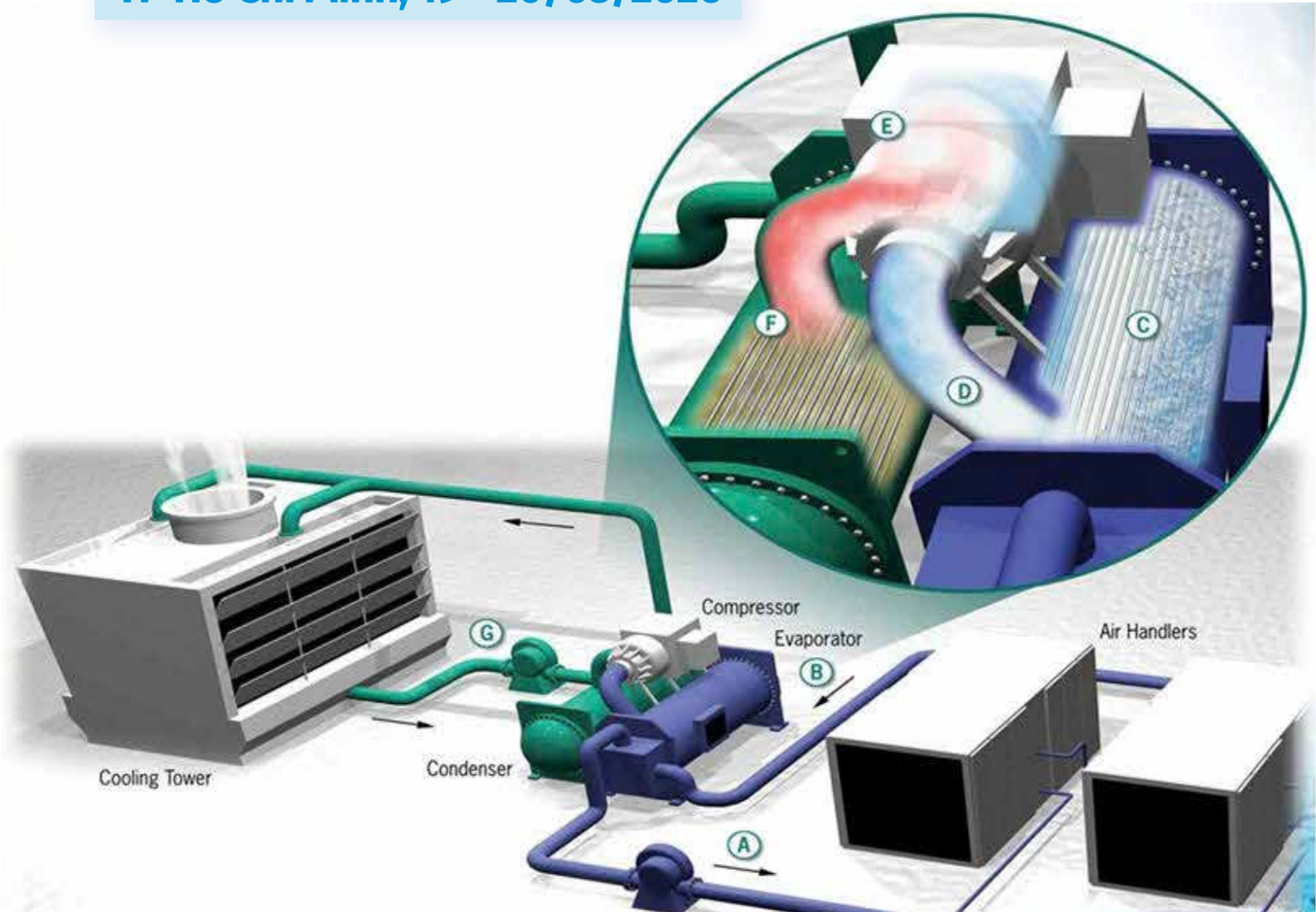


Dự án “Đẩy mạnh hoạt động tiết kiệm năng lượng trong các doanh nghiệp công nghiệp lớn thông qua hệ thống quản lý năng lượng và tối ưu hóa hệ thống và thực hành TKNL trong các DNVVN tại Việt Nam” (IEEP)

CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO TỐI ƯU HOÁ HỆ THỐNG LÀM LẠNH - LÀM MÁT

TP Hồ Chí Minh, 19 - 20/05/2026





BỘ CÔNG THƯƠNG

CHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN DỊCH NĂNG LƯỢNG BỀN VỮNG VN-EU (SETP)

Đẩy mạnh hoạt động TKNL trong các DN công nghiệp lớn thông qua hệ thống quản lý NL và tối ưu hóa hệ thống và thực hành TKNL trong các DN/VN tại Việt Nam (IEEP)



Funded by the European Union



TỔ CHỨC PHÁT TRIỂN CÔNG NGHIỆP LIÊN HỢP QUỐC

CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO TỐI ƯU HÓA HỆ THỐNG LÀM MÁT – LÀM LẠNH

Từ 19 đến 20/05/2026

Khách sạn Victory, 14 Võ Văn Tần, phường Xuân Hòa, TP. Hồ Chí Minh

Ngày 1: 19/05/2026

Thời gian	Nội dung	Người trình bày
8.00-8.30	Đăng ký học viên	
8.30-8.35	Giới thiệu đại biểu tham dự	Văn phòng Dự án IEEP - UNIDO
8.35-8.40	Phát biểu khai mạc	Đại diện Bộ Công Thương/ VP Dự án IEEP - UNIDO
8.40-10.15	Phần 1: Kiến thức cơ sở	Chuyên gia quốc tế
10.15-10.30	Nghỉ giữa giờ	
10.30-11.40	Công cụ xác định phạm vi hệ thống làm mát quy mô lớn & lạnh công nghiệp (CRST)	Chuyên gia quốc tế
11.40-12.00	Bài tập	Chuyên gia quốc tế
12.00-13.00	Ăn trưa tại khách sạn	Toàn bộ lớp học
13.00-14.00	Phần 3: Tính toán hiệu suất thiết bị & hệ thống	Chuyên gia trong nước
14.00-15.15	Phần 4: Công cụ đánh giá hệ thống nước lạnh (CWSAT-SI)	Chuyên gia trong nước
15.15-15.30	Nghỉ giữa giờ	
15.30-16.40	Phần 5: Các giải pháp tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nước lạnh	Chuyên gia quốc tế
16.40-17.00	Bài tập	Chuyên gia quốc tế



BỘ CÔNG THƯƠNG

CHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN DỊCH NĂNG LƯỢNG BỀN VỮNG VN-EU (SETP)

Đẩy mạnh hoạt động TKNL trong các DN công nghiệp lớn thông qua hệ thống quản lý NL
và tối ưu hóa hệ thống và thực hành TKNL trong các DN/VN tại Việt Nam (IEEP)



Funded by
the European Union



TỔ CHỨC PHÁT TRIỂN
CÔNG NGHIỆP LIÊN HỢP QUỐC

Ngày 2: 20/05/2026

Thời gian	Nội dung	Người trình bày
8.00-8.30	Đăng ký học viên	
8.30-8.45	Giải đáp thắc mắc Ngày 1 (Trao đổi trực tiếp), các vấn đề về phần mềm & hỗ trợ	Chuyên gia quốc tế Trợ giảng
8.45-9.15	Phần 6: Môi chất lạnh – Quá khứ, Hiện tại & Tương lai	Chuyên gia trong nước
9.15-10.15	Phần 7: Hệ thống lạnh công nghiệp	Chuyên gia quốc tế
10.15-10.30	Nghỉ giữa giờ	
10.30-11.05	Phần 8: Mô hình hóa hệ thống lạnh công nghiệp	Chuyên gia quốc tế
11.05-11.40	Phần 9: Các giải pháp tiết kiệm năng lượng trong hệ thống lạnh công nghiệp	Chuyên gia quốc tế
11.40-12.00	Bài tập	Chuyên gia quốc tế
12.00-13.00	Ăn trưa tại khách sạn	Toàn bộ lớp học
13.00-14.00	Phần 10: Các nghiên cứu điển hình về tối ưu hóa hệ thống làm mát – làm lạnh	Chuyên gia trong nước
14.00-14.45	Phần 11: Các công cụ phần mềm tiết kiệm năng lượng khác cho hệ thống làm mát – làm lạnh	Chuyên gia trong nước
14.45-15.00	Nghỉ giữa giờ	
15.00-16.00	Phần 12: Hệ thống làm mát – làm lạnh thế hệ mới	Chuyên gia quốc tế
16.00-16.20	Phần 13: Kết luận về tối ưu hóa hệ thống nước lạnh & hệ thống lạnh	Chuyên gia quốc tế
16.20-16.40	Bài tập	Chuyên gia quốc tế
16.40-17.00	Đánh giá khóa học và Phản hồi	Chuyên gia quốc tế

Tối ưu hóa Hệ thống làm lạnh công nghiệp & làm mát quy mô lớn

Đào tạo người dùng cuối (2 ngày)

Ngày 1

1

Người hướng dẫn

<p>Ghanshyam Gaudani, PE, MSME Green System Consulting LLC – USA Email: G@Greensystemio.com</p>	<p>Tiến sĩ Nguyễn Bá Chiến ĐH Bách khoa Hà Nội Email: chien.nguyenba@hust.edu.vn</p>	<p>Tiến sĩ Hồ Hữu Phùng ĐH Bách khoa Hà Nội Email: phung.hohuu@hust.edu.vn</p>
---	---	--

Lời cảm ơn

Tiến sĩ Phạm Thị Nga
Cố vấn Kỹ thuật – Dự án IEEP
Email: N.Pham@unido.org
Điện thoại: +84 862487804

Lời cảm ơn

- Riyaz Pappar, Hudson Technologies / ORNL
- Dr. Dragoljub Kosanovic
University of Massachusetts, Amherst - USA
- UNIDO Team – Vienna, Austria
- UNIDO Team – Vietnam
- Hudson Technologies Company – USA
- Oak Ridge National Laboratory – USA

3

Nội quy

- Lối thoát hiểm
- Nhà vệ sinh
- Điện thoại di động
- Nghỉ giữa giờ và ăn trưa
- Hạn chế email



4

4

Mục tiêu đào tạo

- Sử dụng phương pháp tiếp cận hệ thống để đánh giá hệ thống làm mát và làm lạnh (CR)
- Mô hình hóa các hệ thống CR đơn giản và tính toán chi phí vận hành
- Nhận thông tin tổng quan về các công cụ phần mềm thực hành tốt CR (CRST, CWSAT-SI, CoolPack, 3EPlus, MEASUR)
- Hiểu việc xây dựng hồ sơ phụ tải và đường năng lượng cơ sở của hệ thống CR
- Xác định các phép đo cần thiết để quản lý hệ thống CR và hệ thống phụ/thiết bị riêng lẻ hiệu quả
- Đo lường hiệu suất của từng đơn vị và tổng thể nhà máy (COP, COSP)

5

Mục tiêu đào tạo

- Xác định và ưu tiên các lĩnh vực có thể cải thiện hiệu quả trong hệ thống CR
- Hiểu các tải sử dụng cuối khác nhau và xác định phạm vi cải thiện hiệu quả tải sử dụng cuối
- Tác động của Nghị định thư Montreal, Nghị định thư Kyoto, sửa đổi Kigali đối với môi chất lạnh
- Tính toán chi phí năng lượng vận hành cho toàn bộ hệ thống CR và các thiết bị riêng lẻ.
- Nâng cao kiến thức để thực hiện công việc thực địa nhằm đánh giá hệ thống CR

5

6

Chương trình đào tạo – Ngày 1

Chương trình đào tạo		
NGÀY 1		
08:00	08:30	Đăng ký học viên
08:30	8:40	Phát biểu khai mạc
8:40	10:15	Phần 1: Kiến thức cơ sở
10:30	10:45	Nghỉ giữa giờ
10:45	11:40	Phần 2: Công cụ xác định phạm vi làm lạnh công nghiệp và làm mát quy mô lớn (CRST)
11:40	12:00	Bài tập
12:00	13:00	Nghỉ ăn trưa
13:00	14:00	Phần 3: Tính toán hiệu suất của thiết bị và hệ thống
14:00	15:15	Phần 4: Công cụ đánh giá hệ thống nước lạnh (CWSAT-SI)
15:15	15:30	Nghỉ giữa giờ
15:30	16:40	Phần 5: Cơ hội tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nước lạnh
16:40	17:00	Bài tập

7

Chương trình đào tạo – Ngày 2

Chương trình đào tạo		
NGÀY 2		
08:00	08:30	Đăng ký học viên
08:30	08:45	Giải đáp thắc mắc Ngày 1 (Trao đổi trực tiếp), các vấn đề về phần mềm & hỗ trợ
08:45	09:15	Phần 6: môi chất lạnh – Quá khứ, Hiện tại và Tương lai
09:15	10:15	Phần 7: Hệ thống lạnh công nghiệp
10:15	10:30	Nghỉ giữa giờ
10:30	11:05	Phần 8: Mô hình hóa hệ thống lạnh công nghiệp
11:05	11:40	Phần 9: Cơ hội sử dụng năng lượng hiệu quả trong hệ thống lạnh công nghiệp
11:40	12:00	Bài tập
12:00	13:00	Nghỉ ăn trưa
13:00	14:00	Phần 10: Nghiên cứu trường hợp tối ưu hóa hệ thống CR
14:00	14:45	Phần 11: Các công cụ phần mềm tiết kiệm năng lượng khác cho hệ thống CR
14:45	15:00	Nghỉ giữa giờ
15:00	16:00	Phần 12: Hệ thống CR thế hệ tiếp theo
16:00	16:20	Phần 13: Tối ưu hóa hệ thống làm lạnh và làm nước lạnh - Kết luận
16:20	16:40	Bài tập
16:40	17:00	Đánh giá, phản hồi

6

8

Bối cảnh / Mục tiêu / Câu hỏi của Học viên

Hãy dành 1-2 phút để mọi người cùng đóng góp ý kiến

- Điều gì đưa bạn đến đây hôm nay?
- Bạn có vấn đề/mối quan tâm nào về hệ thống làm lạnh (CR) và làm nước lạnh (chiller) của mình?
- Gần đây bạn đã thực hiện những dự án/nâng cấp tiết kiệm năng lượng nào trong nhà máy của mình?



9

Những gì chúng ta không có



7

10

Khởi động nhanh – Tóm tắt chung

- Khóa đào tạo người dùng cuối kéo dài 2 ngày bắt đầu với nguyên tắc cơ bản và bằng cách xác định Phương pháp tiếp cận hệ thống để tối ưu hóa hệ thống làm nước lạnh và làm lạnh (CR) công nghiệp
- Khóa đào tạo bao gồm hoạt động của các hệ thống CR công nghiệp điển hình bao gồm
 - Máy/hệ thống/nhà máy làm nước lạnh và/hoặc làm lạnh
 - Phân phối
 - Tải sử dụng đầu cuối (end-uses)
- Khóa đào tạo xác định các cơ hội cải thiện hiệu suất từ đó tối ưu hóa toàn bộ hệ thống CR

11

Khởi động nhanh – Tóm tắt chung

- Hội thảo thảo luận về các phương pháp cải thiện hiệu quả hệ thống CR, các phương pháp định lượng tiết kiệm năng lượng và chi phí, các khía cạnh của việc thực hiện, bảo trì và các chương trình cải tiến liên tục
- Trình diễn các công cụ thực hành tốt:
 - Công cụ xác định phạm vi làm lạnh công nghiệp và nước lạnh (CRST)
 - Công cụ đánh giá hệ thống nước lạnh (CWSAT-SI)
 - CoolPack
 - Phần mềm tính cách nhiệt 3E-Plus
 - Phần mềm US DOE's MEASUR (Chiller và Bơm)
- Các “case study” và ứng dụng trong tối ưu hóa hệ thống CR
- Thế hệ tiếp theo của hệ thống CR và môi chất lạnh

- 1 CƠ BẢN
- 2 CÔNG CỤ PHẠM VI LẠNH CÔNG NGHIỆP & LÀM MÁT QUY MÔ LỚN (CRST)
- 3 TÍNH TOÁN HIỆU SUẤT ĐƠN VỊ & HỆ THỐNG
- 4 CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH (CWSAT)
- 5 CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG (EE) TRONG HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH
- 6 MÁY LẠNH – QUÁ KHỨ, HIỆN TẠI & TƯƠNG LAI
- 7 HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 8 MÔ HÌNH HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 9 CƠ HỘI TKNL TRONG HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 10 NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP TỐI ƯU HỆ THỐNG CR
- 11 CÔNG CỤ PHẦN MỀM TKNL KHÁC CHO HỆ THỐNG CR
- 12 HỆ THỐNG CR THẾ HỆ TIẾP THEO
- 13 KẾT LUẬN



CƠ BẢN

- 1.1 Cách tiếp cận hệ thống
- 1.2 Tối ưu hóa hệ thống CR
- 1.3 Môi chất lạnh
- 1.4 Nguyên tắc cơ bản của hệ thống CR
- 1.5 Các loại hệ thống CR
- 1.6 Dẫn động hệ thống CR

1.1 Cách tiếp cận hệ thống

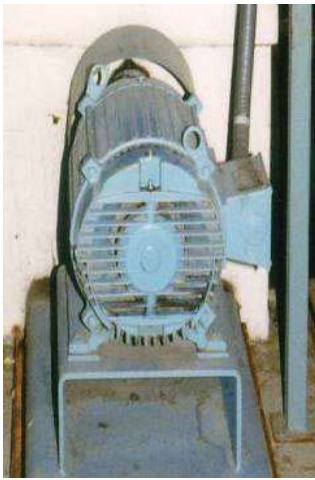
- Hãy nhìn vào toàn cảnh khu rừng và đừng sa đà vào vấn đề từng cái cây riêng lẻ (Cách tiếp cận hệ thống).
- Bắt đầu từ cái nhìn bao quát (tầm cao 10.000 ft), hiểu rõ bức tranh lớn và mục đích, sau đó mới đi sâu vào chi tiết thực thi.
- “Đừng lấy của người này trả cho người kia”.
- Không có bữa trưa nào miễn phí.
- Nếu điều gì đó quá tốt để có thể là sự thật, thì có lẽ nó không phải là sự thật.
- Đừng vội vàng đưa ra giải pháp trước khi hiểu rõ toàn bộ vấn đề và các tình huống cụ thể.
- Mỗi hệ thống đều là duy nhất và xứng đáng được xem xét kỹ lưỡng như nhau.

15

Cách tiếp cận hệ thống

- Chìa khóa để vận hành và bảo trì hệ thống phụ trợ nhà máy hiệu quả về mặt chi phí
- Hãy chú ý đến toàn bộ hệ thống, không chỉ riêng từng thiết bị (máy lạnh, quạt, máy bơm, v.v.)
- Phân tích cả phía cung và cầu của hệ thống và cách chúng tương tác
- Hầu hết các hệ thống sẽ cần Phương pháp tiếp cận hệ thống để phân tích thích hợp
- Sẽ dẫn đến tiết kiệm năng lượng và chi phí cao hơn đáng kể so với “phân tích cấp độ thành phần”

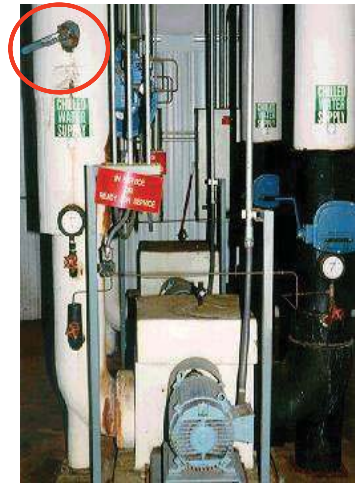
Phương pháp tiếp cận hệ thống (với một ví dụ đơn giản)



động cơ 15 kW
hiệu suất = 91%



Hiệu suất kết hợp động cơ
và bơm = 59%



Hiệu suất hệ thống = 13%

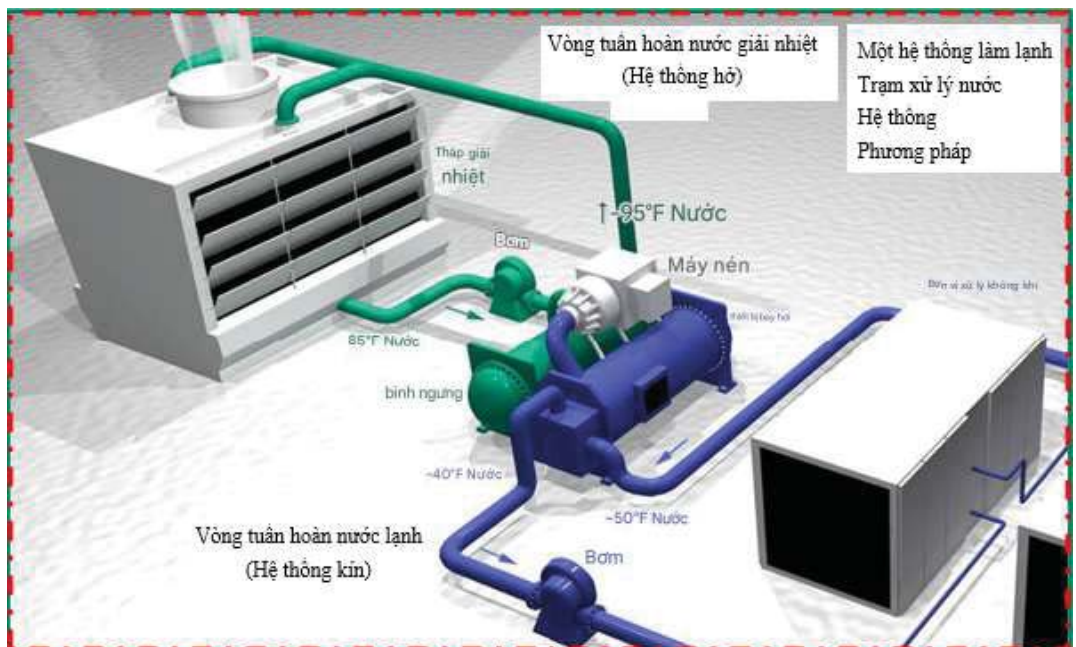
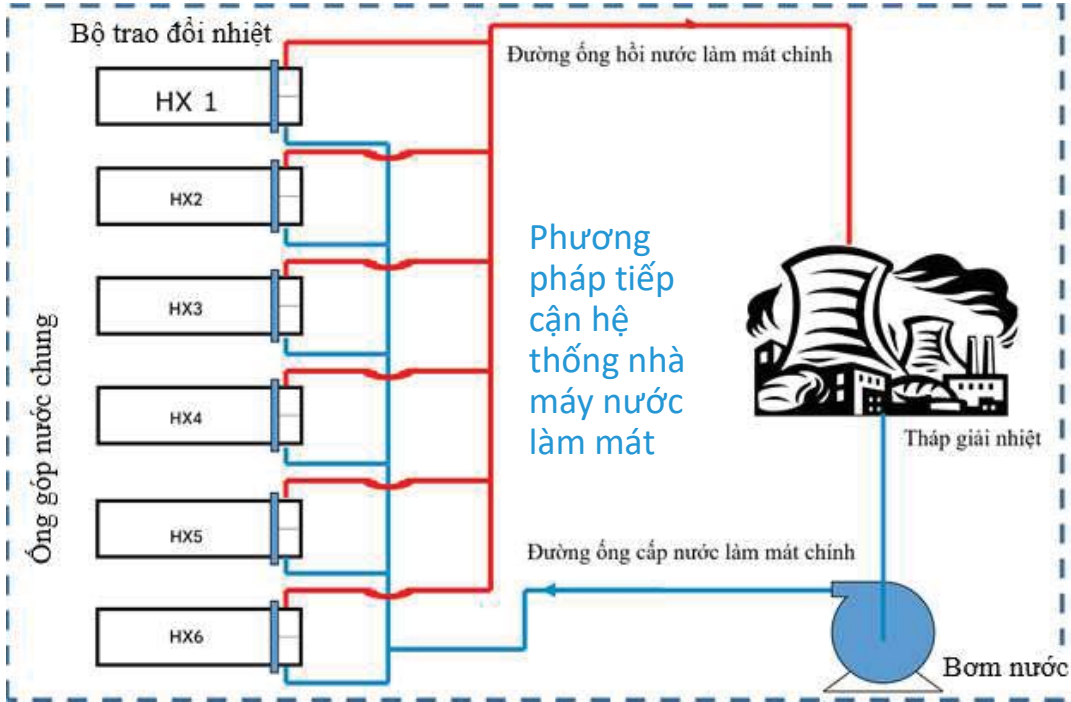
Nguồn: Chương trình Better Plants của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ

Được chia sẻ bởi: Don Casada, PE – Diagnostic Solutions

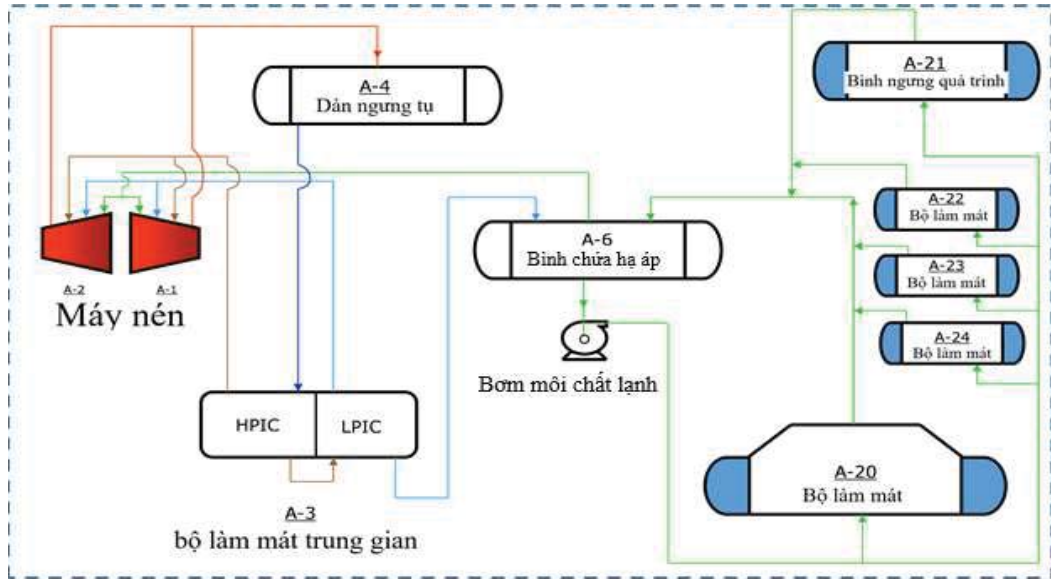
17

Cách tiếp cận hệ thống

- Thiết lập các điều kiện hiện tại của hệ thống, các thông số vận hành và mức sử dụng năng lượng của hệ thống
- Điều tra cách thức toàn bộ hệ thống hiện đang hoạt động
- Xác định các lĩnh vực tiềm năng có thể cải thiện hoạt động của hệ thống
- Phân tích tác động của những cải tiến tiềm năng đối với hệ thống nhà máy
- Thực hiện các cải tiến hệ thống đáp ứng các tiêu chí tài chính và vận hành của nhà máy
- Tiếp tục theo dõi hiệu suất tổng thể của hệ thống



Hệ thống phức tạp



21



CƠ BẢN

- 1.1 Cách tiếp cận hệ thống
- 1.2 Tối ưu hóa hệ thống CR
- 1.3 Môi chất lạnh
- 1.4 Nguyên tắc cơ bản của hệ thống CR
- 1.5 Các loại hệ thống CR
- 1.6 Dẫn động hệ thống CR

1.2 Tối ưu hóa hệ thống CR

- CR – Hệ thống lạnh và hệ thống sản xuất nước lạnh
- Chúng ta áp dụng Phương pháp tiếp cận hệ thống như thế nào để tối ưu hóa các hệ thống này?

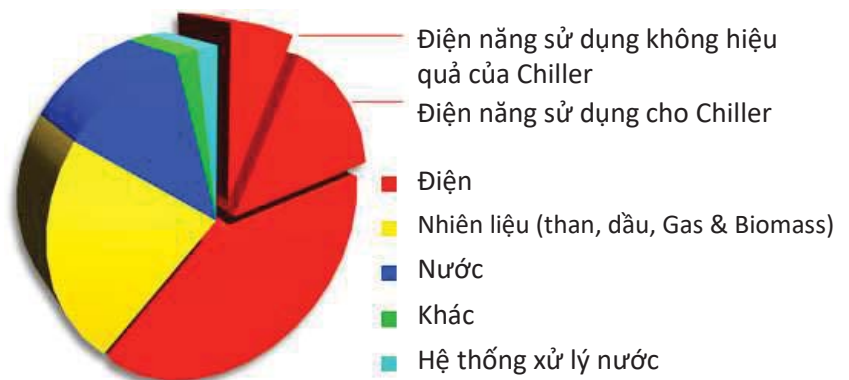


23

Tại sao tối ưu hóa hệ thống CR lại quan trọng?

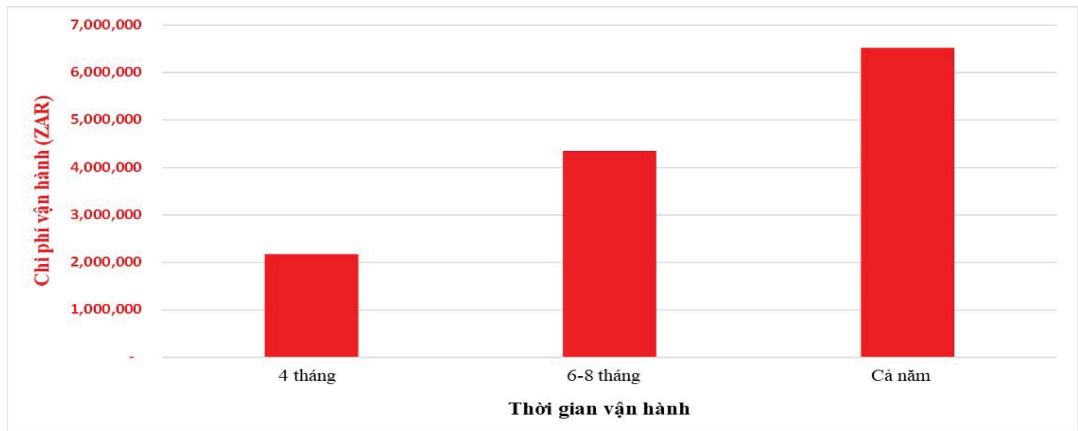
- Hệ thống CR có thể là hệ thống tiêu thụ năng lượng lớn nhất
- Hệ thống CR có thể sử dụng tới 40% lượng điện sử dụng của cơ sở
- Hệ thống CR có thể lãng phí tới 30% do hoạt động không hiệu quả
- Tiết kiệm năng lượng hệ thống lạnh 15% = giảm 6% hóa đơn năng lượng

Ngân sách phụ tải trung bình



Chi phí năng lượng vận hành hàng năm của hệ thống CR

- Tải lạnh: 3500 kW
- Hệ thống Chiller: COP = 4,7
- Chi phí điện đi kèm = R 1,0/kWh



25

Mức sử dụng năng lượng của nhà máy - H - >40%; M - >10% và <40%; L - <10%

Ngành công nghiệp	Làm mát tiện nghi	Làm mát quá trình	Làm lạnh
Chế biến nông sản	L	H	M
Hóa chất và nhiên liệu lỏng	L	H	L
Khai khoáng	H	H	L
Ô tô	L	H	L
Kim loại và lắp ráp	L	H	L
Khoáng sản phi kim loại	L	M	L
Thực phẩm và đồ uống	L	H	H
Bột giấy và giấy	L	M	L
Dệt may và giày da	L	M	L
Tòa nhà thương mại	H	L	L
Trung tâm dữ liệu	L	H	L
Du lịch và nghỉ dưỡng	H	L	L
Trung tâm y tế và Bệnh viện	H	M	L

Động lực chính cho sự thay đổi



- **Năng lượng**
- Độ tin cậy
- Bảo trì
- Năng suất
- Chất lượng
- Giảm chi phí
- Giảm phát thải

27

Triết lý tiếp cận

Bạn không biết những gì bạn không đo lường

Bạn không thể kiểm soát những gì bạn không biết

Bạn không thể quản lý những gì bạn không kiểm soát

Quản lý \Leftrightarrow Đo lường



Điểm chính/Danh sách hành động

1. Hệ thống làm lạnh và làm mát rất phổ biến trong Công nghiệp
2. Sử dụng Phương pháp tiếp cận hệ thống để tối ưu hóa các hệ thống lạnh
3. Nhìn chung, chi phí vận hành hệ thống lạnh có thể rất lớn và mặc dù năng lượng tiêu thụ là thành phần chính nhưng có thể có những chi phí đáng kể liên quan đến độ tin cậy của hệ thống, v.v.
4. Sử dụng phương pháp tiếp cận có hệ thống để đo các thông số vận hành quan trọng nhằm xác định các cơ hội tiết kiệm năng lượng tiềm năng, tối ưu hóa và quản lý hệ thống lạnh.



29



CƠ BẢN

- 1.1 Cách tiếp cận hệ thống
- 1.2 Tối ưu hóa hệ thống CR
- 1.3 Môi chất lạnh
- 1.4 Nguyên tắc cơ bản của hệ thống CR
- 1.5 Các loại hệ thống CR
- 1.6 Dẫn động hệ thống CR

1.3 Môi chất lạnh

- Việc hiểu rõ các đặc tính cơ bản của môi chất lạnh rất quan trọng để có thể nắm bắt được nguyên lý vận hành của bất kỳ hệ thống nước lạnh hay hệ thống lạnh nào
- Tùy thuộc vào mức độ thẩm định/đánh giá chi tiết mà các đặc tính vật lý, nhiệt động và động lực học của môi chất lạnh sẽ được yêu cầu tương ứng

31

Môi chất lạnh

- **Môi chất lạnh**
 - Freon – CFC, HCFC, HFC và HFO
 - Hydrocacbon
 - Môi chất đồng sôi
 - Tính chất như một đơn chất
 - Nhiệt độ không đổi trong quá trình chuyển pha
 - Môi chất không đồng sôi
 - Nhiệt độ thay đổi trong quá trình chuyển pha
 - Môi chất vô cơ – Amoniac, Nước, Carbon dioxide
- **Ký hiệu**
 - số R
 - Freon điển hình và một số hydrocarbon – 1- 399
 - Quy ước đơn giản dựa trên C, H, F
 - Không đồng sôi – dòng 400
 - Đồng sôi – dòng 500
 - Vô cơ – dòng 700
 - Quy ước dễ dàng – 7 + Trọng lượng phân tử.

Các loại môi chất được sử dụng phổ biến

- **Môi chất lạnh CFC (Chlorofluorocarbon)**
 - R-11 - Được sử dụng trong các ứng dụng dân dụng, thương mại và công nghiệp
 - R-12 - Được sử dụng trong các ứng dụng dân dụng, thương mại và công nghiệp
- **Môi chất lạnh HCFC (Hydro chlorofluorocarbon)**
 - R-22 - Được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng dân dụng, thương mại và công nghiệp
 - R-123
- **Môi chất lạnh HFC (Hydro fluorocarbon)**
 - R-134a - Được sử dụng chủ yếu trong các ứng dụng điều hòa di động (ô tô ...)
 - R-32
- **Hỗn hợp môi chất lạnh (Azeotropic và Zeotropic)**
 - R-410a - môi chất lạnh thay thế cho máy điều hòa dân dụng
 - R-407C - Thay thế cho R-22

33

Môi chất lạnh

• Tính chất nhiệt động

- P - Áp suất (kPa, bar, v.v.)
- T - Nhiệt độ (°C)
 - Nhiệt độ tuyệt đối (K)
- X – độ khô
- ρ - Khối lượng riêng (kg/m³)

• Tính chất nhiệt động

- V – Thể tích riêng (m³/kg)
- H - Enthalpy (kJ, kcal)
 - Entanpi riêng (kJ/kg, kcal/kg)
- S - Entropy (kJ/K, kcal/K)
 - Entropy riêng (kJ/kg-K, kcal/kg-K)

Môi chất lạnh

- Các tính chất nhiệt vật lý khác
 - C_p - Nhiệt dung riêng đẳng áp (kJ/kg-K, kcal/kg-K)
 - C_v – Nhiệt dung riêng đẳng tích (kJ/kg-K, kcal/kg-K)
 - V_s - Vận tốc âm thanh (m/s)
 - μ - Độ nhớt (Pa.s)
 - K – Hệ số dẫn nhiệt (W/mK)
 - σ - Sức căng bề mặt (N/m)

35

Môi chất lạnh

- Thông tin đặc tính nhiệt vật lý
 - ASHRAE Fundamentals Handbook
 - Dữ liệu được lập bảng
 - biểu đồ logP-h
 - Chương trình phần mềm
 - Phương trình trạng thái của các môi chất lạnh khác nhau
 - Mối tương quan của Martin Hou
 - REFPROP
 - Phần mềm giải phương trình kỹ thuật (EES)
 - Khác
 - Dữ liệu thuộc tính của nhà sản xuất
 - Viện Tiêu chuẩn và Công nghệ Quốc gia (NIST) (USA)
- Điểm tham chiếu
 - Có thể khác nhau đối với các nguồn khác nhau!!



Môi chất lạnh

Thuộc tính bão hòa R134a

Temperature (°C)	Pressure (MPa)	Liquid Density (kg/m ³)	Vapor Density (kg/m ³)	Liquid Enthalpy (kJ/kg)	Vapor Enthalpy (kJ/kg)	Liquid Entropy (kJ/kg-K)	Vapor Entropy (kJ/kg-K)
-10.0	0.201	1327.1	10.041	186.70	392.66	0.95065	1.7334
-5.00	0.243	1311.1	12.077	193.32	395.66	0.97544	1.7300
0.000	0.293	1294.8	14.428	200.00	398.60	1.0000	1.7271
5.00	0.350	1278.1	17.131	206.75	401.49	1.0243	1.7245
10.0	0.415	1261.0	20.226	213.58	404.32	1.0485	1.7221
15.0	0.488	1243.4	23.758	220.48	407.07	1.0724	1.7200
20.0	0.572	1225.3	27.780	227.47	409.75	1.0962	1.7180
25.0	0.665	1206.7	32.350	234.55	412.33	1.1199	1.7162
30.0	0.770	1187.5	37.535	241.72	414.82	1.1435	1.7145
35.0	0.887	1167.5	43.416	249.01	417.19	1.1670	1.7128
40.0	1.02	1146.7	50.085	256.41	419.43	1.1905	1.7111
45.0	1.16	1125.1	57.657	263.94	421.52	1.2139	1.7092
50.0	1.32	1102.3	66.272	271.62	423.44	1.2375	1.7072

37

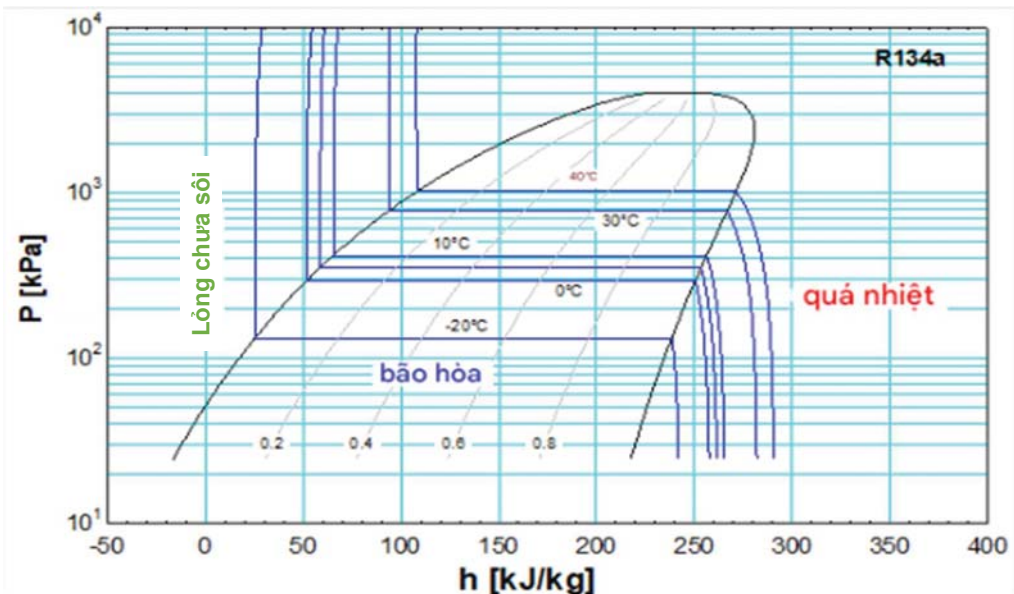
Điểm trạng thái môi chất lạnh

- Trong bất kỳ hệ thống lạnh nào, môi chất lạnh sẽ đi qua các điểm trạng thái
- Cần một số điểm trạng thái tối thiểu xác định chu trình làm lạnh
- Các điểm trạng thái này có thể được biểu diễn trên sơ đồ logP-h (Áp suất - Enthalpy) hoặc T-s (Nhiệt độ - Entropy)
- Mỗi điểm trạng thái thường đại diện cho điểm bắt đầu hoặc điểm kết thúc của một quá trình (sôi, ngưng, tiết lưu ...) trong chu trình.
- Điểm trạng thái rất quan trọng. Chúng là những điểm cơ bản để xây dựng bất kỳ hệ thống nào!

