒ TÍCH TRỮ LẠNH CHO ĐHKK WATER CHILLER SÂN BAY ĐÀ NẴNG

3.2.1. Đánh giá hệ thống ĐHKK Water Chiller sân bay Đà Nẵng:

- Phụ tải của hệ thống Water Chiller Đà Nẵng, bảng 3.1

Bảng 3.1 Phụ tải lạnh của hệ thống ĐHKK Water Chiller Đà Nẵng

Công suất lạnh	Công suất lạnh 2 Chiller, kW	Công suất lạnh thiết kế, kW	
		AHU/PAU	FCU
		2292	2707
Tổng	5274	4999	

- Công suất hiện trạng nhà ga đang khai thác, bảng 3.2

Bảng 3.2 Hiện trạng khai thác CSL tại nhà ga sân bay Đà Nẵng

Địa điểm	Phụ tải, kW		Tổng	
	FCU	AHU	kW	Ton
<i>Tầng 1</i>	188,8	160	1109,97	
<i>Tầng 2</i>	366,17	220		
<i>Tầng 3</i>		175		
Khu vực thường xuyên không sử dụng			213,85	
Công suất toàn bộ FCU	(2707-213,85) *90%		2243,835	
CSL khu quốc nội	1688,865	1737	3425,865	974
CSL (quốc nội + quốc tế)	2243,835	2292	4535,835	1289

Vậy từ bảng 3.1 và 3.2 thì khu quốc tế của nhà ga sân bay Đà Nẵng ít sử dụng điều hoà, nhà ga thường xuyên sử dụng điều hoà ở khu quốc nội, với công suất lạnh yêu cầu là 974 ton.

Trong 9 tháng nhà ga luôn hoạt động với công suất lạnh 974 ton ở khu quốc nội, 3 tháng mùa mưa thì công suất lạnh bằng $\frac{1}{2}$ công suất 974 ton.

3.2.2. Lựa chọn sơ đồ tích trữ :

a. Xác định công suất thiết bị tích trữ

$$Q = Q_0 \cdot N \quad (3-1)$$

Với :

Q : công suất của thiết bị tích trữ lạnh, kWh

N : thời gian tích trữ lạnh vào giờ thấp điểm, h

d. Lựa chọn sơ đồ tích trữ lạnh cho ĐHKK Water Chiller Đà Nẵng

Thể tích chất chuyên pha cần thiết được thể hiện ở bảng 3.3

Bảng 3.3 Tính toán thể tích của chất tích trữ lạnh cần dùng

Tên đại lượng	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Nhiệt độ nước ban đầu	t_{bd}	12	$^{\circ}\text{C}$
Nhiệt độ nước ra	t_{nl}	5	$^{\circ}\text{C}$
Nhiệt dung riêng của nước	C_p	4,18	kJ/kgK
Khối lượng riêng của nước	ρ	999,8	Kg/m^3
Nhiệt độ chuyển pha của PCM E8	t_{cp}	8	$^{\circ}\text{C}$
Nhiệt độ ban đầu của PCM	$t_{bd} = t_0$	12	$^{\circ}\text{C}$
Khối lượng riêng của PCM E8	ρ_p	1469	Kg/m^3
Nhiệt ẩn hoá rắn của PCM E8	L_p	140	kJ/kg
Nhiệt dung riêng của PCM E8	C_{pE8}	0,67	kJ/kgK
Thời gian tích trữ	N	5	h
Công suất lạnh	Q_0	974	ton
	Công thức tính	Kết quả	

Công suất thiết bị tích trữ	$Q = Q_0 \cdot N = 974 \cdot 3.5169 \cdot 5$	616582 91	kJ
Tích trữ bằng nước lạnh			
Khối lượng nước lạnh	$m = \frac{Q_0}{C_p \cdot \Delta t} = \frac{61652891}{4,18 \cdot (12 - 5)}$	210725 5,3	kg
Thể tích nước lạnh V_{nl}	$V_{nl} = \frac{m}{\rho} = \frac{2107255,3}{999,8}$	2017	m ³
Tích trữ bằng muối PCM E8			
Khối lượng PCM E8	$m = \frac{Q_0}{C_{pE8} \cdot \Delta t + L} = \frac{61658291}{0,67 \cdot (12 - 8) + 140}$	432144	kg
Thể tích PCM E8 V_P	$V_P = \frac{m}{\rho} = \frac{432144}{1469}$	294	m ³
Tỷ lệ thể tích giữa nước lạnh và muối PCM E8			
	$\zeta = \frac{V_{nl}}{V_P} = \frac{2017}{294}$	7,16	Lần

➤ Nhận xét

Ta thấy khi dùng PCM E8 thì thể tích của thiết bị tích trữ so với nước lạnh giảm đáng kể 7,16 lần ($2107/294 = 7,16$)

➤ Kết luận :

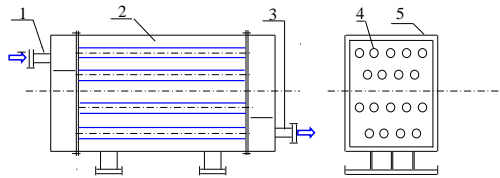
Vi vậy chọn phương án sử dụng PCM E8 để tính toán thiết kế thiết bị tích trữ lạnh cho hệ thống điều hoà không khí Water Chiller sân bay Đà Nẵng.

CHƯƠNG 4

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ THIẾT BỊ TÍCH TRỮ LẠNH CHO HỆ THỐNG ĐHKK WATER CHILLER DÙNG MUỐI EUTECTIC

4.1. CẤU TẠO, NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG VÀ CÁC QUÁ TRÌNH TÍCH TRỮ LẠNH CỦA THIẾT BỊ

4.1.1. Cấu tạo mô hình thiết bị:



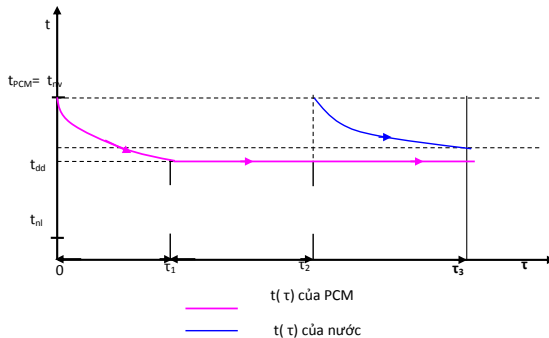
Hình 4.1 Mô hình thiết bị tích trữ lạnh dùng PCM

1. Đường nước vào
2. PCM
3. Đường nước ra
4. Ống nước
5. Cách nhiệt của thiết bị trữ lạnh

4.1.2. Nguyên lý hoạt động

4.1.3. Các quá trình tích trữ cấp nhiệt của thiết bị

Đồ thị $t(\tau)$ của nhiệt độ PCM và nước theo thời gian τ được mô tả trên hình như sau:



Hình 4.2 Đồ thị $t(\tau)$ của PCM và nước

4.2. TÍNH TOÁN QUÁ TRÌNH LÀM LẠNH PCM

4.2.1. Phát biểu bài toán tính thông số các quá trình :

Thiết bị tích trữ lạnh chứa chất PCM mỗi module có thể có dạng hình hộp. Với thiết bị tích trữ lạnh thiết kế không chịu áp lực, để chế tạo đơn giản chọn thiết bị hình hộp là thích hợp nhất. Thiết bị tích trữ lạnh dạng hộp có cấu tạo : các ống nước bố trí so le theo tiết diện ngang của bể, được hàn vào 2 mặt sàng, PCM điền đầy bọc quanh các ống.

➤ Phát biểu bài toán:

Nước chảy trong ống có hệ số toả nhiệt α , nhiệt độ nước t_{nl} . PCM (t_0 , λ_p , ρ_p , L_p , C_p) bọc ngoài ống hình trụ (R_1/R_2). Quá trình trao đổi nhiệt như sau : Nước lạnh làm lạnh PCM đến nhiệt độ đông đặc và làm đông đặc hết khối PCM.