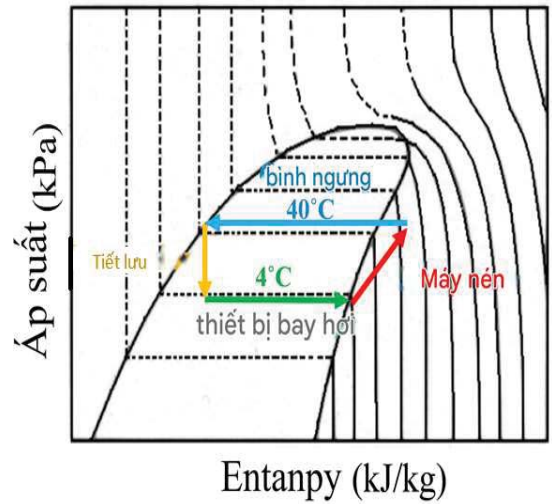
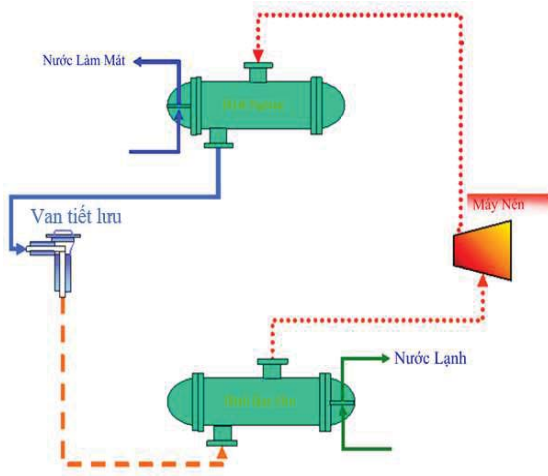
Môi chất lạnh

- **Trạng thái nhiệt động**
 - Quá lạnh
 - Chất lỏng
 - Nhiệt độ và áp suất độc lập
 - Năng lượng tỷ lệ thuận với nhiệt độ
 - Bão hòa
 - Lỏng / 2 pha / hơi
 - Nhiệt độ và áp suất phụ thuộc vào nhau
 - $0 \leq \text{độ khô} \leq 1$
 - Quá nhiệt
 - Hơi
 - Nhiệt độ và áp suất độc lập
 - Năng lượng tỷ lệ thuận với nhiệt độ và áp suất

Môi chất lạnh



Chu trình làm lạnh



41

Môi chất lạnh (Ví dụ)

• Bài tập

- Đối với môi chất lạnh R134a, xác định trạng thái của chất và (nếu có thể) vị trí đo nhiệt độ và áp suất trong hệ thống lạnh sử dụng R134a:
 - $T=30^{\circ}\text{C}$, $P=0,887\text{ MPa}$
 - $T=50^{\circ}\text{C}$, $P=0,887\text{ MPa}$
 - $T=5,0^{\circ}\text{C}$, $P=0,35\text{ MPa}$

- Đối với môi chất lạnh R134a, xác định áp suất bão hòa ở nhiệt độ vận hành sau:
 - $T=0,0^{\circ}\text{C}$
 - $T=2,5^{\circ}\text{C}$

- Đối với môi chất lạnh R134a, xác định khối lượng riêng pha lỏng, pha hơi và ẩn nhiệt hóa hơi tại điểm trạng thái sau:
 - $P=0,35\text{ MPa}$



Điểm chính/Danh mục hành động

1. *Hiểu môi chất lạnh và đặc tính nhiệt vật lý của chúng là điều cơ bản khi phân tích thiết bị làm lạnh*
2. *Tính chất của môi chất lạnh có thể được lấy từ tài liệu đã công bố rộng rãi*
3. *Một hệ thống lạnh/chiller sẽ có các quá trình cơ bản sau: Bay hơi, ngưng tụ, nén và giãn nở (tiết lưu)*
4. *Cách tiếp cận hệ thống trong chu trình làm mát sẽ bao gồm mục đích sử dụng cuối (tải lạnh được cung cấp), máy làm lạnh, tháp giải nhiệt (thải nhiệt ra môi trường xung quanh), máy bơm, quạt, v.v.*



43



CƠ BẢN

- 1.1 Cách tiếp cận hệ thống
- 1.2 Tối ưu hóa hệ thống CR
- 1.3 Môi chất lạnh
- 1.4 Nguyên tắc cơ bản của hệ thống CR
- 1.5 Các loại hệ thống CR
- 1.6 Dẫn động hệ thống CR

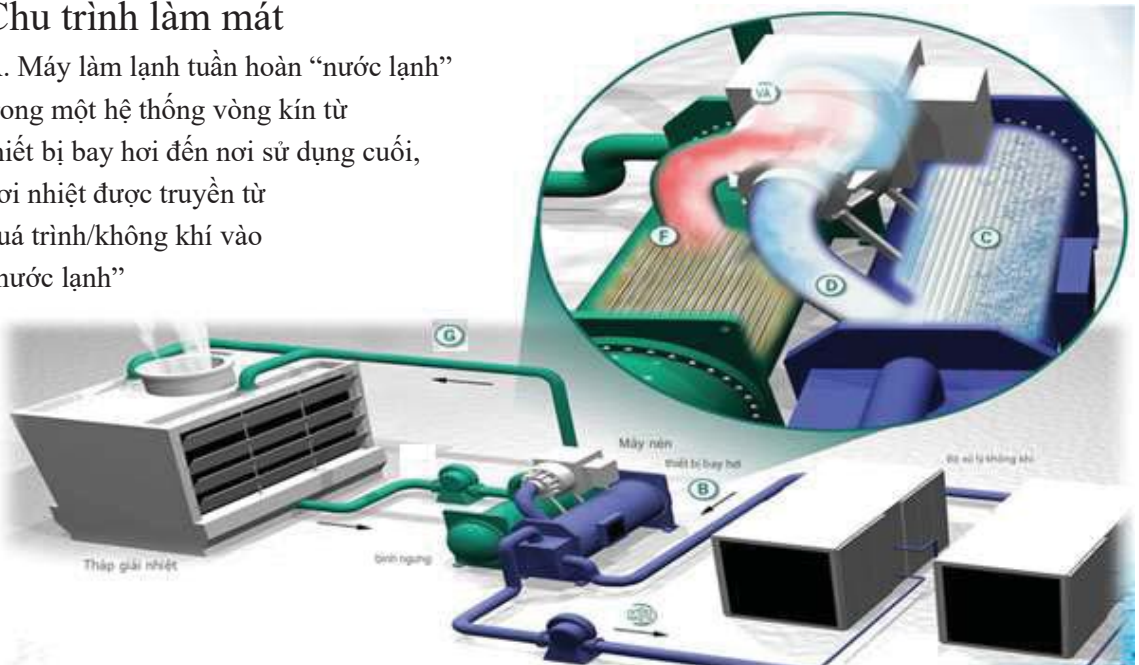
1.4 Nguyên tắc cơ bản của hệ thống CR

- Hiểu thuật ngữ và chi tiết cụ thể
- Hiểu hệ thống CR - điểm tương đồng và khác biệt
- Nền tảng của lớp học – xác định phạm vi đào tạo



Chu trình làm mát

A. Máy làm lạnh tuần hoàn “nước lạnh” trong một hệ thống vòng kín từ thiết bị bay hơi đến nơi sử dụng cuối, nơi nhiệt được truyền từ quá trình/không khí vào “nước lạnh”



Chu trình làm mát

B. Nước "ấm" quay trở lại thiết bị bay hơi, nơi nhiệt được truyền từ nước sang môi chất lạnh ở pha lỏng, nhiệt độ thấp và áp suất thấp



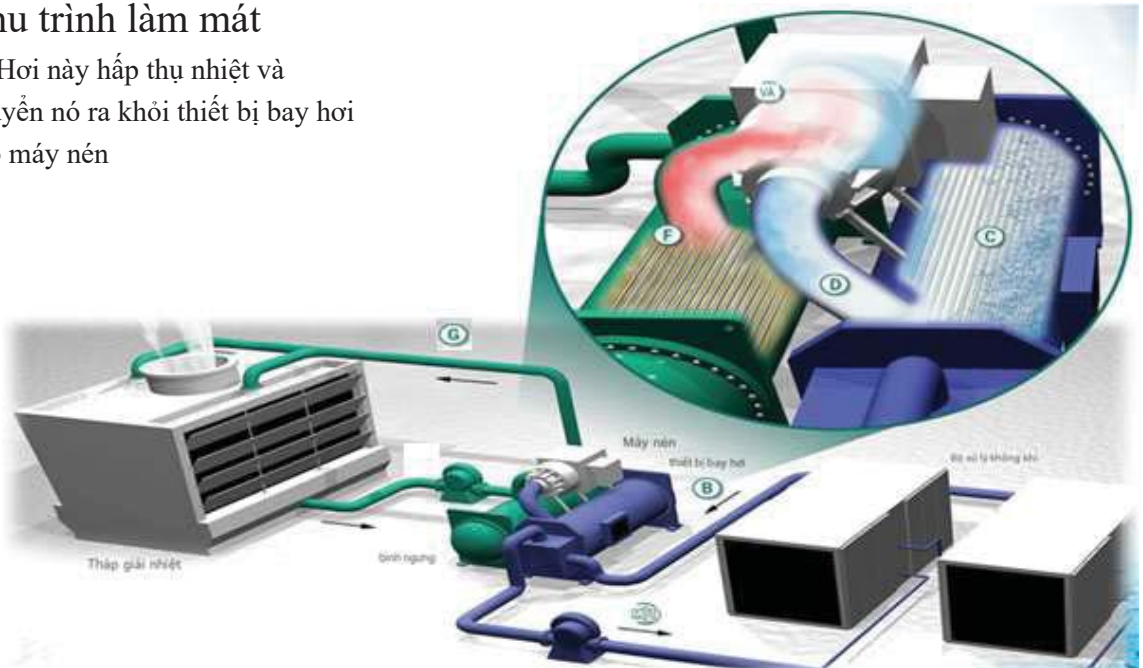
Chu trình làm mát

C. Máy nén tạo ra một áp suất thấp liên tục trong thiết bị bay hơi, giúp cho môi chất lạnh ở dạng lỏng có thể sôi và biến thành hơi có áp suất thấp



Chu trình làm mát

D. Hơi này hấp thụ nhiệt và chuyển nó ra khỏi thiết bị bay hơi vào máy nén



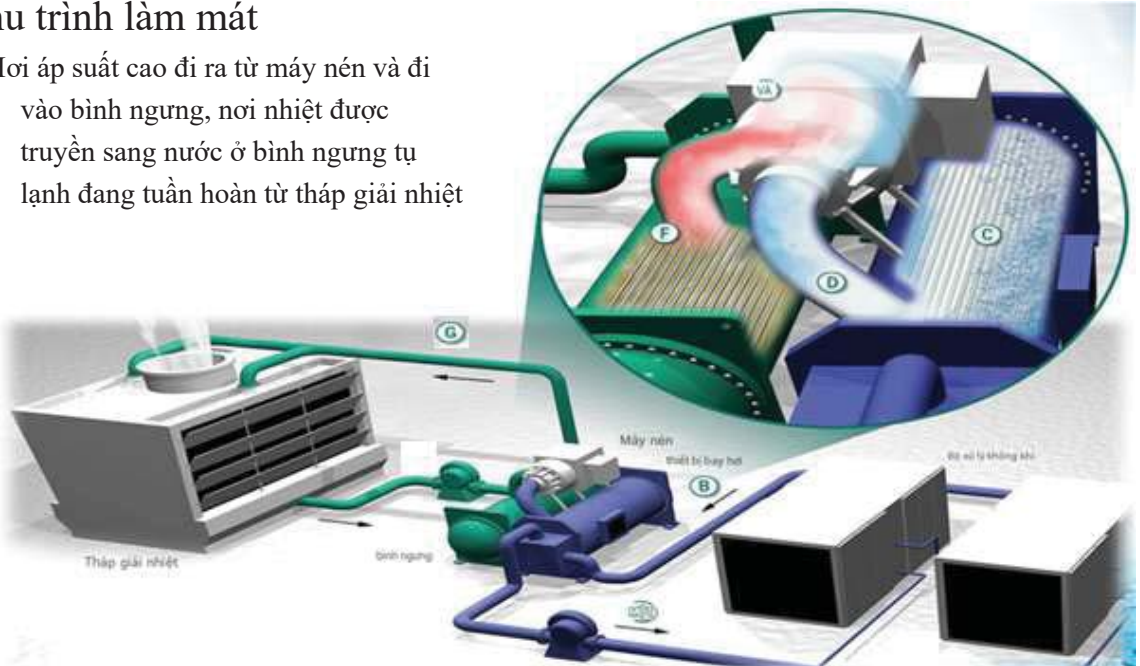
Chu trình làm mát

E. Khi ở trong máy nén, hơi áp suất thấp sẽ bị nén thành hơi nhiệt độ cao và áp suất cao



Chu trình làm mát

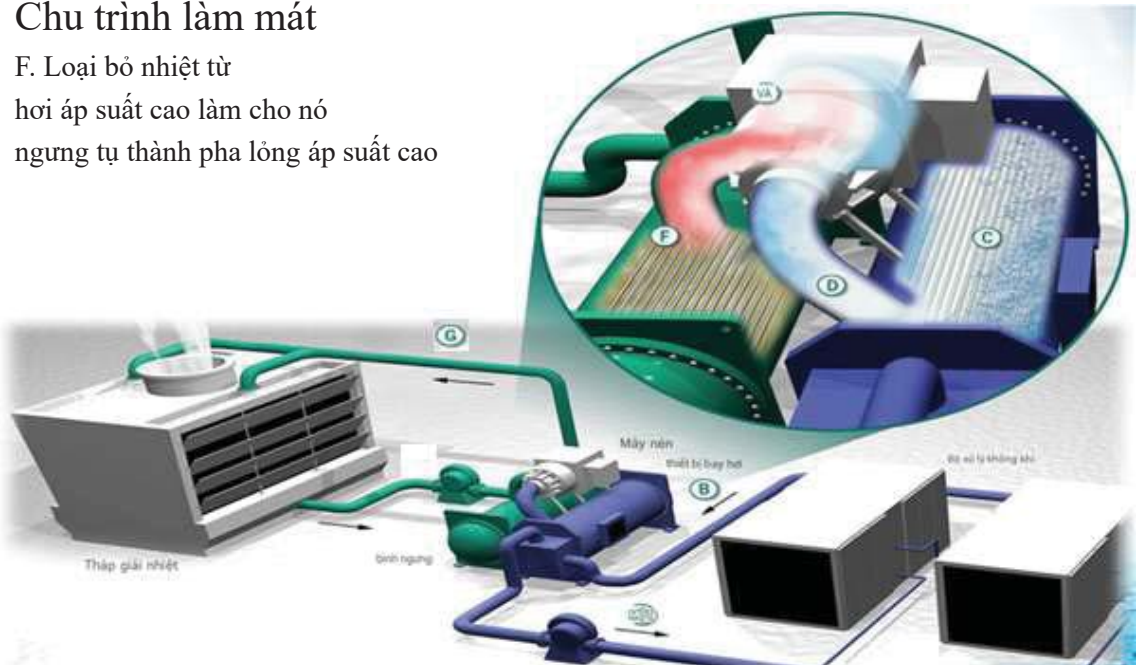
F. Hơi áp suất cao đi ra từ máy nén và đi vào bình ngưng, nơi nhiệt được truyền sang nước ở bình ngưng tụ lạnh đang tuần hoàn từ tháp giải nhiệt



51

Chu trình làm mát

F. Loại bỏ nhiệt từ hơi áp suất cao làm cho nó ngưng tụ thành pha lỏng áp suất cao



Chu trình làm mát

F. Một phần nhiệt nữa có thể được loại bỏ khỏi môi chất lạnh lỏng áp suất cao thông qua thiết bị quá lạnh hoặc bình trong bình ngưng trước khi quay trở lại thiết bị bay hơi, nơi quá trình bắt đầu lại



53

Chu trình làm mát

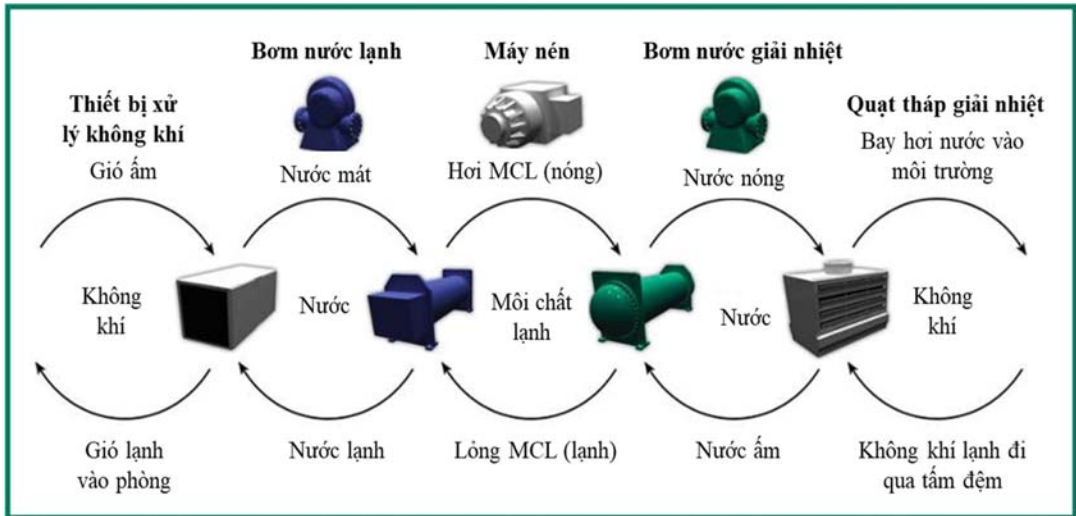
G. Nước giải nhiệt rời khỏi máy lạnh (bình ngưng) và quay trở lại tháp giải nhiệt hồ, nơi nhiệt được thải ra môi trường xung quanh, khiến nhiệt độ nước giảm xuống trước khi quay trở lại bình ngưng.



29

54

Chu trình không khí, nước và môi chất lạnh

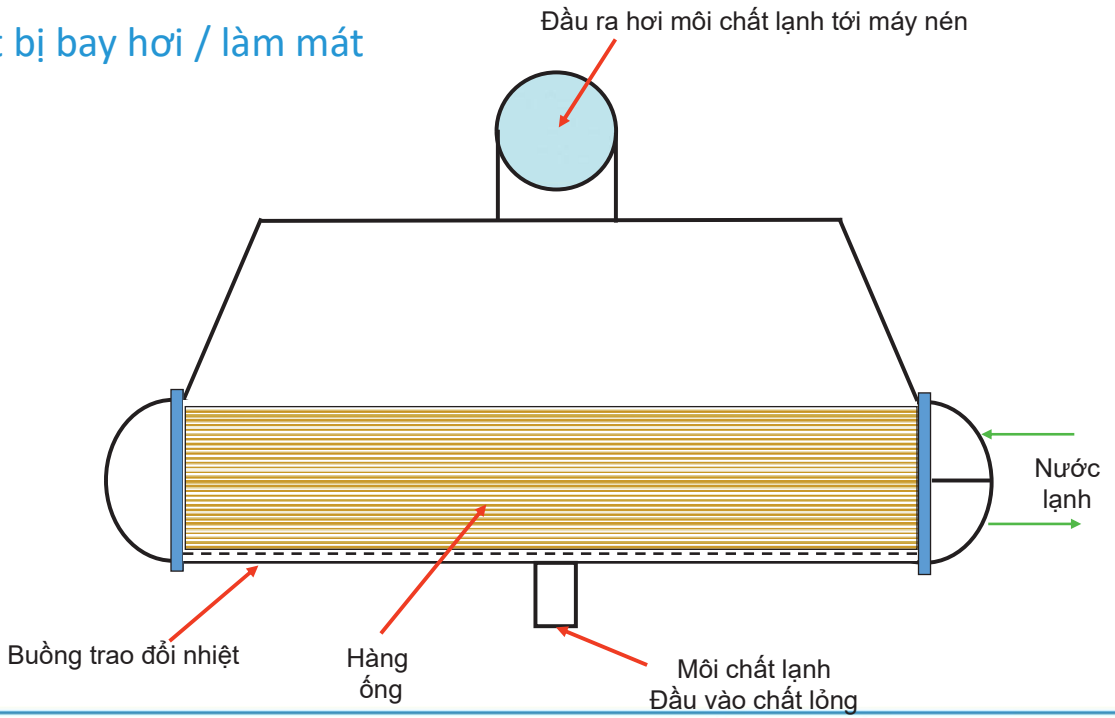


55

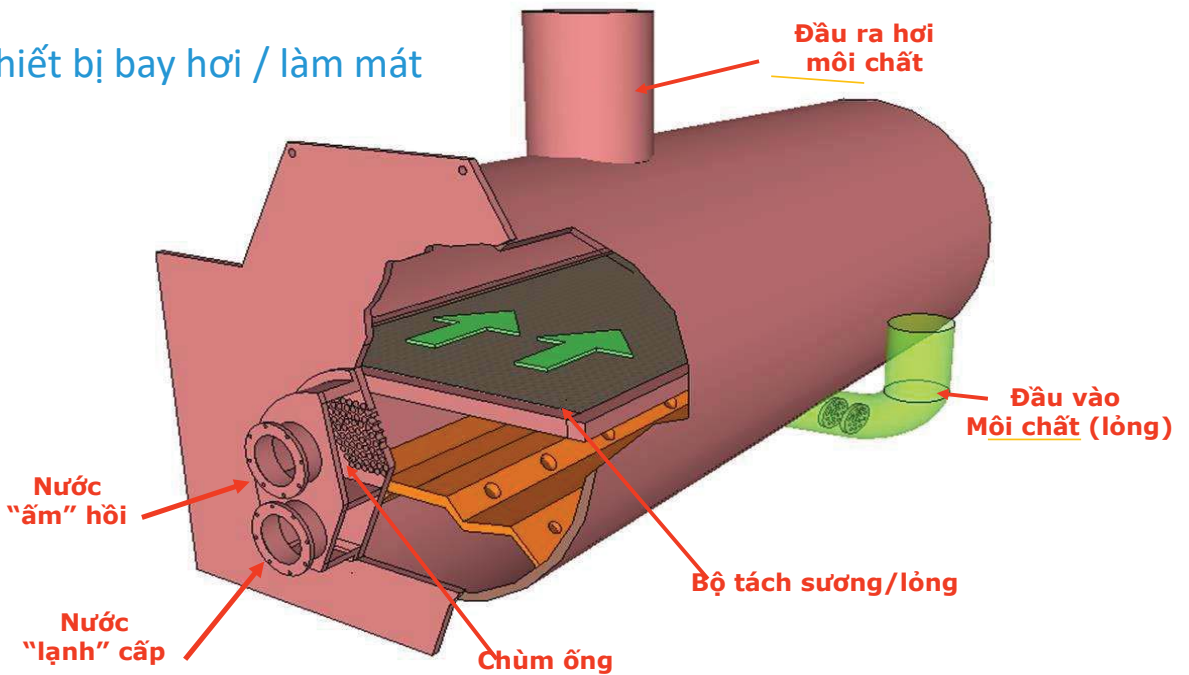
Hệ thống lạnh

- **Thiết bị bay hơi (Chiller)**
 - Bộ trao đổi nhiệt ống vỏ
 - Môi chất lạnh ở phía vỏ (ngập lỏng)
 - Môi chất lạnh ở phía ống (bay hơi trực tiếp)
 - Chất làm mát hoặc không khí ở phía còn lại
 - Một số thiết bị dạng tấm bản
- **Bình ngưng**
 - Bộ trao đổi nhiệt vỏ và ống
 - Làm mát bằng nước - môi chất lạnh ở phía vỏ
 - Làm mát bằng không khí – môi chất lạnh ở trong ống
 - Bình ngưng bay hơi (kết hợp các loại trên)
 - Trao đổi nhiệt tấm bản phổ biến hơn trong một số ứng dụng

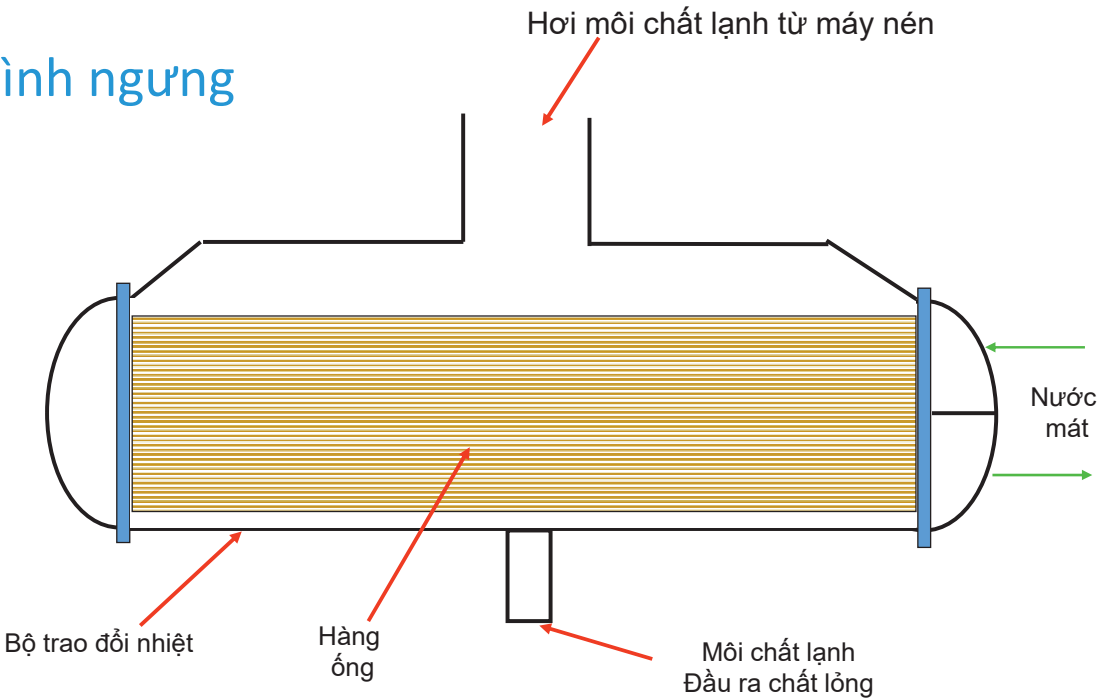
Thiết bị bay hơi / làm mát



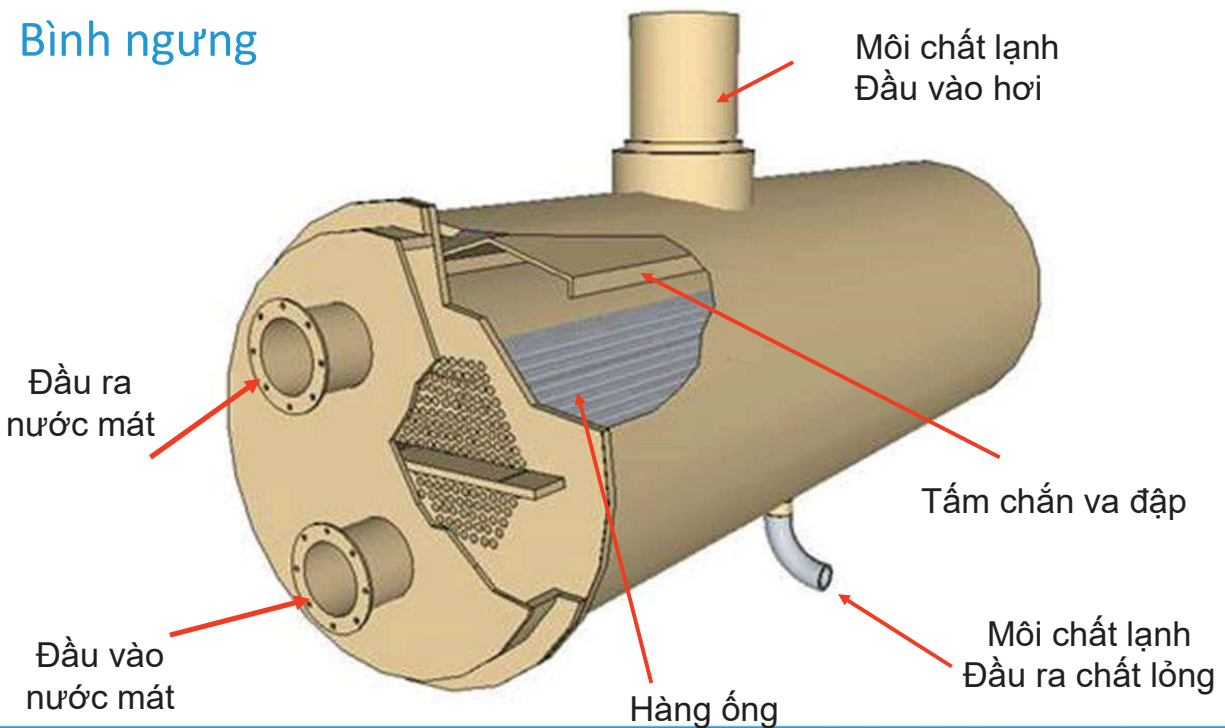
Thiết bị bay hơi / làm mát



Bình ngưng



Bình ngưng



Máy nén

- Động lực chính của hệ thống
- Hiệu suất của máy nén khí so sánh chạy đẳng entropy với thực tế
- Máy nén thể tích và máy nén động học
 - Sự khác biệt chính là cách thức nén
- Động học
 - Hệ thống lớn
 - Máy ly tâm
- Thể tích
 - Hệ thống nhỏ hơn
 - Máy trục vít
 - Máy pitton
 - Xoắn ốc, v.v.

61

Van tiết lưu

- Tấm lỗ/Tấm orifice
- Van phao điều khiển mức
- Van tiết lưu nhiệt / điện tử
- Các loại thiết bị tiết lưu khác (ống mao dẫn, van điều khiển, v.v.)

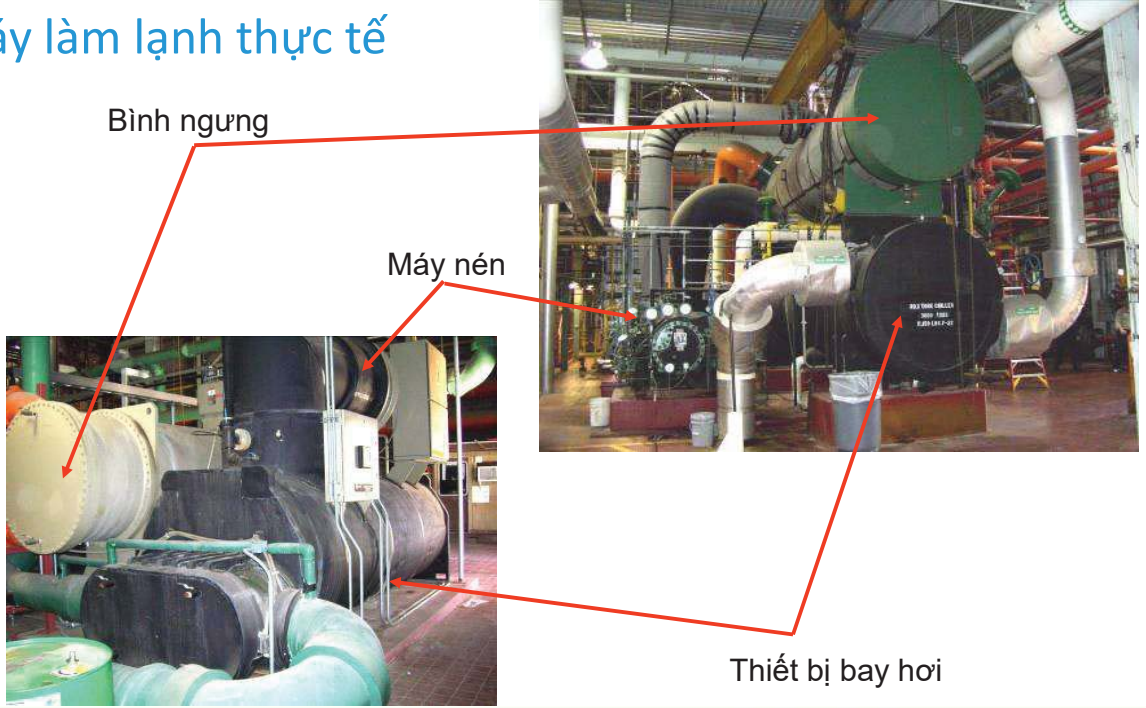


Van điều khiển mức



Van tiết lưu điện tử

Máy làm lạnh thực tế



63

Thiết bị phụ

- Bộ quá lạnh
 - Bên trong / Bên ngoài
- Bộ giảm quá nhiệt
- Thiết bị thu hồi nhiệt
- Bình chứa cao áp
- Bơm môi chất lạnh
- Bình tách dầu
- Bình tách lỏng
- Bình làm mát trung gian
- Thiết bị tách khí không ngưng
- Thiết bị thu hồi môi chất



34

64

Hệ/thiết bị sử dụng cuối



Bộ trao đổi nhiệt ống vỏ



Bộ trao đổi nhiệt tấm bản

65

Mục đích sử dụng – Thiết bị xử lý không khí

- Linh kiện
 - Ống gió cấp
 - Quạt
 - Khớp nối mềm
 - Dàn nóng/ dàn lạnh
 - Lọc bụi
 - Ống gió hồi và gió tươi



35

66

Tháp giải nhiệt

- Linh kiện

- Khung & vỏ
- Khối đệm
- Bể nước làm mát
- Bộ tách nước
- Cửa lấy gió
- Cửa chớp
- Vòi phun
- Quạt



67

Bên trong tháp giải nhiệt



36

68

Dàn ngưng làm mát bằng không khí

- Loại bỏ năng lượng từ môi chất lạnh sau khi nén
- Không giống như tháp giải nhiệt, không có sự truyền chất nào xảy ra (chỉ truyền nhiệt).
- Môi chất lạnh có thể được làm mát đến khoảng 10°C so với nhiệt độ bầu khô xung quanh
- Không hiệu quả như làm mát bằng nước, NHƯNG đơn giản hóa quá trình lắp đặt, dễ bảo trì hơn, có độ tin cậy cao hơn và có thể vận hành dễ dàng hơn ở nhiệt độ đóng băng so với tháp giải nhiệt nước.



69

Bơm

- Tuần hoàn nước lạnh và nước ngưng tụ
- Tiêu thụ năng lượng phụ thuộc nhiều vào việc lựa chọn máy bơm thích hợp
- Thường có dòng chảy không đổi trên cả vòng nước lạnh và vòng nước ngưng tụ...cũng có thể có dòng chảy thay đổi trên cả hai
- Đường nước lạnh cần được cách nhiệt
- Van thường được sử dụng để đạt được lưu lượng mong muốn thông qua thiết bị bay hơi và bình ngưng (khi máy bơm có kích thước không chính xác)





Điểm chính/Danh mục hành động

1. Một máy làm lạnh nước dạng cụm điển hình bao gồm các bộ phận sau: Thiết bị bay hơi, Thiết bị ngưng tụ, Máy nén, Van tiết lưu, bộ tiết kiệm năng lượng (nếu có)
2. Hiểu các chu trình Không khí - Nước - Môi chất lạnh và sự tương tác giữa chúng là yếu tố then chốt và nền tảng để hiểu rõ nguyên lý vận hành của hệ thống làm lạnh và làm mát
3. Cơ chế giải nhiệt có thể đạt được bằng nhiều cách khác nhau – làm mát bằng không khí; làm mát bằng nước; cả hai



71



CƠ BẢN

- 1.1 Cách tiếp cận hệ thống
- 1.2 Tối ưu hóa hệ thống CR
- 1.3 Môi chất lạnh
- 1.4 Nguyên tắc cơ bản của hệ thống CR
- 1.5 Các loại hệ thống CR
- 1.6 Dẫn động hệ thống CR

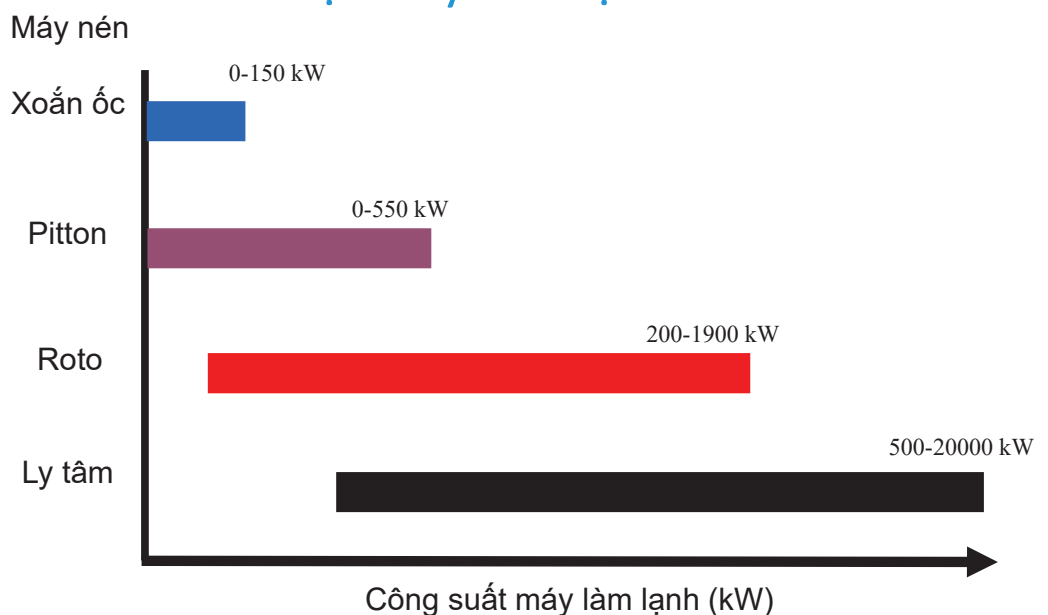
1.5 Các loại hệ thống CR

- Có nhiều loại hệ thống CR khác nhau
- Việc phân loại dựa trên loại thành phần, giai đoạn nén, cách cung cấp khả năng làm mát cho người dùng cuối, v.v.

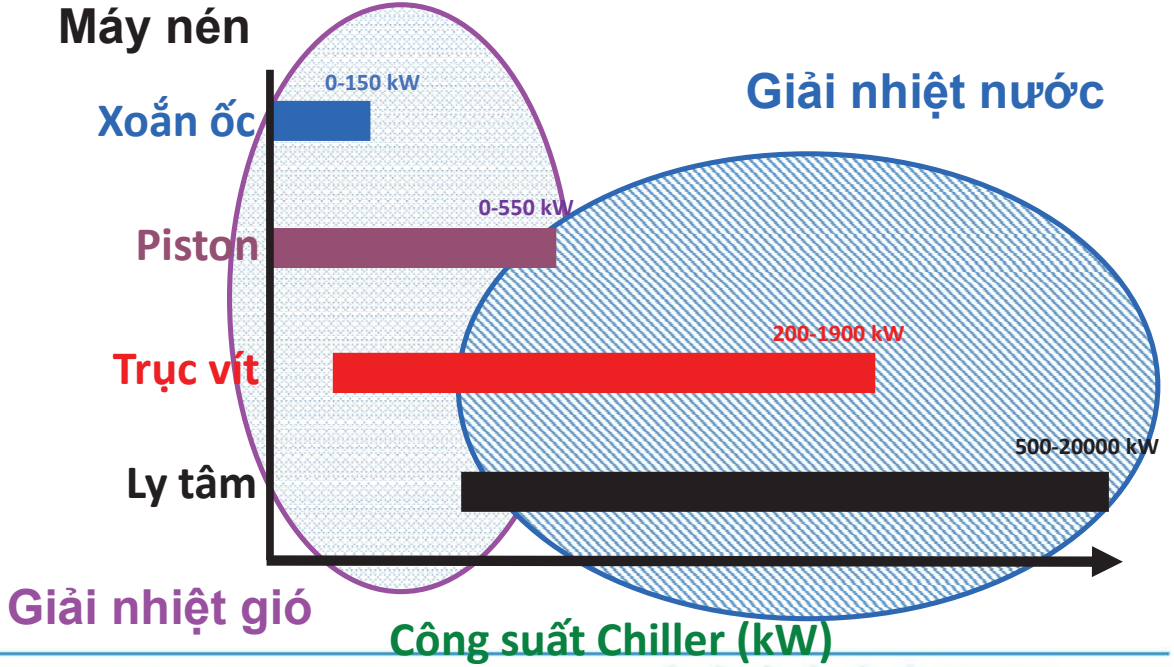


73

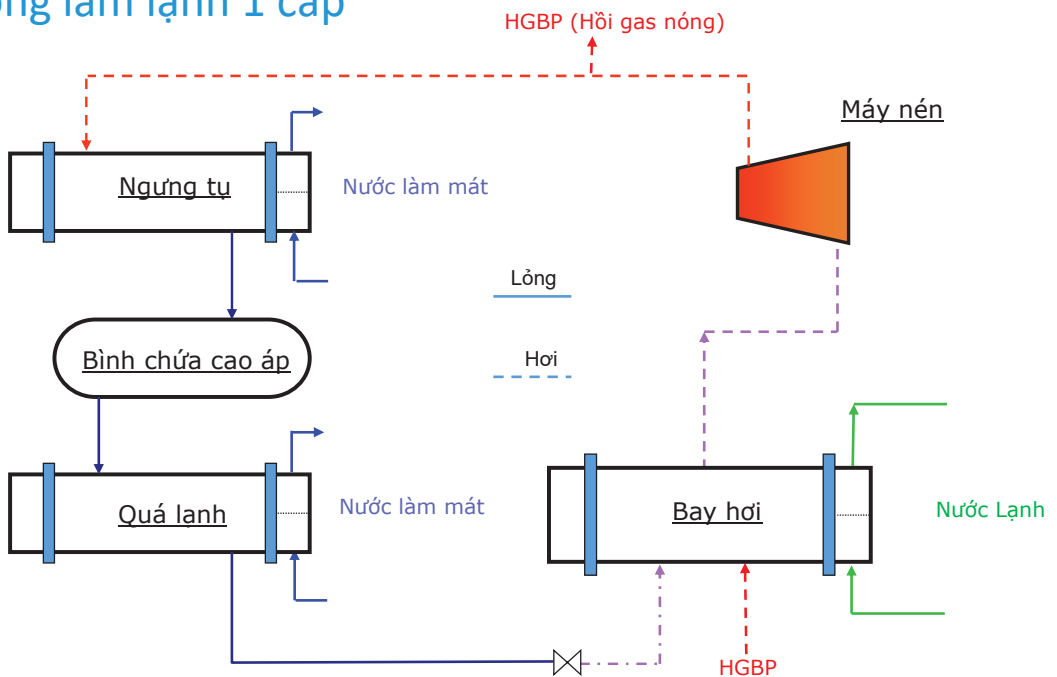
Các loại máy làm lạnh



Các loại máy làm lạnh



Hệ thống làm lạnh 1 cấp



Hệ thống lạnh nhiều cấp

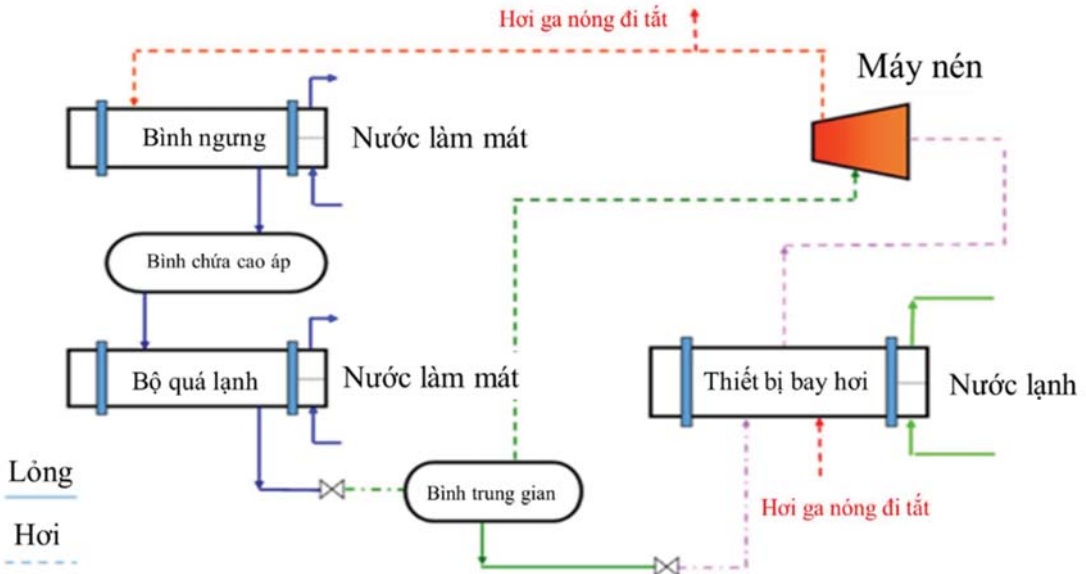
- Sự cần thiết của hệ thống nhiều cấp
 - Giới hạn kích thước máy nén
 - Khi tỷ số nén cao, công suất máy nén giảm
 - Để đạt được nhiệt độ làm lạnh thấp hơn mà vẫn duy trì được năng suất mong muốn
 - Tác động rất đáng kể đến hiệu quả hệ thống
 - Giảm tổn thất tiết lưu (flashing losses)
 - Giảm công nén do làm mát trung gian
 - Tốc độ dòng môi chất lạnh thấp hơn, do đó giảm tổn thất nhiệt hiện
- Nhược điểm
 - Yêu cầu các thiết bị phụ
 - Có thể có chi phí đầu tiên cao hơn

77

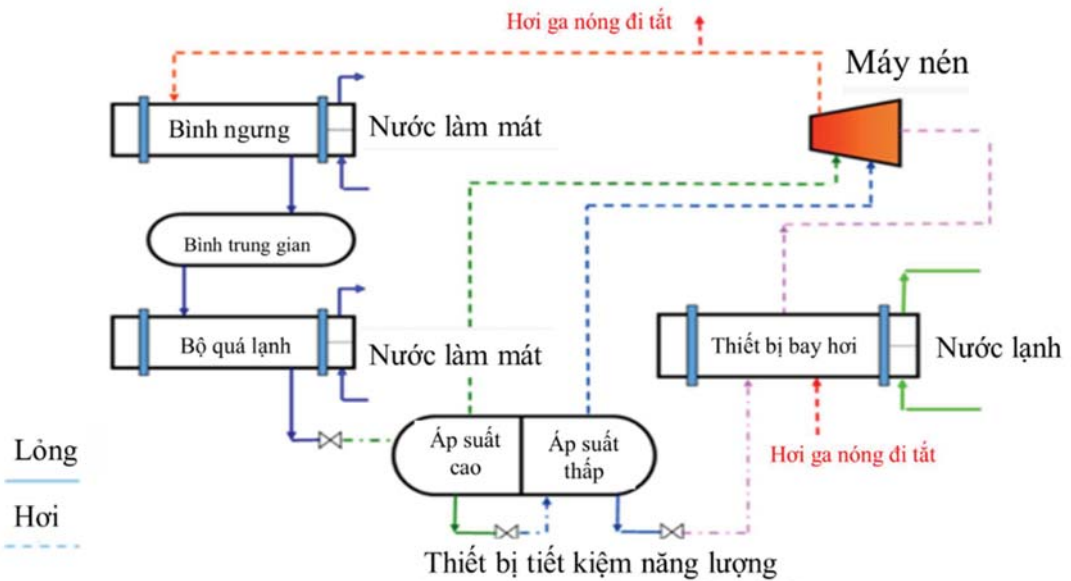
Hệ thống lạnh nhiều cấp

- Bộ làm mát trung gian / Bộ tiết kiệm (economizer) / Bình tách lỏng (Bình giãn nở)
 - Nhiệt động lực học
 - Môi chất lạnh bão hòa nhiệt độ “ấm” sẽ bay hơi ở áp suất trung gian của bộ làm mát
 - Chất lỏng bão hòa quá lạnh (tại áp suất bộ làm mát trung gian) tiếp tục đến thiết bị bay hơi / bộ làm mát trung gian tầng dưới
 - Hơi quá lạnh bão hòa (@ áp suất làm mát liên tục) tiếp tục đến máy nén để làm mát khí xả ở tầng dưới
 - Thông thường, phao kiểm soát mức độ trong bộ làm mát trung gian.
 - Cần yêu cầu đánh giá kỹ thuật khi xem xét vận hành với các môi chất lạnh khác nhau

Hệ thống lạnh hai cấp



Hệ thống lạnh ba cấp



Hệ thống lạnh tích hợp phức tạp

- Chúng sẽ được tìm thấy trong công nghiệp
 - Ngành thực phẩm và đồ uống
 - Hóa chất và hóa dầu
 - Cơ sở sản xuất lớn
 - Tải lạnh ngoài mục đích HVAC
- Phục vụ một hoặc một chuỗi nhiều tải
- Hoạt động ở nhiệt độ thấp (<0°C)
- Sẽ có một hoặc nhiều máy nén đơn/nhiều cấp
- Điều khiển có thể được gắn với hoạt động của quy trình và có logic rất phức tạp
- Hoạt động quanh năm và không có thời gian ngừng máy.
- Tiềm năng tiết kiệm năng lượng lớn bằng cách giám sát hiệu suất và tối ưu hóa hệ thống
- Chi phí vận hành và bảo trì tốn kém

81

Hệ thống Chiller/làm lạnh hấp thụ

- Hệ thống hấp thụ có một cặp chất lỏng làm việc
- Chúng được vận hành bằng cách sử dụng một số dạng nguồn nhiệt
 - Nhiên liệu trực tiếp
 - Hơi nước/nước nóng
 - Khí thải hoặc nhiệt thải
- Máy làm lạnh nước / Lithium Bromide
 - Môi chất lạnh – Nước
 - Chất hấp thụ – Muối LiBr
- Amoniac / Máy làm lạnh nước & Hệ thống lạnh
 - Môi chất lạnh – Amoniac
 - Chất hấp thụ - Nước

Hệ thống Chiller hấp thụ

- Hệ thống hấp thụ có phụ tải phụ trợ (*parasitic load*) tiêu hao năng lượng ít hơn nhiều so với chiller sử dụng điện.
- Ứng dụng
 - Thu hồi nhiệt thải
 - Hơi (steam) thải nhiệt độ thấp
- Ít bộ phận chuyển động hơn
- Vận hành êm và chi phí bảo trì thấp

83

Hệ thống Chiller / Làm lạnh hấp thụ

- Bay hơi và ngưng tụ
- Sinh hơi
 - Dung dịch giàu (môi chất lạnh) được gia nhiệt để loại bỏ hơi môi chất lạnh
 - Nhiệt độ và nồng độ dung dịch thay đổi nhưng áp suất không đổi
 - Entanpy tăng đáng kể
 - Nhiệt đầu vào có thể có nhiều dạng khác nhau
 - Hơi môi chất lạnh di chuyển đến thiết bị ngưng tụ
 - Dung dịch nghèo (môi chất lạnh) sẽ quay trở lại Thiết bị hấp thụ

Hệ thống Chiller / làm lạnh hấp thụ

• Hấp thụ

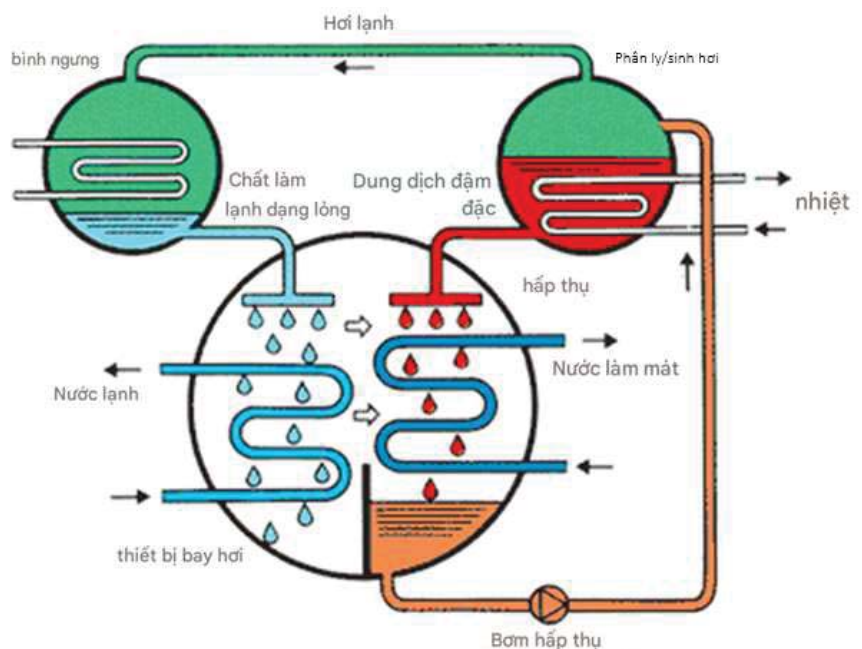
- Dung dịch nghèo môi chất từ thiết bị Sinh hơi sẽ hấp thụ hơi môi chất lạnh đến từ thiết bị Bay hơi
- Nhiệt độ và nồng độ dung dịch thay đổi nhưng áp suất giữ nguyên
- Nhiệt lượng được thải ra ngoài thông qua nước của tháp giải nhiệt
- Dung dịch giàu môi chất lạnh được bơm trở lại máy thiết bị sinh hơi

• Trao đổi nhiệt hiện

- Dung dịch nghèo môi chất lạnh nhiệt độ cao từ thiết bị sinh hơi trao đổi nhiệt hiện với dung dịch giàu môi chất lạnh từ Bộ hấp thụ
- Nhiệt độ thay đổi nhưng nồng độ và áp suất không đổi

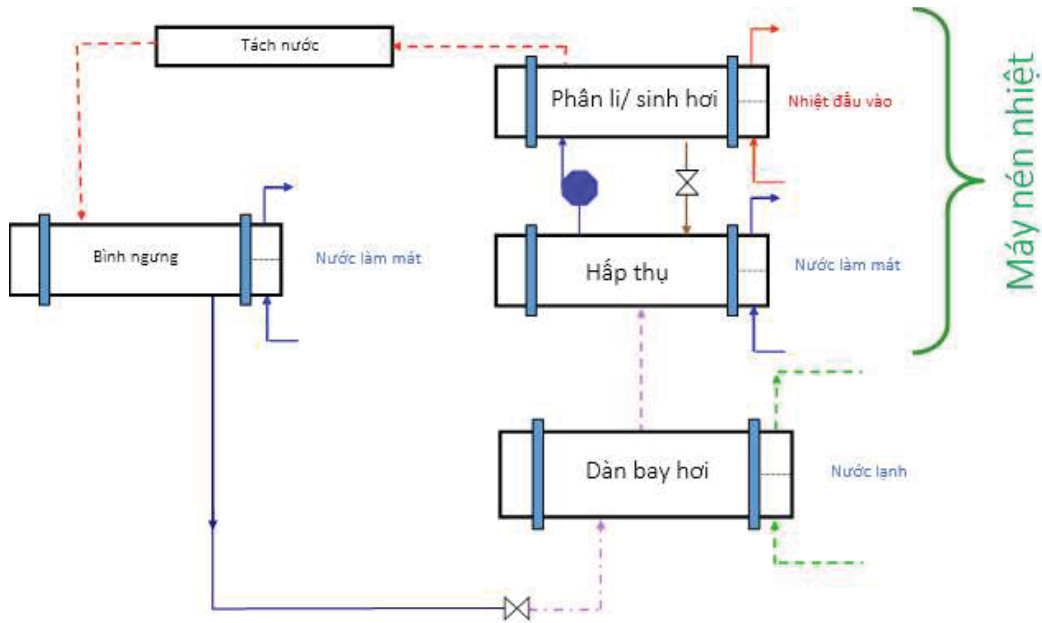
85

Máy làm lạnh hấp thụ nước LiBr



Nguồn: Trung tâm Ứng dụng Năng lượng sạch miền Trung Tây, Hoa Kỳ

Hệ thống làm lạnh / làm lạnh hấp thụ nước-amoniac



87



Các điểm chính / Các hạng mục cần thực hiện

1. Hệ thống làm lạnh nén hơi cơ học một cấp là phổ biến nhất
2. Các hệ thống làm lạnh thường sẽ có nhiều cấp để cho phép tăng chênh lệch nhiệt độ, nhiều mức nhiệt độ, v.v.
3. Hệ thống hai cấp và ba cấp sẽ yêu cầu lần lượt một và hai bộ tiết kiệm (bộ làm mát trung gian)
4. Cũng có thể có hệ thống làm lạnh phức tạp
5. Hệ thống làm lạnh hấp thụ sử dụng nhiệt để di chuyển hơi môi chất lạnh từ thiết bị bay hơi đến thiết bị ngưng tụ thay vì máy nén cơ học.