Cần tìm hàm nhiệt độ $t(\tau)$ của PCM và tính được độ dày đông đặc R_2 theo thời gian τ từ tất cả các thông số đã cho.

4.2.2. Các giả thiết khi tính toán:

- Nhiệt độ ban đầu của khối PCM là đồng đều và bằng nhiệt độ nước về $t_0=t_{nv}$

- Chiều dày ống nước mỏng $\delta_v/\lambda_v \approx 0$

- Khối PCM được cách nhiệt lý tưởng

- Quá trình hoá rắn ranh giới giữa phần rắn và phần lỏng có dạng trụ tron

- Các thông số cho trước là không đổi trong suốt thời gian $\Delta\tau$ khảo sát.

4.2.3. Tính toán quá trình đông đặc của khối PCM :

a. Xác định hàm nhiệt độ $t(\tau)$ khi giảm nhiệt của lỏng PCM

Vậy thời gian để khối PCM giảm nhiệt độ từ nhiệt độ ban đầu

đến nhiệt độ đông đặc là:

$$\Rightarrow \tau_1 = \frac{\rho_p C_p}{\alpha} \frac{R_2^2 - R_1^2}{2.R_1} \ln \frac{t_0 - t_{tt}}{t_{cp} - t_{tt}} \quad (4-7)$$

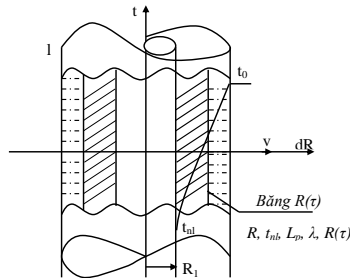
b. Lý thuyết của quá trình đông đặc khối PCM lỏng

➤ Phát biểu bài toán:

Khối PCM lỏng có nhiệt độ đồng đều t_0 , tiếp xúc với bề mặt ống nước dạng trụ, có bán kính trong R_1 . Bề mặt ống được làm lạnh bởi nước lạnh có nhiệt độ t_{nl} , lớp PCM đông đặc bao quanh ống trụ có nhiệt độ đông đặc chính là nhiệt độ chuyển pha của PCM t_{cp} và nhiệt hoá rắn L_p

Cần tìm luật đông đặc, là quan hệ giữa thời gian τ và độ dày lớp đông đặc, tức là $\tau(R)$, sau đó xác định vận tốc, gia tốc của mặt đông đặc, tìm trường nhiệt độ không ổn định $t(R, \tau)$ trong khối đông đặc và các thông số nhiệt khác của quá trình.

Phát biểu hình học trên tọa độ $t(R)$ của bài toán trụ được mô tả trên hình 4.4



Đây là bài toán biên di động khá phức tạp, để có thể giải được bằng giải tích, cần đưa ra các giả thuyết như sau :

- Coi như khối PCM có nhiệt độ phân bố đều trong thể tích V của nó.

- Coi mặt trong lớp đông đặc là biên loại 1, có nhiệt độ không đổi bằng nhiệt độ $t_{nl} = t_{tt}$ của nước lạnh. Điều này là hợp lý vì độ dày ống nước rất mỏng

➤ Lời giải:

Trong mô hình bài toán đóng băng khối chất lỏng quanh mặt trụ lạnh, được mô tả trên toạ độ trụ $t(R)$ tại hình 4.4, ta gọi R là bán kính lớp băng đã tạo ra trước lúc τ , dR là độ dày lớp đông đặc mới tạo ra sau thời gian $d\tau$. Cân bằng nhiệt tức thời lúc τ cho khối đông đặc hình trụ $dV=2.\pi.R.l.dR$ mới tạo ra sau thời gian vô cùng bé $d\tau$ có thể phát biểu:

Nhiệt lượng do dV toả ra để hạ nhiệt đến t_0 và đông đặc = lượng nhiệt truyền qua vách trụ đông đặc cũ ra môi trường lạnh. Mô tả toán học của phát biểu trên là phương trình cân bằng nhiệt tức thời có dạng:

$$2.\pi.R.l.dR.\rho.[c.(t_0 - t_{cp}) + \varphi.L_p] = 2.\pi.\lambda.(t_{cp} - t_{tt}).l.d\tau/\ln(R/R_1), J$$

Từ đó suy ra :

➤ Luật đóng băng $\tau(R)$ là dạng tích phân của phương trình trên, có dạng :

$$\int_0^\tau d\tau = \frac{\rho[c(t_0 - t_{cp}) + \Phi.L_p]}{\lambda(t_{cp} - t_{tt})} \cdot \int_{R_1}^R R \ln \frac{R}{R_1} dR$$

$$\rightarrow \tau(R) = A.I(R)$$

Với :

$$I(R) \triangleq \int_{R_1}^R R \ln \frac{R}{R_1} dR = \int_{R_1}^R \ln \frac{R}{R_1} d\left(\frac{R^2}{2}\right) = \frac{R^2}{2} \ln \frac{R}{R_1} \Big|_{R_1}^R - \int_{R_1}^R \frac{R}{2} dR = \frac{R^2}{2} \ln \frac{R}{R_1} - \frac{R^2}{4} + \frac{R_1^2}{4}$$

Vậy :

$$\tau(R) = \frac{A}{4} (2.R^2 \ln \frac{R}{R_1} - R^2 + R_1^2) = \frac{A}{4} (R^2 \ln \frac{R^2}{eR_1^2} + R_1^2), [s]$$

Hàm ngược của $\tau(R)$ là $R(\tau)=\tau-1(R)$ có thể mô tả ở dạng một bảng số, nhưng không thể mô tả tường minh ở dạng một hàm sơ cấp được

➤ Vận tốc đóng băng là

$$v = \frac{dR}{d\tau} = (A.R.\ln \frac{R}{R_1})^{-1}, [m/s]$$

➤ Gia tốc đóng băng là

$$a = \frac{dv}{d\tau} = \frac{dv}{dR} \cdot \frac{dR}{d\tau} = \frac{-\ln(e.R/R_1)}{A^2(R.\ln(R/R_1))^3} < 0, [m/s^2]$$

Vi $a < 0$ nên quá trình đông đặc sẽ chậm dần khi R tăng hoặc τ tăng

Trường nhiệt độ không ổn định trong vách đông đặc đang di động, tại $R \in (R_1, R(\tau))$ có dạng:

$$t(R, \tau) = t_f - \frac{(t_u - t_{cp})}{\ln(R(\tau)/R_1)} \ln \frac{R}{R_1}$$

Trường nhiệt độ trong toàn thể tích khối chất lỏng là

$$t(R, \tau) = \begin{cases} t_u & \text{ khi } R = R_1 \\ t_u - (t_u - t_{cp}) \ln[R(\tau)/R_1] & \text{ khi } R_1 < R < R(\tau) \\ t_{cp} & \text{ khi } R = R(\tau) \\ t_0 & \text{ khi } x > R(\tau) \end{cases}$$

Theo giả thiết, ở giai đoạn này, trong khoảng thời gian $\tau \in (\tau_1 \div \tau_2)$ hệ nhà nhiệt đề PCM chuyển từ pha lỏng sang pha rắn, nhiệt độ của hệ là đồng nhất, không đổi và bằng nhiệt độ đông đặc của môi chất $t_1 = t_2 = t_{cp} = \text{const}$. Khi đó $\Delta U_1 = \Delta U_2 = 0$.

c. Xác định hàm nhiệt độ $t(\tau)$ khi chuyển pha rắn của lỏng

PCM

$$\tau_2 = \left[\frac{R_2^2 - R_1^2}{2.\alpha.R_1} + \frac{1}{2.\lambda_p} \ln \frac{R_2}{R_1} - \frac{1}{4.\lambda_p} (R_2^2 - R_1^2) \right] \frac{L_p \rho_p}{(t_{cp} - t_u)} \quad (4-8)$$

Từ phương trình của τ_1 và τ_2 ta tìm được thời gian đông đặc hoàn toàn khối PCM thể tích V_p là:

$$\begin{aligned}
\tau &= \tau_1 + \tau_2 = \\
&= \frac{\rho_p C_p}{\alpha} \frac{R_2^2 - R_1^2}{2.R_1} \ln \frac{t_0 - t_{tt}}{t_{cp} - t_{tt}} + \left[\frac{R_2^2 - R_1^2}{2.\alpha.R_1} + \right. \\
&\quad \left. + \frac{1}{2.\lambda_p} \ln \frac{R_2}{R_1} - \frac{1}{4.\lambda_p} (R_2^2 - R_1^2) \right] \frac{L_p \rho_p}{(t_{cp} - t_{tt})}
\end{aligned} \tag{4-9}$$

Với:

R_1 : Bán kính trong của ống nước, m

R_2 : Bán kính đồng đặc của PCM E8, m

ρ_p : Khối lượng riêng của PCM E8, kg/m³

C_p : Nhiệt dung riêng của PCM E8, J/kgK

α : Hệ số toả nhiệt của nước, W/m² K

t_0 : Nhiệt độ ban đầu của PCM E8, °C

t_{cp} : Nhiệt độ chuyển pha của PCM E8, °C

t_{tt} : Nhiệt độ tích trữ bằng nhiệt độ nước lạnh, °C

λ_p : Hệ số dẫn nhiệt của PCM E8, W/mK

τ : Thời gian tích trữ, s

L_p : Nhiệt ẩn hoá rắn của PCM E8, J/kg

4.3. TÍNH TOÁN QUÁ TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG CỦA NƯỚC LẠNH TRONG ỐNG NƯỚC

4.3.1. Tính chọn ống nước cho thiết bị tích trữ lạnh

4.3.2. Tính toán thủy động trong dàn ống:

4.4. TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ CỦA THIẾT BỊ TÍCH TRỮ LẠNH

4.4.1. Mô tả thiết bị và các thông số chọn trước

4.4.2. Tính hệ số tỏa nhiệt α vách trong của ống đến nước lạnh

a. Tính hệ số α

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_1} = \frac{81,7 \cdot 0,556}{0,025} = 8480, \quad W / m^2 K \quad \text{Theo 4.10}$$

b. Tính trở lực đường ống

Chiều cao cột áp của bơm được xác định theo công thức 4.13

$$\Delta P_t = \rho \cdot g \cdot H + \frac{\rho}{2} \omega^2 + \sum \xi \cdot \frac{\rho}{2} \omega^2, \quad N / m^2$$

Các thông số của thiết bị tích trữ lạnh

λ : hệ số trở kháng của ống

$l = 27m$: chiều dài phần ống thẳng

$\rho = 999,8 \text{ kg/m}^3$ mật độ của nước tại nhiệt độ trung bình t_{ntb}

$d_1 = 0,025m$: đường kính trong của ống, m

$\omega = 0,5$: tốc độ nước trong ống của thiết bị tích trữ

$\mu = 1474,7 \cdot 10^{-6} \text{ Ns/m}^2$, độ nhớt động lực, Pa.s tại nhiệt độ

nước trung bình trong ống $t_{ntb} = 60C$, theo [3, bảng 6.1/96]

Ở chế độ chảy quá độ, λ được xác định như sau, theo [1/tr 307]:

$$\lambda = \frac{1}{(1,82 \log Re - 1,64^2)} = \frac{1}{(1,82 \log 8480 - 1,64^2)} = 0,03 \quad W / mK$$

Vậy tổn thất áp suất do ma sát được xác định:

$$h_{ms} = \frac{\lambda \cdot l}{d_1} \frac{\rho}{2} \omega^2 = \frac{0,03 \cdot 27}{0,025} \frac{999,8}{2} 0,5^2 = 4452 Pa$$