CƠ BẢN

- 1.1 Cách tiếp cận hệ thống
- 1.2 Tối ưu hóa hệ thống CR
- 1.3 Môi chất lạnh
- 1.4 Nguyên tắc cơ bản của hệ thống CR
- 1.5 Các loại hệ thống CR
- 1.6 Dẫn động hệ thống CR

89

1.6 Dẫn động hệ thống CR

- Năng lượng được cung cấp cho hệ thống CR dưới dạng điện hoặc nhiệt (nhiệt) để điều khiển hệ thống CR
- Ngoài ra, bơm còn được sử dụng để tuần hoàn chất tải lạnh (nước, glycol, nước muối, môi chất lạnh) đến khu vực/thiết bị dùng cuối.



Bộ truyền động máy nén Chiller

- Máy nén lạnh cần “mã lực” trực quay để nén hơi môi chất lạnh và di chuyển môi chất từ thiết bị bay hơi (áp suất thấp) đến bình ngưng (áp suất cao)
- Một số tùy chọn tồn tại
 - Truyền động động cơ điện
 - Tốc độ không đổi (phổ biến nhất)
 - Tần số thay đổi
 - Dẫn động tua-bin hơi nước
 - Truyền động bằng động cơ đốt trong (ít phổ biến nhất)

91

Bộ truyền động động cơ điện (Tốc độ cố định)

- Lựa chọn phổ biến nhất và là tiêu chuẩn cho tất cả các máy làm lạnh dạng cụm và hệ thống lạnh
- Hiệu suất động cơ >93% , tương đối ổn định và duy trì ở mức cao, trừ khi tải giảm xuống dưới 35-40%.
- Lưu lượng máy nén được điều khiển bởi một trong các cơ chế sau
 - Cánh dẫn hướng đầu vào
 - Van chặn đầu ra
 - Van trượt
 - Giảm tải
 - Bypass
- Nhìn chung, các hệ thống này sẽ cho thấy ảnh hưởng lớn đến hiệu suất khi chạy ở chế độ non tải (part-load) – tùy thuộc vào các thông số khác đi kèm.

Bộ truyền động động cơ điện (Tần số thay đổi)

- Có thể không phải là một tùy chọn tiêu chuẩn nhưng đang trở nên rất phổ biến với các hệ thống CR mới và tùy chọn trang bị thêm
- Cung cấp hệ số công suất rất cao (>0,97)
- Cung cấp khả năng khởi động mềm
- Hiệu suất VFD rất cao >98% và do đó không gây ra bất kỳ tổn thất nào
- Lưu lượng máy nén được điều khiển bằng cách thay đổi tốc độ của máy nén
- Khả năng tuyệt vời trong việc điều chỉnh công phù hợp với chênh lệch áp suất giúp tiết kiệm năng lượng đáng kể trong điều kiện vận hành non tải

93

Bộ truyền động tuabin hơi nước

- Ứng dụng đồng phát cơ điện (CHP) yêu cầu đồng thời cả hơi nước và nước lạnh
 - Tua bin hơi nước đối áp
- Tua bin hơi nước ngưng tụ cho máy làm lạnh trọng tải lớn
- Lưu lượng máy nén được điều khiển bởi
 - Kiểm soát tốc độ
 - Cánh dẫn hướng đầu vào
 - Bypass
- Được sử dụng cho
 - Mục đích khẩn cấp
 - Ở những nơi độ tin cậy của lưới điện có thể là một vấn đề
 - Cơ sở hạ tầng điện hiện tại không thể hỗ trợ thêm công suất
 - Có sẵn một lượng đáng kể nhiên liệu có chi phí thấp (hoặc không có)

49

94

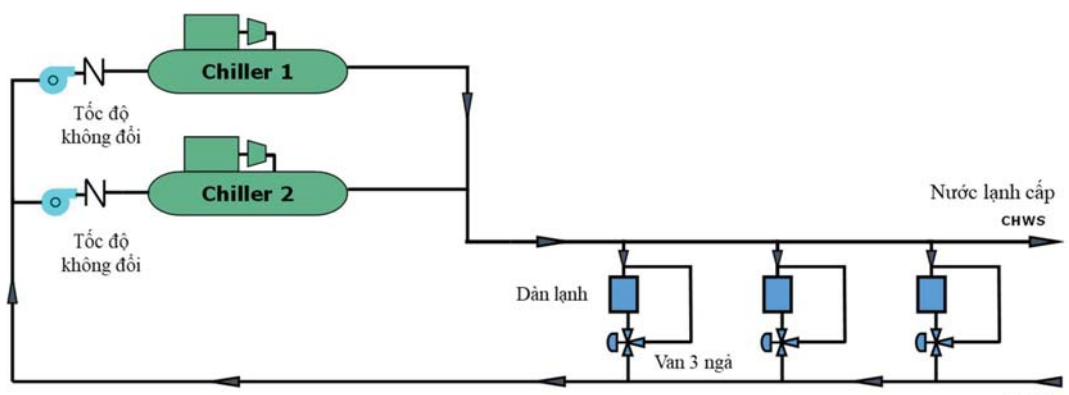
Bộ truyền động tuabin hơi nước



Máy nén

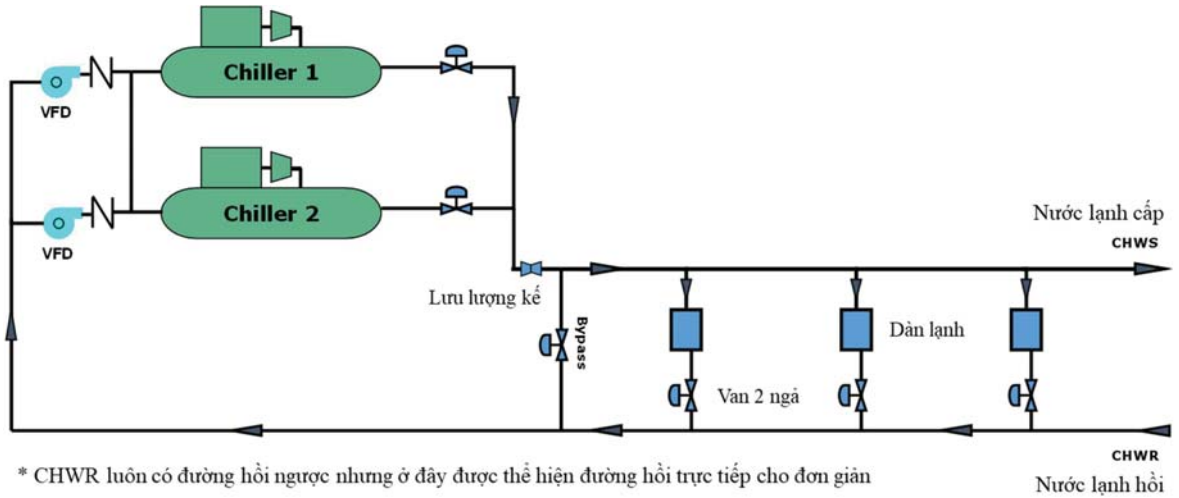
Đầu vào hơi nước

Hệ thống Chiller CHỈ CÓ tốc độ cố định

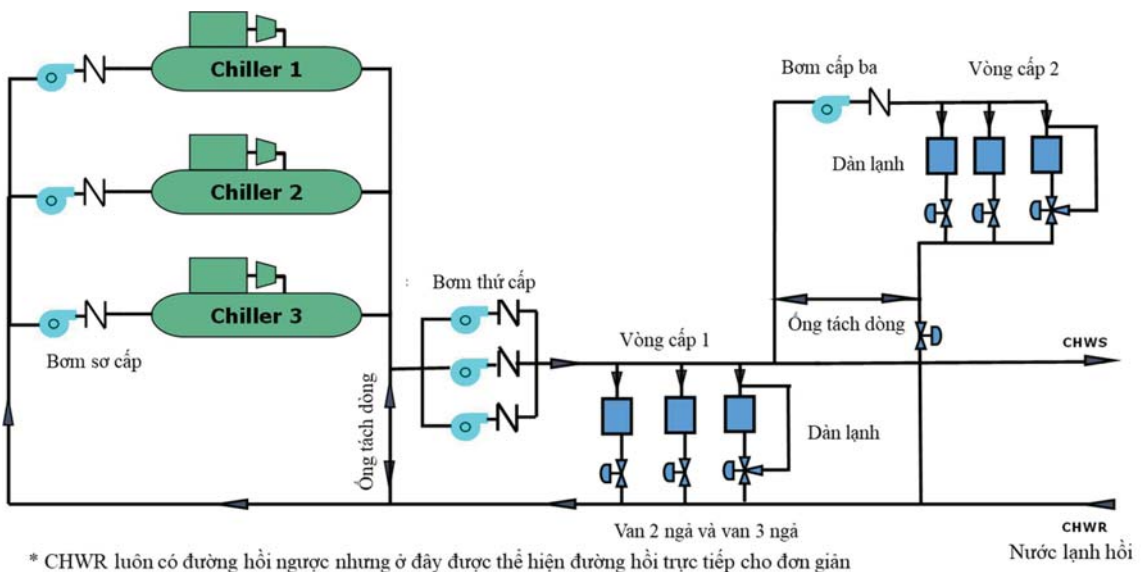


* CHWR luôn có đường hồi ngược nhưng ở đây được thể hiện đường hồi trực tiếp cho đơn giản

Hệ thống chiller CHỈ có lưu lượng sơ cấp thay đổi



Hệ thống chiller nhiều vòng tuần hoàn cấp 1, cấp 2 và cấp 3





Các điểm chính / Các hạng mục cần thực hiện

1. Bộ truyền động máy nén phổ biến nhất là động cơ điện có tốc độ cố định nhưng cũng có sẵn các bộ điều khiển khác
2. Có một số cơ chế điều khiển để điều khiển hoạt động của máy nén
3. Hoạt động non tải có thể rất kém hiệu quả và có sẵn một số công nghệ tiên tiến bao gồm VFD để nâng cao hiệu quả
4. Các hệ thống làm lạnh đơn giản có thể có các vòng sơ cấp cố định/thay đổi
5. Hệ thống làm lạnh phức tạp có hệ thống phân phối nước làm lạnh sơ cấp, thứ cấp và cấp ba cố định và thay đổi



- 1 CƠ BẢN
- 2 CÔNG CỤ PHẠM VI LẠNH CÔNG NGHIỆP & LÀM MÁT QUY MÔ LỚN (CRST)**
- 3 TÍNH TOÁN HIỆU SUẤT ĐƠN VỊ & HỆ THỐNG
- 4 CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH (CWSAT)
- 5 CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG (EE) TRONG HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH
- 6 MÁY LẠNH – QUÁ KHỨ, HIỆN TẠI & TƯƠNG LAI
- 7 HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 8 MÔ HÌNH HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 9 CƠ HỘI EE TRONG HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 10 NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP TỐI ƯU HỆ THỐNG CR
- 11 CÔNG CỤ PHẦN MỀM EE KHÁC CHO HỆ THỐNG CR
- 12 HỆ THỐNG CR THẾ HỆ TIẾP THEO
- 13 KẾT LUẬN

2 CÔNG CỤ XÁC ĐỊNH PHẠM VI LẠNH CÔNG NGHIỆP & LÀM MÁT QUY MÔ LỚN (CRST)

2.1 Giới thiệu và phạm vi của CRST

2.2 Trình diễn & Chức năng của CRST

2.3 Bài tập của học viên - CR System

2.1 Giới thiệu & Phạm vi của CRST

- Công cụ xác định phạm vi hệ thống làm lạnh công nghiệp và làm mát quy mô lớn (CRST) là một bảng câu hỏi phần mềm dựa trên excel
- Được thiết kế để nâng cao nhận thức về các lĩnh vực quản lý hệ thống CR
- Được chia thành các khu vực trọng tâm của hệ thống CR điển hình
- Cung cấp cho người dùng điểm số biểu thị mức độ quản lý và đóng vai trò là hướng dẫn về thông tin hữu ích
- Công cụ để xác định các lĩnh vực có cơ hội cải tiến tiềm năng
- Sẽ KHÔNG định lượng các cơ hội tiết kiệm năng lượng

3

Công cụ xác định phạm vi hệ thống làm lạnh công nghiệp và làm mát quy mô lớn (CRST)

Tóm tắt hệ thống làm mát quy mô lớn và Hệ thống lạnh công nghiệp

Điểm chi tiết	
Điểm tối đa =	387
Điểm của bạn =	205
Đánh giá chuẩn tối ưu	53%

Dựa trên thông tin nhà máy, có tiềm năng trung bình để tiết kiệm năng lượng trong khoảng 5-15%.

Phần	Điểm	Điểm tối đa	%
Hệ thống làm mát quy mô lớn / Hệ thống lạnh công nghiệp			
Tổng quan	41	80	51
Các thành phần của hệ thống			
Máy nén	53	80	66
Thiết bị ngưng tụ	35	75	47
Thiết bị bay hơi	35	70	50
Hệ thống làm mát quy mô lớn			
Tháp giải nhiệt	34	62	55
Hệ thống lạnh công nghiệp			
Thiết bị ngưng tụ bay hơi và Máy nén	0	0	-
Bộ tiết kiệm phía nước / Bộ trao đổi nhiệt kiểu tấm	0	0	-
Bơm	7	20	35
Tổng	205	387	53

Đối tượng CRST hướng tới

- Nhà sản xuất công nghiệp
 - Giám đốc nhà máy
 - Người quản lý hệ thống phụ trợ
 - Kỹ sư quy trình/vận hành nhà máy
- Tư vấn năng lượng
 - Chuyên gia về hiệu quả năng lượng (cấp cao)
 - Các chuyên gia tập trung vào hệ thống
- Cũng có thể được sử dụng bởi tổ chức, người dùng HVAC thương mại



Cấu trúc CRST

- Hướng dẫn
- Thông tin cơ bản
 - Thông tin liên hệ và trang web
 - Giờ hoạt động, v.v.
- Các câu hỏi chung về nhà máy CR
- Câu hỏi về thành phần hệ thống CR
 - Máy nén
 - Bình ngưng làm mát bằng nước / không khí / bay hơi
 - Thiết bị bay hơi
 - Tháp giải nhiệt
 - Bộ tiết kiệm / bộ trao đổi nhiệt
 - Hệ thống bơm

Dữ liệu đầu vào CRST

- Nguồn dữ liệu:
 - Thông tin về thiết bị/dữ liệu vận hành từ:
 - Kỹ sư nhà máy/quản lý thiết bị phụ trợ/bảo trì
 - Sơ đồ đường ống & thiết bị đo đạc
 - Hướng dẫn hệ thống CR
 - Người vận hành hệ thống CR
 - Đo dòng điện thực tế
 - Ghi lại bản sao trên máy tính hoặc bản in.
- Thời gian dự kiến: 1,5 giờ (90 phút)



7

Các bước sử dụng CRST

- Mở tệp CRST trong Excel
- Xem lại các phần CRST để xác định dữ liệu đầu vào cần thiết
- Làm việc với nhân viên tại nhà máy am hiểu hệ thống CR
- Lấy dữ liệu đầu vào
- Chèn các lựa chọn câu trả lời hoặc sử dụng menu kéo xuống được cung cấp cho mỗi câu hỏi trong các phần CRST khác nhau
- Hãy trung thực và thận trọng khi đưa ra câu trả lời
- LƯU tệp theo cách thủ công



2 CÔNG CỤ XÁC ĐỊNH PHẠM VI LẠNH CÔNG NGHIỆP & LÀM MÁT QUY MÔ LỚN (CRST)

2.1 Giới thiệu và phạm vi của CRST

2.2 Trình diễn & Chức năng của CRST

2.3 Bài tập của học viên- CR System

9

2.2 Miêu tả và chức năng của CRST

Tóm tắt hệ thống làm mát quy mô lớn và Hệ thống lạnh công nghiệp

Điểm chi tiết	
Điểm tối đa *	387
Điểm của bạn =	205
Đánh giá chuẩn tối ưu	53%

Dựa trên thông tin nhà máy, có tiềm năng trung bình để tiết kiệm năng lượng trong khoảng 5–15%.

Phần	Điểm	Điểm tối đa	%
Hệ thống làm mát quy mô lớn / Hệ thống lạnh công nghiệp			
Tổng quan	41	80	51
Các thành phần của hệ thống			
Máy nén	53	80	66
Thiết bị ngưng tụ	35	75	47
Thiết bị bay hơi	35	70	50
Hệ thống làm mát quy mô lớn			
Tháp giải nhiệt	34	62	55
Hệ thống lạnh công nghiệp			
Thiết bị ngưng tụ bay hơi và Máy nén	0	0	-
Bộ tiết kiệm phía nước / Bộ trao đổi nhiệt kiểu tấm	0	0	-
Bơm	7	20	35
Tổng	205	387	53

CRST – Hướng dẫn

1 Công Cụ Khảo Sát Hệ Thống Làm Mát Quy Mô Lớn & Làm Lạnh Công Nghiệp (CRST)	
2 Chú Thích Màu Sắc	
3 Cam	Nhập liệu / Chọn giá trị
4 Xanh lá	Nhập liệu / Giá trị / Văn bản
5 Xám	Trung gian/Tính toán
6	
7 Mục Tiêu / Ghi Chú Về Mục Đích Sử Dụng:	
8 Công cụ sử dụng hai bộ câu hỏi đánh giá để đưa ra tiềm năng tiết kiệm năng lượng tổng quát của một cơ sở. Bộ câu hỏi đầu tiên yêu cầu người dùng nhập thông tin tổng quát của công ty và nhà máy, bao gồm	
9 thông tin cơ bản, ngành công nghiệp và loại ứng dụng. Thông tin này được dùng để xác định chi phí chung cho hoạt động làm lạnh và làm mát của cơ sở so với tổng chi phí năng lượng. Sau đó, người dùng được	
10 hỏi về các thông số chi tiết của nhà máy như nhiệt độ làm mát, công suất, số lượng máy làm lạnh, v.v. Dựa trên cấp độ hiểu biết đầu tiên này, công cụ ước tính mức độ cơ hội tiết kiệm năng lượng hiện có trong	
11 hệ thống. Bộ câu hỏi cấp độ hai chi tiết hơn và xem xét từng thiết bị riêng lẻ cùng với hoạt động vận hành của chúng trong hệ thống. Công cụ sử dụng thông tin này để đánh giá các quy trình vận hành và mức độ	
12	
13 Hướng Dẫn Điền Thông Tin:	
14 1. Vui lòng sử dụng bảng màu ở trên để nhập câu trả lời cho các câu hỏi được chỉ định.	
15 2. Bao gồm thông tin cho tất cả thiết bị làm lạnh và làm mát như máy nén, thiết bị bay hơi, thiết bị ngưng tụ, tháp giải nhiệt, bộ trao đổi nhiệt, quạt và bơm liên quan, v.v.	
16	
17	
18	
19 Tuyên Bố Miễn Trách:	
20 Công cụ đánh giá này được tạo ra như một công cụ hướng dẫn bổ sung đi kèm với 'Hội Thảo Đào Tạo Tối Ưu Hóa Hệ Thống Làm Mát Quy Mô Lớn và Làm Lạnh Công Nghiệp' do UNIDO tổ chức. UNIDO không đưa	
21 ra bất kỳ bảo đảm nào, rõ ràng hay ngụ ý, hoặc chịu bất kỳ trách nhiệm pháp lý hay nghĩa vụ nào về tính chính xác hay đầy đủ của thông tin được cung cấp hoặc được khuyến nghị. Công cụ này chỉ nên được sử	
22 dụng như một hướng dẫn chung.	
23	
24	
25 Lời cảm ơn:	
26 Đội ngũ phát triển CRST xin ghi nhận và cảm ơn những nỗ lực của Subodh Chaudhari (Phòng Thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge) và Công ty Hudson Technologies trong việc hỗ trợ phát triển công cụ này	
27	
28 Tuyên bố bản quyền:	
29 CRST được bảo hộ theo luật bản quyền. Công cụ này là tài sản của C2A Sustainable Solutions, LLC, Hoa Kỳ. Công cụ này hoặc bất kỳ phần nào của công cụ này không được phép sao chép, tái tạo, mua bán hoặc	
30 chuyển giao trực tiếp hay gián tiếp cho các bên bên ngoài nếu không có sự chấp thuận trước bằng văn bản của C2A Sustainable Solutions, LLC. Mọi quyền được bảo lưu.	

CRST – Thông tin cơ bản

Thông tin cơ bản của công trình				
Thông tin liên hệ				
Tên công ty:		Vị trí:		
Tên nhà máy/cơ sở:		Người liên hệ:		
Địa chỉ:		Lĩnh vực công nghiệp:	Thực phẩm và đồ uống	
Điện thoại:		Ứng dụng:	Lạnh công nghiệp	
Fax:		Chi định khác:		
Email:		Sản phẩm chính:		
Thời gian vận hành				
Số ca	Số giờ vận hành/Ngày	Số ngày/Tuần	Số tuần/Năm	Số giờ hàng năm
1				0
2				0
3				0
Giờ vận phòng				0
Khác				0
Các vấn đề cụ thể xác định trước:	1. 2. 3.			
Ý tưởng về hiệu quả năng lượng mà nhân viên quan tâm:	1. 2. 3.			
Năng lượng sử dụng:	Theo ngành, ứng dụng chính được lựa chọn chiếm hơn 40% mức tiêu thụ năng lượng thường niên của nhà máy			

CRST – Bảng điểm hệ thống CR – Tổng quan

Tóm tắt hệ thống làm mát quy mô lớn và Hệ thống lạnh công nghiệp

Điểm chi tiết	
Điểm tối đa =	387
Điểm của bạn =	205
Đánh giá chuẩn tối ưu	53%

Dựa trên thông tin nhà máy, có tiềm năng trung bình để tiết kiệm năng lượng trong khoảng 5–15%.

Phần	Điểm	Điểm tối đa	%
Hệ thống làm mát quy mô lớn / Hệ thống lạnh công nghiệp			
Tổng quan	41	80	51
Các thành phần của hệ thống			
Máy nén	53	80	66
Thiết bị ngưng tụ	35	75	47
Thiết bị bay hơi	35	70	50
Hệ thống làm mát quy mô lớn			
Tháp giải nhiệt	34	62	55
Hệ thống lạnh công nghiệp			
Thiết bị ngưng tụ bay hơi và Máy nén	0	0	-
Bộ tiết kiệm phía nước / Bộ trao đổi nhiệt kiểu tấm	0	0	-
Bơm	7	20	35
Tổng	205	387	53%



CRST – Bảng điểm hệ thống CR – Thành phần hệ thống

Các Thành Phần Hệ Thống		
1	Chọn các thành phần chính của hệ thống	
	Máy Nén	Có 1
	Bộ Ngưng Tu (Làm Mát Bằng Nước hoặc Không Khí)	Có 1
	Bộ Bay Hơi	Có 1
	Tháp Giải Nhiệt	Có 1
	Bộ Ngưng Tu Bay Hơi	Không 0
	Thiết Bị Tiết Kiệm Phía Nước/Bộ Trao Đổi Nhiệt Dạng Tấm	Không 0
	Bơm	Có 1
Máy Nén		
	1 Máy nén có được kiểm tra và thực hiện bảo trì định kỳ không?	80
	2 Hệ số tải trung bình của máy nén khi vận hành so với thiết kế là bao nhiêu?	Có, theo khuyến nghị của nhà sản xuất 10
	3 Phần trăm thời gian vận hành ở dưới 50% tải?	Gần thiết kế hoặc cao hơn (>=80%) 10
	4 Doanh nghiệp có theo dõi hiệu suất máy nén không? Tần suất như thế nào?	30% hoặc ít hơn 10
	5 Chọn cơ chế điều khiển phổ biến nhất cho máy nén tại doanh nghiệp.	Có, hàng tháng hoặc thường xuyên hơn 10
	6 Áp suất hút khí vận hành có thấp hơn áp suất hút thiết kế hơn 15% không?	Biến tần (VSD) 10
	7 Áp suất đẩy khí vận hành có cao hơn áp suất đẩy thiết kế hơn 10% không?	Không 10
	8 Thống kê phần trăm công suất máy nén được truyền động qua các loại sau? (Tổng phải nhỏ hơn hoặc bằng 100%)	Không 10
	Tua-bin hơi nước xả áp ngược (trích xuất)	100%
	Động cơ điện tốc độ biến đổi	0%
	Động cơ điện không có biến tần	0%
	Tua-bin hơi nước ngưng tụ	0%
	Tổng	100%

CRST – Bảng điểm hệ thống CR – Làm mát quy mô lớn

Nhà Máy Làm Mát Quy Mô Lớn			
Tháp Giải Nhiệt		62	
1	Đánh giá tình trạng chung của tháp giải nhiệt?	Xuất sắc	10
2	Quạt tháp giải nhiệt được điều khiển như thế nào?	Điều khiển bật/tắt tự động	5
3	Việc xả nước tháp giải nhiệt được kiểm soát như thế nào?	Tự động	5
4	Thông số vận hành sau có được theo dõi liên tục các không?		
	(i) Lưu lượng nước tháp giải nhiệt	Có	5
	(ii) Nhiệt độ nước ra	Có	5
	(iii) Nhiệt độ nước vào	Có	2
	(iv) Nhiệt độ bầu ướt không khí môi trường	Có	5
	(v) Nhiệt độ không khí môi trường	Có	2
	(vi) Hóa học nước tháp giải nhiệt	Có	3
5	Lưu lượng nước làm mát tổng thể có thấp hơn thiết kế không?	Không	5
6	Nước có được phân phối đều và đồng nhất trong tháp giải nhiệt không?	Có	5
7	Nhiệt độ nước làm mát cấp vào chênh lệch nhiệt độ bầu ướt mức nào?	Trong khoảng 2 đến 5 °C	10

Làm Lạnh Công Nghiệp			
Thiết bị Ngưng Tu Bay Hơi & Máy Nén		78	
1	Đánh giá tình trạng chung của thiết bị ngưng tụ bay hơi?	Xuất sắc	10
2	Quạt bộ ngưng tụ bay hơi được điều khiển như thế nào?	Điều khiển bật/tắt tự động	10
3	Việc xả nước bộ ngưng tụ bay hơi được kiểm soát như thế nào?	Tự động	10
4	Các thông số vận hành sau có được theo dõi liên tục không?		
	(i) Nhiệt độ môi chất lạnh ra	Có	5
	(ii) Nhiệt độ bầu ướt không khí môi trường	Có	5
	(iii) Chỉ tiêu hóa học của nước trong thiết bị ngưng tụ bay hơi	Có	3
5	Nước có được phân phối đều và đồng nhất trong thiết bị ngưng tụ bay hơi không?	Có	10

15

CRST – Bảng điểm hệ thống CR – Lạnh công nghiệp

Làm Lạnh Công Nghiệp			
Thiết bị Ngưng Tu Bay Hơi & Máy Nén		78	
1	Đánh giá tình trạng chung của thiết bị ngưng tụ bay hơi?	Xuất sắc	10
2	Quạt bộ ngưng tụ bay hơi được điều khiển như thế nào?	Điều khiển bật/tắt tự động	10
3	Việc xả nước bộ ngưng tụ bay hơi được kiểm soát như thế nào?	Tự động	10
4	Các thông số vận hành sau có được theo dõi liên tục không?		
	(i) Nhiệt độ môi chất lạnh ra	Có	5
	(ii) Nhiệt độ bầu ướt không khí môi trường	Có	5
	(iii) Chỉ tiêu hóa học của nước trong thiết bị ngưng tụ bay hơi	Có	3
5	Nước có được phân phối đều và đồng nhất trong thiết bị ngưng tụ bay hơi không?	Có	10
6	Nhiệt độ môi chất lạnh đầu ra chênh lệch nhiệt độ bầu ướt như nào?	Trong khoảng 5 đến 10 °C	10
7	Làm mát đầu máy nén được thực hiện như thế nào?	Làm mát kiểu nhiệt tự chảy	15

Bộ Trao Đổi Nhiệt Dạng Tấm/Thiết Bị Tiết Kiệm (economizer) Phía Nước			
		23	
1	Bạn có quan sát thấy bất tác trên bộ trao đổi nhiệt nước tháp giải nhiệt không?	Không	5
2	Bạn có theo dõi tổn thất áp suất bộ trao đổi nhiệt nước làm mát (ΔP) không?	Có	3
3	Các điều kiện sau đây có xảy ra trong quá trình vận hành không?		
	(i) Lưu lượng nước tháp giải nhiệt và/hoặc lưu lượng chất làm mát thấp hơn thiết kế	Không	5
	(ii) DP nước tháp giải nhiệt và/hoặc DP chất làm mát cao hơn thiết kế	Không	5
	(iii) Nhiệt độ tiệm cận cao hơn thiết kế	Không	5

Giải thích kết quả tóm tắt

- Điểm tối đa có thể: Khác nhau tùy theo lựa chọn hệ thống của bạn
- Bảng điểm phản ánh cái nhìn tổng quan về các phương pháp vận hành tốt nhất hiện nay trong hệ thống CR
 - Một nhà máy ở mức trung bình sẽ đạt số điểm từ 60-75%
- Một nỗ lực "vạch ra ranh giới" về tiềm năng tiết kiệm năng lượng có thể có trong hệ thống CR được đưa ra dựa trên
 - Kinh nghiệm trước đây về hệ thống CR
 - Dữ liệu được thu thập qua nhiều năm từ các đánh giá năng lượng khác nhau trong hệ thống CR
 - Tham vấn với các chuyên gia khác trong ngành
- Điểm này có bản chất là “Định tính” và không nhằm mục đích đảm bảo hiệu suất, tiềm năng tiết kiệm, v.v. dựa trên kết quả của CRST

17

CRST – Kết quả tóm tắt hệ thống CR

Tóm tắt hệ thống làm mát quy mô lớn và Hệ thống lạnh công nghiệp

Điểm chi tiết	
Điểm tối đa =	387
Điểm của bạn =	205
Đánh giá chuẩn tối ưu	53%

Dựa trên thông tin nhà máy, có tiềm năng trung bình để tiết kiệm năng lượng trong khoảng 5–15%.

Phân	Điểm	Điểm tối đa	%
Hệ thống làm mát quy mô lớn / Hệ thống lạnh công nghiệp			
Tổng quan	41	80	51
Các thành phần của hệ thống			
Máy nén	53	80	66
Thiết bị ngưng tụ	35	75	47
Thiết bị bay hơi	35	70	50
Hệ thống làm mát quy mô lớn			
Tháp giải nhiệt	34	62	55
Hệ thống lạnh công nghiệp			
Thiết bị ngưng tụ bay hơi và Máy nén	0	0	-
Bộ tiết kiệm phía nước / Bộ trao đổi nhiệt kiểu tấm	0	0	-
Bơm	7	20	35
Tổng	205	387	53



CÔNG CỤ XÁC ĐỊNH PHẠM VI LẠNH CÔNG NGHIỆP & LÀM MÁT QUY MÔ LỚN (CRST)

2.1 Giới thiệu và phạm vi của CRST

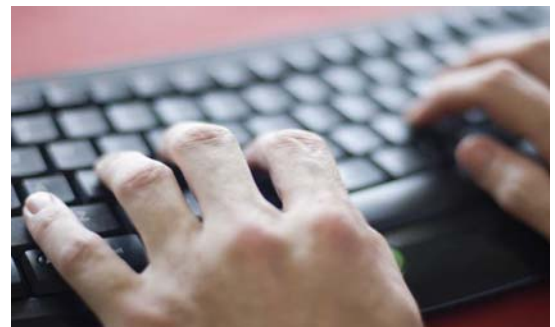
2.2 Trình diễn & Chức năng của CRST

2.3 Bài tập của học viên - CR System

19

2.3 Bài tập của học viên – CRST trên hệ thống CR

- Bạn được giao nhiệm vụ đánh giá hệ thống CR tại một nhà máy thực phẩm và đồ uống
- Quản lý cơ điện và Kỹ sư cơ điện của nhà máy sẽ sẵn sàng cung cấp thông tin cho bạn.
- Mở CRST và nhập dữ liệu nhà máy có sẵn
- Xác định dữ liệu còn thiếu và xác định nguồn cung cấp phù hợp cho dữ liệu này
- Liệt kê các cơ hội cải tiến hệ thống CR có thể có mà bạn muốn nghiên cứu trong quá trình đánh giá năng lượng



Sử dụng CRST trên Nhà máy sản xuất nước lạnh quy mô lớn tại Nhà máy thực phẩm và đồ uống

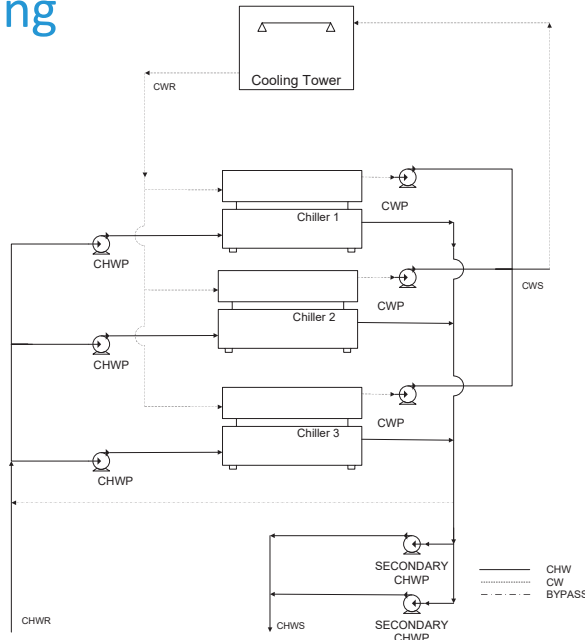


21

Mô tả cơ sở

- Nhà máy/cơ sở là một nhà máy Thực phẩm & Đồ uống lớn đặt tại Johannesburg, SA
- Hệ thống được chọn để đánh giá năng lượng cung cấp nước lạnh cho quy trình, đóng gói, khu vực điều hòa không khí và kho lưu trữ
- Nhà máy vận hành 3 ca/ngày, 8 giờ/ca và chạy quanh năm
 - Việc ngừng hoạt động có thể được lên kế hoạch cho các hoạt động bảo trì định kỳ
- Giám đốc Kỹ thuật Nhà máy và Kỹ sư/bảo trì Nhà máy sẵn sàng trả lời các câu hỏi và hoàn thiện công cụ phần mềm CRST

Sơ đồ hệ thống



Thông tin hệ thống

- Cơ sở này hoạt động từ 10-15 năm
- Đã khá lâu rồi kể từ lần đánh giá năng lượng gần nhất cho hệ thống, nhưng nhân viên nhà máy vẫn theo dõi chi tiêu/ngân sách hàng năm cho hoạt động để xác định bất kỳ vấn đề lớn nào.
- Hệ thống nước lạnh được nâng cấp thêm một số bảng điều khiển và điều khiển cho giao diện người vận hành/người dùng
- Nhìn chung, nhu cầu sử dụng hệ thống nước lạnh luôn ổn định nhưng chưa gần đến giới hạn công suất nào.
- Nhà thầu bảo trì cung cấp hỗ trợ thường xuyên (tham quan công trường hàng quý) để duy trì hoạt động của nhà máy mà không gặp bất kỳ sự cố nào

Thông tin thiết bị hệ thống

- Máy nén
- Bình ngưng làm mát bằng nước
- Bình làm lạnh (thiết bị bay hơi)
- Tháp giải nhiệt
- Máy bơm
 - Nước lạnh sơ cấp
 - Nước làm mát thứ cấp
 - Nước ngưng

25

Thông tin hệ thống (Máy nén)

- Hệ thống tương đối cũ nên việc bảo trì được thực hiện khi cần thiết
- Hệ thống có hai máy làm lạnh máy nén ly tâm nên cả hai máy đều được vận hành để thu thập số giờ hoạt động hàng năm bằng nhau nhưng có những lúc cả hai đều hoạt động ở mức tải cao hơn
- Nhà máy có nhật ký vận hành thủ công ghi lại mức tải – vị trí cánh dẫn hướng
- Máy nén có khả năng kiểm soát công suất với các cánh dẫn hướng và chúng tôi thực sự không có nhiều thiết bị đo trên máy nén.
- Nhà máy tin rằng họ đang vận hành máy nén trong phạm vi hoạt động dự kiến của chúng.

Thông tin hệ thống (Bình ngưng)

- Vì hệ thống tương đối cũ nên việc bảo trì được thực hiện khi cần thiết
- Đôi khi có vấn đề với bình ngưng và trong mùa phụ tải cao, hiện tượng đóng cặn xảy ra trong các ống
- Nhà máy có bộ theo dõi nhiệt độ trên nguồn nước cấp và nước trả lại cũng như nhật ký vận hành thủ công cung cấp thông tin, nếu được yêu cầu
- Nhà máy theo dõi nhiệt độ tiếp cận theo định kỳ và nhà thầu bảo trì sẽ ghi lại điều đó trong mỗi lần kiểm tra

27

Thông tin hệ thống (thiết bị bay hơi)

- Vì hệ thống tương đối cũ và chủ yếu là một vòng khép kín ở phía nước lạnh nên việc bảo trì sẽ được thực hiện khi cần thiết.
- Chúng tôi chưa thấy bất kỳ vấn đề nào với hoạt động của thiết bị bay hơi và nó luôn đáp ứng các điểm đặt quy trình của chúng tôi
- Thiết bị đo khá hạn chế trên thiết bị bay hơi nhưng chúng tôi đo nhiệt độ đầu vào và đầu ra cũng như áp suất của chất làm lạnh
- Chúng tôi có nhật ký vận hành thủ công để cung cấp thông tin, nếu được yêu cầu
- Chúng tôi theo dõi nhiệt độ chênh lệch

Thông tin hệ thống (Tháp giải nhiệt)

- Hệ thống này tương đối cũ và chúng tôi chưa thực hiện bất kỳ nâng cấp nào ngoài việc bảo trì cơ bản và sửa chữa các đầu vòi phun dòng chảy, vệ sinh bồn rửa, v.v.
- Chúng tôi chưa thấy bất kỳ vấn đề nào với hoạt động của tháp giải nhiệt
- Quạt được điều khiển tự động để đáp ứng điểm đặt
- Tính chất hóa học của nước được duy trì bằng cách xả đáy cố định
- Chúng tôi theo dõi chặt chẽ nhiệt độ đầu ra nước, nhiệt độ môi trường và kiểm tra định kỳ cả hai bằng bầu ướ
- Nhật ký vận hành thu công ghi lại thông tin này và chúng tôi thấy mức tăng 5-10°C trên tháp giải nhiệt

29

Thông tin hệ thống (Máy bơm)

- Máy bơm nước làm lạnh và tháp giải nhiệt chính là động cơ điện có tốc độ không đổi
- Máy bơm nước lạnh thứ cấp là bộ truyền động có tốc độ thay đổi
- Chúng tôi thực sự không hiểu có bao nhiêu máy bơm cần chạy dựa trên tải nhưng chúng tôi chỉ chạy tất cả các máy bơm để đảm bảo tất cả máy lạnh đủ lưu lượng nước khi chúng hoạt động

Hướng dẫn thực hành CRST

- Đối với thông tin về nhà máy được trình bày, hãy nhập dữ liệu đầu vào cho CRST và xác định điểm số cho từng tiểu mục của CRST cũng như bảng tổng hợp kết quả
- Đối với tất cả các câu hỏi mà dữ liệu đầu vào không có sẵn hoặc không đầy đủ, hãy nêu rõ cách bạn sẽ có được thông tin cần thiết trong chuyến thăm nhà máy của mình
- Dựa trên kết quả phân tích CRST của bạn, hãy lập danh sách các hành động ưu tiên để đạt được mục tiêu tiết kiệm năng lượng tại nhà máy làm ví dụ.

31

Kết quả bài tập thực hành CRST

Thông Tin Cơ Bản Về Cơ Sở				
Thông Tin Liên Hệ				
Tên Công Ty:	Class Example	Địa Điểm:	Johannesburg, SA	
Tên Nhà Máy/Cơ Sở:	Joburg Plan	Người Liên Hệ Chính:	Mr. John Doe	
Địa Chỉ:	123 Main Street	Ngành Công Nghiệp:	Thực Phẩm & Đồ Uống	
Điện Thoại:		Ứng Dụng:	Làm Lạnh Công Nghiệp	
Fax:		Khác:		
Email:		Sản Phẩm Chính:		
Giờ Hoạt Động				
Ca làm việc	Giờ Hoạt Động / Ngày	Ngày/Tuần	Tuần/Năm	Số giờ hàng năm
1	8	7	52	2,912
2	8	7	52	2,912
3	8	7	52	2,912
Giờ Văn Phòng				0
Khác				0
Các Vấn Đề Đã Xác Định Trước:	1. 2. 3.			
Những ý tưởng về tiết kiệm năng lượng mà nhân viên nhà máy quan tâm:	1. 2. 3.			
Mức tiêu thụ năng lượng:	Dựa trên ngành công nghiệp, ứng dụng chính được lựa chọn chiếm hơn 40% tổng chi phí năng lượng hàng năm của nhà máy.			