ξ : hệ số trở kháng cục bộ

Có thể chọn $\xi = 10$ (thiết bị dạng vỏ nhiều lõi)

Vậy tổn thất áp suất do trở kháng cục bộ khi nước chuyển động trong qua dàn ống của thiết bị tích trữ là;

$$h_{cb} = \xi \frac{\rho}{2} \omega^2 = 10 \cdot \frac{999,8}{2} 0,5^2 = 1250 Pa$$

Vậy tổn thất áp suất qua thiết bị tích trữ lạnh

$$h = \sum h = h_{cb} + h_{ms} = 4452 + 1250 = 5702 Pa$$

Hay $h = 0,57$ m cột nước

➤ Nhận xét:

Tồn thất áp suất qua thiết bị tích trữ là không đáng kể ($h = 0,57$ m nước), trong khi đó bơm chính mà hệ thống Water Chiller sân bay Đà Nẵng sử dụng có cột áp là 50m nước, bơm nước lạnh đến toàn bộ phụ tải. Vì vậy ta chọn bơm tích trữ để bơm nước lạnh khi tích trữ chỉ qua Chiller, qua thiết bị tích trữ có lưu lượng thể tích bằng bơm chính của hệ thống Water Chiller $V = 90$ l/s và cột áp là 30m nước.

4.4.3. Tính các thông số kỹ thuật của thiết bị tích trữ lạnh

$$\begin{aligned} \tau &= \tau_1 + \tau_2 = \\ &= \frac{\rho_p C_p R_2^2 - R_1^2}{\alpha} \ln \frac{t_0 - t_u}{t_{cp} - t_u} + \left[\frac{R_2^2 - R_1^2}{2 \cdot \alpha \cdot R_1} + \right. \\ &+ \left. \frac{1}{2 \cdot \lambda_p} \ln \frac{R_2}{R_1} - \frac{1}{4 \cdot \lambda_p} (R_2^2 - R_1^2) \right] \frac{L_p \rho_p}{(t_{cp} - t_u)} \end{aligned} \quad \text{Theo 4.9}$$

$$\Leftrightarrow 18000 = \frac{1469 \cdot 670}{1850} \frac{R_2^2 - 0,0125^2}{2 \cdot 0,0125} \ln \frac{12 - 5}{8 - 5} + \left[\frac{R_2^2 - 0,0125^2}{2 \cdot 1850 \cdot 0,0125} + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{2 \cdot 0,44} \ln \frac{R_2}{0,0125} - \frac{1}{4 \cdot 0,44} (R_2^2 - 0,0125^2) \right] \frac{140000 \cdot 1469}{(8 - 5)}$$

$$\Leftrightarrow R_2 = 0,0498 \approx 0,05 \text{ m}$$

Bảng 4.4 Tổng hợp thông số kỹ thuật của thiết bị tích trữ lạnh

Thông số	Ký hiệu	Kết quả	Đơn vị
Tiết diện ngang của bể	$S_{nbể}$	37,5	m^2
Chiều dài bể	$l_{bể}$	10	m
Chiều dày vỏ	σ_v	2	mm
Chiều dày đáy có gia cường	σ_d	3	mm
Chiều dày mặt sàn đỡ ống	σ_s	1	mm
Thể tích PCM	V_{PCM}	294	m^3
Khối lượng PCM	G_{PCM}	432,144	Tấn
Chiều dài ống nước	l	9	m
Đường kính trong ống	d_1	25	mm
Đường kính ngoài ống	d_2	27	mm

Khoảng cách giữa 2 tâm ống	$2R_2$	100	mm
Số lượng ống	Z	3.375	ống
Tổng chiều dài ống	$L_{\text{tổng}}$	30.375	m