Kết quả bài tập thực hành CRST

Bảng Đánh Giá Hệ Thống Làm Mát Quy Mô Lớn và Lạnh Công Nghiệp

STT	Câu Hỏi	Trả Lời	Điểm
Nhà Máy Làm Mát Quy Mô Lớn / Làm Lạnh Công Nghiệp			
Tổng Quát			41
1	Hệ thống làm mát/làm lạnh (thiết bị) của bạn đã sử dụng bao nhiêu năm?	10 - 20 năm	5
2	Lần cuối cùng hệ thống làm mát/làm lạnh của bạn được đánh giá (kiểm toán) là khi nào?	Hơn 5 năm trước hoặc chưa bao giờ	0
3	Bạn có theo dõi chi phí hệ thống làm lạnh không? Tần suất như thế nào?	Có, hàng năm	5
4	Nhà máy được điều khiển giám sát như thế nào?	DCS / BMS	5
5	Nhà máy đã từng thực hiện phân tích Pinch để kiểm tra xem tải lạnh có thể giảm không?	Don't know	5
6	Công suất nhà máy thường được sử dụng bao nhiêu phần trăm so với thiết kế?	Higher than 50%	5
7	Nhà máy có hoạt động bảo trì định kỳ không?	Có	10
8	Bạn có kiểm tra mức nạp môi chất lạnh thường xuyên không? Tần suất như thế nào?	Yes, Quarterly	6
Các Thành Phần Hệ Thống			
1	Chọn các thành phần chính của hệ thống		
	Máy Nén	Có	1
	Bộ Ngưng Tu (Làm Mát Bằng Nước hoặc Không Khí)	Có	1
	Bộ Bay Hơi	Có	1
	Tháp Giải Nhiệt	Có	1
	Bộ Ngưng Tu Bay Hơi	Không	0
	Thiết Bị Tiết Kiệm Phía Nước/Bộ Trao Đổi Nhiệt Dạng Tấm	Không	0
	Bơm	Có	1

33

Kết quả bài tập thực hành CRST

Máy Nén			53
1	Máy nén có được kiểm tra và thực hiện bảo trì định kỳ không?	Yes, as needed only	5
2	Hệ số tải trung bình của máy nén khi vận hành so với thiết kế là bao nhiêu?	Higher than 50%	5
3	Phần trăm thời gian vận hành ở dưới 50% tải?	30% hoặc ít hơn	10
4	Doanh nghiệp có theo dõi hiệu suất máy nén không? Tần suất như thế nào?	Không	0
5	Chọn cơ chế điều khiển phổ biến nhất cho máy nén tại doanh nghiệp.	Variable inlet guide vanes (centrifugal)	8
6	Áp suất hút khí vận hành có thấp hơn áp suất hút thiết kế hơn 15% không?	Không	10
7	Áp suất đẩy khí vận hành có cao hơn áp suất đẩy thiết kế hơn 10% không?	Không	10
8	Thống kê phần trăm công suất máy nén được truyền động qua các loại sau? (Tổng phải nhỏ hơn hoặc bằng 100%)		5
	Tua-bin hơi nước xả áp ngược (trích xuất)	0%	
	Động cơ điện tốc độ biến đổi	0%	
	Động cơ điện không có biến tần	100%	
	Tua-bin hơi nước ngưng tụ	0%	
	Tổng	100%	

Kết quả bài tập thực hành CRST

Thiết Bị Ngưng Tu		35	
1	Phương pháp thái (giải) nhiệt phổ biến nhất của doanh nghiệp là gì?	Tháp Giải Nhiệt	10
2	Bộ ngưng tu có được kiểm tra và thực hiện bảo trì định kỳ không?	Yes, as needed only	5
3	Bộ ngưng tu có gặp các vấn đề như bẩn tắc, khí không ngưng tu, v.v. không?	Yes, sometimes	5
4	Các thông số vận hành sau đây có theo dõi liên tục không:		
	(i) Lưu lượng nước	Không	0
	(ii) Nhiệt độ cấp và hồi nước	Có	5
	(iii) Áp suất môi chất lạnh	Không	0
5	Các điều kiện sau đây có xảy ra trong quá trình vận hành không:		
	(i) Lưu lượng nước thấp hơn thiết kế	Don't Know	0
	(ii) Tổn thất áp suất phía nước (dP) cao hơn thiết kế	Don't Know	0
	(iii) Nhiệt độ tiệm cận cao hơn thiết kế	Không	10

Thiết bị bay hơi		35	
1	Thiết bị bay hơi được có kiểm tra và thực hiện bảo trì định kỳ về bẩn tắc không?	Yes, as needed only	5
2	Doanh nghiệp có theo dõi tổn thất áp suất bộ trao đổi nhiệt nước lạnh (ΔP) không?	Không	0
3	Thiết bị bay hơi có gặp các vấn đề như bẩn tắc, quá nhiệt cao, đóng băng, v.v. không?	Không	10
4	Các thông số vận hành sau đây có được theo dõi liên tục không:		
	(i) Lưu lượng chất tải lạnh	Không	0
	(ii) Nhiệt độ cấp và hồi chất tải lạnh	Có	5
	(iii) Áp suất môi chất lạnh	Có	5
5	Các điều kiện sau đây có xảy ra trong quá trình vận hành không:		
	(i) Lưu lượng chất tải lạnh thấp hơn thiết kế	Don't Know	0
	(ii) Tổn thất áp suất chất tải lạnh (dP) cao hơn thiết kế	Don't Know	0
	(iii) Chênh lệch nhiệt độ (Nhiệt độ tiệm cận- Approach Temperature) cao hơn thiết kế	Không	10

35

Kết quả bài tập thực hành CRST

Nhà Máy Làm Mát Quy Mô Lớn			34
Tháp Giải Nhiệt			
1	Đánh giá tình trạng chung của tháp giải nhiệt?	Good	5
2	Quạt tháp giải nhiệt được điều khiển như thế nào?	Điều khiển bật/tắt tự động	5
3	Việc xả nước tháp giải nhiệt được kiểm soát như thế nào?	Manual	2
4	Thông số vận hành sau có được theo dõi liên tục các không?		
	(i) Lưu lượng nước tháp giải nhiệt	Không	0
	(ii) Nhiệt độ nước ra	Có	5
	(iii) Nhiệt độ nước vào	Không	0
	(iv) Nhiệt độ bầu ướt không khí môi trường	Không	0
	(v) Nhiệt độ không khí môi trường	Có	2
	(vi) Hóa học nước tháp giải nhiệt	Không	0
5	Lưu lượng nước làm mát tổng thể có thấp hơn thiết kế không?	Không	5
6	Nước có được phân phối đều và đồng nhất trong tháp giải nhiệt không?	Có	5
7	Nhiệt độ nước làm mát cấp vào chênh lệch nhiệt độ bầu ướt đến mức nào?	5°C to 10°C	5

Bơm			7
1	Liệt kê phần trăm công suất bơm nước làm mát được truyền động qua các loại sau (Tổng phải nhỏ hơn hoặc bằng 100%)		7
	Truyền động tua-bin áp ngược	0%	
	Biến tần (VSD)	25%	
	Truyền động đồng cơ	75%	
	Truyền động tua-bin ngưng tụ	0%	
	Tổng	100%	
2	Bạn chỉ vận hành số lượng bơm cần thiết tối thiểu?	Không	0

Kết quả bài tập thực hành CRST

Large-Scale Cooling and Industrial Refrigeration System Summary

Points Details	
Maximum Score =	387
Your Score =	205
Best Practices Rating =	53%

Based on plant information, there is medium potential and energy savings in the range of 5-15% can be anticipated.

Section	Your Score	Maximum Score	%
Large Scale Cooling / Industrial Refrigeration Plant			
General	41	80	51
System Components			
Compressors	53	80	66
Condensers	35	75	47
Evaporators	35	70	50
Large Scale Cooling Plant			
Cooling Towers	34	62	55
Industrial Refrigeration			
Evaporative Condensers & Compressors	0	0	-
Plate Heat Exchangers/Water-side Economizers	0	0	-
Pumps	7	20	35
Total	205	387	53

37

Bài tập thực hành CRST Các bước tiếp theo

- **Tổng thể hệ thống nước lạnh (50%)**
 - Tính toán chi phí và xu hướng nước lạnh
 - Đối chiếu chi phí nước lạnh với sản lượng và so sánh với mức chuẩn
 - Cân nhắc thực hiện kiểm tra hệ thống nước lạnh, khả năng tích hợp quy trình và cải thiện các biện pháp kiểm soát hiện đại
- **Máy nén (66%)**
 - Kết hợp các thiết bị đo thích hợp để cho phép tính toán hiệu suất máy nén
 - Nghiên cứu kiểm soát công suất máy nén bằng cách sử dụng các bộ truyền động tốc độ thay đổi
 - Tối ưu hóa hoạt động tải và máy nén khi có nhiều bộ làm lạnh

Bài tập thực hành CRST Các bước tiếp theo

• Bình ngưng (47%)

- Cải thiện thực hành bảo trì
- Thêm thiết bị đo đặc và áp dụng tính năng phát hiện và chẩn đoán lỗi để mang lại các hoạt động được tối ưu hóa

• Thiết bị bay hơi (50%)

- Cải thiện thực hành bảo trì
- Thêm thiết bị đo đặc và áp dụng tính năng phát hiện và chẩn đoán lỗi để mang lại các hoạt động được tối ưu hóa
- Đánh giá những thay đổi về nhiệt độ điểm đặt, nếu có thể

39

Bài tập thực hành CRST Các bước tiếp theo

• Tháp giải nhiệt (55%)

- Cải thiện hệ thống điều khiển tháp giải nhiệt và có thể đánh giá nhiệt độ nước tháp giải nhiệt thay đổi theo thời gian
- Bổ sung thiết bị đo lường và áp dụng chức năng phát hiện lỗi và chẩn đoán để tối ưu hóa hoạt động
- Tự động xả đáy dựa trên tính chất hóa học của nước

• Máy bơm (35%)

- Đánh giá khả năng vận hành số lượng máy bơm tối ưu
- Xem xét việc kiểm tra hệ thống năng lượng riêng biệt trên hệ thống máy bơm
- Tìm kiếm dòng chảy vòng và chênh lệch nhiệt độ thấp để xác định lưu lượng bơm dư thừa



Các điểm chính / Các hạng mục cần thực hiện

1. Sử dụng phương pháp tiếp cận có hệ thống (phân tích chênh lệch, so sánh với các thực hành tốt - BestPractices) để xác định các cơ hội tiết kiệm năng lượng tiềm năng có thể tồn tại trong hệ thống CR
2. Công cụ xác định phạm vi hệ thống làm lạnh công nghiệp và làm mát quy mô lớn (CRST) có thể được sử dụng để xác định những cơ hội cải tiến này
3. CRST là một bảng câu hỏi tiếp nhận để thu thập thông tin sơ bộ ở cấp độ nhà máy
4. Sẽ không mất quá 90 phút để hoàn thành nhưng chúng tôi cần nói chuyện với ĐÚNG người (hiểu biết) trong nhà máy



- 1 CƠ BẢN
- 2 CÔNG CỤ PHẠM VI LẠNH CÔNG NGHIỆP & LÀM MÁT QUY MÔ LỚN (CRST)
- 3 TÍNH TOÁN HIỆU SUẤT ĐƠN VỊ & HỆ THỐNG**
- 4 CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH (CWSAT)
- 5 CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG (EE) TRONG HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH
- 6 MÁY LẠNH – QUÁ KHỨ, HIỆN TẠI & TƯƠNG LAI
- 7 HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 8 MÔ HÌNH HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 9 CƠ HỘI TIẾT KIỆM NL TRONG HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 10 NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP TỐI ƯU HỆ THỐNG CR
- 11 CÔNG CỤ PHẦN MỀM EE KHÁC CHO HỆ THỐNG CR
- 12 HỆ THỐNG CR THẾ HỆ TIẾP THEO
- 13 KẾT LUẬN

3 TÍNH TOÁN HIỆU SUẤT ĐƠN VỊ & HỆ THỐNG

3.1 Thang đo hiệu quả hệ thống

3.2 Biểu đồ phụ tải

3.3 Hiệu quả năng lượng theo mùa

3.4 Số liệu hiệu suất bổ sung

3.1 Thang đo hiệu quả hệ thống

- Mỗi hệ thống CR được xây dựng từ nhiều đơn vị CR
 - Các đơn vị cụm riêng lẻ phục vụ một tải cụ thể
 - Các đơn vị cụm kết hợp với hệ thống vòng lặp trung tâm
 - Hệ thống CR phân tán với một số thành phần nhất định được tích hợp với quy trình trong khi các thành phần khác ở vòng lặp trung tâm (điển hình là nhiều mức nhiệt độ)
 - Một hoặc nhiều các hình thức trên.
- Mỗi hệ thống CR sẽ cung cấp hiệu quả làm mát (phụ tải, nhu cầu) – tổng hợp nhiều đơn vị (thiết bị)
- Mọi hệ thống CR sẽ cần năng lượng (hầu hết là điện) nhưng trong một số hệ thống nhất định có thể là nhiệt (khí, dầu, hơi nước, nước nóng, v.v.)

3

Công suất chiller hoặc thiết bị làm lạnh

- Công suất lạnh (kW hoặc tấn lạnh) là tổng công suất lạnh đầy tải được cung cấp bởi đơn vị CR ở điều kiện thiết kế
- Đơn vị của công suất lạnh chiller hoặc hiệu ứng làm lạnh là kW hoặc MW
- Ở Mỹ và một số nơi khác – Tấn lạnh (RT) được sử dụng
 - Lượng năng lượng nhiệt cần được loại bỏ khỏi 1 tấn (2.000 lbs / ~ 887 kg) nước ở 0°C để biến nó thành băng ở 0°C trong một ngày (24 giờ) là 1 RT
- 1 RT = 12.000 Btu/giờ = 3,517 kW

Thang đo hiệu suất

• Hệ số hiệu suất (COP)

- Định nghĩa ASHRAE - Tỷ lệ lợi ích mang lại so với năng lượng sử dụng
- COP không có thứ nguyên – đơn vị của Lạnh/Sưởi và Năng lượng được sử dụng đồng nhất

$$COP = \frac{\text{Tải lạnh hoặc tải nhiệt}}{\text{Năng lượng yêu cầu}}$$

- Tùy thuộc vào hệ thống
 - COP làm mát
 - COP sưởi ấm

5

Thang đo hiệu suất

• Hệ số hiệu quả năng lượng (EER)

- Được sử dụng cho các hệ thống làm mát nguyên cụm được dẫn động bằng động cơ điện bằng máy nén
- EER là đại lượng không thứ nguyên – Đơn vị của Tải lạnh và Công suất máy nén phải đồng nhất

$$EER = \frac{\text{Tải lạnh}}{\text{Công máy nén}}$$

- EER được tính toán tại một điểm hoạt động (thiết kế)
- EER sẽ không thể cung cấp mức tiêu thụ năng lượng nhưng sẽ cần thiết cho mọi tính toán liên quan đến năng lượng

6

Thang đo hiệu suất

- Chỉ số đánh giá tiêu chuẩn nhất ở Hoa Kỳ cho hệ thống CR - kW/RT
- Công suất máy nén (kW hoặc hp) cần thiết để tạo ra 1 RT làm mát hoặc làm lạnh

$$kW/RT = \frac{\text{Công suất máy nén (kW)}}{\text{Tải lạnh (RT)}}$$

- Chuyển đổi giữa Cooling COP, EER và kW/RT rất đơn giản

$$COP_{\text{lạnh}} = EER = \frac{3.517}{\left(\frac{kW}{RT}\right)}$$

Ví dụ - Xác định Năng lượng và chi phí của đơn vị CR

- Thông tin đơn vị CR được cung cấp
 - Công suất làm mát = 3500 kW
 - COP làm mát = 5,40
 - Vận hành hàng năm = 6250 giờ
 - Chi phí điện năng = 1,0 R/kWh

$$\text{Công suất} = \text{Tải lạnh} / COP_{\text{lạnh}}$$

$$\text{Năng lượng} = \text{Công suất} * \text{Số giờ}$$

$$\text{Chi phí vận hành} = \text{Năng lượng} * \text{Giá}$$

Ví dụ - Xác định năng lượng và chi phí của hệ thống CR

- Thông tin bổ sung về Hệ thống CR được cung cấp
 - Động cơ máy bơm = 75 kW
 - Động cơ quạt tháp giải nhiệt = 15 kW

Ví dụ - Xác định COP hệ thống CR

- Thông tin hệ thống CR được cung cấp
 - Công suất làm lạnh = 3.500 kW
 - Đơn vị CR COP = 5,40

$$COP \text{ hệ thống} = \frac{\sum_m \text{Tải lạnh Chiller kW}}{\sum_n \text{Công suất kW}}$$

9

Ví dụ - Xác định các số liệu khác hệ thống CR

- Chi phí làm mát cụ thể

$$\text{Chi phí làm mát riêng của máy CR} = \frac{\text{Chi phí năng lượng hàng năm của máy CR}}{\text{Lượng lạnh hàng năm (kWh)}}$$

$$\text{Chi phí làm mát riêng của hệ thống CR} = \frac{\text{Chi phí năng lượng hàng năm của hệ thống CR}}{\text{Lượng lạnh hàng năm (kWh)}}$$

Phạm vi chỉ số hiệu suất chiller

- Nơi tốt nhất để lấy thông tin COP (hoặc EER) là danh mục sản phẩm và trang web của nhà sản xuất
- Mỗi nhà sản xuất sẽ xác định các điều kiện thiết kế để giải nhiệt
 - Làm mát bằng nước – (30/35°C)
 - Làm mát bằng không khí – (35°C)
- Mỗi nhà sản xuất sẽ xác định các điều kiện thiết kế cho nước lạnh
 - 7/12°C
- COP dao động từ OEM – 3,5 đến 10,0

11



TÍNH TOÁN HIỆU SUẤT ĐƠN VỊ & HỆ THỐNG

3.1 Thang đo hiệu quả hệ thống

3.2 Biểu đồ phụ tải

3.3 Hiệu quả năng lượng theo mùa

3.4 Số liệu hiệu suất bổ sung

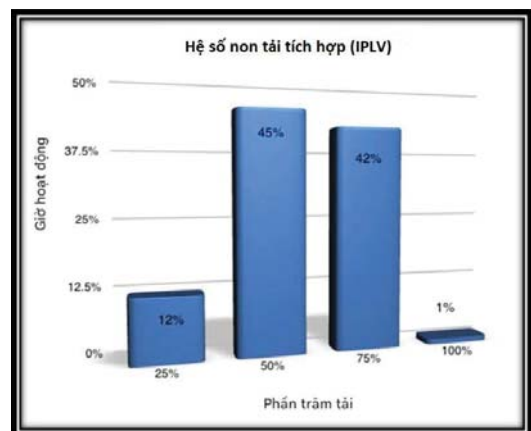
3.2 Biểu đồ phụ tải

- Hệ thống CR sẽ KHÔNG BAO GIỜ có tải làm mát không đổi
- Hầu hết các phân tích cấp cao (ASHRAE cấp 1, khảo sát nhà máy) có thể được thực hiện bằng cách sử dụng thông tin thiết kế với phương pháp tiếp cận hệ số tải
- Mỗi phân tích tối ưu hóa và hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống CR sẽ cần xem xét đặc tính tải làm mát của hệ thống
- Mức độ chi tiết và khoảng thời gian sẽ khác nhau dựa trên một số yếu tố – tính sẵn có của dữ liệu, độ nhạy dựa trên thời gian của tải, mô hình lặp lại và các yếu tố quan trọng, v.v.

13

Biểu đồ phụ tải hệ thống CR

- Nói chung, máy lạnh chỉ hoạt động ở điều kiện thiết kế đầy tải trong 1% tổng số giờ hoạt động
- Do đó, không nên đưa ra quyết định nào dựa trên COP thiết kế mà thay vào đó chúng nên được sử dụng như là hướng dẫn để hướng tới giải pháp tối ưu



Biểu đồ phụ tải hệ thống CR

- Mỗi hệ thống CR và nhà máy công nghiệp đều là ĐỘC NHẤT
- Tuy nhiên, hình dạng của biểu đồ phụ tải có thể trùng khớp ở các nhà máy tương tự.
- Việc xác định phụ tải thực là rất khó trong tình huống thực tế nhưng có một số kỹ thuật và phương pháp để xác định và phát triển cấu hình phụ tải cho bất kỳ hệ thống CR nào
- Mỗi đánh giá hiệu quả năng lượng CR cần bao gồm biểu đồ phụ tải đại diện

15

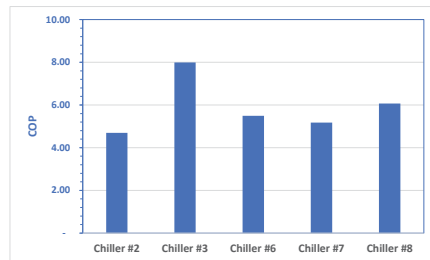
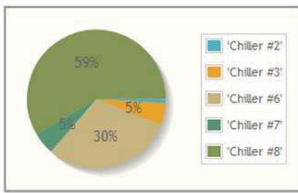
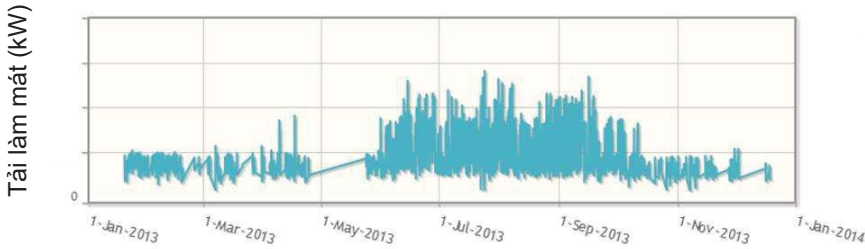
Biểu đồ phụ tải hệ thống CR

- Phát triển biểu đồ phụ tải yêu cầu thu thập dữ liệu
- Biểu đồ phụ tải nên được phát triển trong một khoảng thời gian nhất định
 - Hàng năm – phổ biến nhất bằng cách sử dụng trung bình hàng ngày hoặc trung bình hàng giờ
 - Theo mùa – phụ thuộc vào sản xuất; phụ thuộc vào thời tiết
 - Hàng tháng, hàng tuần, hàng ngày – tải không phụ thuộc vào thời tiết và hoàn toàn phụ thuộc vào sản lượng sản phẩm
- Cấu hình phụ tải cũng có thể được mô phỏng bằng cách sử dụng mô hình quy trình cũng như sử dụng dữ liệu lịch sử và phân tích thống kê
- Dữ liệu vận hành theo thời gian thực – tiên tiến nhất

16

Hệ thống ở trung tâm thương mại lớn

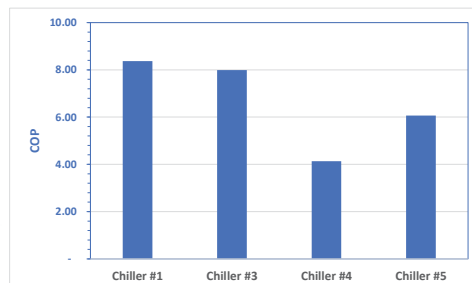
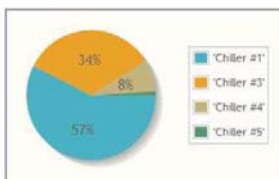
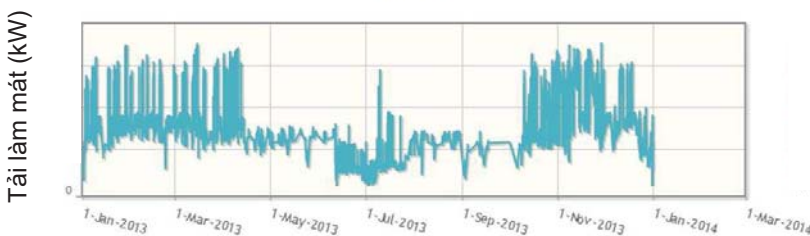
Công suất làm mát hệ thống - 21000 kW



Biểu đồ phân bố tải theo giờ (kWh) vận hành chiller

Nhà máy sản xuất thực phẩm hoạt động theo mùa

Công suất làm mát hệ thống - 12500 kW

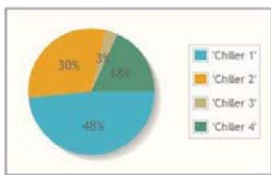
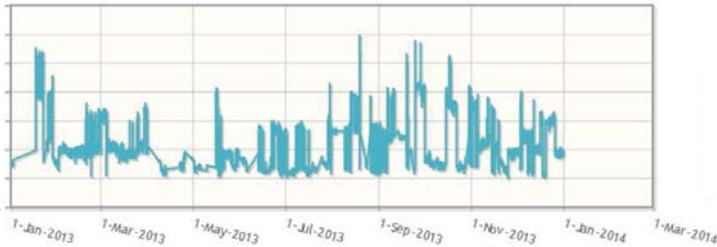


Biểu đồ phân bố tải theo giờ (kWh) vận hành chiller

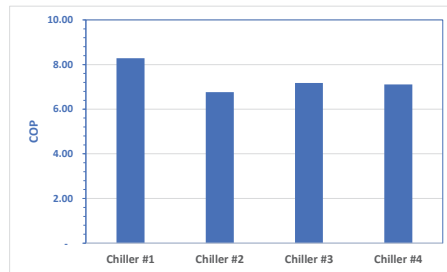
Hệ thống lạnh trung tâm cho trung tâm dữ liệu

Công suất làm mát hệ thống - 16000 kW

Tải làm mát (kW)



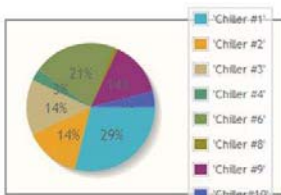
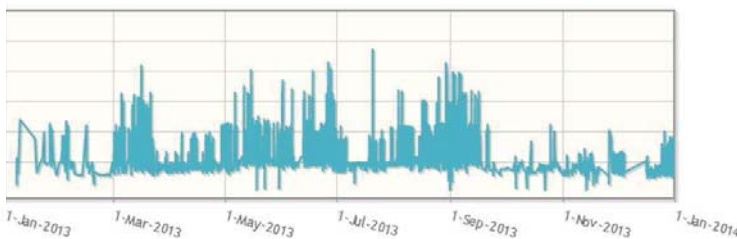
Biểu đồ phân bố tải theo giờ (kWh) vận hành chiller



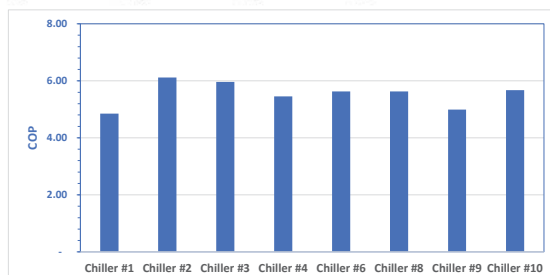
Casino

Công suất làm mát hệ thống - 46500 kW

Tải làm mát (kW)



Biểu đồ phân bố tải theo giờ (kWh) vận hành chiller



3 TÍNH TOÁN HIỆU SUẤT ĐƠN VỊ & HỆ THỐNG

3.1 Thang đo hiệu quả hệ thống

3.2 Biểu đồ phụ tải

3.3 Hiệu quả năng lượng theo mùa

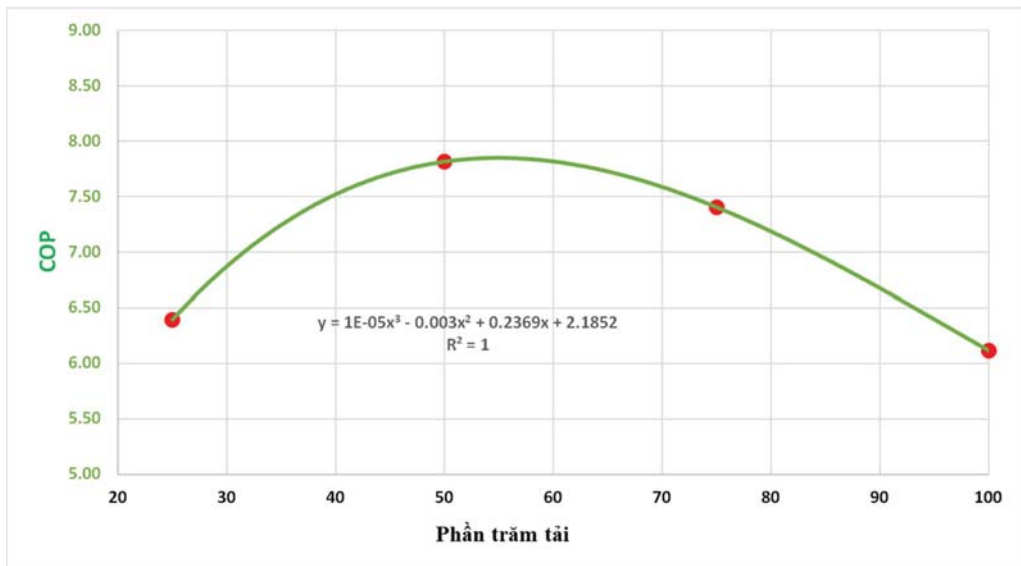
3.4 Số liệu hiệu suất bổ sung

21

3.3 Hiệu quả năng lượng theo mùa

- COP (hoặc EER) của hệ thống CR phụ thuộc vào một số yếu tố:
 - Phụ tải lạnh
 - Nhiệt độ nước cấp
 - Nhiệt độ nước giải nhiệt
 - Hiệu suất máy nén
 - Cơ chế điều khiển
 - Biến tần
 - Số lượng chiller đang vận hành
 - Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt
 - Các yếu tố cụ thể khác

Hiệu suất hệ thống CR tổng thể



23

Thông số kỹ thuật thiết kế chiller

- Tại Hoa Kỳ, mỗi chiller có thể được thử nghiệm tại cơ sở thử nghiệm của nhà sản xuất theo Tiêu chuẩn AHRI 550
 - Có một khoản phí cho bài kiểm tra này
 - Có thể có những hạn chế dựa trên kích thước của máy lạnh và khả năng của cơ sở thử nghiệm
- COP cho các thiết bị làm lạnh thương mại điển hình
 - Giải nhiệt nước – 4,4 – 8,8
 - Giải nhiệt gió – 2,4 – 5,0
- Đánh giá thiết kế đầy tải so với đánh giá hoạt động theo mùa
- Tiêu chuẩn ASHRAE 90.1 cung cấp các yêu cầu COP (hoặc EER) tối thiểu cho chiller

Giá trị non tải tích hợp

- Giá trị non tải tích hợp (IPLV) được AHRI xác định trong Tiêu chuẩn AHRI 550/590
- Được ASHRAE chấp nhận và tuân thủ ASHRAE 90.1
- IPLV là giá trị có trọng số của 4 tải tiêu chuẩn và Nhiệt độ nước vào bình ngưng (ECWT):
 - Tải 100% @ 29,4°C ECWT
 - Tải 75% @ 23,9°C ECWT
 - Tải 50% @ 18,3°C ECWT
 - Tải 25% @ 18,3°C ECWT

25

COP theo mùa (SCOP)

- SCOP tương tự như IPLV từ góc độ hiệu suất tổng thể trong cả năm
- Nó tính đến tính mùa và cho phép so sánh giữa các đơn vị/hệ thống khác nhau
- SCOP được nhà sản xuất quy định và có sẵn trong catalogue
- SCOP là một cách tuyệt vời để dự báo mức tiêu thụ năng lượng, ngân sách cho hệ thống nhà máy làm lạnh

Thông số kỹ thuật thiết kế đầy tải của chiller

Chiller ID	Chiller #6	Nhà sản xuất	JCI
Năm làm việc	2005	Chủng loại	Ly tâm (không biến tần)
Model	YKY4J75DJF	Số Serial	YX24584BC
Môi chất lạnh	R134a	Năng suất lạnh	7,000 kW
COP	5.63	SCOP	6.5
Dòng đầy tải	198	Điện thế	4160
Nhiệt độ nước vào bình bay hơi	12.4°C	Nhiệt độ nước vào bình ngưng	29.4°C
Nhiệt độ nước ra bình bay hơi	6.7°C	Nhiệt độ nước ra bình ngưng	34.7°C
Lưu lượng nước lạnh	292 L/s	Lưu lượng nước giải nhiệt	379 L/s
Tổn thất áp suất bình bay hơi	69 kPa	Tổn thất áp suất bình ngưng	56 kPa

27



Các điểm chính / Các hạng mục cần thực hiện

1. Hệ số hiệu suất COP (hoặc EER) là số liệu hệ thống được sử dụng
2. Hệ thống COP bao gồm điện năng tiêu thụ của động cơ máy nén, máy bơm nước lạnh, máy bơm tháp giải nhiệt, quạt và những thiết bị khác
3. Biểu đồ phụ tải là rất quan trọng để hiểu nhu cầu làm mát / làm lạnh hệ thống quanh năm
4. Tính toán chi phí vận hành nhà máy làm lạnh sẽ yêu cầu Biểu đồ phụ tải, giờ vận hành, COP và chi phí điện năng
5. Nhà sản xuất chiller thiết kế, xác định và thử nghiệm chiller
6. SCOP được sử dụng phổ biến nhất để xác định xếp hạng (trung bình)



3 TÍNH TOÁN HIỆU SUẤT ĐƠN VỊ & HỆ THỐNG

- 3.1 Thang đo hiệu quả hệ thống
- 3.2 Biểu đồ phụ tải
- 3.3 Hiệu quả năng lượng theo mùa
- 3.4 Thang đo hiệu suất bổ sung

29

3.4 Thang đo hiệu suất bổ sung

- Nói chung cần thiết để phân tích chi tiết hơn
- Nên đánh giá định kỳ (nếu không liên tục)
- Cung cấp các đường cơ sở đảm bảo và xác định vấn đề trước khi thất bại
- Thuật toán SMART có thể triển khai các thang đo này để đạt được theo đường xu hướng hiệu suất
 - Điều khiển phản hồi vòng kín được lập trình vào bộ điều khiển hệ thống CR nhằm tối ưu hóa hoạt động của hệ thống CR theo thời gian thực

Dữ liệu vận hành nhà máy CR

- Có một số điểm dữ liệu khác nhau cần thiết để đánh giá nhà máy làm lạnh
 - Nhiệt độ nước ra vào thiết bị ngưng tụ/bay hơi
 - Lưu lượng nước/ độ chênh áp qua thiết bị ngưng tụ/bay hơi
 - Áp suất môi chất lạnh của thiết bị bay hơi và ngưng tụ
 - Nhiệt độ hút và đẩy của máy nén
 - Ampe, Vôn và Hệ số công suất (kW đầu vào) hoặc dữ liệu tương đương về mã lực của tuabin hơi
- Dữ liệu này có thể được thu thập định kỳ
 - Thủ công thông qua nhật ký
 - Bởi BAS/EMS

31

Hiệu chuẩn và độ chính xác của cảm biến

- Để tính toán số liệu hiệu suất hệ thống CR, dữ liệu vận hành phải chính xác
- Tất cả các cảm biến đều sai số theo thời gian
- Cần phải hiệu chuẩn thường xuyên
- Độ chính xác của cảm biến:
 - Cảm biến nhiệt độ phải chính xác đến $0,05^{\circ}\text{C}$
 - Áp suất chênh lệch (dP) phải chính xác đến $0,1\text{ kPa}$
 - Lưu lượng nước phải chính xác trong khoảng $0,5\%$
 - Áp suất môi chất lạnh phải chính xác trong khoảng $0,5\%$

Đo nhiệt độ

- Các loại khác nhau
 - Nhiệt kế
 - Cặp nhiệt điện
 - RTD
 - Súng/máy ảnh hồng ngoại



- Việc đo chênh lệch được thực hiện thông qua cặp nhiệt
- Tính toán phụ tải yêu cầu “chênh lệch ở nhiệt độ” – do đó độ chính xác rất quan trọng

33

Đo áp suất

- Phổ biến nhất
 - Ống bourdon
 - điện dung
- Cảm biến áp suất được sử dụng rất thường xuyên để theo dõi dữ liệu
- Các thiết bị giám sát áp suất sẽ yêu cầu phạm vi cụ thể - cần phải hiểu phạm vi hoạt động của máy làm lạnh



Đo lưu lượng

- Có nhiều loại lưu lượng kế khác nhau
 - Tấm chắn/ thanh Annubar / Ống Pitot
 - Kiểu tuabin
 - Kiểu xoáy
 - Đồng hồ điện tử
 - Siêu âm (không xâm nhập)
 - Coriolis, v.v.



- Lưu lượng cũng có thể được đo bằng cách sử dụng độ chênh áp trong bộ trao đổi nhiệt và so sánh nó với lưu lượng thiết kế và độ chênh áp thiết kế

$$\text{Lưu lượng}_{\text{thực tế}} = \text{Lưu lượng}_{\text{thiết kế}} \times \sqrt{\frac{\Delta P_{\text{thực tế}}}{\Delta P_{\text{thiết kế}}}}$$

35

Đo công suất

- Đồng hồ đo công suất là thiết bị phổ biến để đo công suất
- Nó sẽ yêu cầu các phép đo đồng thời của
 - Dòng điện trên mỗi pha
 - Điện áp trên mỗi pha
 - hệ số công suất
- Ước tính bậc nhất có thể được thực hiện từ các phép đo hiện tại
- Đầu dò dòng điện (CT) rất phổ biến

POWER LOGGER



This device helps you directly measure energy consumption, which can be converted into costs. It also logs data to provide electric consumption trends.

CURRENT TRANSFORMER



Use this device with a data logger to quantify the electric current flowing to a component or system and identify wasted energy.

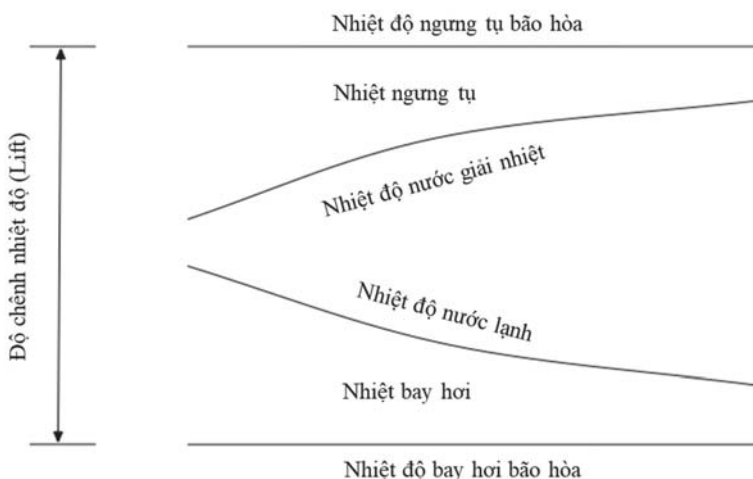


Thang đo hiệu suất hệ thống CR tổng quát

- **Hiệu suất tổng thể của hệ thống CR**
 - Tổng tải lạnh
 - Tổng kW (bao gồm máy làm lạnh và thiết bị phụ trợ)
- **Hệ thống CR / Đơn vị chênh lệch nhiệt độ (lift)**
- **Hiệu suất đơn vị CR**
 - Hiệu suất chu trình Carnot
 - Hiệu suất thực tế của máy làm lạnh (COP)
- **Hiệu suất đẳng entropy của máy nén**
 - Nhiệt độ hút và xả
 - Áp suất hút và xả
- **Hiệu suất trao đổi nhiệt**
 - Chênh lệch nhiệt độ (chênh lệch tiếp cận)
 - ΔT đối với nước lạnh và nước giải nhiệt

Độ chênh nhiệt độ thiết bị / hệ thống CR (CR System / Unit Lift)

- Sự khác biệt giữa nhiệt độ ngưng tụ bão hòa và nhiệt độ hút bão hòa (bay hơi)



Hiệu quả chu trình Carnot

- Hệ số hiệu suất lý tưởng (COP)
 - Hiệu quả của Carnot
 - CHỈ phụ thuộc vào nhiệt độ nước lạnh cấp và nhiệt độ thải nhiệt

$$\text{Carnot COP} = \frac{T_{\text{nước lạnh}}}{T_{\text{thải}} - T_{\text{nước lạnh}}}$$

- Tất cả nhiệt độ phải ở thang nhiệt độ tuyệt đối (K)
 - Nhiệt độ tuyệt đối (K) = Nhiệt độ (°C) + 273,15

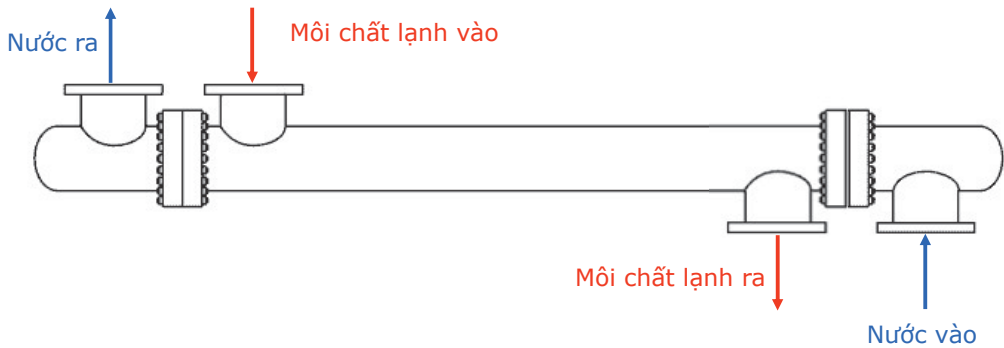
39

Hiệu suất đẳng entropy của máy nén

- Thông tin cần thiết
 - Nhiệt độ hút và đẩy
 - Áp suất hút và đẩy
- So sánh công thực hiện bởi máy nén lý tưởng (đẳng entropic) so với máy nén thực tế
- Đo năng lượng bị mất khi tăng nhiệt độ so với chỉ tăng áp suất
- Hiệu suất thấp hơn có nghĩa là nhiệt độ cuối tầm nén (xả) của máy nén cao hơn và công suất máy nén cao hơn!

Bộ trao đổi nhiệt

- Nguyên lý bảo toàn năng lượng
 - Định luật nhiệt động thứ nhất
 - Dòng năng lượng vào = Dòng năng lượng ra



41

Bộ trao đổi nhiệt

- Hiệu suất trao đổi nhiệt
 - Thông tin thiết kế
 - Nhiệt độ hoạt động, áp suất, dòng chảy
 - Thông tin môi chất
 - Diện tích trao đổi nhiệt, chênh lệch nhiệt độ trung bình logarit, hệ số bám bẩn, hệ số truyền nhiệt tổng thể (U)
 - Phụ tải nhiệt
- Độ chênh lệch nhiệt độ trung bình logarit (LMTD)
 - Xác định động lực có sẵn cho quá trình truyền nhiệt
 - LMTD cao hơn hàm ý sự kém hiệu quả và tổn thất năng lượng

Bộ trao đổi nhiệt

- Nhiệt độ tiếp cận môi chất lạnh (RAT)
 - $RAT = \text{Tuyệt đối (Nhiệt độ nước ra - Nhiệt độ bão hòa môi chất lạnh)}$
- Nhiệt độ bão hòa môi chất lạnh đề cập đến chất làm lạnh nhận nhiệt (thiết bị bay hơi) hoặc giải nhiệt (thiết bị ngưng tụ)
- Mỗi thiết bị CR đều có thông số RAT thiết kế đầy tải của nhà sản xuất thiết bị bay hơi và thiết bị ngưng tụ
- Khi RAT tăng đối với cùng một tải nhiệt, điều đó cho thấy sự gia tăng cầu cận của bộ trao đổi nhiệt (điện trở truyền nhiệt)

43



Các điểm chính / Các hạng mục cần thực hiện

1. Tính toán hiệu suất vận hành thực tế cho hệ thống CR sẽ yêu cầu thông tin về nhiệt độ, áp suất, lưu lượng và nguồn điện
2. Điều quan trọng là phải tính toán cả hiệu suất vận hành hệ thống sản xuất nước lạnh và chiller riêng lẻ
3. Các số thang đo quả khác của hệ thống sản xuất nước lạnh bao gồm: Độ chênh nhiệt độ, hiệu suất máy nén đẳng entropy, hiệu suất trao đổi nhiệt, v.v.
4. Tác động bám bản trong bộ trao đổi nhiệt phải được xác định và liên quan đến việc giảm COP và tăng chi phí vận hành
5. Nhiệt độ tiếp cận môi chất lạnh (RAT) đóng vai trò là “đại diện” tốt cho LMTD (động lực)



- 1 CƠ BẢN
- 2 CÔNG CỤ PHẠM VI LẠNH CÔNG NGHIỆP & LÀM MÁT QUY MÔ LỚN (CRST)
- 3 TÍNH TOÁN HIỆU SUẤT ĐƠN VỊ & HỆ THỐNG
- 4 CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH (CWSAT)**
- 5 CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG (EE) TRONG HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH
- 6 MÁY LẠNH – QUÁ KHỨ, HIỆN TẠI & TƯƠNG LAI
- 7 HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 8 MÔ HÌNH HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 9 CƠ HỘI EE TRONG HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 10 NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP TỐI ƯU HỆ THỐNG CR
- 11 CÔNG CỤ PHẦN MỀM EE KHÁC CHO HỆ THỐNG CR
- 12 HỆ THỐNG CR THẾ HỆ TIẾP THEO
- 13 KẾT LUẬN

4 CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH (CWSAT)

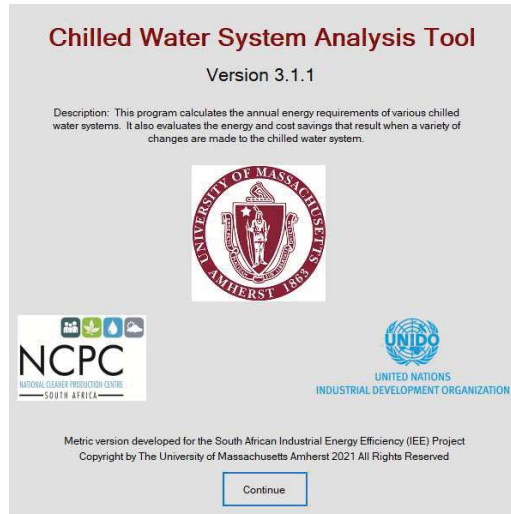
4.1 Cài đặt CWSAT (Phiên bản SI – Metric)

4.2 Đánh giá CWSAT

4.3 Bài tập dành cho học viên – Xây dựng mô hình cơ sở của hệ thống CR

Lời cảm ơn: Tiến sĩ Dragoljub (Beka) Kosanovic
Đại học Massachusetts, Amherst, Hoa Kỳ

4.1 Cài đặt CWSAT (phiên bản SI-Metric)



3

Cài đặt CWSAT

- Có sẵn trong lớp trên ổ USB
- Yêu cầu hệ thống tối thiểu
 - PC chạy Windows
- Giải nén tất cả các tệp từ thư mục nén và lưu trữ trong thư mục CWSAT_SI
- Có thể cần quyền truy cập để sử dụng
- CWSAT (SI – Metric version) được phát triển bằng nguồn tài trợ từ NCPC-SA và Dự án UNIDO IEE



4

CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH (CWSAT)

4.1 Cài đặt CWSAT (Phiên bản SI – Metric)

4.2 Đánh giá CWSAT

4.3 Bài tập dành cho học viên – Xây dựng mô hình cơ sở của hệ thống CR

5

4.2 Đánh giá CWSAT



6

GIỚI THIỆU CWSAT

- Hệ thống nước lạnh trung tâm có thể chiếm từ 1/4 đến 1/3 mức tiêu thụ năng lượng của cơ sở.
- Mục tiêu chính của bất kỳ hệ thống làm mát nào
 - Cung cấp đủ khả năng làm mát cho quy trình hoặc nhu cầu tiện nghi.
 - Giảm tiêu thụ năng lượng của hệ thống nước lạnh
- CWSAT KHÔNG nhằm mục đích xác định mức sử dụng năng lượng của hệ thống đến từng kWh cuối cùng
- CWSAT IS nhằm mục đích hướng nỗ lực phân tích vào các cơ hội giảm chi phí khả thi nhất

7

Công cụ phân tích hệ thống nước lạnh (CWSAT – Phiên bản SI Metric)



**The University of Massachusetts College of Engineering
Department of Mechanical & Industrial Engineering**



**The University of Massachusetts Industrial Assessment Center
funded by the U.S. Department of Energy**



The Center for Energy Efficiency & Renewable Energy

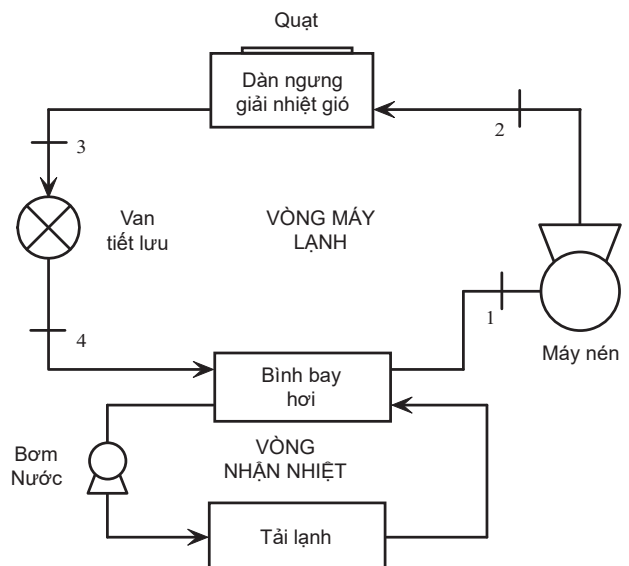


TỪ VIẾT TẮT

- CHWS: Nước lạnh cấp
- CHWR: Nước lạnh hồi
- CWS: Nước giải nhiệt cấp
- CWR: Nước giải nhiệt hồi
- FLE: Hiệu suất đầy tải

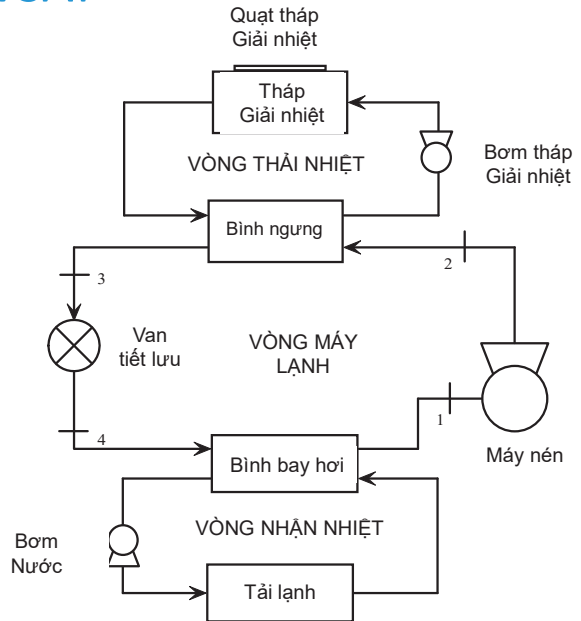
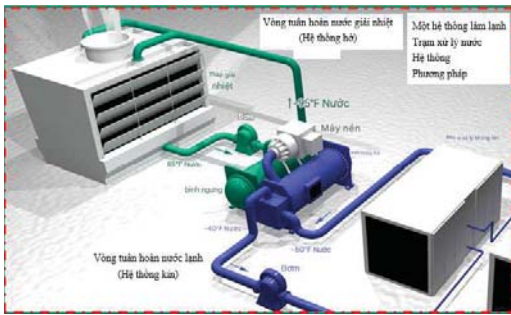
Cấu hình hệ thống CWSAT

- Hệ thống chiller giải nhiệt gió



Cấu hình hệ thống CWSAT

- Chiller giải nhiệt nước



11

Các loại thiết bị được hỗ trợ CWSAT



- Chiller nén hơi (Ly tâm, pittông, pittông và trục vít đôi)
- Thiết bị ngưng tụ giải nhiệt gió hoặc nước
- Tháp giải nhiệt tiếp xúc trực tiếp
- Tháp giải nhiệt theo luồng không khí (dòng chảy ngang hoặc dòng chảy ngược chiều)
- Thiết bị bay hơi dạng ống vỏ (các thiết kế khác được giới hạn cho các ứng dụng công suất thấp)
- Cấu hình điều khiển bơm đơn giản trên mạch sơ cấp

Các loại thiết bị CWSAT KHÔNG được hỗ trợ



- Máy lạnh hấp thụ
- Máy nén trục vít đơn, xoắn ốc hoặc máy nén Troichoidal
- Thiết bị ngưng tụ kiểu bay hơi
- Tháp giải nhiệt kiểu ướt/khô hoặc kiểu khô
- Tháp giải nhiệt tự nhiên hoặc tưới
- Mạch bơm thứ cấp (trên vòng nước lạnh hoặc nước ngưng tụ)
- Chiller nối tiếp

13

Tính toán năng lượng CWSAT

- **Chillers**
 - Sử dụng danh mục và dữ liệu của nhà sản xuất để tuân theo các đường cong hiệu suất
 - Sử dụng mối tương quan để điều chỉnh nhiệt độ nước giải nhiệt thực tế (nếu có) và nhiệt độ nước lạnh
 - Sử dụng lịch trình để xác định số giờ ở mức tải nhất định
- **Tháp giải nhiệt**
 - Sử dụng quy trình lặp lại và mối tương quan hiệu suất nguyên mẫu để xác định năng lượng của quạt
 - Đầu vào tương quan dựa trên dữ liệu thời tiết, tải chiller và lưu lượng bơm giải nhiệt
- **Máy bơm**
 - Sử dụng công suất đầu vào được cung cấp hoặc sử dụng phương trình năng lượng của máy bơm để ước tính công suất và điện năng

Thu thập dữ liệu từ trang web

- Dữ liệu hệ thống cơ bản (Quan sát)
 - Hiểu và quan sát nhu cầu về làm mát/nước lạnh
 - Số lượng chiller & loại chiller (ly tâm, pittông, trực vít)
 - Số lượng máy bơm nước lạnh
 - Số lượng máy bơm nước giải nhiệt
 - Loại hệ thống – giải nhiệt bằng gió hoặc bằng nước
 - Vị trí tháp giải nhiệt
 - Chuyên dụng
 - Cung cấp cho các quá trình khác
 - Số lượng tháp giải nhiệt/ dàn ngưng giải nhiệt gió



15

Thu thập dữ liệu từ trang web

- Bảng dữ liệu
 - Nhà sản xuất và số model chiller
 - Công suất làm lạnh (kW)
 - Hiệu quả
 - Tuổi thọ
 - Nhà sản xuất và số model Tháp giải nhiệt
 - Kích thước tháp (kW)
 - Hiệu quả
 - Loại tháp (# quạt/# ô/điều khiển động cơ)
 - Máy bơm & Nhà sản xuất động cơ máy bơm & số model
 - Đường cong hiệu suất (tốc độ dòng chảy, hiệu suất)
 - Động cơ kW & Hiệu suất



Thu thập dữ liệu từ trang web

- Thông số vận hành chung
(thu thập qua trao đổi với nhân viên vận hành, bảng điều khiển chiller, cảm biến nhiệt độ và quan sát thực tế)
 - Nhiệt độ nước lạnh cấp (điểm đặt)
 - Nhiệt độ nước giải nhiệt cấp (điểm đặt và/hoặc chiến lược)
 - Kiểm soát lưu lượng nước lạnh cấp (không đổi hoặc thay đổi, hệ thống sơ cấp/thứ cấp)
 - Kiểm soát lưu lượng nước giải nhiệt cấp (không đổi hoặc thay đổi, sử dụng bộ trao đổi nhiệt)



17

Linh kiện hệ thống nước lạnh

- Các thành phần được CWSAT phân tích
 - Các loại chillers:
 - Ly tâm
 - Xoắn ốc / trục vít
 - Pit tông
 - Các loại bình ngưng:
 - Làm mát bằng nước bằng tháp giải nhiệt
 - Làm mát bằng gió
 - Thiết bị khác:
 - Máy bơm
 - Quạt
 - Đường ống & Van
 - Bộ trao đổi nhiệt



Ảnh chụp màn hình ĐẦU VÀO CWSAT

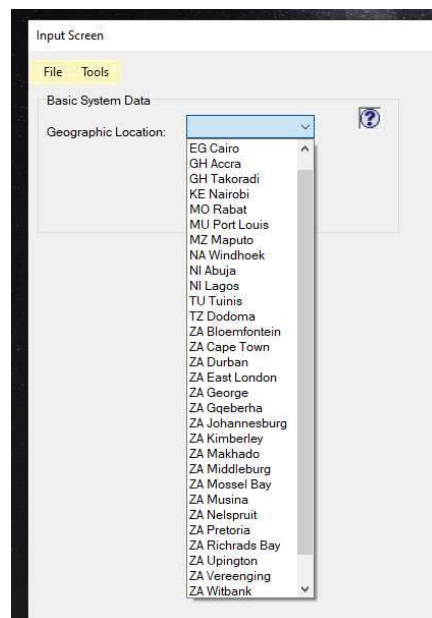
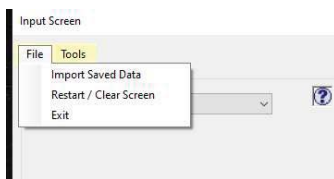
- Vị trí địa lý
- Mô tả hệ thống
- Thiết lập giải nhiệt
- Thiết lập máy bơm
 - Nước lạnh
 - Nước giải nhiệt (nếu có)
- Thiết lập chiller
 - Mặc định
 - Tùy chỉnh
- Chi phí tiện ích
- Lịch trình hoạt động & hồ sơ tải

Nhấp vào nút “OK” để chuyển sang khỏi nhập liệu tiếp theo

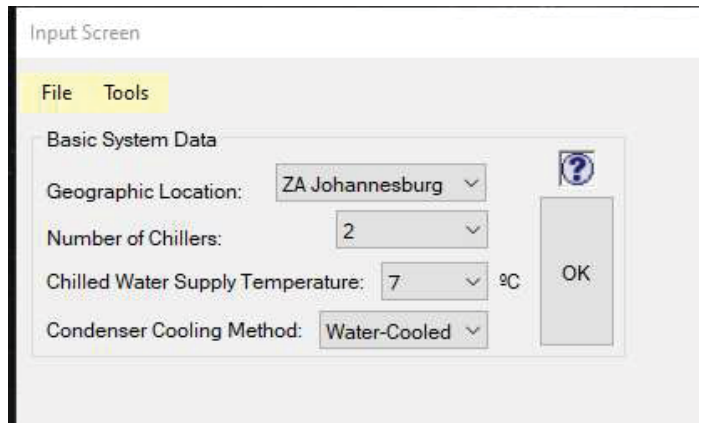
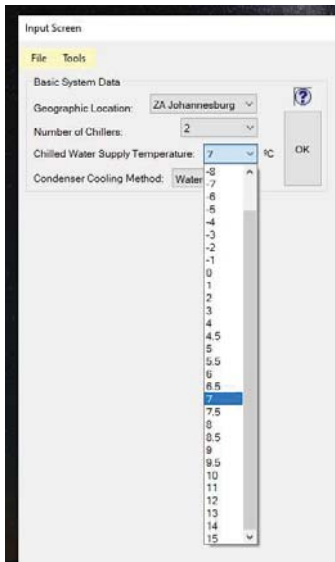


19

Ảnh chụp màn hình của đầu vào CWSAT

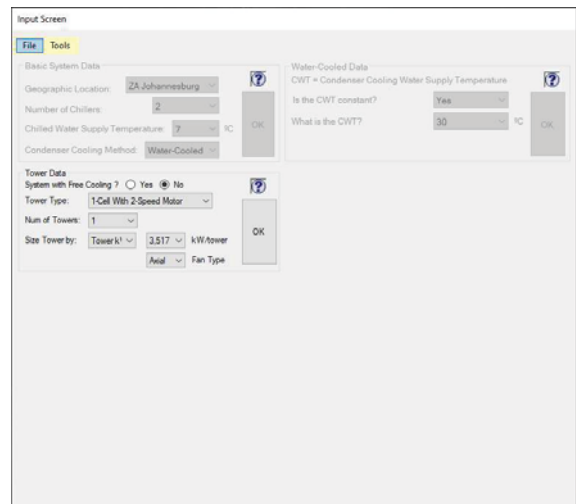
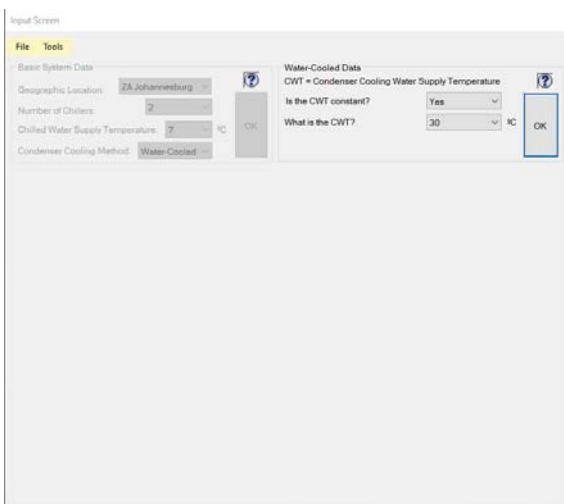


Ảnh chụp màn hình của đầu vào CWSAT



21

Ảnh chụp màn hình của đầu vào CWSAT



22

Ảnh chụp màn hình của đầu vào CWSAT

Input Screen

File Tools

Basic System Data

Geographic Location: ZA Johannesburg

Number of Chillers: 2

Chilled Water Supply Temperature: 7 °C

Condenser Cooling Method: Water-Cooled

Water-Cooled Data

CWT = Condenser Cooling Water Supply Temperature

Is the CWT constant? Yes

What is the CWT? 30 °C

Tower Data

System with Free Cooling? Yes No

Tower Type: 1-Cell With 2-Speed Motor

Num of Towers: 1

Size Tower by: Tower k1 3.517 kW/tower

Axial Fan Type

Pump Data

	CHW	CW
Variable Flow?	No	No
Flow Rate (l/s/kW):	0.0431	0.0538
Motor Size (kW):	29.84	14.92
Pump Efficiency [%]:	75	75
Motor Efficiency [%]:	85	85

23

Ảnh chụp màn hình của đầu vào CWSAT

Input Screen

File Tools

Basic System Data

Geographic Location: ZA Johannesburg

Number of Chillers: 2

Chilled Water Supply Temperature: 7 °C

Condenser Cooling Method: Water-Cooled

Water-Cooled Data

CWT = Condenser Cooling Water Supply Temperature

Is the CWT constant? Yes

What is the CWT? 30 °C

Tower Data

System with Free Cooling? Yes No

Tower Type: 1-Cell With 2-Speed Motor

Num of Towers: 1

Size Tower by: Tower k1 3.517 kW/tower

Axial Fan Type

Pump Data

	CHW	CW
Variable Flow?	No	No
Flow Rate (l/s/kW):	0.0431	0.0538
Motor Size (kW):	29.84	14.92
Pump Efficiency [%]:	75	75
Motor Efficiency [%]:	85	85

Current Chiller Data

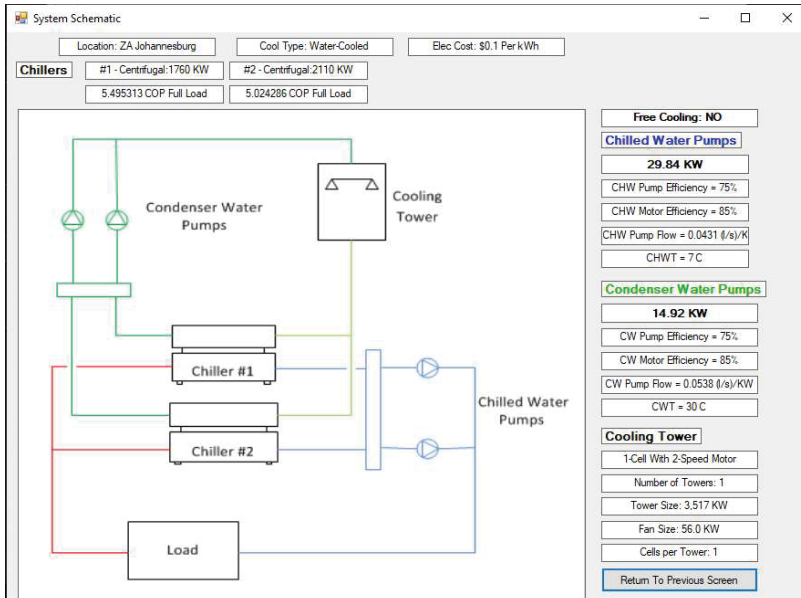
User Chiller? (Y/N)	Compressor/Chiller Type	Full Load Eff Known?	Chiller Capacity (kW)	FLE Value [COP]	Age (Years)
<input checked="" type="radio"/> Y	Centrifugal	Yes	1760	5.49531	5
<input type="radio"/> N	Centrifugal	Yes	2110	5.02428	10

Energy Cost Data

Electricity Cost: 0.10 [\$/kWh]

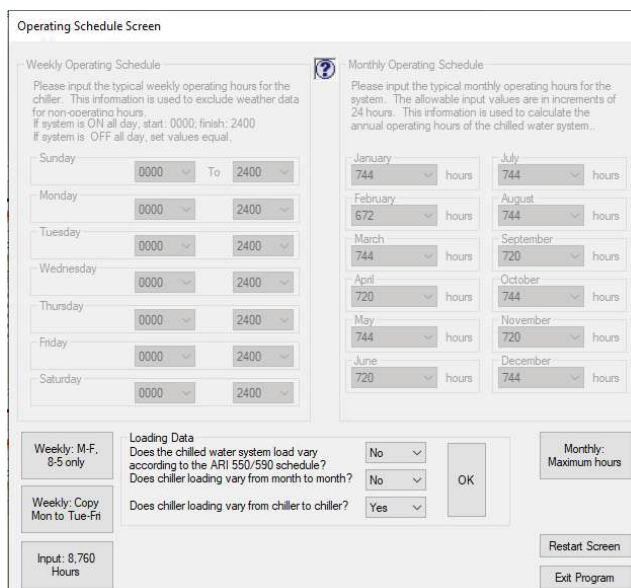
24

Ảnh chụp màn hình của Phân tích CWSAT



25

Ảnh chụp màn hình chi tiết thông tin đầu vào của CWSAT



Ảnh chụp màn hình chi tiết thông tin đầu vào của CWSAT

Loading Schedule Screen

Provide the loading schedule for the chiller(s).

Chiller # Compressor Type Capacity [kW] Age [yrs]

Loading Schedule

Time at: 0% Load 10% Load 20% Load 30% Load 40% Load 50% Load 60% Load 70% Load 80% Load 90% Load 100% Load Total % Load

All Months

Copy	Paste	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="100"/>
------	-------	--------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	----------------------------------

Go To Next Chiller Restart Screen Exit Program

27

Ảnh chụp màn hình của đầu ra CWSAT

Output Screen

Current Chiller System

Basic System Summary

Number of Chillers:

CHWT Setpoint:

Geographic Location:

Condenser Cooling Method:

Tower Summary

Type:

#Towers: Sizing:

Fan Motor kW: kW:

Number of Cells per Tower:

Current Chiller Summary

Compressor	Capacity [kW]	Age [years]	FLE [COP]	
Chiller 1	Centrifugal	1760	5	5.495
Chiller 2	Centrifugal	2110	10	5.024

Water-Cooled Summary

Constant CWT?:

Constant CWT Setpoint:

Pump Summary

	CHW	CW
Variable Flow?:	No	No
Flow Rate [l/s/kW]:	0.0431	0.0538
Motor Size [kW]:	29.84	14.92
Pump Efficiency [%]:	75	75
Motor Efficiency [%]:	85	85

Energy Summary

Chiller Energy: kWh

Tower Energy: kWh

Pump Energy: kWh

Total Energy: kWh

Go To Operating Cost Reduction Screen

Go To Current Chiller Details Screen

Go To Current Tower Details Screen

Go To Current Pump Details Screen

Return to Input Screen

Export to File

Show System Graphic

Show Energy/Cost Graphic

Exit Program

Comments Outtemp

Chi tiết Thông tin

Ảnh chụp màn hình của đầu ra CWSAT

Current Chiller Details Screen

	0% Load	10% Load	20% Load	30% Load	40% Load	50% Load	60% Load	70% Load	80% Load	90% Load	100% Load	Total
Chiller 1: Centrifugal (Rated Capacity: 500.426499857833 tons)												
[COP]:	=	=	4.474	=	=	6.346	=	=	5.880	5.556	5.242	
Hours:	0	0	1,754	0	0	2,626	0	0	2,634	873	873	8,760
Power [kW]:	0.0	0.0	78.7	0.0	0.0	138.7	0.0	0.0	239.4	285.1	335.7	
Energy [kWh]:	0	0	138,008	0	0	364,171	0	0	630,683	248,873	293,083	1,674,818
Chiller 2: Centrifugal (Rated Capacity: 599.943133352289 tons)												
[COP]:	=	=	=	=	=	5.538	=	=	=	=	=	
Hours:	0	0	0	0	0	8,760	0	0	0	0	0	8,760
Power [kW]:	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	190.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Energy [kWh]:	0	0	0	0	0	1,668,78	0	0	0	0	0	1,668,781

[Return to Output Screen](#)

29

Ảnh chụp màn hình của đầu ra CWSAT

Current Pump Details Screen

Chilled Water Pump Summary		Condenser Water Pump Summary	
Variable Flow?:	No	Variable Flow?:	No
Flow Rate [(l/s)/kW]:	0.0431	Flow Rate [(l/s)/kW]:	0.0538
Motor Size (kW):	29.84	Motor Size (kW):	14.92
Pump Efficiency [%]:	75	Pump Efficiency [%]:	75
Motor Efficiency [%]:	85	Motor Efficiency [%]:	85
Chilled Water Pumping Energy [kWh]		Condenser Water Pumping Energy [kWh]	
Constant Flow		Constant Flow	
Chiller 1:	307,528	Chiller 1:	153,764
Chiller 2:	307,528	Chiller 2:	153,764
Total:	615,055	Total:	307,528

[Return to Output Screen](#)

30

Ảnh chụp màn hình của đầu ra CWSAT



31



CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH (CWSAT)

4.1 Cài đặt CWSAT (Phiên bản SI – Metric)

4.2 Đánh giá CWSAT

4.3 Bài tập dành cho học viên – Xây dựng mô hình cơ sở của hệ thống CR

4.3 Bài tập của học viên - CWSAT

Xây dựng mô hình cơ sở của nhà máy sản xuất nước lạnh quy mô lớn



33

Mục đích bài tập của học viên

- Cung cấp sự hiểu biết về một hệ thống nước làm lạnh công nghiệp thực tế
- Bài tập thực hành để chứng minh hoạt động và chức năng của CWSAT trong tình huống thực tế
- Bắt đầu từ những điều cơ bản, đi sâu vào chi tiết và xây dựng “Mô hình cơ bản” cho hệ thống nước lạnh trung tâm
- Học viên sẽ học cách lập mô hình nhà máy nước lạnh của riêng mình và phát triển cơ sở về mức tiêu thụ năng lượng cũng như phân tích năng lượng tiêu thụ của các hệ thống phụ riêng lẻ.

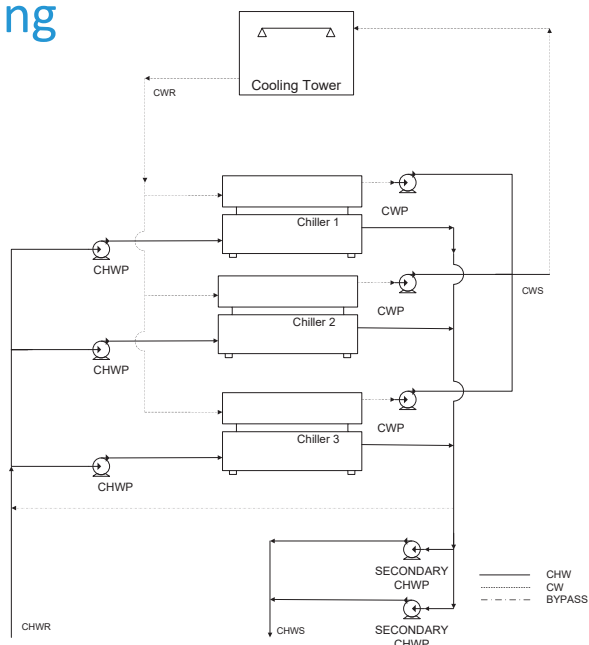
Mô tả hệ thống nước lạnh

- Khu liên hợp công nghiệp – Johannesburg, SA
 Hệ thống cung cấp nước lạnh cho quá trình sản xuất và điều hòa không khí cho hai cơ sở sản xuất sản phẩm đúc nhựa phục vụ ngành bán dẫn

Hệ thống nước lạnh:

- Giải nhiệt nước
- 10 tuổi
- 3 máy làm lạnh
- Tháp 2 cell 1 tốc độ (1)
- Hệ thống phân phối nước lạnh sơ cấp / thứ cấp

Sơ đồ hệ thống



Thông tin hệ thống

- Máy làm lạnh:
 - Điểm đặt nước lạnh – 6,5°C
 - Điểm đặt nước giải nhiệt – 25°C

Input Screen

File Tools

Basic System Data

Geographic Location: ZA Johannesburg

Number of Chillers: 3

Chilled Water Supply Temperature: 6.5 °C

Condenser Cooling Method: Water-Cooled

Water-Cooled Data

CWT = Condenser Cooling Water Supply Temperature

Is the CWT constant? Yes

What is the CWT? 25 °C

OK

Thông tin hệ thống

- Tháp giải nhiệt
 - 1 Tháp có động cơ 2 cell và 1 tốc độ
 - Công suất định mức của tháp - 5276 kW

Input Screen

File Tools

Basic System Data

Geographic Location: ZA Johannesburg

Number of Chillers: 3

Chilled Water Supply Temperature: 6.5 °C

Condenser Cooling Method: Water-Cooled

Water-Cooled Data

CWT = Condenser Cooling Water Supply Temperature

Is the CWT constant? Yes

What is the CWT? 25 °C

Tower Data

System with Free Cooling? Yes No

Tower Type: 2-Cell With 1-Speed Motors

Num of Towers: 1

Size Tower by: Tower k¹ 5,276 kW/tower

Unknc Fan Type

OK

Thông tin hệ thống con

- Máy bơm nước lạnh
 - Sơ cấp
 - Tốc độ không đổi 3 x 15 kW
 - Lưu lượng định mức dựa trên 0,043 l/s/kW
 - Thứ cấp
 - Tốc độ thay đổi 2 x 25 kW

- Máy bơm nước giải nhiệt
 - Tốc độ không đổi 3 x 10 kW
 - Lưu lượng định mức dựa trên 0,054 l/s/kW



Thông tin thành phần hệ thống

Input Screen

File		Tools	
Basic System Data			
Geographic Location:	ZA Johannesburg	?	
Number of Chillers:	3	OK	
Chilled Water Supply Temperature:	6.5 °C	OK	
Condenser Cooling Method:	Water-Cooled	OK	
Water-Cooled Data			
CWT = Condenser Cooling Water Supply Temperature			
Is the CWT constant?	Yes	?	
What is the CWT?	25 °C	OK	
Tower Data			
System with Free Cooling?	<input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	?	
Tower Type:	2-Cell With 1-Speed Motors	OK	
Num of Towers:	1	OK	
Size: Tower by:	Tower k1	5.276 kW/tower	Unknc Fan Type
Pump Data			
	CHW	CW	?
Variable Flow?	No	No	OK
Flow Rate [(l/s)/kW]:	0.0431	0.0538	OK
Motor Size (kW):	Unknown	Unknown	OK
Pump Efficiency [%]:	75	75	OK
Motor Efficiency [%]:	85	85	OK

Thông tin hệ thống

- Chillers:
 - 2 máy ly tâm và 1 máy trục vít (tốc độ không đổi)
 - Máy ly tâm - mỗi máy 2.640 kW
 - Trục vít - 705 kW
 - Hiệu suất đầy tải định mức (COP)
 - Máy ly tâm - 5,41
 - Trục vít – 4,69
 - Tuổi: 10 năm
 - Điểm đặt nước lạnh – 6,5°C
 - Điểm đặt nước giải nhiệt – 25°C

Thông tin hệ thống

Input Screen

File Tools

Basic System Data

Geographic Location: ZA Johannesburg ?

Number of Chillers: 3 OK

Chilled Water Supply Temperature: 6.5 °C OK

Condenser Cooling Method: Water-Cooled OK

Water-Cooled Data

CWT = Condenser Cooling Water Supply Temperature ?

Is the CWT constant? Yes OK

What is the CWT? 25 °C OK

Tower Data

System with Free Cooling? Yes No ?

Tower Type: 2-Cell With 1-Speed Motors OK

Num of Towers: 1 OK

Size Tower by: Tower kW: 5.276 kW/tower OK

Pump Data

	CHW	CW	
Variable Flow?	No	No	?
Flow Rate [l/s/kW]:	0.0431	0.0538	
Motor Size [kW]:	Unknown	Unknown	OK
Pump Efficiency [%]:	75	75	
Motor Efficiency [%]:	85	85	

Current Chiller Data

User Chiller ? (Y/N)	Compressor/Chiller Type	Full Load Eff Known?	Chiller Capacity [kW]	FLE Value [COP]	Age [Years]	
<input type="radio"/> Y <input checked="" type="radio"/> N	Centrifugal	Yes	2640	5.41	10	OK
<input type="radio"/> Y <input checked="" type="radio"/> N	Centrifugal	Yes	2640	5.41	10	
<input type="radio"/> Y <input checked="" type="radio"/> N	Helical Rotary	Yes	705	4.69	10	

Thông tin hệ thống

Input Screen : Class_Demo

File Tools

Basic System Data

Geographic Location: ZA Johannesburg

Number of Chillers: 3

Chilled Water Supply Temperature: 6.5 °C

Condenser Cooling Method: Water-Cooled

Water-Cooled Data

CWT = Condenser Cooling Water Supply Temperature

Is the CWT constant? Yes

What is the CWT? 25 °C

Tower Data

System with Free Cooling? Yes No

Tower Type: 2-Cell With 1-Speed Motors

Num of Towers: 1

Size Tower by: Tower k¹ 5276.1 kW/tower

Pump Data

	CHW	CW
Variable Flow?	No	No
Flow Rate [l/s]/kW:	0.0431	0.0538
Motor Size (kW):	Unknown	Unknown
Pump Efficiency [%]:	75	75
Motor Efficiency [%]:	85	85

Current Chiller Data

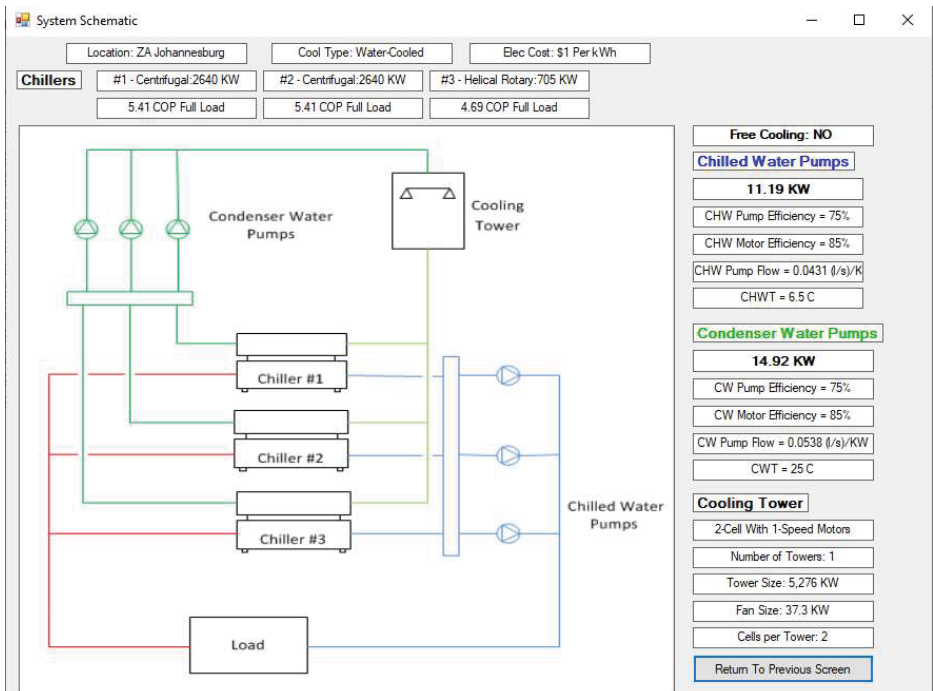
User Chiller ? (Y/N)	Compressor/Chiller Type	Full Load Eff Known?	Chiller Capacity [kW]	FLE Value [COP]	Age [Years]
<input type="radio"/> Y <input checked="" type="radio"/> N	Centrifugal	Yes	2640	5.41	10
<input type="radio"/> Y <input checked="" type="radio"/> N	Centrifugal	Yes	2640	5.41	10
<input type="radio"/> Y <input checked="" type="radio"/> N	Helical Rotary	Yes	705	4.69	10

Energy Cost Data

Electricity Cost: 1.00 [\$/kWh]

Sử dụng R/kWh

Sơ đồ hệ thống



Lịch hoạt động

Operating Schedule Screen

Weekly Operating Schedule

Please input the typical weekly operating hours for the chiller. This information is used to exclude weather data for non-operating hours.
If system is ON all day, start: 0000; finish: 2400.
If system is OFF all day, set values equal.

Sunday	0000	To	2400
Monday	0000		2400
Tuesday	0000		2400
Wednesday	0000		2400
Thursday	0000		2400
Friday	0000		2400
Saturday	0000		2400

Monthly Operating Schedule

Please input the typical monthly operating hours for the system. The allowable input values are in increments of 24 hours. This information is used to calculate the annual operating hours of the chilled water system...

January	744	hours	July	744	hours
February	672	hours	August	744	hours
March	744	hours	September	720	hours
April	720	hours	October	744	hours
May	744	hours	November	720	hours
June	720	hours	December	744	hours

45

Lịch hoạt động

Weekly Operating Schedule

Please input the typical weekly operating hours for the chiller. This information is used to exclude weather data for non-operating hours.
If system is ON all day, start: 0000; finish: 2400.
If system is OFF all day, set values equal.

Sunday	0000	To	2400
Monday	0000		2400
Tuesday	0000		2400
Wednesday	0000		2400
Thursday	0000		2400
Friday	0000		2400
Saturday	0000		2400

Monthly Operating Schedule

Please input the typical monthly operating hours for the system. The allowable input values are in increments of 24 hours. This information is used to calculate the annual operating hours of the chilled water system...

January	744	hours	July	744	hours
February	672	hours	August	744	hours
March	744	hours	September	720	hours
April	720	hours	October	744	hours
May	744	hours	November	720	hours
June	720	hours	December	744	hours

Weekly: M-F, 8-5 only

Weekly: Copy Mon to Tue-Fri

Input: 8,760 Hours

Loading Data

Does the chilled water system load vary according to the ARI 550/530 schedule?

Does chiller loading vary from month to month?

Does chiller loading vary from chiller to chiller?

Monthly: Maximum hours

Restart Screen

Exit Program

46

Hồ sơ tải mỗi chiller

Loading Schedule Screen

Provide the loading schedule for the chiller(s).

Chiller # Compressor Type Capacity [kW] Age [yrs]

Current Chiller **1** **Centrifugal** **2640** **10**

Loading Schedule

Time at: 0% Load 10% Load 20% Load 30% Load 40% Load 50% Load 60% Load 70% Load 80% Load 90% Load 100% Load Total % Load

All Months

Copy Paste 0 0 0 10 20 20 10 10 10 10 10 100

Loading Schedule Screen : Class_Demo

Provide the loading schedule for the chiller(s).

Chiller # Compressor Type Capacity [kW] Age [yrs]

Current Chiller **2** **Centrifugal** **2640** **10**

Loading Schedule

Time at: 0% Load 10% Load 20% Load 30% Load 40% Load 50% Load 60% Load 70% Load 80% Load 90% Load 100% Load Total % Load

All Months

Copy Paste 0 0 0 10 20 20 10 10 10 10 10 100

47

Hồ sơ tải mỗi chiller

Loading Schedule Screen

Provide the loading schedule for the chiller(s).

Chiller # Compressor Type Capacity [kW] Age [yrs]

Current Chiller **3** **Helical Rotary** **705** **10**

Loading Schedule

Time at: 0% Load 10% Load 20% Load 30% Load 40% Load 50% Load 60% Load 70% Load 80% Load 90% Load 100% Load Total % Load

All Months

Copy Paste 0 0 0 50 0 50 0 0 0 0 0 100

Chiller Loading Schedule												
Chiller	0% load	10% Load	20% load	30% load	40% load	50% load	60% load	70% load	80% load	90% load	100% load	
ARI	0%	0%	1%	5%	13%	23%	26%	19%	9%	3%	1%	

48

Màn hình đầu ra (Đường cơ sở)

Output Screen : Class_Demo

Current Chiller System

Basic System Summary

Number of Chillers: 3
 CHWT Setpoint (°C): 6
 Geographic Location: ZA Johannesburg
 Condenser Cooling Method: Water-Cooled

Tower Summary

Type: 2-Cell With 1-Speed Motors
 #Towers: 1 Sizing: Tower kW
 Fan Motor kW: 37.3 kW: 5,276
 Number of Cells per Tower: 2

Water-Cooled Summary

Constant CWT?: Yes
 Constant CWT Setpoint (°C): 25

Pump Summary

	CHW	CW
Variable Flow?:	No	No
Flow Rate (l/s)/kW:	0.0431	0.0538
Motor Size (kW):	11.19	14.92
Pump Efficiency [%]:	75	75
Motor Efficiency [%]:	85	85

Current Chiller Summary

Compressor	Capacity [kW]	Age [years]	FLE [COP]
Chiller 1 Centrifugal	2640	10	5.410
Chiller 2 Centrifugal	2640	10	5.410
Chiller 3 Helical Rotary	705	10	4.690

Energy Summary

Energy	Cost
Chiller Energy: 5,536,836 kWh	\$5,536,836
Tower Energy: 193,490 kWh	\$193,490
Pump Energy: 807,260 kWh	\$807,260
Total Energy: 6,537,585 kWh	\$6,537,585

Buttons: Go To Operating Cost Reduction Screen, Go To Current Chiller Details Screen, Go To Current Tower Details Screen, Go To Current Pump Details Screen, Return to Input Screen, Export to File, Show System Graphic, Show Energy/Cost Graphic, Exit Program, Comments

Màn hình chi tiết

Thông tin tóm tắt
Chi phí tính bằng ZAR

Màn hình chi tiết vận hành chiller (cơ bản)

Current Chiller Details Screen : Class_Demo

	0% Load	10% Load	20% Load	30% Load	40% Load	50% Load	60% Load	70% Load	80% Load	90% Load	100% Load	Total
Chiller 1: Centrifugal (Rated Capacity: 2640 kW)												
[COP]:	=	=	=	5.388	5.941	6.107	6.107	5.943	5.685	5.378	5.075	
Hours:	0	0	0	881	1,753	1,746	881	873	880	873	873	8,760
Power [kW]:	0.0	0.0	0.0	147.0	177.7	216.1	259.4	311.0	371.5	441.8	520.2	
Energy [kWh]:	0	0	0	129,512	311,590	377,373	228,523	271,463	326,922	385,697	454,122	2,485,202
Chiller 2: Centrifugal (Rated Capacity: 2640 kW)												
[COP]:	=	=	=	5.388	5.941	6.107	6.107	5.943	5.685	5.378	5.075	
Hours:	0	0	0	881	1,753	1,746	881	873	880	873	873	8,760
Power [kW]:	0.0	0.0	0.0	147.0	177.7	216.1	259.4	311.0	371.5	441.8	520.2	
Energy [kWh]:	0	0	0	129,512	311,590	377,373	228,523	271,463	326,922	385,697	454,122	2,485,202
Chiller 3: Helical Rotary (Rated Capacity: 705 kW)												
[COP]:	=	=	=	4.033	=	4.585	=	=	=	=	=	
Hours:	0	0	0	4,380	0	4,380	0	0	0	0	0	8,760
Power [kW]:	0.0	0.0	0.0	52.4	0.0	76.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Energy [kWh]:	0	0	0	229,677	0	336,757	0	0	0	0	0	566,433

Màn hình chi tiết vận hành máy bơm (Cơ sở)

Current Pump Details Screen : Class_Demo

Chilled Water Pump Summary		Condenser Water Pump Summary	
Variable Flow?:	No	Variable Flow?:	No
Flow Rate [(l/s)/kW]:	0.0431	Flow Rate [(l/s)/kW]:	0.0538
Motor Size (kW):	11.19	Motor Size (kW):	14.92
Pump Efficiency [%]:	75	Pump Efficiency [%]:	75
Motor Efficiency [%]:	85	Motor Efficiency [%]:	85

Chilled Water Pumping Energy [kWh]		Condenser Water Pumping Energy [kWh]	
Constant Flow		Constant Flow	
Chiller 1:	115,323	Chiller 1:	153,764
Chiller 2:	115,323	Chiller 2:	153,764
Chiller 3:	115,323	Chiller 3:	153,764
Total:	345,969	Total:	461,291

[Return to Output Screen](#)

51

Màn hình chi tiết vận hành tháp giải nhiệt (Cơ sở)

Current Tower Details Screen : Class_Demo

Tower Summary	
Type of Tower:	2-Cell With 1-Speed Motors
Number of Towers:	1
Number of Cells per Tower:	2
Tower Sized by:	Tower kW
Tower kW:	5276
Fan Motor Size (kW):	37.3
Fan CWT Setpoint Not Achieved:	85

Tower Energy Summary							
WB Bin:	WB < 1 °C	1 - 7 °C	7 - 13 °C	13 - 19 °C	19 - 25 °C	WB > 25 °C	Total
Hours:	508	1,775	2,516	3,430	531	0	8,760
Energy [kWh]:	0	770	31,796	126,184	34,741	0	193,490

Note: Tower calculations are made on an hourly basis. Bins are shown here for brevity

[Return to Output Screen](#)

Đồ họa tổng thể về năng lượng và chi phí vận hành (Cơ sở)



Lưu tệp Mô hình cơ sở

The image shows a 'Save As' dialog box for a file named 'Class_Demo' in the 'CWSAT_SI' folder. The file is a text document created on 9/29/2021 at 5:26 PM. To the left, a sidebar menu contains several options, with 'Export to File' highlighted by a red circle.

Các chủ đề bổ sung CWSAT

- Cài đặt và vị trí/sử dụng thư mục thời tiết
- Độ nhạy đầu vào
- Đầu ra tệp văn bản theo theo giờ
- Màn hình kết quả chi tiết
- Lợi ích của công cụ:
 - Phân phối tiêu thụ năng lượng theo mục đích sử dụng cuối cùng
 - Xác định các khu vực cần kiểm tra
 - Phân tích các giả định

- 1 CƠ BẢN
- 2 CÔNG CỤ PHẠM VI LẠNH CÔNG NGHIỆP & LÀM MÁT QUY MÔ LỚN (CRST)
- 3 TÍNH TOÁN HIỆU SUẤT ĐƠN VỊ & HỆ THỐNG
- 4 CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH (CWSAT)
- 5 **CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG (EE) TRONG HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH**
- 6 MÁY LẠNH – QUÁ KHỨ, HIỆN TẠI & TƯƠNG LAI
- 7 HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 8 MÔ HÌNH HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 9 CƠ HỘI EE TRONG HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 10 NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP TỐI ƯU HỆ THỐNG CR
- 11 CÔNG CỤ PHẦN MỀM EE KHÁC CHO HỆ THỐNG CR
- 12 HỆ THỐNG CR THẾ HỆ TIẾP THEO
- 13 KẾT LUẬN

5

CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG TRONG HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH

- 5.1 Kiểm soát nhiệt độ điểm đặt của tháp giải nhiệt
- 5.2 Kiểm soát nhiệt độ cài đặt đầu cuối (nước lạnh)
- 5.3 Giải nhiệt gió và giải nhiệt nước
- 5.4 Giảm tải lạnh
- 5.5 Vận hành tối đa hóa hiệu suất hệ thống Chiller

Lời cảm ơn: Tiến sĩ Dragoljub (Beka) Kosanovic
Đại học Massachusetts, Amherst, Hoa Kỳ

Phương pháp tối ưu hóa hệ thống

- **Phòng ngừa**
 - Xác định các vấn đề trước khi chúng trở nên tốn kém (tránh chi phí)
 - Duy trì hiệu quả tối ưu của hệ thống Chiller
- **Phục hồi**
 - Xác định các vấn đề về truyền nhiệt, ví dụ: lưu lượng nước không đúng thiết kế, bám bẩn hoặc đóng cặn, v.v.
 - Loại bỏ khí không ngưng
 - Duy trì mức độ môi chất lạnh thích hợp
- **Cơ hội**
 - Xác định điểm đặt nước lạnh tối ưu
 - Trình tự vận hành chiller và cân bằng tải
 - Quản lý nước trong tháp giải nhiệt
 - Quản lý nhu cầu cao điểm
 - Bảo trì dựa trên tình trạng so với bảo trì phòng ngừa theo lịch trình

3

Danh sách các cơ hội sử dụng năng lượng hiệu quả

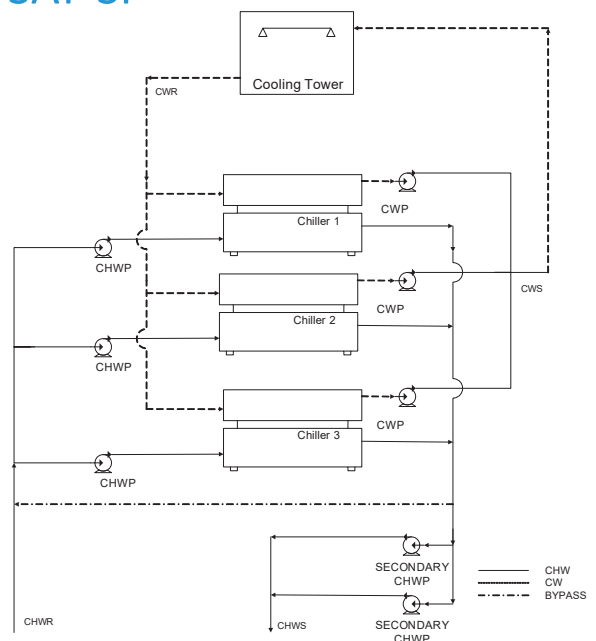
- Thực hiện quản lý nhiệt độ nước tháp giải nhiệt
- Tối ưu hóa cài đặt cho nhiệt độ nước lạnh cấp
- Loại bỏ việc sử dụng nước lạnh không phù hợp
- Duy trì lưu lượng nước tối ưu trong thiết bị bay hơi / bình ngưng
- Làm sạch thiết bị bay hơi / bình ngưng bị bám bẩn và cáu cặn
- Triển khai biến tần cho Chiller, bơm và quạt
- Điều khiển tuần tự chiller để tối ưu hóa hiệu suất
- Triển khai free cooling khi có thể

Danh sách các cơ hội sử dụng năng lượng hiệu quả (tiếp theo)

- Đánh giá các lựa chọn Giải nhiệt nước và giải nhiệt gió
- Loại bỏ khí không ngưng và ẩm
- Thu hồi môi chất lạnh
- Loại bỏ tất cả rò rỉ môi chất lạnh
- Duy trì mức nạp môi chất phù hợp
- Giảm thiểu hiện tượng surging của máy nén
- Duy trì hiệu suất đẳng entropy của máy nén
- Thực hiện chiến lược quản lý tải đỉnh – trữ lạnh
- Đánh giá quá trình tích hợp nhiệt

Hệ thống nước lạnh – CWSAT-SI

- Mở CWSAT-SI
- Tải tập tin mô hình hệ thống
- Xem lại đường cơ sở
 - Sơ đồ nguyên lý
 - Tổng năng lượng và chi phí của hệ thống bao gồm cả hệ thống phụ
- Xác thực dữ liệu
 - Có thể thực hiện nếu có sẵn số liệu năng lượng thực tế của toàn bộ hệ thống và/hoặc các thành phần.
 - Mục tiêu: đảm bảo sai số giữa kết quả mô phỏng và thực tế nằm trong khoảng 10% về cả mức tiêu thụ năng lượng và chi phí.