4.5. SƠ ĐỒ LẮP ĐẶT THIẾT BỊ TÍCH TRỮ LẠNH

4.5.1. Nguyên lý hoạt động của hệ thống ĐHKK khi có tích trữ lạnh

4.5.2. Sơ đồ lắp đặt thiết bị tích trữ lạnh vào hệ thống ĐHKK Water Chiller Đà Nẵng

CHƯƠNG 5

ĐÁNH GIÁ KINH TẾ- KỸ THUẬT TRONG VIỆC ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TÍCH TRỮ LẠNH DÙNG MUỐI EUTECTIC CHO HỆ THỐNG ĐHKK WATER CHILLER ĐÀ NẴNG

5.1 HỆ THỐNG ĐIỀU HOÀ KHÔNG KHÍ WATER CHILLER ĐÀ NẴNG

5.1.1 Chi phí vận hành

Tổng hợp chênh lệch chi phí khi hệ thống ĐHKK Water Chiller Đà Nẵng vận hành giữa chi phí phải trả trong giờ cao điểm so với chi phí phải trả trong giờ thấp điểm, bảng 5.3

Bảng 5.3 Tổng hợp chênh lệch chi phí vận hành trong năm

Thông số	Tiêu hao công suất vận hành thiết bị, kW		
	Chiller	Quạt tháp giải nhiệt	Bơm nước giải nhiệt gián ngưng
	609,724	59,68	74,6
Tổng, kW	744,044		
Đơn giá cao điểm, đồng	2.376		
Đơn giá thấp điểm, đồng	1.305		
Đơn giá thấp điểm, đồng	822		
Chi phí 5h cao điểm, triệu đồng	8,84		
Chi phí 5h bình thường, triệu	4,85		

đồng	
Chi phí 5h thấp điểm, triệu đồng	3,05
Tổng chi phí chênh lệch 5h cao điểm- thấp điểm, triệu đồng	5,78
Tổng chi phí chênh lệch 5h bình thường- thấp điểm, triệu đồng	1,79
Tổng chi phí chênh lệch năm, triệu đồng	1.694,23

5.1.2 Chi phí đầu tư cho thiết bị tích trữ

Bảng 5.6 Chi phí đầu tư thiết bị tích trữ lạnh

Hạng mục	Chi tiết	Vật liệu	Thể tích, m ³	Khối lượng, kg	Giá thành, triệu đồng
Thiết bị tích trữ	Ống nước	Inox 304	2,479	19.218,5	2114
	Vỏ thiết bị	Inox 304	0,4	3.100	341
	Mặt sàn đỡ và hàn ống	Inox 304	0,213	1.654	181,9
	Cách nhiệt	Polyurethan	18	720	57,6
Đường ống nước lạnh nối vào hệ thống ĐHKK	Ống d 400 mm	Thép đen dày 9,5 mm		2.788,2	111,528
	Cách nhiệt	Polyurethan	0,371	14,87	1,189
	Chủng loại	Đơn vị	Số lượng	Đơn giá	Thành tiền, triệu đồng
Bơm nước lạnh	Pentax MD, 30 m H ₂ O	Cái	3	90	270
Van 3 ngã	Điều khiển bằng điện	cái	2	80	160
Dung dịch muối PCM E8	Loại công nghiệp	Tấn	432,144	2,1	907,5
Điện ĐK	PLC	Bộ	1		450
Chi phí khác					200
Tổng					4773,6

5.2. ĐÁNH GIÁ KINH TẾ CỦA PHƯƠNG ÁN TÍCH TRỮ LẠNH CHO HỆ THỐNG ĐIỀU HOÀ KHÔNG KHÍ WATER CHILLER ĐÀ NẰNG

Từ các số liệu trên, ta có thể so sánh tính kinh tế khi sử dụng tích trữ lạnh cho hệ thống ĐHKK Water Chiller Đà Nẵng, bảng 5.7

Bảng 5.7 So sánh kinh tế khi tích trữ lạnh

Hệ thống ĐHKK	Chi phí, triệu đồng		Số năm thu hồi vốn, năm
	Giảm đi khi tích trữ lạnh	Đầu tư thiết bị tích trữ	
Water Chiller sân bay Đà Nẵng khi sử dụng tích trữ lạnh	1694,23	4773,6	2,81