Các bước tiếp theo với Mô hình cơ sở CWSAT-SI

- Nhiều cơ hội tối ưu hóa hệ thống có thể được mô phỏng bằng cách thiết lập các kịch bản giả định
- CWSAT-SI cho phép thực hiện những thay đổi sau (“Mô hình đã điều chỉnh” hoặc “Đầu vào mới”):
 - Thông số kỹ thuật thiết bị mới
 - Chillers, tháp giải nhiệt, bơm
 - Lắp đặt biến tần
 - Chiller ly tâm, quạt tháp giải nhiệt, bơm
 - Các chiến lược vận hành nước lạnh và nước giải nhiệt khác nhau
 - Chuyển đổi hệ thống giải nhiệt gió sang giải nhiệt nước
 - Sử dụng free cooling khi có thể
 - Trình tự (phối hợp) chillers

7

Màn hình giảm chi phí vận hành

- Đặt các câu hỏi cơ bản để cơ sở hiểu được những thiếu sót
- Phân tích các phương án tiết kiệm năng lượng đơn giản bằng cách sửa đổi một hoặc nhiều đầu vào của hệ thống
- Tính năng này cho phân tích phép giả định “What-If?”

Operating Cost Reduction Opportunities Screen

The operating cost for the chilled water system can be reduced by altering various system parameters. It is generally recommended that each measure be applied alone to gauge the relative benefits of each. Then, multiple measures can be applied to determine the total savings. Potential savings opportunities include:

Increase Chilled Water Temperature Setpoint
 Increase CWT? ▾

Decrease Condenser Cooling Water Supply Temperature
 Decrease CWT? ▾

Use Sliding Condenser Water Temperature
 Use Sliding Temperature? ▾

Apply Variable Speed Control to Chilled and/or Condenser Water Pump(s)
 Apply VSD to CHW Pump? ▾ Apply VSD to CW Pump? ▾

Replace Chiller(s)
 Replace Chiller(s)? ▾

Upgrade Cooling Tower Fan Speed Control
 Upgrade Fan Control? ▾

Use Free Cooling when Possible
 Implement free cooling? ▾

Replace Chiller Refrigerant
 Change Refrigerants? ▾

Install a VSD on each Centrifugal Compressor Motor
 Number of centrifugal chillers: Install VSDs? ▾

8

Màn hình “Mô hình đã điều chỉnh” hoặc “Đầu vào mới”

- Điều này cho phép người dùng thực hiện các điều chỉnh rất cụ thể và có mục tiêu, từ đó có thể định lượng chính xác các cơ hội tiết kiệm năng lượng.
- Nhiều thông số đầu vào và các kịch bản giả định "What-If?" có thể được mô phỏng đồng thời.

New Input Screen : Class_Demo.txt

Basic System Data

Geographic Location: ZA Johannesburg

Chilled Water Supply Temperature: 6.5 °C

Condenser Cooling Method: Water-Cooled

Water-Cooled Data

CWT = Condenser Cooling Water Supply Temperature

Is the CWT constant? Yes

What is the CWT? 25 °C

Tower Data

Tower Type: 2-Cell With 1-Speed Motors

Num of Towers: 1

Size Tower by: Tower kW: 5.275 kW/tower

Axial Fan Type

Pump Data

	CHW	CW
Variable Flow?	No	No
Flow Rate [l/s/A/W]	0.0431	0.0538
Motor Size [kW]	11.19	14.92
Pump Efficiency [%]	75	75
Motor Efficiency [%]	85	85

Proposed Chiller Data

User Chiller ? (Y/N)	Compressor Type	Full Load Eff Known?	Chiller Capacity [kW]	FLE Value [COP]	Age [Years]
Chiller 1	Centrifugal	Yes	2640	0.65009	10
Chiller 2	Centrifugal	Yes	2640	0.65009	10
Chiller 3	Helical Rotary	Yes	705	0.74989	10

Energy Cost Data

Electricity Cost: 1.000 [\$/kWh]

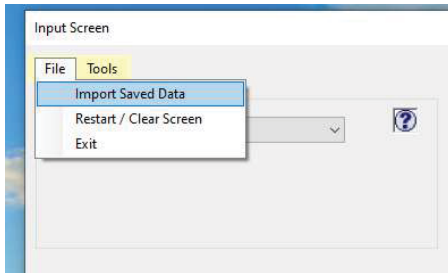
Go To New Output Screen Return to Output Screen Restart Screen Exit Program

9

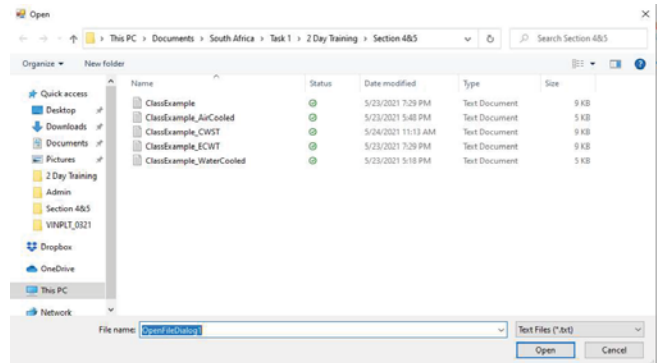
Thông số kỹ thuật thiết bị mới

- Trong màn hình “NEW INPUT” của mô hình đã điều chỉnh
 - Chỉ định chiller mới
 - Tối ưu hóa kích thước
 - Tối ưu hóa hiệu quả
 - Tăng nhiệt độ nước lạnh cấp
 - Chỉ định (các) Tháp giải nhiệt mới
 - Chỉ định (các) thiết bị lớn hơn
 - Lắp đặt quạt hai tốc độ hoặc (các) động cơ quạt điều khiển bằng biến tần
 - Chỉ định chiến lược kiểm soát nước giải nhiệt mới
 - Chỉ định máy bơm mới
 - kW thấp hơn
 - Giảm tỷ suất lưu lượng trên công suất
 - Biến tần

Mở tệp đã LƯU trong CWSAT-SI



Chuyển đến Thư mục, nơi lưu hồ sơ và chọn Tệp văn bản sẽ được mở



11

5 CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG TRONG HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH

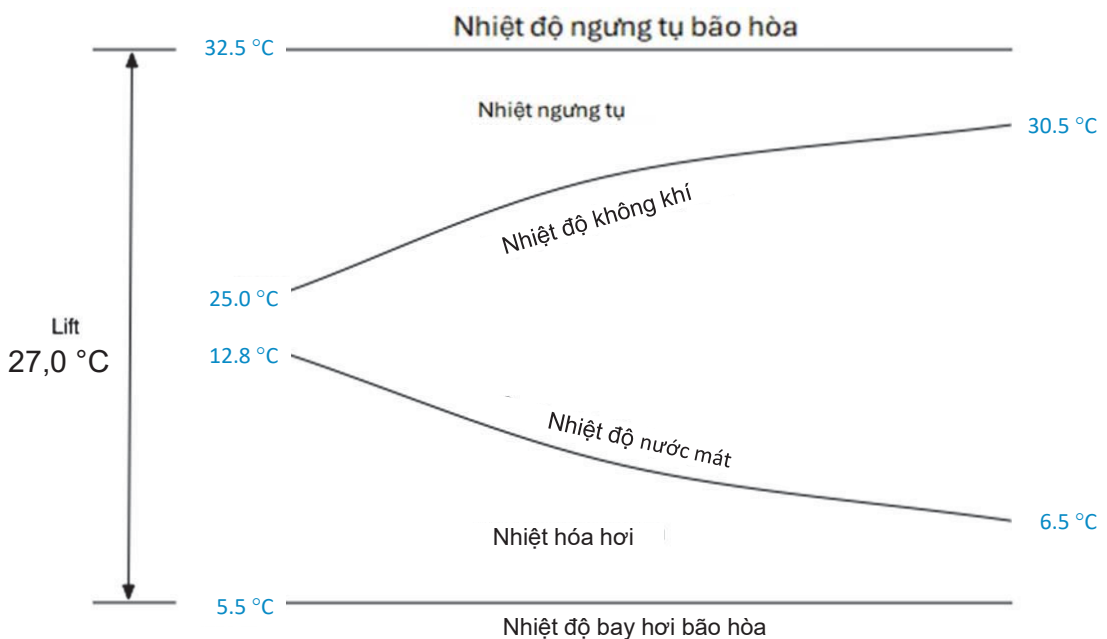
- 5.1 Kiểm soát nhiệt độ điểm đặt của tháp giải nhiệt
- 5.2 Kiểm soát nhiệt độ cài đặt đầu cuối (nước lạnh)
- 5.3 Giải nhiệt gió và giải nhiệt nước
- 5.4 Giảm tải lạnh
- 5.5 Vận hành tối đa hóa hiệu suất hệ thống chiller

5.1 Nhiệt độ điểm đặt của tháp giải nhiệt

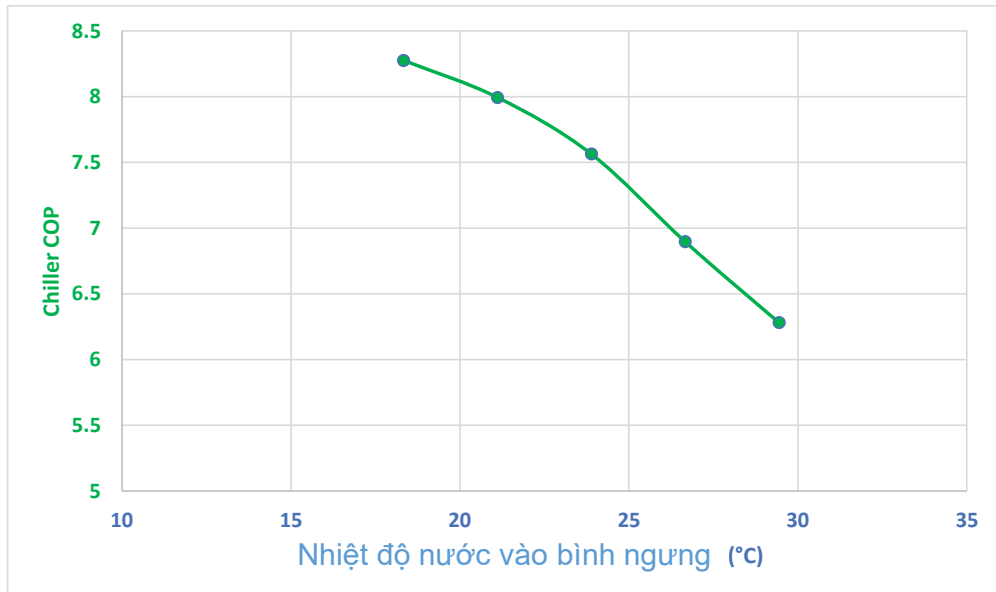
- **Tiếp cận**
 - Phương pháp này là sự chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ nước giải nhiệt và nhiệt độ bầu ướt trong không khí đi vào.
 - Do tháp giải nhiệt dựa trên nguyên lý làm mát bay hơi nên hiệu suất tối đa của tháp giải nhiệt phụ thuộc vào nhiệt độ bầu ướt của không khí
- **Nhiệt độ ướt**
 - Nhiệt độ bầu ướt là nhiệt độ thấp nhất có thể đạt được chỉ bằng sự bay hơi của nước
 - Nó được xác định bởi áp suất khí quyển, nhiệt độ môi trường và độ ẩm tương đối

13

Hãy nhớ độ chênh lệch nhiệt độ của Chiller (lift)



Triển khai quản lý ECWT



15

Bài tập của học viên

- Kỹ sư nhà máy công nghiệp gần đây đã hoàn thành cuộc kiểm tra hệ thống nước lạnh và phát hiện ra rằng nhiệt độ nước giải nhiệt cấp được cố định ở 25°C.
- Họ muốn xác định xem liệu có lợi ích gì không khi giảm nhiệt độ nước giải nhiệt cấp xuống 2°C.
- Sử dụng mô hình CWSAT để xác định lượng năng lượng hệ thống có thể tiết kiệm được nếu nhà máy có thể giảm nhiệt độ nước giải nhiệt cấp xuống 2°C.
- Ngoài ra, hãy xác định mức tiết kiệm năng lượng và chi phí nếu nhiệt độ nước thấp giải nhiệt được phép "thả trôi" (float) tự động dựa trên điều kiện môi trường xung quanh
- Thảo luận các mối quan ngại và vấn đề liên quan đến phương án đã chọn và những bước có thể thực hiện để giảm thiểu chúng

Bài tập của học viên (Giảm nhiệt độ nước giải nhiệt)

Operating Cost Reduction Opportunities Screen

The operating cost for the chilled water system can be reduced by altering various system parameters. It is generally recommended that each measure be applied alone to gauge the relative benefits of each. Then, multiple measures can be applied to determine the total savings. Potential savings opportunities include:

Increase Chilled Water Temperature Setpoint
 Increase CHWT?

Decrease Condenser Cooling Water Supply Temperature
 Decrease CWT? Current Temperature: 25 °C Proposed Temperature? 23 °C

Use Sliding Condenser Water Temperature
 Cannot be used when Decreasing Condenser Water Supply Temperature

Apply Variable Speed Control to Chilled and/or Condenser Water Pump(s)
 Apply VSD to CHW Pump? Apply VSD to CW Pump?

Replace Chiller(s)
 Replace Chiller(s)?

Upgrade Cooling Tower Fan Speed Control
 Upgrade Fan Control?

Use Free Cooling when Possible
 Implement free cooling?

Replace Chiller Refrigerant
 Change Refrigerants?

Install a VSD on each Centrifugal Compressor Motor
 Number of centrifugal chillers: 2 Install VSDs?

17

Bài tập của học viên (Giảm nhiệt độ nước giải nhiệt)

New Input Screen : Class_Demo.txt

Basic System Data
 Geographic Location: ZA Johannesburg
 Chilled Water Supply Temperature: 6.5 °C
 Condenser Cooling Method: Water-Cooled

Water-Cooled Data
 CWT = Condenser Cooling Water Supply Temperature
 Is the CWT constant?
 What is the CWT? 23 °C

Tower Data
 Tower Type: 2-Cell With 1-Speed Motors
 Num of Towers: 1
 Size Tower by: Tower kW: 5,276 kW/tower
 Axial Fan Type

Pump Data

	CHW	CW
Variable Flow?	<input type="button" value="No"/>	<input type="button" value="No"/>
Flow Rate [l/s/kW]:	0.0431	0.0538
Motor Size (kW):	11.19	14.92
Pump Efficiency [%]:	75	75
Motor Efficiency [%]:	85	85

Proposed Chiller Data

User Chiller ? (Y/N)	Compressor Type	Full Load Eff Known?	Chiller Capacity [kW]	FLE Value [COP]	Age [Years]
Chiller 1 <input type="radio"/> Y <input checked="" type="radio"/> N	Centrifugal	<input checked="" type="button" value="Yes"/>	2640	0.65009	10
Chiller 2 <input type="radio"/> Y <input checked="" type="radio"/> N	Centrifugal	<input checked="" type="button" value="Yes"/>	2640	0.65009	10
Chiller 3 <input type="radio"/> Y <input checked="" type="radio"/> N	Helical Rotary	<input checked="" type="button" value="Yes"/>	705	0.74989	10

Energy Cost Data
 Electricity Cost: 1.000 \$/kWh

Bài tập của học viên (Giảm nhiệt độ nước giải nhiệt)

New Output Screen : Class_Demo.txt

Current Chiller System			
Basic System Summary			
Number of Chillers:	3		
CHWT Setpoint:	6.5		
Geographic Location:	ZA Johannesburg		
Condenser Cooling Method:	Water-Cooled		
Tower Summary			
Type:	2-Cell With 1-Speed Motors		
#Towers:	1	Sizing:	Tower kW
Fan Motor kW:	37.3	kW:	5,276
Number of Cells per Tower:	2		
Current Chiller Summary			
Compressor	Capacity [kW]	Age [years]	FLE [COP]
Chiller 1	Centrifugal	2640	10
Chiller 2	Centrifugal	2640	10
Chiller 3	Helical Rotary	705	10
Water-Cooled Summary			
Constant CWT?:	Yes		
Constant CWT Setpoint:	23		
Pump Summary			
Variable Flow?:	CHW	CW	
Flow Rate [l/s]/kW]:	No	No	
Motor Size [kW]:	11.19	14.92	
Pump Efficiency [%]:	75	75	
Motor Efficiency [%]:	85	85	
Energy Summary			
Chiller Energy:	5,444,831	kWh	\$5,444,831
Tower Energy:	288,533	kWh	\$288,533
Pump Energy:	807,260	kWh	\$807,260
Total Energy:	6,540,624	kWh	\$6,540,624

19

Bài tập của học viên (Giảm nhiệt độ nước giải nhiệt)

Savings Summary Screen : Class_Demo.txt

	Electricity Savings [kWh]	Cost Savings
Chiller Summary:	92,006	\$92,006
Tower Summary:	-95,044	(\$95,044)
Pump Summary:	0	\$0
Total:	-3,038	(\$3,038)

Buttons: Hide Savings Summary Screen, Show Savings Graphic

Lưu ý: Phần điện năng tiết kiệm được tại Chiller không bù đắp nổi chi phí phát sinh thêm tại tháp giải nhiệt.



20

Bài tập của học viên (Giảm nhiệt độ nước giải nhiệt)

Savings Summary Screen : Class_Demo.txt

	Electricity Savings [kWh]	Cost Savings
Chiller Summary:	-94,114	(\$94,114)
Tower Summary:	81,653	\$81,653
Pump Summary:	0	\$0
Total:	-12,461	(\$12,461)

Buttons: Hide Savings Summary Screen, Show Savings Graphic

Lưu ý: Chi phí Chiller tăng nhiều hơn tiết kiệm Tháp

Tăng nhiệt độ nước làm mát lên 27°C

- Có nhiệt độ nước giải nhiệt TỐI ƯU phụ thuộc vào một số yếu tố hệ thống
- Trong ví dụ này, 25°C được chứng minh là nhiệt độ tối ưu cho tháp giải nhiệt nhằm giảm thiểu chi phí năng lượng chung cho hệ thống Chiller

21

5 CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG TRONG HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH

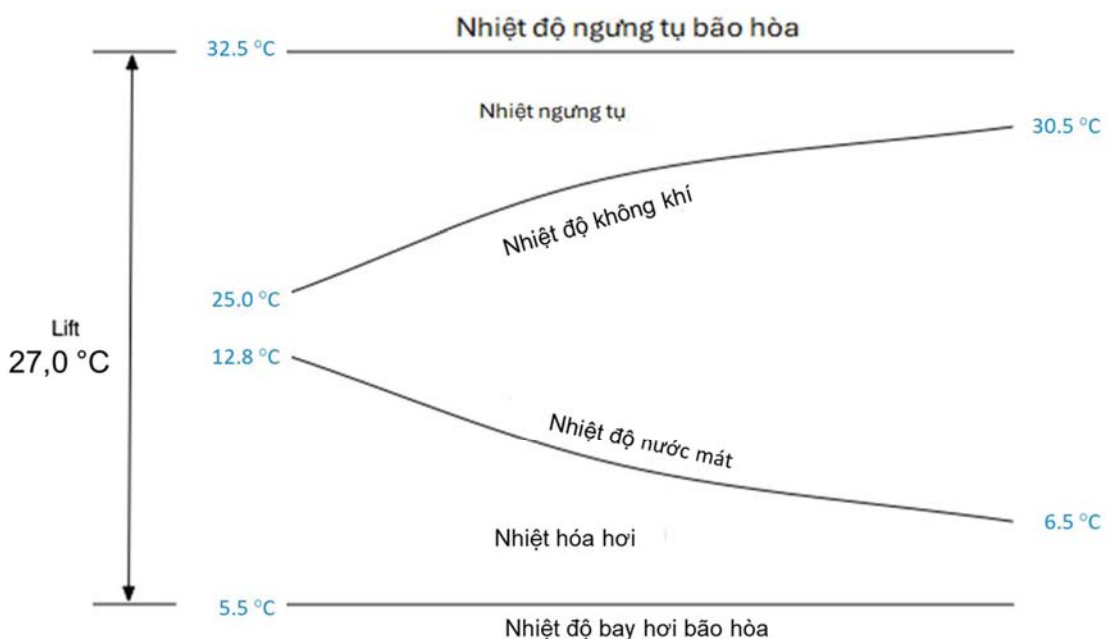
- 5.1 Kiểm soát nhiệt độ điểm đặt của tháp giải nhiệt
- 5.2 Kiểm soát nhiệt độ cài đặt đầu cuối (nước lạnh)
- 5.3 Giải nhiệt gió và giải nhiệt nước
- 5.4 Giảm tải lạnh
- 5.5 Vận hành Tối đa hóa Hiệu suất hệ thống Chiller

5.2 Nhiệt độ cài đặt (nước lạnh) cho hệ tiêu thụ đầu cuối

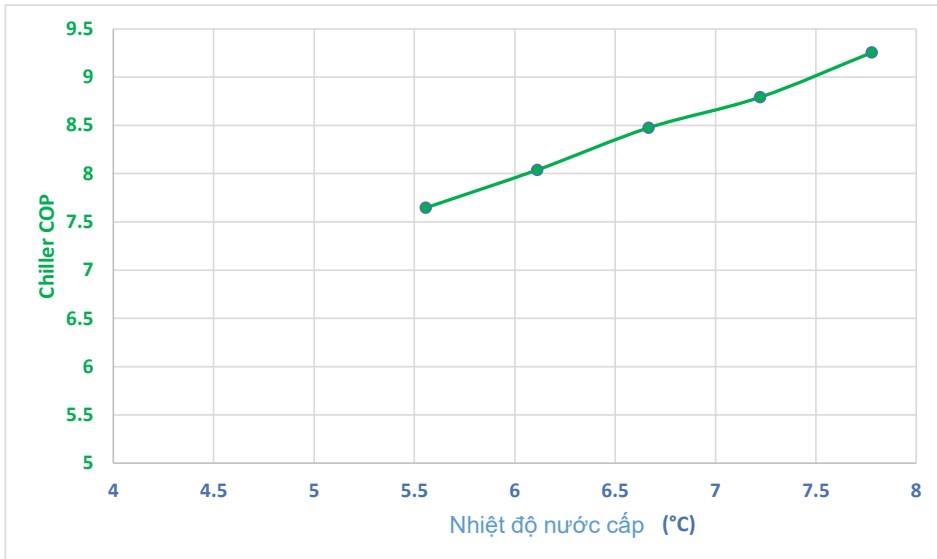
- **Nhiệt độ tiếp cận**
 - Nhiệt độ tiếp cận môi chất lạnh là sự chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ nước lạnh cấp và nhiệt độ bão hòa môi chất lạnh trong thiết bị bay hơi
 - Nó cung cấp động lực để truyền nhiệt từ nước sang chất làm lạnh
- **Kiểm soát tối ưu điểm cài đặt cho hệ tiêu thụ đầu cuối (nước lạnh)**
 - Điều khiển hệ thống Chiller sử dụng tín hiệu này làm tín hiệu chính cho hoạt động
- **Điều khiển tải**
 - Yêu cầu làm mát được kiểm soát bằng cách nối tắt lưu lượng nước lạnh
 - Phương pháp thay thế – bơm biến tần

23

Hãy ghi nhớ độ chênh lệch nhiệt độ Chiller (Lift)



Hiệu suất của hệ thống Chiller và điểm đặt nước lạnh



25

Bài tập của học viên

- Kỹ sư nhà máy công nghiệp gần đây đã hoàn thành cuộc kiểm tra hệ thống nước lạnh và nhận thấy nhiệt độ nước lạnh cấp được cố định ở $6,5^{\circ}\text{C}$.
- Họ muốn xác định liệu có lợi ích gì không khi tăng nhiệt độ nước lạnh cấp thêm 1°C .
- Sử dụng mô hình CWSAT để xác định lượng năng lượng hệ thống có thể tiết kiệm được nếu nhà máy có thể tăng nhiệt độ nước lạnh cấp lên 1°C .
- Thảo luận các mối quan ngại và vấn đề liên quan đến phương án đã chọn và những bước có thể thực hiện để giảm thiểu chúng

Bài tập của học viên (Tăng nhiệt độ nước lạnh cấp)

Operating Cost Reduction Opportunities Screen

The operating cost for the chilled water system can be reduced by altering various system parameters. It is generally recommended that each measure be applied alone to gauge the relative benefits of each. Then, multiple measures can be applied to determine the total savings. Potential savings opportunities include:

Increase Chilled Water Temperature Setpoint
 Increase CHWT? Yes No Current Temperature °C Proposed Temperature? °C

Decrease Condenser Cooling Water Supply Temperature
 Decrease CWT? No Yes

Use Sliding Condenser Water Temperature
 Use Sliding Temperature? No Yes

Apply Variable Speed Control to Chilled and/or Condenser Water Pump(s)
 Apply VSD to CHW Pump? No Yes Apply VSD to CW Pump? No Yes

Replace Chiller(s)
 Replace Chiller(s)? No Yes

Upgrade Cooling Tower Fan Speed Control
 Upgrade Fan Control? No Yes

Use Free Cooling when Possible
 Implement free cooling? No Yes

Replace Chiller Refrigerant
 Change Refrigerants? No Yes

Install a VSD on each Centrifugal Compressor Motor
 Number of centrifugal chillers: Install VSDs? No Yes

Go Back to Output Go To New Input Screen Exit Program

27

Bài tập của học viên (Tăng nhiệt độ nước lạnh cấp)

New Input Screen : Class_Demo

Basic System Data
 Geographic Location:

Water-Cooled Data
 CWT = Condenser Cooling Water Supply Temperature
 Is the CWT constant? No Yes
 What is the CWT? °C

Chilled Water Supply Temperature: °C

Condenser Cooling Method:

Tower Data
 Tower Type:
 Num of Towers:
 Size Tower by: kW/tower
 Fan Type:

Pump Data

	CHW	CW
Variable Flow?	<input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Yes
Flow Rate [l/s/kW]:	<input type="text" value="0.0431"/>	<input type="text" value="0.0538"/>
Motor Size (kW):	<input type="text" value="11.19"/>	<input type="text" value="14.92"/>
Pump Efficiency [%]:	<input type="text" value="75"/>	<input type="text" value="75"/>
Motor Efficiency [%]:	<input type="text" value="85"/>	<input type="text" value="85"/>

Proposed Chiller Data

User Chiller ? (Y/N)	Compressor Type	Full Load Eff Known?	Chiller Capacity [kW]	FLE Value [COP]	Age [Years]
<input type="radio"/> Y <input checked="" type="radio"/> N	<input type="text" value="Centrifugal"/>	<input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="text" value="2640"/>	<input type="text" value="0.65009"/>	<input type="text" value="10"/>
<input type="radio"/> Y <input checked="" type="radio"/> N	<input type="text" value="Centrifugal"/>	<input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="text" value="2640"/>	<input type="text" value="0.65009"/>	<input type="text" value="10"/>
<input type="radio"/> Y <input checked="" type="radio"/> N	<input type="text" value="Helical Rotary"/>	<input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="text" value="705"/>	<input type="text" value="0.74989"/>	<input type="text" value="10"/>

Energy Cost Data
 Electricity Cost: \$/kWh

28

Bài tập của học viên (Tăng nhiệt độ nước lạnh cấp)

New Output Screen : Class_Demo

Current Chiller System

Basic System Summary

Number of Chillers: 3
 CHWT Setpoint: 7.5
 Geographic Location: ZA Johannesburg
 Condenser Cooling Method: Water-Cooled

Water-Cooled Summary

Constant CWT?: Yes
 Constant CWT Setpoint: 25

Tower Summary

Type: 2-Cell With 1-Speed Motors
 #Towers: 1 Sizing: Tower kW
 Fan Motor kW: 37.3 kW: 5,276
 Number of Cells per Tower: 2

Pump Summary

	CHW	CW
Variable Flow?:	No	No
Flow Rate (l/s)/kW):	0.0431	0.0538
Motor Size (kW):	11.19	14.92
Pump Efficiency [%]:	75	75
Motor Efficiency [%]:	85	85

Current Chiller Summary

Compressor	Capacity [kW]	Age [years]	FLE [COP]
Chiller 1 Centrifugal	2640	10	5.410
Chiller 2 Centrifugal	2640	10	5.410
Chiller 3 Helical Rotary	705	10	4.690

Energy Summary

Chiller Energy: 5,429,423 kWh \$5,429,423
 Tower Energy: 192,708 kWh \$192,708
 Pump Energy: 807,260 kWh \$807,260
Total Energy: 6,429,391 kWh \$6,429,391

Buttons: Return to New Input Screen, Go To Proposed Chiller Details Screen, Go To Proposed Tower Details Screen, Go To Proposed Pump Details Screen, Show System Graphic, Show Energy/Cost Graphic, Show Savings Summary Screen, ?

29

Bài tập của học viên (Tăng nhiệt độ nước lạnh cấp)

Savings Summary Screen : Class_Demo

	Electricity Savings [kWh]	Cost Savings
Chiller Summary:	107,413	\$107,413
Tower Summary:	782	\$782
Pump Summary:	0	\$0
Total:	108,195	\$108,195



30

5 CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG TRONG HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH

- 5.1 Kiểm soát nhiệt độ điểm đặt của tháp giải nhiệt
- 5.2 Kiểm soát nhiệt độ cài đặt đầu cuối (nước lạnh)
- 5.3 Giải nhiệt gió và giải nhiệt nước
- 5.4 Giảm tải lạnh
- 5.5 Vận hành Tối đa hóa Hiệu suất hệ thống Chiller

31

5.3 Giải nhiệt gió và giải nhiệt nước



Giải nhiệt gió



Giải nhiệt nước

Khái niệm cơ bản về chiller giải nhiệt gió

• Cơ chế giải nhiệt

- Trao đổi trực tiếp môi chất lạnh quá nhiệt và nhiệt ẩn (ngưng tụ) với không khí
- Một lượng lớn không khí môi trường được thổi qua bề mặt trao đổi nhiệt để giải nhiệt

• Ưu điểm

- Hệ thống cụm
- Không cần hệ thống phân phối giải nhiệt
- Lượng nạp môi chất lạnh thấp hơn
- Chỉ có một chênh lệch nhiệt độ để giải nhiệt
- Lựa chọn tốt cho các khu vực “khan hiếm hoặc hạn chế về nước”

• Nhược điểm

- Lift của máy nén cao hơn – hiệu suất hệ thống thấp hơn – chi phí vận hành cao hơn
- Hiệu suất non tải bị giới hạn bởi nhiệt độ bầu khô

33

Khái niệm cơ bản về máy làm lạnh giải nhiệt nước

• Cơ chế giải nhiệt

- Trao đổi gián tiếp qua nhiệt môi chất lạnh và nhiệt ẩn (ngưng tụ) với không khí
- Sử dụng tháp giải nhiệt và vòng bơm nước của tháp giải nhiệt

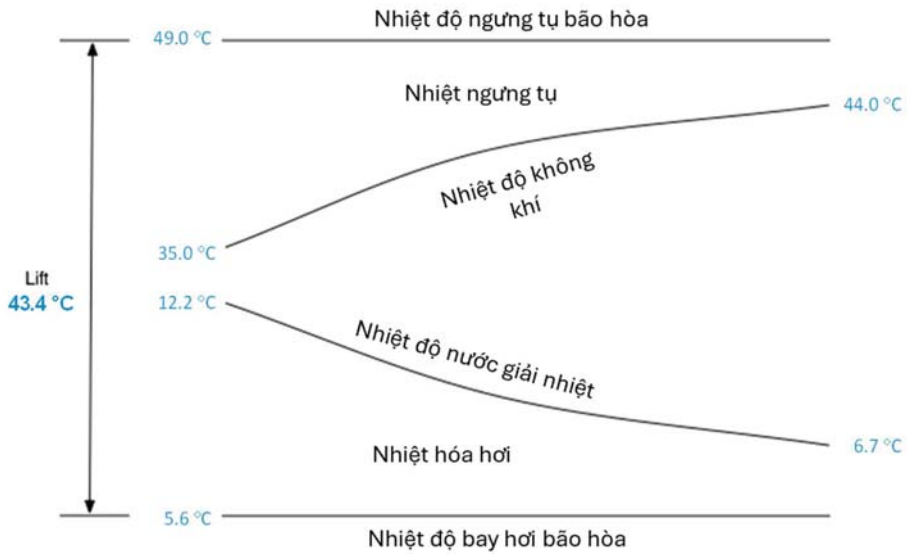
• Ưu điểm

- Hiệu suất hệ thống cao hơn - chi phí vận hành thấp hơn
- Cơ hội tối ưu hóa bằng cách sử dụng phương pháp giải nhiệt ở nhiệt độ bầu ướt

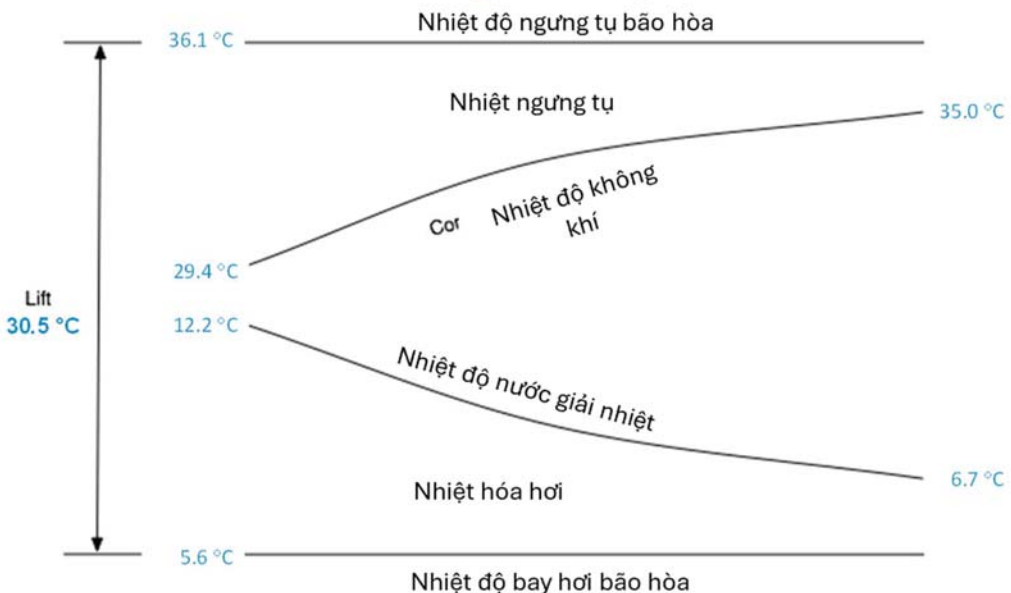
• Nhược điểm

- Thiết kế hệ thống được dàn trải và sẽ yêu cầu kỹ thuật chi tiết
- Hệ thống phân phối nước với tháp giải nhiệt, máy bơm, van
- Chi phí đầu tiên cao hơn và chi phí vận hành tăng
- Có hai sự chênh lệch nhiệt độ để giải nhiệt

Chiller Lift – Chiller giải nhiệt gió

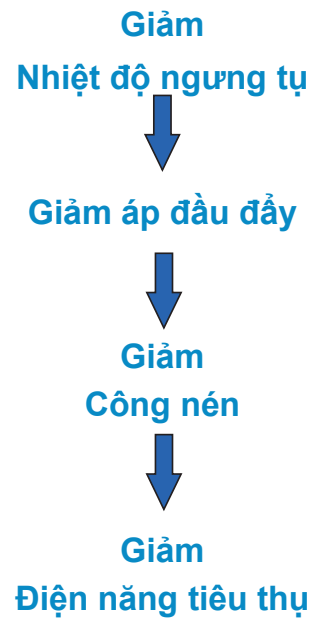


Chiller Lift – Chiller giải nhiệt nước



Tác động chiller lift

- Điểm then chốt của việc tối ưu hóa hệ thống Chiller/hệ thống lạnh
- Tác động đáng kể đến hiệu suất, công suất và độ tin cậy của hệ thống
- Một số khái niệm tối ưu hóa chủ yếu xoay quanh việc giảm chiller lift của hệ thống Chiller
- Nhưng có giới hạn vận hành dưới
 - Khuyến nghị của nhà sản xuất
 - Thiết kế hệ thống
- Địa lý/Khí hậu đóng vai trò quan trọng
 - Điều kiện môi trường xung quanh ẩm và khô



37

5 CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG TRONG HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH

- 5.1 Kiểm soát nhiệt độ điểm đặt của tháp giải nhiệt
- 5.2 Kiểm soát nhiệt độ cài đặt đầu cuối (nước lạnh)
- 5.3 Giải nhiệt gió và giải nhiệt nước
- 5.4 Giảm tải lạnh
- 5.5 Vận hành Tối đa hóa Hiệu suất hệ thống Chiller

5.4 Giảm tải lạnh

- Khó hiểu và khó thực hiện
- Cần phải hết sức thận trọng vì cần có sự hiểu biết thấu đáo về quy trình vận hành
- Có thể đạt được mức tiết kiệm năng lượng và chi phí rất lớn bằng cách thực hiện chiến lược giảm tải lạnh
- Có một số cơ hội và cách thức để giảm tải lạnh tổng thể (kW)
- Bắt đầu bằng cách đặt một câu hỏi đơn giản – tại sao cần làm mát?

39

Tải lạnh

- Lượng lạnh (kW) theo yêu cầu của quy trình/nhà máy
- Hầu hết các chiller/ hệ thống lạnh được thiết kế để bám tải
 - Tương tự như nồi hơi tạo ra hơi nước – nồi hơi không biết cần bao nhiêu hơi nước – nó tiếp tục tạo ra hơi nước cho đến khi đáp ứng áp suất điểm đặt
 - Một hệ thống Chiller tiếp tục tạo ra hiệu ứng làm mát cho đến khi nó đáp ứng nhiệt độ đầu ra (cung cấp) nước lạnh điểm đặt
- Biểu đồ tải trọng rất quan trọng đối với mỗi nhà máy
- Tải lạnh có thể thay đổi đáng kể dựa trên
 - Tốc độ sản xuất và lịch trình hoạt động
 - Tính thời vụ do thời tiết và chu kỳ sản xuất
 - Phát sinh tổn thất nhất định – tổn thất hệ thống phân phối
 - Sử dụng nước lạnh không đúng cách

Sử dụng nước lạnh không phù hợp

- Đây có thể là một cơ hội tối ưu hóa đáng kể nhưng sẽ đòi hỏi kiến thức về quy trình và sự thẩm định ở mức độ cao
- Tốt nhất nên thực hiện việc này một cách dần dần – Lập kế hoạch; Thực hiện; Kiểm tra; Cải thiện
- Việc sử dụng nước lạnh không phù hợp bao gồm, nhưng không giới hạn ở:
 - Các quy trình trong đó nước của tháp giải nhiệt có đủ giải nhiệt
 - Những khu vực không cần làm mát – theo lịch trình; theo mùa; ngừng hoạt động
 - Các ứng dụng không thực hiện làm mát sơ bộ
 - Phân tích độ chênh nhiệt độ
 - Hệ thống trong đó chất lỏng hoặc sản phẩm được làm lạnh và sau đó được gia nhiệt lại ngay lập tức để đưa nó về nhiệt độ môi trường
 - Hãy cẩn thận để đảm bảo rằng đây KHÔNG phải là yêu cầu về quy trình nhiệt độ theo thời gian
 - Các quy trình yêu cầu làm mát quá mức cần thiết (hầu hết được phản ánh ở nhiệt độ điểm đặt của nước lạnh)
- Tiềm năng tiết kiệm năng lượng để loại bỏ việc sử dụng nước lạnh không phù hợp là rất lớn!

41

Ghi nhớ các số liệu làm mát (hệ sử dụng cuối)

- Số liệu năng lượng
 - Hiệu quả (COP)
 - Năng lượng sử dụng trên mỗi kW làm lạnh được cung cấp (dựa trên đơn vị hoặc hệ thống)
 - Năng lượng sử dụng trên một đơn vị lưu lượng nước
 - Sự phụ thuộc vào nhiệt độ điểm đặt của nước lạnh
- Số liệu chi phí
 - Chi phí trên mỗi kW làm lạnh được cung cấp (dựa trên đơn vị hoặc hệ thống)
 - Chi phí trên mỗi đơn vị lưu lượng nước
 - Sự phụ thuộc vào nhiệt độ điểm đặt của nước lạnh
- Số liệu phát thải

5

CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG TRONG HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH

- 5.1 Kiểm soát nhiệt độ điểm đặt của tháp giải nhiệt
- 5.2 Kiểm soát nhiệt độ cài đặt đầu cuối (nước lạnh)
- 5.3 Giải nhiệt gió và giải nhiệt nước
- 5.4 Giảm tải lạnh
- 5.5 Vận hành Tối đa hóa Hiệu suất hệ thống Chiller

43

5.5 Vận hành Tối đa hóa Hiệu suất hệ thống Chiller

- **Trình tự trong các hệ thống Chiller**
 - Các loại chiller, kích cỡ, cơ chế điều khiển
- **Tăng hiệu quả của chiller hiện có**
 - Thay thế chiller cũ
 - Trang bị thêm các bộ phận, bộ điều khiển, bộ trao đổi nhiệt
- **Thêm biến tần**
 - Máy nén Chiller
 - Máy bơm, quạt

Trình tự điều khiển hệ thống Chiller để tối ưu hóa hiệu suất

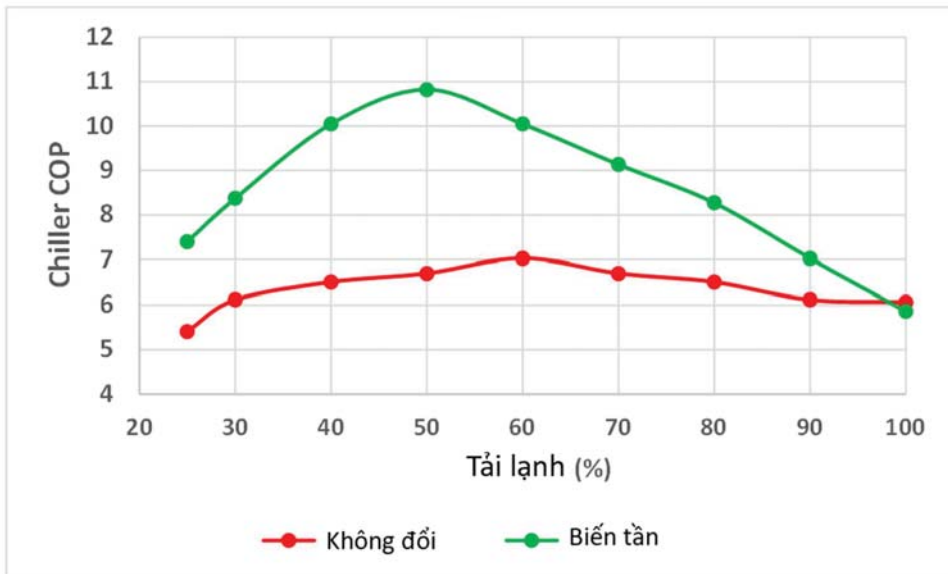
- Tất cả các chiller sẽ có điểm vận hành tối ưu (hiệu quả tốt nhất)
- Khi nhiều chiller đang hoạt động, đường đặc tính tổng hợp của hệ thống Chiller có thể rất khác so với đường đặc tính của máy làm lạnh riêng lẻ
- Điều quan trọng là phải biết cách hoạt động của từng chiller trong các điều kiện tải khác nhau
- Chọn sự kết hợp vận hành chiller tốt nhất cho các điều kiện vận hành hiện tại – Bài toán tối ưu hóa động (KHÔNG DỄ)

45

Triển khai điều khiển chiller biến tần

- Đây có thể là một cơ hội tiết kiệm năng lượng cần nhiều vốn nhưng xứng đáng để xem xét
- Hiệu suất tổng thể của hệ thống Chiller có thể được cải thiện bằng cách thay thế các chiller cũ bằng các hệ thống tiết kiệm năng lượng mới hơn - hầu hết các chiller cụm mới sẽ có tùy chọn VFD
- Chiller VFD tận dụng nhiệt độ môi trường thấp hơn và tải lạnh tương ứng thấp hơn ở những điều kiện đó.
- Máy nén ly tâm tuân theo định luật
 - Lưu lượng tỷ lệ Tốc độ
 - Công suất tỷ lệ Tốc độ³

Chiller biến tần



47

Cải thiện hiệu suất truyền động

- Hầu hết các bộ điều khiển chiller là bộ truyền động động cơ điện tốc độ không đổi – bộ AC 3 pha
- Hiệu suất động cơ nhìn chung rất cao (95%) và đường đặc tính hiệu suất rất bằng phẳng trên toàn bộ phạm vi hoạt động
- Nhưng ở mức tải rất thấp (<35%), hiệu suất động cơ điện giảm mạnh và COP của chiller giảm xuống
- Cơ hội chính – Giảm số lượng Chiller đang hoạt động nếu tất cả các máy đều đang chạy ở mức tải thấp làm ảnh hưởng đến hiệu suất tổng thể!