5.3. NHẬN XÉT

- *Hệ thống ĐHKK khi sử dụng tích trữ lạnh tuy có chi phí đầu tư cao nhưng khả năng thu hồi vốn tương đối nhanh, chỉ khoảng 2,8 năm. Vì vậy việc ứng dụng công nghệ tích trữ lạnh dùng muối Eutectic PCM E8 vào hệ thống ĐHKK của sân bay Đà Nẵng là rất có khả năng.*

- *Tuy nhiên cần phải chú ý đến việc xác định công suất lạnh trung bình của phụ tải trong giờ cao điểm để tính toán chính xác khả năng của thiết bị tích trữ lạnh. Vì nếu tính lớn hơn nhu cầu thực tế thì lãng phí, còn nếu tính nhỏ hơn thì không đảm bảo công suất lạnh yêu cầu của phụ tải.*

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Nội dung chính của luận văn

Luận văn đề cập đến ứng dụng công nghệ tích trữ lạnh trong hệ thống ĐHKK nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng ở Việt Nam. Công nghệ này được ứng dụng nhiều trên thế giới nhưng vẫn còn mới mẻ ở Việt Nam. Nguyên nhân chính có thể là do chi phí đầu tư cho thiết bị tích trữ là tương đối cao.

Vì vậy, trong luận văn đã trình bày các phương pháp tính toán, thiết kế thiết bị tích trữ lạnh, tiến hành so sánh về thông số kỹ thuật cũng như lợi ích kinh tế giữa hệ thống ĐHKK khi sử dụng thiết bị tích trữ lạnh với chi phí đầu tư thiết bị tích trữ. Từ đó cho thấy sự khả quan trong việc ứng dụng công nghệ tích trữ lạnh ở Việt Nam

2. Các kết quả đạt được

Luận văn đã trình bày các phương pháp, công nghệ tích trữ lạnh bằng muối Eutectic và phân tích một cách có hệ thống để phù hợp với từng điều kiện riêng biệt

Luận văn chọn công nghệ tích trữ lạnh cho hệ thống ĐHKK tại Việt Nam

Luận văn xác định được bán kính đồng đặc của muối Eutectic trên bề mặt ống sau khoảng thời gian τ

Luận văn đã thiết kế được thiết bị tích trữ lạnh dùng muối Eutectic với các thông số kỹ thuật đáp ứng được phụ tải yêu cầu

Tiến hành so sánh kinh tế khi sử dụng tích trữ lạnh với chi phí đầu tư để xác định thời gian thu hồi vốn của công trình. Từ đó cho thấy tính khả thi của việc sử dụng công nghệ tích trữ lạnh tại Việt Nam

3. Hướng phát triển của đề tài

Để việc sử dụng và quản lý năng lượng hiệu quả trở thành một trong những thế mạnh của Việt Nam trong tương lai, yêu cầu đặc ra đó là nhà nước ta phải có các chính sách quản lý và sử dụng năng lượng phù hợp với xu thế phát triển toàn cầu. Bên cạnh đó việc nghiên cứu, phát triển các công nghệ tiên tiến, mang tính cạnh tranh cao. Trong luận văn chỉ tập trung nghiên cứu, ứng dụng công nghệ tích trữ lạnh dùng muối Eutectic cho hệ thống ĐHKK, hộ sử dụng lạnh phổ biến, do vậy hướng nghiên cứu và phát triển của đề tài là

- Mở rộng nghiên cứu, ứng dụng công nghệ tích trữ lạnh bằng muối Eutectic cho các hệ thống lạnh khác.

- Tiếp tục nghiên cứu, chế tạo, nâng cao hiệu suất làm việc của các thiết bị trữ lạnh đồng thời giảm giá thành của thiết bị nhằm tăng tính cạnh tranh đối với các thiết bị ngoại nhập