Cải thiện hiệu suất truyền động

- Các chiller cụm mới hiện có tùy chọn Biến tần (VFD) cho máy nén
- Hiệu suất VFD cực kỳ cao (99%) và quan trọng hơn là nó mang lại lợi ích cho phía truyền động bằng cách cung cấp
 - Khả năng khởi động mềm
 - Hiệu chỉnh hệ số công suất
- Giảm tốc độ máy nén làm giảm lưu lượng tương ứng NHƯNG giảm công suất theo lũy thừa bậc ba

49

Thực hiện chiến lược quản lý tải đỉnh

- Chi phí công suất đỉnh có thể trở nên quá cao tùy thuộc vào chiến lược vận hành và quản lý hệ thống Chiller
- Có bốn cách để quản lý nhu cầu cao điểm
 - Triển khai hệ thống free cooling/thiết bị tiết kiệm nước
 - Có thể bị hạn chế về khả năng ứng dụng - mùa, vị trí địa lý
 - Trữ lạnh
 - Nước phân tầng thực tế/bể trữ đá
 - Sử dụng quán tính nhiệt của hệ thống phân phối nước lạnh theo
 - Tối ưu hóa hiệu suất chiller để giảm mức sử dụng kW của chiller đang chạy trong khi đáp ứng các yêu cầu làm mát cần thiết
 - Ngắt chiller
 - Giảm tải nhà chiller/ phụ thuộc chu kỳ sản xuất



Các điểm chính / Các hạng mục cần thực hiện

1. Các biện pháp bảo toàn năng lượng (ECM) có thể được chia thành ba loại chính: Phòng ngừa, Phục hồi và Cơ hội
2. Việc tính toán tác động của tất cả các biện pháp ECM, sau đó ưu tiên triển khai các dự án là rất quan trọng.
3. Mỗi đánh giá ECM sẽ yêu cầu thu thập dữ liệu vận hành chiller thực tế, thông tin thiết kế, biểu đồ phụ tải, mô phỏng nhiệt động lực học cho hệ thống Chiller
4. Mỗi phân tích hệ thống Chiller là duy nhất và không có quy tắc kinh nghiệm nào có thể áp dụng cho tất cả
5. Sử dụng Phương pháp tiếp cận hệ thống với Lập kế hoạch, Thực hiện, Kiểm tra & Cải tiến



51

Bài tập

- Phác thảo (sơ đồ nguyên lý) hệ thống nước lạnh tại nhà máy của bạn. Bao gồm càng nhiều chi tiết càng tốt dựa trên những gì bạn đã học hôm nay nhưng đừng sa đà vào tiểu tiết không cần thiết
- Xác định:
 - Thiết bị cũ
 - Hệ thống đường ống tiết lưu
 - Nếu ra các điểm đặt không đạt được
 - Vấn đề bảo trì
 - Hệ thống được thiết kế nội bộ
 - Đường nối tắt (bypass)
 - Giá trị đặt cố định
 - Động cơ tốc độ không đổi
- Xây dựng mô hình hệ thống CWSAT-SI và xác định một cơ hội tiết kiệm năng lượng mà bạn có thể định lượng và thậm chí có thể triển khai trong hệ thống của mình

- 1 CƠ BẢN
- 2 CÔNG CỤ PHẠM VI LẠNH CÔNG NGHIỆP & LÀM MÁT QUY MÔ LỚN (CRST)
- 3 TÍNH TOÁN HIỆU SUẤT ĐƠN VỊ & HỆ THỐNG
- 4 CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH (CWSAT)
- 5 CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG (EE) TRONG HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH
- 6 MÁY LẠNH – QUÁ KHỨ, HIỆN TẠI & TƯƠNG LAI**
- 7 HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 8 MÔ HÌNH HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 9 CƠ HỘI EE TRONG HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 10 NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP TỐI ƯU HỆ THỐNG CR
- 11 CÔNG CỤ PHẦN MỀM EE KHÁC CHO HỆ THỐNG CR
- 12 HỆ THỐNG CR THẾ HỆ TIẾP THEO
- 13 KẾT LUẬN

6 MÁY LẠNH – QUÁ KHỨ, HIỆN TẠI & TƯƠNG LAI

6.1 Nghị định thư Montreal

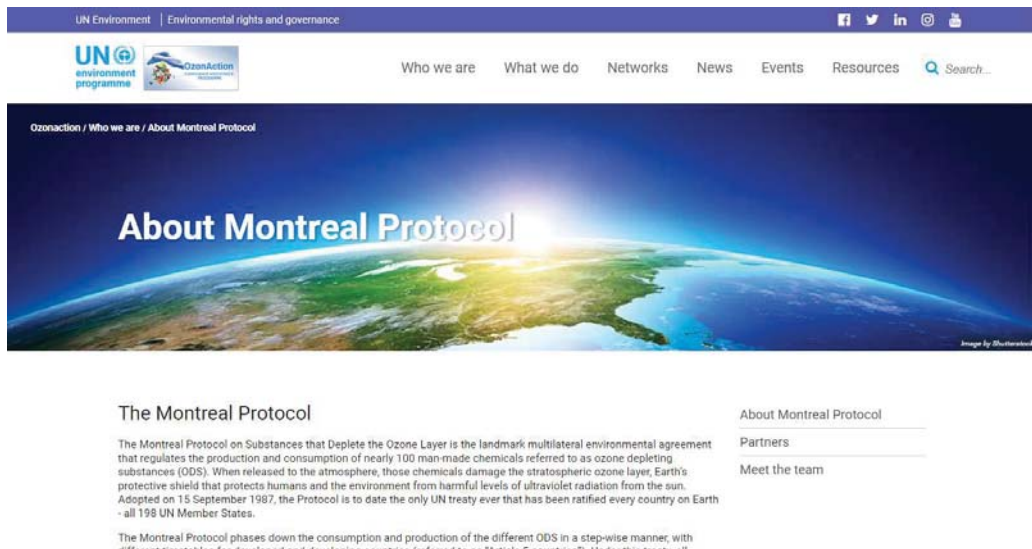
6.2 Nghị định thư Kyoto

6.3 Hiệp định Paris

6.4 Bản sửa đổi Kigali

6.5 Môi chất lạnh thế hệ tiếp theo

6.1 Nghị định thư Montreal



The screenshot shows the 'About Montreal Protocol' page on the UN Environment website. The page features a header with navigation links like 'Who we are', 'What we do', and 'Networks'. The main content area has a large image of Earth from space with the title 'About Montreal Protocol'. Below the image, there is a section titled 'The Montreal Protocol' with a brief description: 'The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer is the landmark multilateral environmental agreement that regulates the production and consumption of nearly 100 man-made chemicals referred to as ozone depleting substances (ODS). When released to the atmosphere, these chemicals damage the stratospheric ozone layer, Earth's protective shield that protects humans and the environment from harmful levels of ultraviolet radiation from the sun. Adopted on 15 September 1987, the Protocol is to date the only UN treaty ever that has been ratified every country on Earth - all 198 UN Member States.' To the right of the text are links for 'About Montreal Protocol', 'Partners', and 'Meet the team'.

3

Nghị định thư Montreal - Thông tin chung

- Được thông qua ngày 15 tháng 9 năm 1987 – được mọi quốc gia phê chuẩn (198 quốc gia thành viên Liên hợp quốc)
- Quy định việc sản xuất và tiêu thụ gần 100 hóa chất nhân tạo được gọi là các chất làm suy giảm tầng ozone (ODS - Ozone Depleting Substances)
- Khi được giải phóng, clo từ các chất này sẽ làm hỏng tầng ozone tầng bình lưu
- Cắt giảm dần (Phasedown) các chất ODS khác nhau theo từng giai đoạn với các lộ trình (time-tables) khác nhau dành cho các quốc gia phát triển và đang phát triển
- Nghị định thư bao gồm các Điều khoản (provisions) và các Phụ lục (Annexes - dành cho các nhóm chất khác nhau như CFCs, HCFCs)
- Hiệp ước này không ngừng phát triển (evolves) theo thời gian dựa trên các bước tiến mới về khoa học, kỹ thuật và kinh tế
- Các cuộc họp thường niên – Hội đồng Quản trị & Nhóm công tác mở (Open-ended Working Group)

Nghị định thư Montreal – Hoa Kỳ

- Việc sản xuất và nhập khẩu CFC bị cấm hoàn toàn vào năm 1996
- Năm 2010, quy định của Mỹ cấm sản xuất và nhập khẩu HCFC – R22 và R142b để sử dụng trong thiết bị mới
- www.epa.gov/ozone-layer-protection

Hành động của Hoa Kỳ nhằm đáp ứng lộ trình loại trừ của Nghị định thư Montreal

Năm thực hiện	Thực hiện loại trừ HCFC thông qua các quy định của Đạo luật Không khí Sạch	Năm thực hiện	Phần trăm cắt giảm lượng tiêu thụ và sản xuất HCFC so với mức cơ sở
2003	Không sản xuất hoặc nhập khẩu HCFC-141b	2004	35.0%
2010	Không sản xuất hoặc nhập khẩu HCFC-142b và HCFC-22, ngoại trừ sử dụng cho thiết bị được sản xuất trước ngày 1 tháng 1 năm 2010	2010	75.0%
2015	Không sản xuất hoặc nhập khẩu bất kỳ HCFC nào khác, ngoại trừ làm môi chất lạnh trong thiết bị được sản xuất trước ngày 1 tháng 1 năm 2020	2015	90.0%
2020	Không sản xuất hoặc nhập khẩu HCFC-142b và HCFC-22	2020	99.5%
2030	Không sản xuất hoặc nhập khẩu bất kỳ HCFC nào	2030	100.0%

5

Nghị định thư Montreal – Việt Nam

- Việc sản xuất và nhập khẩu CFC bị cấm hoàn toàn
- Mục tiêu và Lộ trình: Việt Nam cam kết giảm dần tiêu thụ HCFC. Đến năm 2030, mục tiêu là loại bỏ 97,5% lượng tiêu thụ cơ sở, chỉ giữ lại một lượng rất nhỏ cho các mục đích bảo dưỡng.
- Tiến độ thực hiện: Việt Nam đã giảm 35% lượng tiêu thụ HCFC trong giai đoạn 2020-2024. Năm 2025, Việt Nam cắt giảm 50% hạn ngạch nhập khẩu HCFC. Giai đoạn II (HPMP II, 2018-2023) đã hoàn thành, do Ngân hàng Thế giới (WB) tài trợ.
- Source: <https://en.mae.gov.vn/Pages/chi-tiet-tin-Eng.aspx?ItemID=8698>

6

6 MÁY LẠNH – QUÁ KHỨ, HIỆN TẠI & TƯƠNG LAI

6.1 Nghị định thư Montreal

6.2 Nghị định thư Kyoto

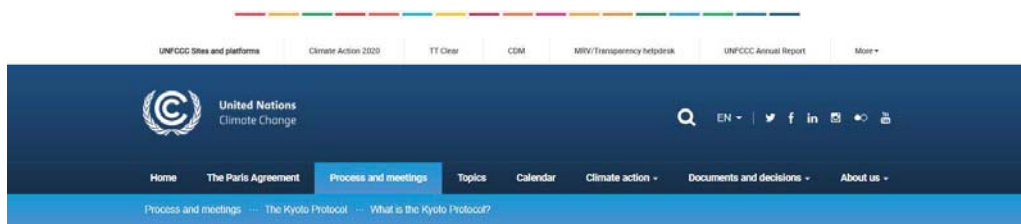
6.3 Hiệp định Paris

6.4 Bản sửa đổi Kigali

6.5 Môi chất lạnh thế hệ tiếp theo

7

6.2: Nghị định thư Kyoto



What is the Kyoto Protocol?



Nghị định thư Kyoto - Thông tin chung

- Được thông qua vào ngày 11 tháng 12 năm 1997 – có hiệu lực với 192 bên phê chuẩn vào ngày 16 tháng 2 năm 2005
- Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu
- Cam kết của các nước công nghiệp hóa và các nền kinh tế đang chuyển đổi nhằm hạn chế và giảm phát thải khí nhà kính (GHG) theo các mục tiêu riêng đã thống nhất
 - Phụ lục B – 37 nước công nghiệp hóa và Liên minh Châu Âu
- Nghị định thư Kyoto là gì? | UNFCCC

9

6 MÁY LẠNH – QUÁ KHỨ, HIỆN TẠI & TƯƠNG LAI

6.1 Nghị định thư Montreal

6.2 Nghị định thư Kyoto

6.3 Hiệp định Paris

6.4 Bản sửa đổi Kigali

6.5 môi chất lạnh thế hệ tiếp theo

6.3: Hiệp định Paris



The Paris Agreement

What is the Paris Agreement?



RELATED DOCUMENTS

- Paris Agreement (Arabic)
- Paris Agreement (Chinese)
- Paris Agreement (English)
- Paris Agreement (French)
- Paris Agreement (Russian)
- Paris Agreement (Spanish)

RELATED LINKS

- Decision 1/CP.21 (Adoption of the Paris Agreement)
- Nationally Determined Contributions (NDCs)

The Paris Agreement is a legally binding international treaty on climate change. It was adopted by UNFCCC.

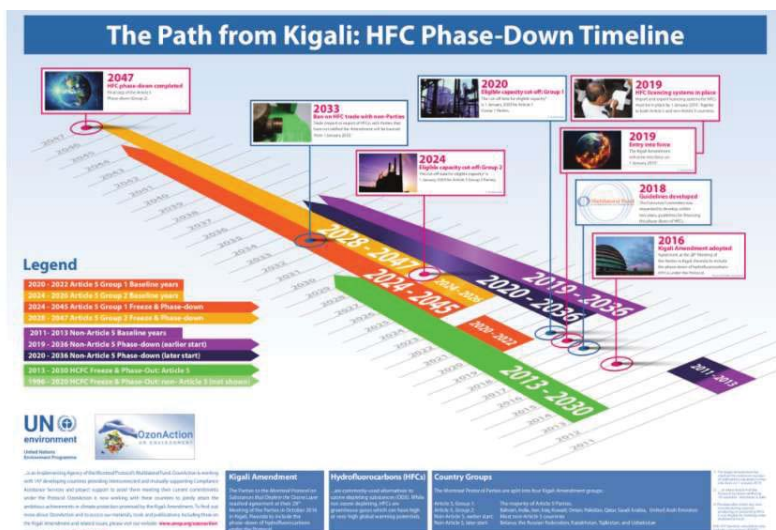
Hiệp định Paris - Thông tin chung

- Được thông qua ngày 12 tháng 12 năm 2015 bởi 196 bên tại COP 21 ở Paris
- Có hiệu lực vào ngày 4 tháng 11 năm 2016
- Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu
- Mục tiêu của nó là hạn chế sự nóng lên toàn cầu ở mức dưới 2°C - tốt nhất là ở mức 1,5°C, so với thời kỳ tiền công nghiệp
 - Tác động đầy đủ của sửa đổi Kigali có thể là giảm 0,5°C
 - Đây là cơ chế lớn nhất trong số tất cả các chiến lược khác nhau
- Chu kỳ 5 năm và kế hoạch hành động vì khí hậu được coi là đóng góp do quốc gia tự quyết định
- Khung minh bạch tăng cường bắt đầu từ năm 2024
- Đến năm 2030, các giải pháp không phát thải carbon có thể thực hiện được trong các lĩnh vực chiếm 70% lượng khí thải toàn cầu
- Hiệp định Paris | UNFCCC

6 MÁY LẠNH – QUÁ KHỨ, HIỆN TẠI & TƯƠNG LAI

- 6.1 Nghị định thư Montreal
- 6.2 Nghị định thư Kyoto
- 6.3 Hiệp định Paris
- 6.4 Bản sửa đổi Kigali
- 6.5 Môi chất lạnh thế hệ tiếp theo

6.4: Bản sửa đổi Kigali



Bản sửa đổi Kigali - Thông tin chung

- Được thông qua vào ngày 15 tháng 10 năm 2016 – hội nghị lần thứ 28 của các Bên
- HFC – được giới thiệu như là giải pháp thay thế cho ODS để hỗ trợ loại bỏ các chất này kịp thời
- Một số HFC này có tiềm năng làm nóng lên toàn cầu (G cao - 12-14.000
- Lượng khí thải HFC được dự đoán sẽ tăng lên 7-19% lượng khí thải CO2 toàn cầu vào năm 2050
- Các nước thống nhất bổ sung HFC vào danh sách các chất được kiểm soát và thông qua lộ trình giảm 80-85% vào năm 2040
- Việc cắt giảm đầu tiên ở các nước phát triển bắt đầu vào năm 2019
- Các nước đang phát triển sẽ tuân theo việc đóng băng mức HFC vào năm 2024-2028
- Giới thiệu về Nghị định thư Montreal (unep.org)
- Chương trình Chính sách Các giải pháp thay thế mới đáng kể (SNAP) | EPA Hoa Kỳ

15

Bản sửa đổi Kigali – Việt Nam



☐ Kiểm soát hạn ngạch nhập khẩu các chất **HCFC** theo lộ trình.

chấm dứt hoàn toàn việc nhập khẩu các chất HCFC vào năm **2040**

☐ Giai đoạn ngưng ở mức **HFC** tiêu thụ cơ sở trong giai đoạn 2024 – 2028 và

loại trừ dần ở mức 80% ↓ lượng tiêu thụ các chất HFC vào năm **2045**

6 MÁY LẠNH – QUÁ KHỨ, HIỆN TẠI & TƯƠNG LAI

6.1 Nghị định thư Montreal

6.2 Nghị định thư Kyoto

6.3 Hiệp định Paris

6.4 Bản sửa đổi Kigali

6.5 Môi chất lạnh thế hệ tiếp theo

17

6.5: Môi chất lạnh thế hệ tiếp theo

- **ODP – Tiềm năng suy giảm tầng Ozone**
 - Khả năng làm suy giảm tầng ozone tầng bình lưu của vật chất
 - Giá trị tương ứng với giá trị 1,0 của R11
- **GWP – Tiềm năng gây nóng lên toàn cầu**
 - Một chỉ số mô tả khả năng tương đối của GHG trong việc giữ năng lượng bức xạ so với CO₂
 - Thông thường, 100 năm được sử dụng để tính GWP
- **TEWI – Tổng tác động nóng lên tương đương**
 - Phát thải môi chất lạnh trực tiếp + Phát thải sử dụng năng lượng của hệ thống trong suốt thời gian sử dụng
- **LCCP – Hiệu suất Khí hậu Vòng đời**
 - TEWI + phát thải trực tiếp và gián tiếp liên quan đến quá trình sản xuất và thải bỏ môi chất lạnh khi hết vòng đời

Tính chất của môi chất lạnh

- **Sự an toàn**
 - Độc tính
 - Tính dễ cháy
- **Nhiệt vật lý**
 - Điểm sôi
 - Nhiệt độ, áp suất tới hạn
- **Hiệu suất làm lạnh trong một hệ thống**
 - Áp lực vận hành; Tỷ số nén
 - Năng suất lạnh riêng
 - Nhiệt dung riêng
 - Xử lý dầu
- **Lượng nạp môi chất lạnh cần thiết (tùy thuộc vào loại hệ thống)**

19

Thuộc tính môi trường của môi chất lạnh

môi chất lạnh	Tuổi thọ khí quyển* (năm)	ODP	GWP
CFC 11	45	1	4.660
CFC 12	100	0,73	10.800
CFC 13	640	1	6.900
HCFC 22	11.9	0,034	1.760
HCFC 123	1.3	0,01	79
HCFC 142b	17.2	0,057	1980
HFC 23	222	0	12.400
HFC 32	5.2	0	677
HFC 125	28,2	0	3.170
HFC 64a	6,4	0	1.300
HFC 143a	47,1	0	4.800

* Đều cập đến thời gian một phân tử tồn tại trong khí quyển mà không bị phân hủy thành các nguyên tố tự nhiên

Thuộc tính môi trường của môi chất lạnh

môi chất lạnh	ODP	GWP
R 404A	0,0	3.940
R 407C	0	1.620
R 410A	0	1.920
500 R	0,50	8.010
R 501	0,29	4.020
R 502	0,20	4.790
R 507A	0	3.990

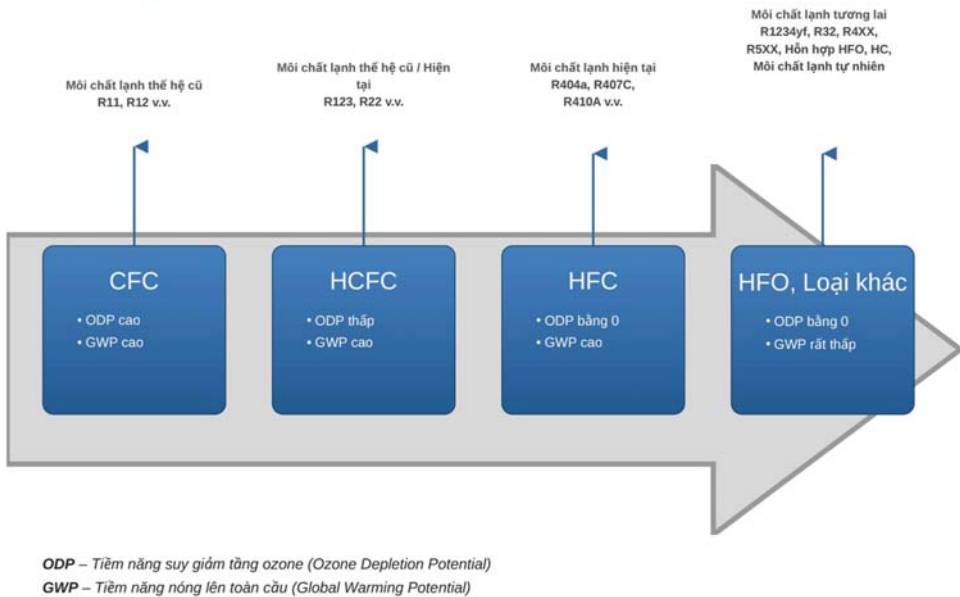
Các bảng được điều chỉnh từ ASHRAE – Cẩm nang cơ bản, Chương 29, 2017

21

Thuộc tính môi trường của môi chất lạnh

môi chất lạnh	Tuổi thọ khí quyển (năm)	ODP	GWP
HCFO 1233zd(E)	0,071	0,00034	1
HFO 1234yf	0,029	0	<1
HFO 1234ze(E)	0,045	0	<1
HFO 1336mzz(Z)	0,07	0	2
HC 290	0,034	0	5
HC600		0	4
HC 1270	0,001	0	1.8
R 717		0	
R 744		0	1

Xu hướng làm lạnh



23

Môi chất lạnh thế hệ tiếp theo

- Hầu hết trọng tâm và mục tiêu đang xem xét một cách tiếp cận có hệ thống
 - Phương án 1 – kế hoạch chuyển đổi với lộ trình GWP giảm dần
 - Cung cấp thời gian cho ngành công nghiệp thích nghi
 - Tùy chọn 2 – thay đổi ngay lập tức sang phương án GWP bằng 0
 - Thay đổi một lần và hoàn tất quá trình chuyển đổi
- Ngành công nghiệp đang xem xét cách tiếp cận “Không có chiếc áo nào phù hợp cho tất cả”
 - Ứng dụng cụ thể
 - Sự sẵn có của môi chất lạnh thay thế
 - Sự sẵn có của môi chất lạnh thu hồi
- Môi chất lạnh tự nhiên thường là sự lựa chọn ưu tiên của ngành công nghiệp miễn là nó khả thi dựa trên đặc tính của môi chất lạnh
 - Khả năng tương thích hệ thống
 - Sự an toàn
 - Chi phí của hệ thống mới



Các điểm chính / Các hạng mục cần thực hiện

1. Đã có một số Nghị định thư chính phủ đa phương được phê chuẩn và thực thi – bao gồm Nghị định thư Montreal với Bản sửa đổi, bổ sung Kigali; Nghị định thư Kyoto với Thỏa thuận Khí hậu Paris.
2. Việc định kỳ kiểm tra tình trạng của các nghị định thư này cũng như quan điểm và cam kết của Việt Nam là rất quan trọng.
3. Lượng phát thải từ môi chất lạnh và hệ thống sử dụng chúng (trực tiếp và gián tiếp) có thể góp phần vào ~ 0,5°C tổng lượng nóng lên toàn cầu
4. Ngành công nghiệp và các cơ quan quản lý đang nỗ lực làm việc để phát triển môi chất lạnh thế hệ tiếp theo
5. An toàn (Tính dễ cháy) là mối quan tâm chính của một số môi chất lạnh thế hệ tiếp theo



- 1 CƠ BẢN
- 2 CÔNG CỤ PHẠM VI LẠNH CÔNG NGHIỆP & LÀM MÁT QUY MÔ LỚN (CRST)
- 3 TÍNH TOÁN HIỆU SUẤT ĐƠN VỊ & HỆ THỐNG
- 4 CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH (CWSAT)
- 5 CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG (EE) TRONG HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH
- 6 MÁY LẠNH – QUÁ KHỨ, HIỆN TẠI & TƯƠNG LAI
- 7 HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP**
- 8 MÔ HÌNH HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 9 CƠ HỘI EE TRONG HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 10 NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP TỐI ƯU HỆ THỐNG CR
- 11 CÔNG CỤ PHẦN MỀM EE KHÁC CHO HỆ THỐNG CR
- 12 HỆ THỐNG CR THẾ HỆ TIẾP THEO
- 13 KẾT LUẬN

7 **HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP**

7.1 Ứng dụng sử dụng cuối

7.2 Các loại hệ thống lạnh công nghiệp khác nhau

7.3 Thành phần chính & Điều khiển

7.4 thang đo hiệu suất hệ thống

Hệ thống lạnh công nghiệp là gì?

- Dải nhiệt độ là đặc điểm để phân biệt làm lạnh công nghiệp với quy trình làm mát khác
- Nhiệt độ bay hơi có thể tới 15°C nhưng phạm vi nhiệt độ bay hơi có thể xuống tới -70°C
 - Dưới -70°C , nó thường được gọi là làm lạnh sâu (Cryogenics)
- Công nghiệp thực phẩm, hóa chất và chế biến chiếm hơn 75% lạnh công nghiệp

3

7.1 Ứng dụng sử dụng cuối

- Lạnh công nghiệp là một lĩnh vực chuyên biệt trong tổng thể các hệ thống giải nhiệt và làm lạnh trong quy trình sản xuất.
- Hầu hết tất cả các hệ thống đều được thiết kế riêng biệt theo yêu cầu (custom-designed), tuy nhiên các thành phần đơn lẻ có thể là những mặt hàng tiêu chuẩn có sẵn trong danh mục (catalog).
- Các ứng dụng sử dụng cuối (End-use) mang tính đặc thù cao và được tích hợp trực tiếp với quy trình sản xuất.
 - Lĩnh vực này đòi hỏi mức độ kiến thức chuyên sâu về ứng dụng và ngành nghề cao hơn nhiều
- Các ngành công nghiệp có sử dụng hệ thống lạnh thường tiêu tốn một phần lớn năng lượng của toàn nhà máy cho hệ thống này.
- Nhiệt độ là yếu tố then chốt

4

Ứng dụng sử dụng cuối

- Hệ thống lạnh là đơn vị tiêu thụ năng lượng (điện năng) đáng kể trong một số nhà máy và phân khúc công nghiệp đặc thù.

Ngành công nghiệp	% tổng điện năng sử dụng cho hệ thống lạnh
Dược phẩm	7% đến 25%
Chế biến sữa	25% đến 30%
Thực phẩm đông lạnh	60%
Đồ uống	20% đến 30%

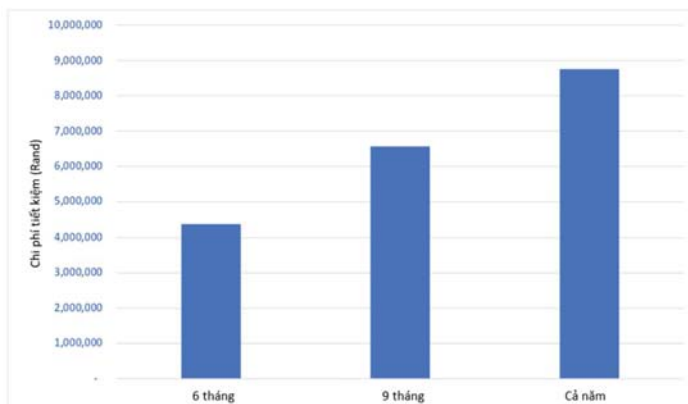
Nguồn: Cơ quan Năng lượng Bền vững Ireland – Nhóm Công tác Đặc biệt về Làm lạnh

- Và tại đây luôn tồn tại một tiềm năng tiết kiệm năng lượng khổng lồ.

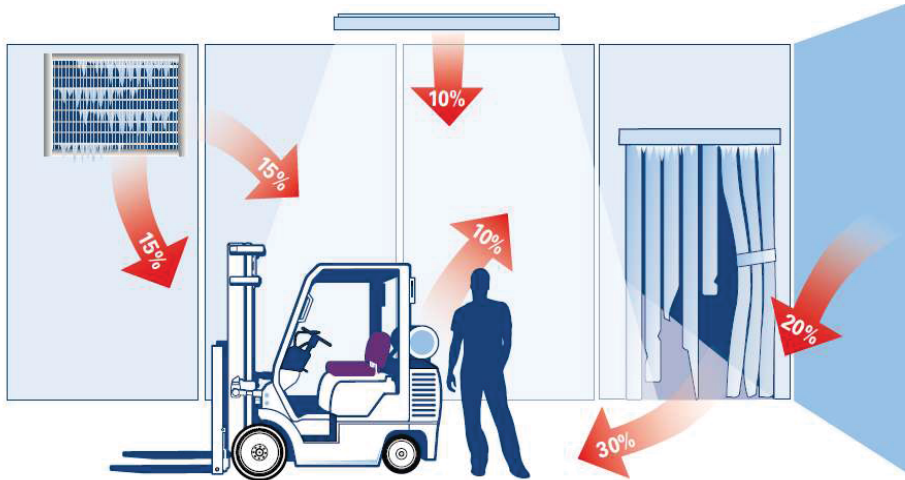
5

Chi phí năng lượng hệ thống lạnh công nghiệp

- Tải nhà máy làm lạnh 2000 kW ở -20°C
- Hiệu suất hệ thống lạnh (COSP)= 2.0
- Chi phí điện năng đi kèm (R/kWh)= 1,0



Điểm khởi đầu: Nhiệt phải được loại bỏ



7

Ứng dụng sử dụng cuối (Công nghiệp thực phẩm)

- **Làm lạnh sơ bộ**
 - Loại bỏ nhiệt nhanh chóng từ trái cây và rau quả mới thu hoạch trước khi vận chuyển, bảo quản hoặc chế biến
 - Đòi hỏi nguồn năng lượng lớn, sự di chuyển liên tục của sản phẩm và môi chất làm lạnh.
- **Các phương pháp làm lạnh sơ bộ bao gồm:**
 - Làm mát bằng nước lạnh hoặc ngâm trong bồn có khuấy trộn
 - Làm mát bằng thủy lực – sự kết hợp giữa nước lạnh và không khí
 - Tiếp xúc trực tiếp với môi trường đông lạnh – dung dịch nước muối (23%)
 - Lợi ích của việc làm mát bằng nước rất hiệu quả, không thất thoát nước từ sản phẩm
 - Làm mát không khí cưỡng bức
 - Ép luồng không khí đi qua các mô hình ngoằn ngoèo ghép chồng lên nhau để sản phẩm tiếp xúc trực tiếp

Ứng dụng sử dụng cuối (Công nghiệp thực phẩm)

- Các phương pháp làm mát sơ bộ bao gồm:
 - Đóng băng dạng gói – đá nghiền mịn dùng trong hộp đựng
 - Làm lạnh chân không
 - Nước là môi chất lạnh, hóa hơi và làm mát
 - Giới hạn ở 0°C
 - Sự kết hợp của các phương pháp trên
- Lạnh thực phẩm trong chế biến rất đặc thù và phải tuân thủ nghiêm ngặt theo biểu đồ thời gian - nhiệt độ
 - Mỗi loại trái cây và rau quả đều có hệ số làm lạnh và thời gian làm lạnh bán phần cụ thể để xác định phương pháp làm lạnh sơ bộ sẽ được sử dụng và thiết kế.
- Tủ lạnh bảo quản thực phẩm chưa đông lạnh
- Ứng dụng sấy đông trong thực phẩm và dược phẩm

9

Ứng dụng sử dụng cuối (Công nghiệp thực phẩm)

- Hầu hết các sản phẩm thực phẩm đông lạnh (trái cây, rau, thịt, thịt gia cầm, cá) được bảo quản ở nhiệt độ từ -18 đến -35°C
- Phương pháp đông lạnh
 - Cấp đông gió – đối lưu cưỡng bức với không khí rất lạnh lưu thông trên sản phẩm
 - Cấp đông tiếp xúc - dẫn truyền với bề mặt được làm lạnh bằng chất làm lạnh hoặc môi chất tuần hoàn
 - Ngâm chất lỏng – đối lưu và dẫn nhiệt (phương pháp đặc biệt)
 - Cấp đông siêu tốc – đối lưu và/hoặc dẫn truyền bằng cách phun nitơ lỏng hoặc carbon dioxide lỏng
 - Đông lạnh cơ học – loạt quá trình làm lạnh sâu, sau đó là làm lạnh cơ học

Ứng dụng sử dụng cuối (Ngành hóa chất)

- Hầu như các hệ thống có một không hai
 - Thiết bị có sẵn trên thị trường là không thể đáp ứng được
- Hầu hết các ứng dụng vận hành theo quy trình liên tục, tuy nhiên đôi khi vẫn có các kịch bản vận hành theo mẻ
- Các ứng dụng chính bao gồm:
 - Loại bỏ nhiệt của phản ứng tỏa nhiệt
 - Ngưng tụ hơi trên cao
 - Kiểm soát nhiệt độ/áp suất của quá trình để tạo thành các sản phẩm cụ thể (chuyển đổi monome/polyme, v.v.) và/hoặc bảo quản
 - Tách khí này khỏi khí khác bằng hóa lỏng
 - Tách bằng cách hóa rắn sản phẩm
 - Kiểm soát độ ẩm cho sản phẩm hút ẩm
 - Dòng sản phẩm/chất phản ứng cụ thể được làm lạnh trước/làm lạnh

11



Các điểm chính / Các hạng mục cần thực hiện

1. Một phần năng lượng đáng kể của nhà máy có thể được tiêu thụ bởi hệ thống làm lạnh của nó – đôi khi lên tới 50%!
2. Hệ thống làm lạnh công nghiệp chủ yếu được sử dụng trong ngành thực phẩm và hóa chất nhưng có một số ngành công nghiệp chế biến có nhu cầu làm lạnh nhất định
3. Ngành công nghiệp thực phẩm yêu cầu làm lạnh trước thực phẩm chưa đông lạnh và sau đó ở nhiệt độ từ -18 đến -35°C để bảo quản.
4. Các ứng dụng từ làm lạnh đối lưu đến làm lạnh tiếp xúc và các biến thể với thiết bị chọn lọc có thể có trong các ngành công nghiệp chế biến và thực phẩm khác nhau
5. Hiệu suất của hệ thống lạnh công nghiệp là yếu tố trực tiếp dẫn đến chi phí vận hành và cần được quản lý





HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP

7.1 Ứng dụng sử dụng cuối

7.2 Các loại hệ thống lạnh công nghiệp khác nhau

7.3 Thành phần chính & Điều khiển

7.4 thang đo hiệu suất hệ thống

13

7.2 Các loại hệ thống khác nhau

- Hệ thống lạnh công nghiệp có tính độc nhất
- Được thiết kế theo yêu cầu riêng
- Tồn tại một số đặc điểm khác biệt trong các hệ thống này
- Gọi tên và so sánh giữa mỗi hệ thống có thể là một thách thức

Nhiệt động lực học của hệ thống lạnh

• Sự khác biệt có thể được dựa trên:

- Môi chất lạnh (ví dụ: R22, R134a, R407C, R404A, R507, R717, R744, HFO)
- Loại máy nén (xoắn ốc, trục vít, pittông, ly tâm)
 - Dẫn động máy nén (động cơ điện – hở hoặc kín, tua bin hơi nước)
- Phương pháp giải nhiệt (làm mát bằng không khí hoặc nước)
- Thi công thiết bị ngưng tụ và thiết bị bay hơi (bộ trao đổi nhiệt dạng tấm, ống vỏ, ống cánh)
- Loại thiết bị giãn nở (van giãn nở nhiệt/điện tử, lỗ thoát (orifice), ống mao dẫn)

15

Nhiệt động lực học của hệ thống lạnh

• Sự khác biệt có thể được dựa trên:

- Loại thiết bị bay hơi
 - Bay hơi trực tiếp - Hệ thống phân chia (hai cụm), làm lạnh phòng lạnh (chất làm mát chính là môi chất lạnh)
 - Bay hơi gián tiếp (chất làm mát trong hầu hết các trường hợp là glycol hoặc nước muối)
- Thi công thiết bị bay hơi (bộ trao đổi nhiệt dạng tấm, ống vỏ, ống cánh)
- Cấu tạo chu trình làm lạnh (loại nhỏ gọn, độc lập, dàn bay hơi máy nén có thiết bị bay hơi bên ngoài, máy nén có thiết bị bay hơi bên ngoài và thiết bị ngưng tụ bên ngoài, thiết bị ngưng tụ có thiết bị bay hơi bên ngoài)

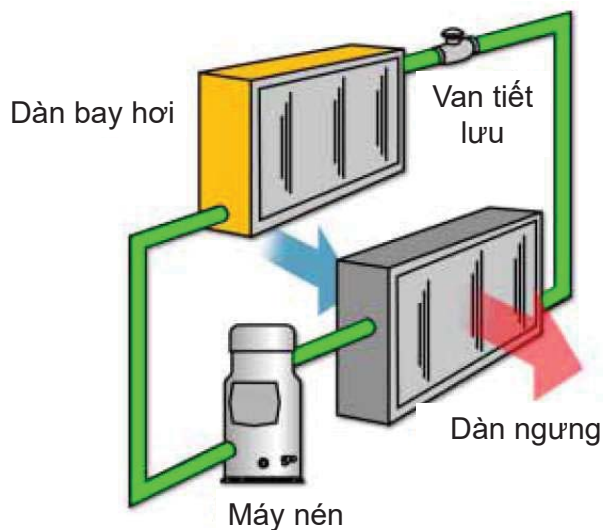
16

Chu trình làm lạnh cơ bản

- Tất cả các loại máy làm lạnh khác nhau về cơ bản đều có cùng một khái niệm – tất cả chúng đều sử dụng các bộ phận chính sau:
 - ít nhất một máy nén
 - ít nhất một thiết bị ngưng tụ
 - ít nhất một van tiết lưu
 - ít nhất một thiết bị bay hơi
 - tất cả các thành phần được kết nối với đường ống
 - luôn là một hệ thống khép kín
 - tất cả đều kết hợp nhiệt ẩn của môi chất lạnh để tạo ra hiệu ứng làm lạnh
 - tất cả các máy làm lạnh đều có phía áp suất cao và phía áp suất thấp

17

Chu trình nén hơi



- Về mặt nhiệt động lực học, chu trình nén hơi luôn giống nhau về máy nén – ngưng tụ – tiết lưu – bay hơi

Hệ thống lạnh công nghiệp phức tạp

- **Hệ thống nhiều cấp**
 - Phổ biến nhất
 - Hệ thống nhà máy hóa chất
 - Hydrocacbon - Ethylene, Propylene, Propane, Isobutane
 - R22, Amoniac
- **Hệ thống ghép tầng**
 - Amoniac (giai đoạn cao) / Carbon dioxide (giai đoạn thấp)
 - R22 (giai đoạn cao) / R23 (giai đoạn thấp)
- **Hệ thống ngập lỏng**
 - Amoniac, R22, R134a
- **Hệ thống hấp thụ**
 - Amoniac - nước

19



HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP

7.1 Ứng dụng sử dụng cuối

7.2 Các loại hệ thống lạnh công nghiệp khác nhau

7.2.1 Hệ thống nhiều cấp

7.2.2 Hệ thống ghép tầng

7.2.3 Hệ thống ngập lỏng

7.2.4 Hệ thống hấp thụ

7.3 Thành phần chính & Điều khiển

7.4 thang đo hiệu suất hệ thống

Hệ thống nhiều cấp

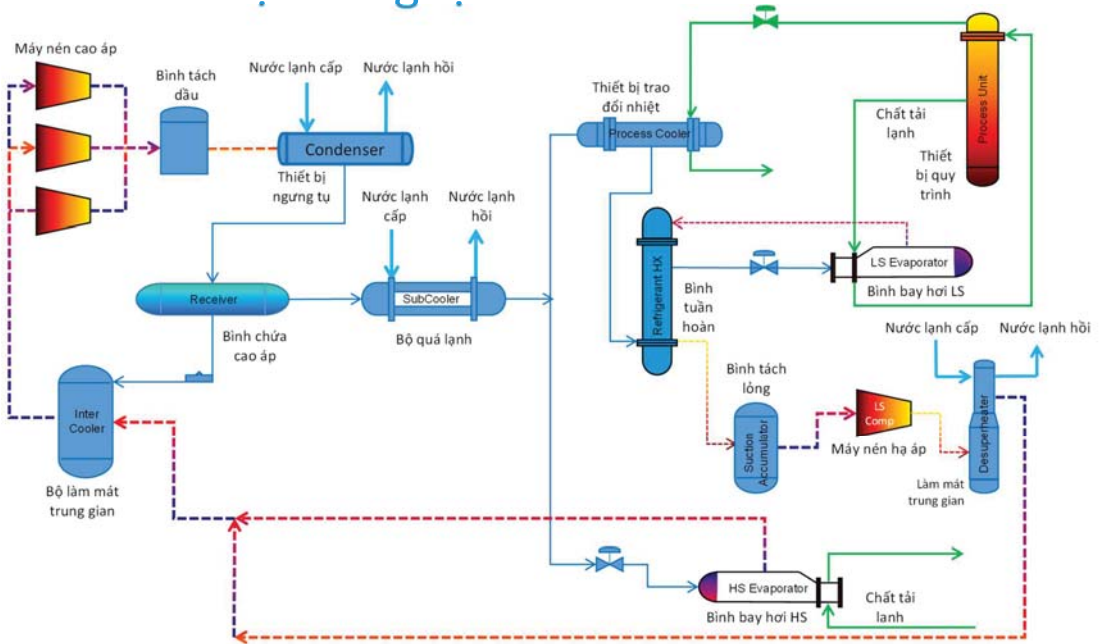
- Đây là hệ thống lạnh công nghiệp phổ biến nhất; nó có thể được sử dụng rất hiệu quả để đồng thời cung cấp lạnh, làm mát quy trình và cung cấp nước lạnh thông qua cùng một hệ thống.
- Hệ thống lạnh công nghiệp có chênh lệch nhiệt độ (lift) rất cao
- Quá trình nén được thực hiện qua hai hoặc nhiều cấp do những giới hạn về tỉ số nén của máy nén.
- Mỗi giai đoạn đại diện cho một mức nhiệt độ và thường ở nhiều mức nhiệt độ với nhiều thiết bị bay hơi, hệ thống được thiết kế sao cho áp suất trung gian phục vụ thiết bị bay hơi có nhiệt độ cao hơn
- Hệ thống nhiều cấp CHỈ sử dụng một chất làm lạnh

21

Hệ thống lạnh Halocarbon

- Chất làm lạnh được sử dụng - R22, R134a, R404a, R407c, R507
- Các loại thiết bị bay hơi
 - Dàn ngập lỏng
 - Bay hơi trực tiếp
- Tất cả các loại máy nén
- Loại thiết bị ngưng tụ
 - Giải nhiệt bằng nước
 - Bay hơi
 - Giải nhiệt gió
- Bình chứa
- Bộ quá lạnh– loại phun, loại kín
- Bộ hồi nhiệt
- Bộ tách dầu
- Bộ tách lỏng

Hệ thống lạnh R22



23

Hệ thống lạnh R22



Tháp giải nhiệt



Thiết bị bay hơi



Bình ngưng giải nhiệt nước



Máy nén pittông



Bình trung gian

Hệ thống lạnh Amoniac

- Loại thiết bị ngưng tụ
 - Kiểu ống vỏ nằm ngang
 - Kiểu bay hơi
- Loại thiết bị bay hơi
 - Dàn bay hơi trực tiếp (trên -18°C)
 - Cấp lỏng bằng bơm (rất hiệu quả)
 - Thiết bị bay hơi ống vỏ ngập lỏng/tuần hoàn
 - Thiết bị bay hơi ống vỏ phun/tuần hoàn
- Bình chứa cao áp
- Bình trung gian
 - Kiểu ống xoắn
 - Kiểu phun
- Kiểm soát mức lỏng- Phao cao áp (một thiết bị bay hơi), Phao thấp áp (nhiều thiết bị bay hơi)

25

Hệ thống lạnh Amoniac

- Loại máy nén – rotary, pittông và trục vít
 - Rotary– ứng dụng cho cấp nén thấp hoặc để tăng áp
 - Pittông- nhỏ hơn 75 kW
 - Trục vít – lớn hơn 75 kW
- Vít xoắn – V_i (chỉ số thể tích)
 - Tỷ lệ thể tích hút và thể tích xả
- Điều khiển công suất bằng van trượt, bypass và tốc độ (VFD)
- Máy nén trục vít ngập dầu – parafin hoặc naphthenic, tổng hợp
 - Dầu được dùng để làm kín, bôi trơn và điều khiển van trượt
 - Làm mát dầu bôi trơn bằng bộ trao đổi nhiệt bên ngoài
- Bình chứa
- Bộ quá lạnh
- Bộ hồi nhiệt
- Bộ tách dầu
- Bộ tách lỏng

Hệ thống lạnh Amoniac

Ống làm lạnh & Giá đỡ ống



Thermosyphon

Dàn ngưng kiểu bay hơi



Cơ sở chế biến thịt gia cầm quy mô lớn



Dàn bay hơi trực tiếp và thiết bị xử lý không khí



Máy nén trực vít

27

Hệ thống lạnh CO₂

- Ứng dụng – kho lạnh, tủ đông dạng tấm, máy làm đá, cấp đông băng chuyền hoặc dạng xoắn, máy sấy thăng hoa và siêu thị
- Các hệ thống công nghiệp lớn - CO₂ (cấp thấp) theo tầng có amoniac hoặc R507a
- Chu trình trên tới hạn – CO₂ là chất làm lạnh duy nhất (hệ thống nhỏ)
- Bộ trao đổi nhiệt ghép tầng
 - Bình ngưng CO₂ và thiết bị bay hơi môi chất lạnh khác
 - Hệ thống lớn: ống vò; tấm; tấm vò
 - Thương mại: tấm bản; ống lồng

Hệ thống lạnh CO₂

- Thiết bị bay hơi – dàn lạnh gió, tủ đông dạng tấm
- Kiểm soát bằng cách ngập lỏng hoặc van tiết lưu điện tử
- Máy nén hở (trục vít và pittong)
- Chất bôi trơn – dầu khoáng, alkyl benzen, PAO, POE, PAG
- Thép không gỉ – vật liệu xây dựng ưa thích cho CO₂
- Nước cực kỳ nguy hiểm đối với hệ thống CO₂ – đóng băng trong van tiết lưu, hình thành axit cacbonic (trên mức bão hòa)



HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP

7.1 Ứng dụng sử dụng cuối

7.2 Các loại hệ thống lạnh công nghiệp khác nhau

7.2.1 Hệ thống nhiều cấp

7.2.2 Hệ thống ghép tầng

7.2.3 Hệ thống ngập lỏng

7.2.4 Hệ thống hấp thụ

7.3 Thành phần chính & Điều khiển

7.4 thang đo hiệu suất hệ thống

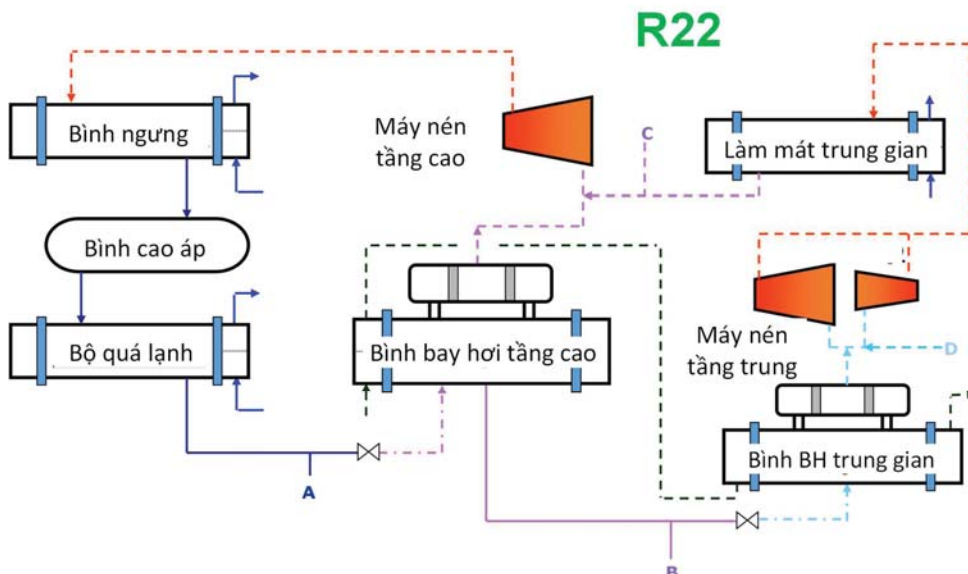
Hệ thống ghép tầng

• Hệ thống ghép tầng

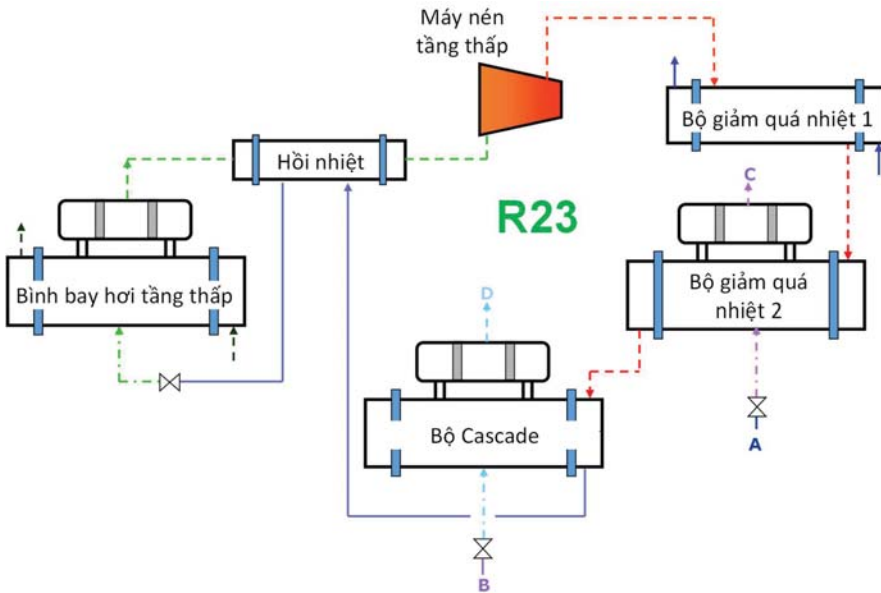
- Độ nâng nhiệt độ (lift) lớn và/hoặc các lợi ích và thiết kế hệ thống khác cho phép triển khai hai hệ thống làm lạnh
- Khả năng tuyệt vời để loại bỏ tình trạng áp suất thấp (chân không) ở mức nhiệt độ thấp
 - Tiết kiệm thiết bị (CAPEX)
 - Lợi ích vận hành - chi phí vận hành thấp hơn
- Ví dụ bao gồm:
 - Amoniac hoặc R507 hoặc R404 (cấp cao) và CO2 (cấp thấp)
 - R22 (cấp cao) và R23 (cấp thấp)

31

Hệ thống ghép tầng



Hệ thống ghép tầng



33



HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP

7.1 Ứng dụng sử dụng cuối

7.2 Các loại hệ thống lạnh công nghiệp khác nhau

7.2.1 Hệ thống nhiều tầng

7.2.2 Hệ thống ghép tầng

7.2.3 Hệ thống ngập lòng

7.2.4 Hệ thống hấp thụ

7.3 Thành phần chính & Điều khiển

7.4 thang đo hiệu suất hệ thống

Hệ thống ngập lỏng

- Hệ thống cấp dịch cưỡng bức môi chất lỏng với lưu lượng lớn hơn lượng bay hơi thực tế, bằng bơm cơ học hoặc bằng áp suất qua các dàn bay hơi, sau đó tách hơi và đưa phần lỏng còn lại quay trở lại dàn bay hơi.
- Thuận lợi
 - Hiệu suất hệ thống cao
 - Khả năng mở rộng dễ dàng
 - Giảm chi phí vận hành
- Nhược điểm
 - Nạp môi chất lớn
 - Cách nhiệt đường ống
 - Chi phí lắp đặt cao hơn
 - Cần bơm cơ khí + bảo trì
- Càng nhiều thiết bị bay hơi thì hiệu quả kinh tế càng cao

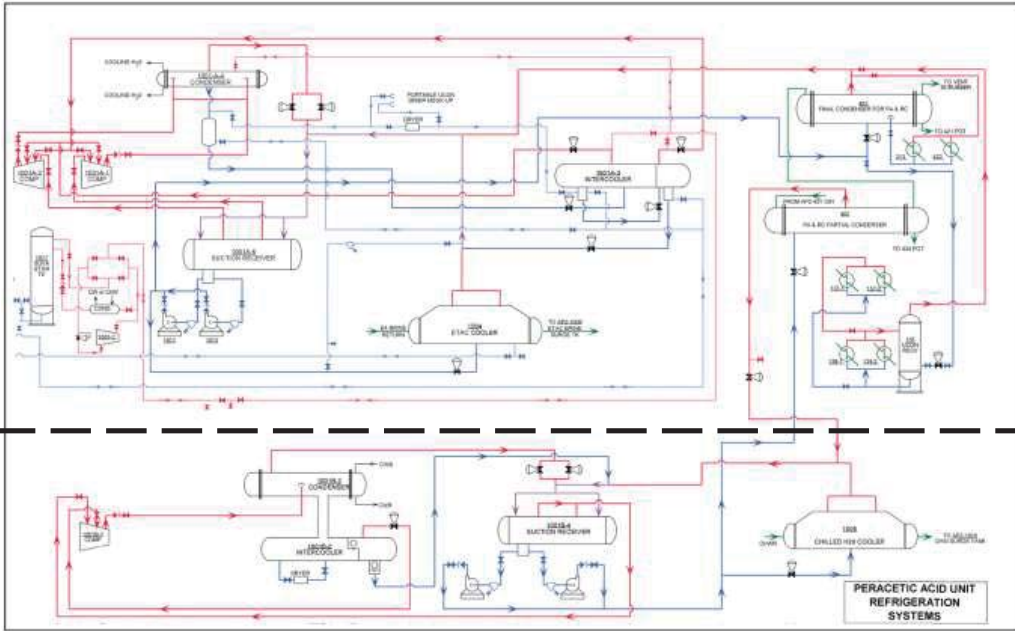
35

Hệ thống ngập lỏng

- Thiết bị tiết lưu điều chỉnh lưu lượng tới các thiết bị bay hơi riêng lẻ – van tiết lưu, lỗ tiết lưu (orifice)
- Tỷ lệ tuần hoàn
 - Tỷ lệ khối lượng chất lỏng được bơm so với lượng chất lỏng bay hơi
- Tỷ lệ ngập lỏng
 - Tỷ lệ khối lượng chất lỏng so với lượng hơi quay trở lại bình chứa
- Bình chứa hạ áp (nhiều tên khác nhau)
 - Tách chất lỏng và hơi
 - Bù đắp cho hiện tượng co giãn
 - Cho phép đủ thể tích chất lỏng để đáp ứng những thay đổi về tải trọng trong hệ thống
 - Vách ngăn bên trong và bộ tách ẩm

36

Hệ thống ngập lỏng



37



HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP

7.1 Ứng dụng sử dụng cuối

7.2 Các loại hệ thống lạnh công nghiệp khác nhau

7.2.1 Hệ thống nhiều tầng

7.2.2 Hệ thống ghép tầng

7.2.3 Hệ thống ngập lỏng

7.2.4 Hệ thống hấp thụ

7.3 Thành phần chính & Điều khiển

7.4 thang đo hiệu suất hệ thống

Hệ thống lạnh hấp thụ

- Cặp Amoniac (Môi chất lạnh) và Nước (Chất hấp thụ) dùng trong hệ thống lạnh công nghiệp
- Thành phần chính
 - Thiết bị bay hơi
 - Thiết bị ngưng tụ
 - Bình hấp thụ
 - Bình sinh hơi
 - Tháp tinh luyện
- Các thành phần bổ sung bao gồm: bơm dung dịch, bộ trao đổi nhiệt môi chất lạnh, bộ trao đổi nhiệt dung dịch, v.v.
- Thường được tận dụng nhiệt thải trong các nhà máy công nghiệp
 - Hơi nước áp suất thấp (hoặc nước nóng)
 - Nhiệt từ quá trình sản xuất

39

Hệ thống lạnh hấp thụ amoniac đốt nhiệt thải

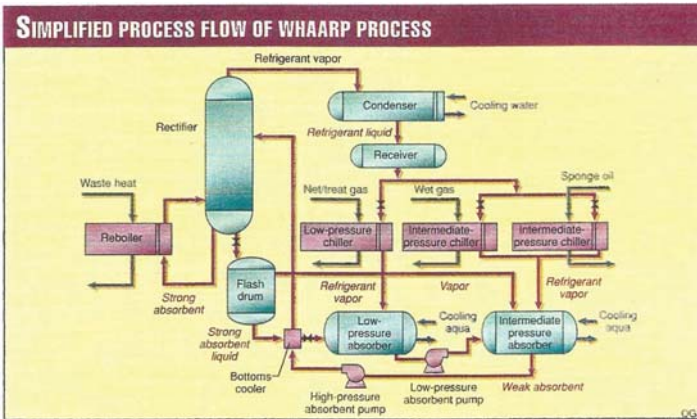


Thiết bị bay hơi, hấp thụ & máy bơm



Sinh hơi, tinh luyện & bộ trao đổi nhiệt

Hệ thống lạnh hấp thụ amoniac đốt nhiệt thải



Rectifier	Tháp tinh luyện
Reboiler	Nồi đun đáy thấp / Thiết bị gia nhiệt lại
Condenser	Dàn ngưng / Thiết bị ngưng tụ
Receiver	Bình chứa lỏng (cao áp)
Flash drum	Bình chớp hơi / Bình tách pha
Bottoms cooler	Bộ làm mát sản phẩm đáy
Low-pressure chiller	Thiết bị làm lạnh áp suất thấp
Intermediate-pressure chiller	Thiết bị làm lạnh áp suất trung bình
Low-pressure absorber	Bình hấp thụ áp suất thấp
Intermediate pressure absorber	Bình hấp thụ áp suất trung bình
High-pressure absorber pump	Bơm dung dịch hấp thụ áp cao
Low-pressure absorber pump	Bơm dung dịch hấp thụ áp thấp

Weak absorbent	Dung dịch hấp thụ loãng
Vapor	Hơi (hỗn hợp)
Wet gas	Khi ướt (chứa xử lý)
Net/treat gas	Khi đã xử lý / Khi sạch
Sponge oil	Dầu hấp thụ (màng) / Dầu xốp



Các điểm chính / Các hạng mục cần thực hiện

1. Các hệ thống làm lạnh công nghiệp có thể được phân biệt theo nhiều cách nhưng môi chất được sử dụng là sự phân biệt chính – halocarbon, amoniac, carbon dioxide, v.v.
2. Hệ thống ngập lỏng, nhiều cấp, hệ thống ghép tầng, hệ thống hấp thụ là một phương pháp phân biệt khác
3. Phần lớn các hệ thống lạnh công nghiệp dựa trên chu trình nén hơi nhưng có một số hệ thống công nghiệp dựa trên hệ thống hấp thụ
4. Các ứng dụng thúc đẩy nhu cầu về một loại hệ thống nhất định
5. Hầu hết các hệ thống lạnh công nghiệp hỗ trợ nhiều mức nhiệt độ khác nhau

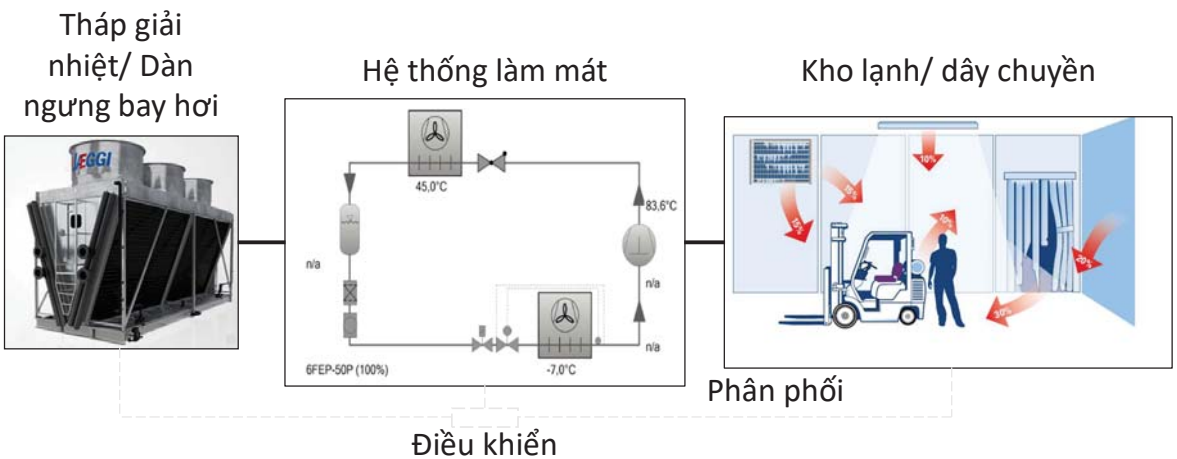


7

HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP

- 7.1 Ứng dụng sử dụng cuối
- 7.2 Các loại hệ thống lạnh công nghiệp khác nhau
- 7.3 Thành phần chính & Điều khiển
- 7.4 thang đo hiệu suất hệ thống

7.3 Thành phần chính & Điều khiển



Hiệu suất năng lượng – giải nhiệt kiểu bay hơi ướt mang lại COP cao



Tháp giải nhiệt



Kiểu ngưng tụ bay hơi

45

Dàn ngưng tụ bay hơi

- Một bộ trao đổi nhiệt được tích hợp trong tháp giải nhiệt
- Ưu điểm
 - Hệ số truyền nhiệt tuyệt vời
 - Nhiệt độ bão hòa tiến tới bầu ướt
 - Giảm chi phí bơm
 - Dễ dàng tích hợp làm mát kiểu Thermosyphon
- Nhược điểm
 - Chi phí ban đầu có thể cao hơn (nhưng phụ thuộc vào thiết kế hệ thống)
 - Vấn đề bám bẩn bộ trao đổi nhiệt
- Dàn ngưng tụ bay hơi nên được chạy hết công suất để tận dụng bầu ướt và do đó giảm độ nâng áp suất (lift) càng nhiều càng tốt

Máy nén

- Hai loại máy nén chủ yếu cho lạnh công nghiệp
 - Pittong
 - Trục vít
- Hệ thống lạnh công nghiệp nhiệt độ rất thấp sẽ có máy nén ly tâm
- Điều khiển máy nén tuân theo logic tương tự
 - Điều khiển áp suất dàn bay hơi nhiệt độ thấp bằng công suất bơm của máy nén cấp thấp
 - Kiểm soát áp suất trung gian bằng công suất bơm của máy nén cấp cao
- Cơ chế điều khiển phụ thuộc vào loại máy nén và có tác động đáng kể nhất đến năng lượng tiêu thụ của máy nén
- Hiệu suất của máy nén là một thước đo quan trọng khác cho hoạt động

47

Cụm máy nén trục vít



Công nghệ làm mát dầu

- Khi dầu đi qua máy nén, nó nhận rất nhiều nhiệt nén từ môi chất lạnh
- Lượng nhiệt này phải được loại bỏ sau khi dầu được tách ra khỏi chất làm lạnh và trước khi được bơm lại.
- Có bốn phương pháp thải nhiệt
 - Phun trực tiếp môi chất lạnh lỏng
 - Bộ trao đổi nhiệt thermosyphon bên ngoài
 - Bộ trao đổi nhiệt nước làm mát bên ngoài
 - Thêm môi chất lạnh dạng lỏng vào hỗn hợp chất làm lạnh/dầu khi xả máy nén
- Các nhà sản xuất khác nhau cung cấp các tùy chọn khác nhau
- Một số tùy chọn có chi phí đầu tiên cao hơn nhưng chi phí vận hành và giảm thiểu tổn thất năng suất lạnh

49

Bình làm mát trung gian

- Môi chất lạnh từ máy nén hạ áp được đưa vào sao đó được hút bởi máy nén cao áp
- Cấu hình tốt nhất là châm một lượng nhỏ môi chất lạnh áp suất cao vào bình làm mát để cung cấp khả năng làm mát cần thiết.
- Cải thiện hiệu quả hệ thống mà không làm giảm năng suất lạnh



Các thành phần khác

- Bình chứa cao áp
- Bộ quá lạnh
- Bộ khử quá nhiệt
- Bình chứa hạ áp
- Bình giữ mức
- Bình tách lỏng
- Thermosyphon
- Bộ trao đổi nhiệt môi chất lạnh
- Bộ trao đổi nhiệt khác
- Van phao/ van điều khiển
- Bình tách dầu và sấy dầu
- Vớt váng dầu



Các điểm chính / Các hạng mục cần thực hiện

1. *Dàn ngưng tụ bay hơi là sự lựa chọn ưu tiên của cơ chế thải nhiệt trong hệ thống lạnh công nghiệp*
2. *Máy nén pittông và trục vít là "cỗ máy làm việc" của hệ thống lạnh*
3. *Hoạt động non tải cần được đánh giá cẩn thận, đặc biệt vì máy nén trục vít có thể gây tổn hại đáng kể đến hiệu quả khi sử dụng van trượt để kiểm soát công suất.*
4. *Biến tần nên được xem xét*
5. *Có một số hệ thống phụ quan trọng mà hoạt động của chúng rất cần thiết đối với hệ thống lạnh công nghiệp.*





HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP

7.1 Ứng dụng sử dụng cuối

7.2 Các loại hệ thống lạnh công nghiệp khác nhau

7.3 Thành phần chính & Điều khiển

7.4 Thang đo hiệu suất hệ thống

7.4 Thang đo hiệu suất hệ thống

- Lạnh công nghiệp tiêu thụ một lượng năng lượng đáng kể, rất phức tạp và quy trình tích hợp đòi hỏi mức độ thẩm định cao hơn nhiều để xác định các chỉ số hiệu suất
- Nhiều hệ thống lạnh công nghiệp sở hữu nhiều mức nhiệt độ khác nhau và các mức phụ tải khác nhau tại những nhiệt độ này.
- Các nguyên lý nhiệt động học cơ bản và nền tảng vẫn không thay đổi.
 - Hiệu suất của từng thành phần (máy nén) được nhấn mạnh hơn

Thang đo hiệu suất năng lượng hệ thống

- Nhiệt độ, áp suất
- Độ chênh nhiệt độ (Lift)
- Tải lạnh
- COP, COSP, SCOSP
- Hiệu suất bộ trao đổi nhiệt
- Hiệu suất máy nén

55

Phạm vi COP chung cho hệ thống lạnh

- Đây chỉ là một so sánh cấp cao - CHỈ nên được sử dụng làm hướng dẫn
- Hệ thống ngưng tụ giải nhiệt gió
 - Phạm vi nhiệt độ bay hơi (-15 đến 7°C)
 - Pittong: 1,6 – 3,2
 - Trục vít: 1.9 – 4.2
 - Phạm vi nhiệt độ bay hơi (-45 đến -30°C)
 - Pittong: 1,0 – 1,5
 - Trục vít: 1,2 – 1,7

Phạm vi COP chung cho hệ thống lạnh

- Đây chỉ là một so sánh cấp cao - CHỈ nên được sử dụng làm hướng dẫn
- Hệ thống ngưng tụ giải nhiệt nước (bay hơi)
 - Phạm vi nhiệt độ bay hơi (-15 đến 7°C)
 - Pittong: 2,0 – 5,2
 - Trục vít: 2,3 – 6,1
 - Phạm vi nhiệt độ bay hơi (-45 đến -30°C)
 - Pittong : 1,2 – 1,8
 - Trục vít: 1,4 – 2,1

57



Các điểm chính / Các hạng mục cần thực hiện

1. Điều quan trọng là xác định thang đo hiệu suất của từng thiết bị và hệ thống lạnh công nghiệp cụ thể của bạn
2. Xu hướng hiệu suất hệ thống và so sánh các số liệu vận hành ở mức tải tương tự, điều kiện sản xuất theo mùa và môi trường xung quanh
3. COP, COSP là các thang đo được sử dụng phổ biến nhất trong các hệ thống lạnh công nghiệp nhưng hiệu suất máy nén cũng có thể được xem xét
4. Phạm vi COP phụ thuộc vào loại máy nén, cơ chế giải nhiệt, điều kiện môi trường xung quanh, tải hệ thống, cơ chế điều khiển, v.v.
5. Không có hai hệ thống nào giống hệt nhau và việc so sánh giữa các hệ thống phải được thực hiện cẩn thận



- 1 CƠ BẢN
- 2 CÔNG CỤ PHẠM VI LẠNH CÔNG NGHIỆP & LÀM MÁT QUY MÔ LỚN (CRST)
- 3 TÍNH TOÁN HIỆU SUẤT ĐƠN VỊ & HỆ THỐNG
- 4 CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH (CWSAT)
- 5 CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG (EE) TRONG HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH
- 6 MÁY LẠNH – QUÁ KHỨ, HIỆN TẠI & TƯƠNG LAI
- 7 HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 8 MÔ HÌNH HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP**
- 9 CƠ HỘI EE TRONG HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 10 NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP TỐI ƯU HỆ THỐNG CR
- 11 CÔNG CỤ PHẦN MỀM EE KHÁC CHO HỆ THỐNG CR
- 12 HỆ THỐNG CR THẾ HỆ TIẾP THEO
- 13 KẾT LUẬN

8 MÔ HÌNH HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP

8.1 Xem lại CRST

8.2 Tổng quan về phần mềm - CoolPack

8.3 Mô hình hệ thống công nghiệp thực phẩm đơn giản với CoolPack

Cảm ơn: Team CoolPack; Department of Mechanical Engineering, Technical University of Denmark

8.1 Xem lại CRST

- Có các phần cụ thể trong công cụ xác định phạm vi làm lạnh và làm mát (CRST) liên quan đến hệ thống làm lạnh công nghiệp
- Các câu hỏi giúp đánh giá hệ thống lạnh
 - Các phương pháp thực hành tốt nhất về vận hành
 - Lập hồ sơ và bảo trì Thực hành tốt nhất
- **KHÔNG** định lượng các cơ hội tiết kiệm nhưng đây là bước đầu tiên tuyệt vời để hiểu toàn bộ hệ thống

3

Người dùng CRST dự kiến

- Nhà sản xuất công nghiệp
 - Giám đốc nhà máy
 - Người quản lý tiện ích
 - Kỹ sư quy trình nhà máy
- Tư vấn năng lượng
 - Chuyên gia về hiệu quả năng lượng
 - Các chuyên gia tập trung vào hệ thống



Lấy dữ liệu cho đầu vào CRST

- Nguồn dữ liệu:
 - Thông tin về thiết bị/dữ liệu vận hành từ:
 - Kỹ sư nhà máy/quản lý tiện ích/bảo trì
 - Sơ đồ đường ống & thiết bị đo đạc
 - Hướng dẫn hệ thống CR
 - Người vận hành hệ thống CR
 - Đo dòng điện thực tế
 - Bản sao trên máy vi tính hoặc bản in của hồ sơ lịch sử
- Thời gian dự kiến: 1,5 giờ (90 phút)



CRST – Thẻ điểm hệ thống CR – Lạnh công nghiệp

Question	Response	Score
Industrial Refrigeration		
Evaporative Condensers		
1	What is general condition of the evaporative condensers?	Good 5
2	How are your evaporative condenser fans controlled?	Automated on / off control 10
3	How is your evaporative condenser water blowdown controlled?	Automatic 10
4	Do you monitor the following operating parameters continuously?	
	(i) Refrigerant outlet temperature	No 0
	(ii) Ambient air wet bulb temperature	Yes 5
	(iii) Evaporative condenser water chemistry	Yes 3
5	Do you see an evenly spread and uniform water distribution in your evaporative condensers?	Yes 10
6	How close is the approach of refrigerant outlet temperature to the wet bulb temperature?	Within 5 to 10°C 10
7	Do you have sludge or sediment problems in evaporative condenser basins?	Yes 0
Plate Heat Exchangers/Waterside Economizers		
1	Do you observe fouling on cooling tower water heat exchangers?	Yes 0
2	Do you routinely experience higher than design cooling loads?	Yes 0
3	Do you monitor cooling water exchanger pressure drop (ΔP)?	Yes 1
4	Do you have capacity problem due to cooling water flow issues?	No 10
5	Are there any end users that are starved of cooling water flow?	Yes 0
6	Are the following conditions representative during operations:	
	(i) Cooling tower water flow and/or coolant flow lower than design	Don't Know 0
	(ii) Cooling tower water ΔP and/or coolant ΔP higher than design ΔP	No 10



MÔ HÌNH HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP

8.1 Xem lại CRST

8.2 Tổng quan về phần mềm - CoolPack

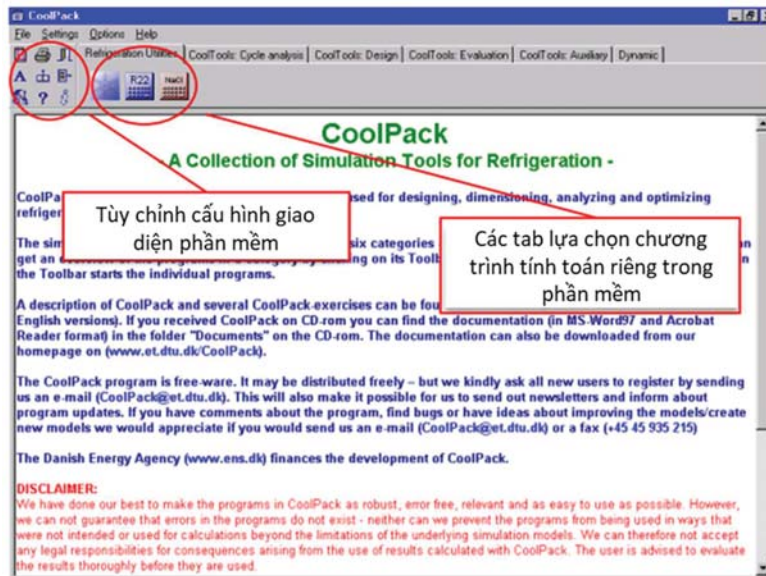
8.3 Mô hình hệ thống công nghiệp thực phẩm đơn giản với CoolPack

7

8.2 CoolPack / CoolTools

- Phần mềm có thể tải xuống miễn phí từ www.ipu.dk
 - Technical University of Denmark
- CoolPack được phát triển bắt đầu từ năm 2000 và tiếp tục được cập nhật, sửa đổi cho đến gần đây
- CoolTools (phiên bản beta) hiện là phiên bản hiện đại của CoolPack
- Đây là các chương trình mô phỏng để đánh giá COP thực tế của các hệ thống lạnh khác nhau
- Những công cụ này sẽ giúp định lượng các cơ hội tiết kiệm

Phiên bản CoolPack 1.50



9

Phiên bản CoolPack 1.50

• Tiện ích

- biểu đồ P-h
 - sơ đồ T-s
 - sơ đồ H-s
- } 45 môi chất lạnh bao gồm dòng R400 và R500
- Đặc tính nhiệt động của môi chất lạnh bão hòa và quá nhiệt
 - Bảng tính chất nhiệt vật lý
 - Biểu đồ đặc tính không khí ẩm

• Máy tính môi chất lạnh

- Nó có thể rất hữu ích trong lĩnh vực tính toán điểm trạng thái ngay lập tức, thu thập dữ liệu, v.v.

• Môi chất thứ cấp để truyền nhiệt

- Máy tính cho môi chất thứ cấp – đặc tính lưu chất, tính toán giảm áp suất

Phiên bản CoolPack 1.50

Chức năng	Nút và biểu tượng
Quay lại cửa sổ sơ đồ chính	
Tính toán, tương đương với phím F2	- CALC -
Lưu dữ liệu đầu vào vào tệp	- SAVE -
Tải dữ liệu đầu vào từ tệp	- LOAD -
Kích hoạt chức năng trợ giúp	- HELP -
Chuyển đến cửa sổ sơ đồ phụ với thông số chu trình	Cycle Spec.
Chuyển đến cửa sổ sơ đồ phụ với các phép tính bổ trợ	Auxiliary
Chuyển đến cửa sổ sơ đồ phụ với tổng quan về các điểm trạng thái (state points)	State Points

Phiên bản CoolPack 1.50

CoolPack

File Settings Options Help

Refrigeration Utilities CoolTools: Cycle Analysis | CoolTools: Design | CoolTools: Evaluation | CoolTools: Auxiliary | Dynamic |

CoolTools: Cycle Analysis

ONE-STAGE CYCLES:

- DX evaporator
- Flooded evaporator

TWO-STAGE CYCLES:

- DX evaporators, one-stage compressors
- DX evaporators, liquid injection in suction line, one stage compressors
- DX evaporators, liquid injection in suction line, two-stage compressor
- Flooded evaporators, open intercooler, one-stage compressors
- Flooded evaporators, closed intercooler, one-stage compressors

COMBINATIONS OF ONE-STAGE CYCLES:

- Two separate cycles, subcooling of liquid for low temperature cycle
- Two-stage cascade system

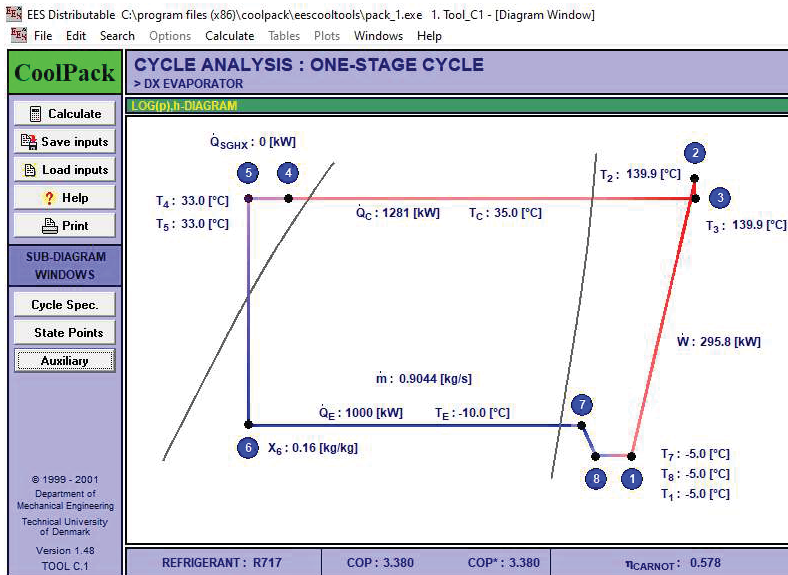
TRANSCRITICAL ONE-STAGE CYCLES:

- DX evaporator with CO₂ as refrigerant

TRANSCRITICAL TWO-STAGE CYCLES:

- DX evaporator with CO₂ as refrigerant, no intermediate load

Phân tích chu trình



13

Đánh giá

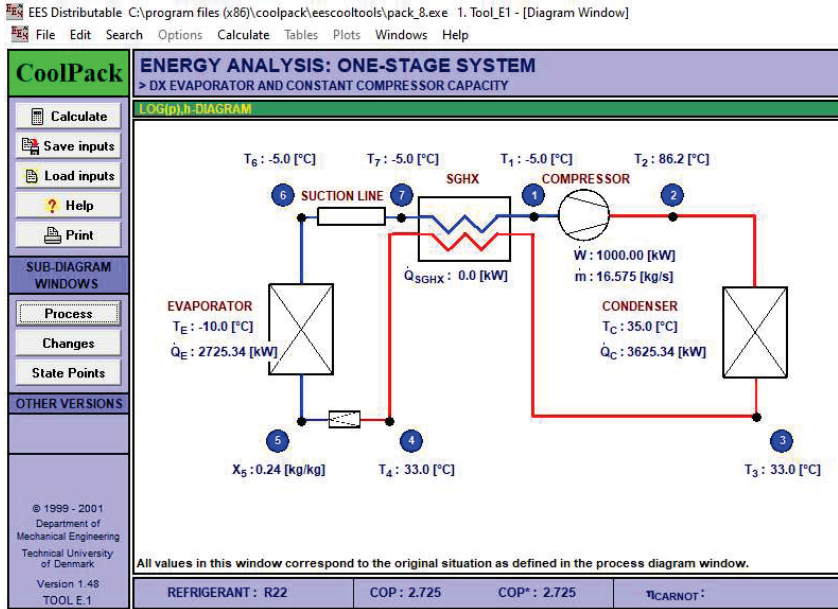


ONE-STAGE SYSTEMS:

- DX evaporator, constant compressor capacity
- DX evaporator, step-wise variable compressor capacity

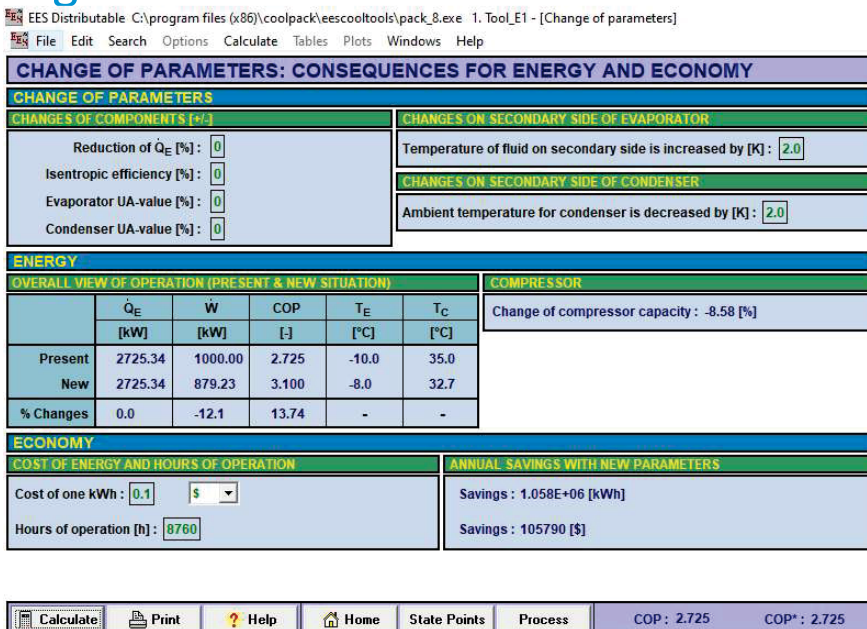
- Mục đích của phần này là mô hình hóa hệ thống lạnh càng chặt chẽ càng tốt.
- Thực hiện phân tích hậu quả “nếu-thì” về năng lượng và kinh tế
 - Trường hợp cơ sở
 - Thay đổi thông số

Đánh giá



15

Đánh giá



16

Đánh giá – Công suất máy nén theo từng bước

EES Distributable C:\program files (x86)\coolpack\eescooltools\pack_8.exe 2. Tool_E2 - [Process Specification]

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help

PROCESS SPECIFICATION FOR PRESENT SITUATION

EVAPORATOR		CONDENSER	
Evaporating temperature (T_E) [°C]: <input type="text" value="-10.0"/>	ΔT_{SH} [K]: <input type="text" value="5"/>	Condensing temperature (T_C) [°C]: <input type="text" value="35"/>	ΔT_{SC} [K]: <input type="text" value="2"/>
Temperature of air or water entering evaporator [°C]: <input type="text" value="2"/>		Temperature of air or water entering condenser [°C]: <input type="text" value="25"/>	
$T_{E,A}$: -10.0 [°C] $P_{E,A}$: 354.0 [kPa]	UA-value: 227.112 [kW/K]	$T_{C,A}$: 35.0 [°C] $P_{C,A}$: 1354.0 [kPa]	UA-value: 362.580 [kW/K]
$T_{E,B}$: -5.3 [°C] $P_{E,B}$: 416.5 [kPa]		$T_{C,B}$: 30.7 [°C] $P_{C,B}$: 1214.0 [kPa]	
NOTE: Evaporating pressure = suction pressure		NOTE: Condensing pressure = discharge pressure	
SUCTION GAS HEAT EXCHANGER (SGHX)		REFRIGERANT	
No SGHX: <input type="text" value="0.0"/>	$T_{4,A}$: 33.0 [°C] η_T : 0.00 [-]	R22	
CYCLE CAPACITY			
Volumetric efficiency (η_{vol}) [-]: <input type="text" value="0.8"/>	$\dot{Q}_{E,A}$: 2725.34 [kW]	\dot{m}_A : 16.58 [kg/s]	$\dot{V}_{S,A}$: 4000.000 [m ³ /h]
	$\dot{Q}_{E,B}$: 1663 [kW]	\dot{m}_B : 9.68 [kg/s]	$\dot{V}_{S,B}$: 2000.400 [m ³ /h]
η_{vol} : 0.800 [-]			
COMPRESSOR PERFORMANCE			
Isentropic efficiency (η_s) [-]: <input type="text" value="0.572"/>	η_s : 0.572 [-]	\dot{W}_A : 1001 [kW]	\dot{W}_B : 461.1 [kW]
Compressor displacement		Capacity [%]: <input type="text" value="100.0"/>	$\dot{V}_{D,A}$: 5000 [m ³ /h]
\dot{V}_D [m ³ /h]: <input type="text" value="5000"/>	CONDITION A	Capacity [%]: <input type="text" value="50.0"/>	$\dot{V}_{D,B}$: 2501 [m ³ /h]
	CONDITION B		Relative operation time [%]: 50
COMPRESSOR HEAT LOSS			
Heat loss factor (f_Q) [%]: <input type="text" value="10"/>	f_Q : 10.0 [%]	$T_{2,A}$: 86.3 [°C]	$\dot{Q}_{LOSS,A}$: 100.051 [kW]
		$T_{2,B}$: 72.6 [°C]	$\dot{Q}_{LOSS,B}$: 46.112 [kW]
SUCTION TEMPERATURE			
$T_{1,A}$ [°C]: <input type="text" value="-5.0"/>	$\Delta T_{SH,SL}$: -0.0 [K]	$\Delta T_{SH,SL}$ does not include superheat in SGHX	
Calculate Print Help		Home State Points Changes	
		COP: 2.724 COP*: 2.724	

17

Đánh giá – Công suất máy nén theo từng bước

EES Distributable C:\program files (x86)\coolpack\eescooltools\pack_8.exe 2. Tool_E2 - [Change of parameters]

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help

CHANGE OF PARAMETERS: CONSEQUENCES FOR ENERGY AND ECONOMY

CHANGE OF PARAMETERS		CHANGES ON SECONDARY SIDE OF EVAPORATOR											
Reduction of \dot{Q}_E [%]: <input type="text" value="0"/>		Temperature of fluid on secondary side is increased by [K]: <input type="text" value="2"/>											
Isentropic efficiency [%]: <input type="text" value="0"/>													
Evaporator UA-value [%]: <input type="text" value="0"/>		CHANGES ON SECONDARY SIDE OF CONDENSER											
Condenser UA-value [%]: <input type="text" value="0"/>		Ambient temperature for condenser is decreased by [K]: <input type="text" value="2"/>											
ENERGY													
WEIGHTED AVERAGE OF A+B AND CONTINUOUS OPERATION				WEIGHTED AVERAGE ("A+B", PRESENT AND NEW SITUATION)									
	\dot{Q}_E	\dot{W}	Cap.	COP	T_E	T_C		\dot{Q}_E	\dot{W}	Cap.	COP	T_E	T_C
	[kW]	[kW]	[%]	[-]	[°C]	[°C]		[kW]	[kW]	[%]	[-]	[°C]	[°C]
A+B	2194	730.8	100.0	3.002	-10.00	35.00	Present A+B	2194	730.8	100.0	3.002	-10.00	35.00
			50.0		-5.32	30.73				50.0		-5.32	30.73
Continuous	2194	702.6	72.8	3.123	-7.66	32.80	New A+B	2194	638.6	91.4	3.436	-8.00	32.70
										46.9		-3.32	28.57
% Change		-3.86		4.02			% Change		-12.62		14.44		
ECONOMY													
ENERGY COST AND HOURS OF OPERATION		ANNUAL SAVING WITH NEW PARAMETERS		ANNUAL SAVING WITH CONTINUOUS OPERATIONS									
Cost of one kWh: <input type="text" value="0.1"/>	\$	Savings: 807964 [kWh]		Savings: 247397 [kWh]									
Hours of operation [h]: <input type="text" value="8760"/>		Savings: 80796 [\$]		Savings: 24740 [\$]									
Calculate Print Help		Home Process		State Points									
				COP: 2.724 COP*: 2.724									

18

Phụ lục – So sánh chi phí vòng đời

EES Distributable C:\program files (x86)\coolpack\eescooltools\pack_7.exe 5.Tool_A14 - [Diagram Window]

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help

CoolPack LIFE CYCLE COST				
INTERESTS AND CURRENCY				
Interest rate [%]:	4			Select currency : <input type="text" value="US\$"/>
Inflation rate [%]:	2	Effective interest rate : 1.96 [%]		
INITIAL COST				
		SYSTEM A	SYSTEM B	
Cost of equipment [US\$]		50000	65000	
Cost of installation [US\$]		12000	14000	
Total initial cost [US\$]		62000	79000	Difference : 17000 [US\$]
ANNUAL OPERATING COST				
		SYSTEM A	SYSTEM B	
Energy consumption [kWh]		17500	12500	at 0.100 [US\$/kWh]
Cost of energy [US\$]		1750	1250	
Cost of maintenance [US\$]		5000	4000	
Total annual cost [US\$]		6750	5250	Difference : 1500 [US\$]
PAYBACK TIME AND PRESENT VALUE (PV)				
System life time [Years]:	12			
		SYSTEM A	SYSTEM B	
Payback time [Years]		0.0	11.3	
PV of annual operating cost [US\$]		71556	55654	Difference : 15901 [US\$]
Life cycle cost [US\$]		133556	134654	Difference : -1099 [US\$]

© 1999 - 2001
Department of
Mechanical Engineering
of Denmark
Version 1.48
TOOL A.14

19



MÔ HÌNH HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP

8.1 Xem lại CRST

8.2 Tổng quan về phần mềm - CoolPack

8.3 Mô hình hệ thống công nghiệp thực phẩm đơn giản với CoolPack

8.3 CoolPack 1.50

- CoolPack sẽ được trình diễn trực tiếp và các chức năng được làm nổi bật trong khi lập mô hình hệ thống
- Một hệ thống làm lạnh đơn giản (và nhỏ) trong ngành thực phẩm đang được lấy làm ví dụ
 - Môi chất lạnh là Amoniac (R717)
 - Hệ thống ngập lỏng với hai mức nhiệt độ
 - Cả giai đoạn hạ áp và giai đoạn cao áp đều yêu cầu công suất làm lạnh 200 kW mỗi giai đoạn
 - Các hiệu ứng hệ thống – làm mát phụ, tăng nhiệt đường hút, hiệu suất đẳng entropi, v.v. – được xem xét và có thể được sửa đổi/cải thiện
- Vấn đề hội tụ và giá trị dự đoán ban đầu rất quan trọng

Hệ thống lạnh công nghiệp thực phẩm

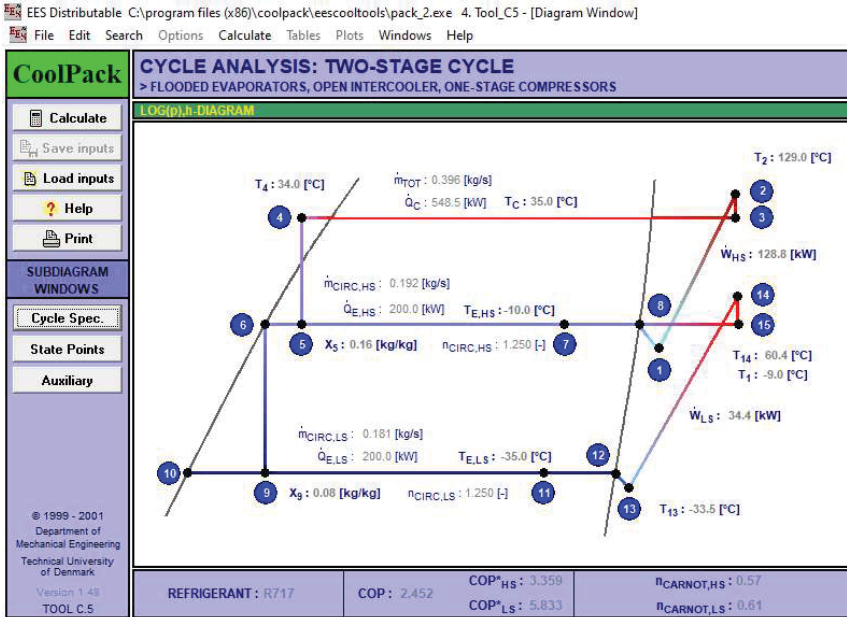
EES Distributable C:\program files (x86)\coolpack\eescooltools\pack_2.exe 4. Tool_C5 - [Cycle Specification]

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help

CYCLE SPECIFICATION			
TEMPERATURE LEVELS		PRESSURE LOSSES	
HS: $T_{E,HS}$ [°C]:	<input type="text" value="10.0"/>	x_{OUT} [kg/kg]:	<input type="text" value="0.8"/>
LS: $T_{E,LS}$ [°C]:	<input type="text" value="-35.0"/>	$\Delta p_{SL,HS}$ [kPa]:	<input type="text" value="0.2"/>
T_C [°C]:	<input type="text" value="35.0"/>	$\Delta p_{DL,HS}$ [kPa]:	<input type="text" value="0.2"/>
ΔT_{SC} [K]:	<input type="text" value="1.0"/>	$\Delta p_{SL,LS}$ [kPa]:	<input type="text" value="0.2"/>
		$\Delta p_{DL,LS}$ [kPa]:	<input type="text" value="0.2"/>
REFRIGERANT			
R717			
CYCLE CAPACITY			
HS: Cooling capacity $\dot{Q}_{E,HS}$ [kW]:	<input type="text" value="200"/>	$\dot{Q}_{E,HS}$: 200.0 [kW]	\dot{m}_{HS} : 0.396 [kg/s]
LS: Cooling capacity $\dot{Q}_{E,LS}$ [kW]:	<input type="text" value="200"/>	$\dot{Q}_{E,LS}$: 200.0 [kW]	\dot{m}_{LS} : 0.158 [kg/s]
		$\dot{V}_{S,HS}$: 604.5 [m ³ /h]	$\dot{V}_{S,LS}$: 706.0 [m ³ /h]
COMPRESSOR PERFORMANCE			
HS: Isentropic efficiency $\eta_{i,HS}$ [-]:	<input type="text" value="0.7"/>	$\eta_{i,HS}$: 0.700 [-]	\dot{W}_{HS} : 128.8 [kW]
LS: Isentropic efficiency $\eta_{i,LS}$ [-]:	<input type="text" value="0.7"/>	$\eta_{i,LS}$: 0.700 [-]	\dot{W}_{LS} : 34.4 [kW]
		\dot{W}_{TOT} : 163.1 [kW]	
COMPRESSOR HEAT LOSS			
HS: Heat loss factor $f_{Q,HS}$ [%]:	<input type="text" value="10"/>	$f_{Q,HS}$: 10.0 [%]	T_2 : 129.0 [°C]
LS: Heat loss factor $f_{Q,LS}$ [%]:	<input type="text" value="10"/>	$f_{Q,LS}$: 10.0 [%]	T_{14} : 60.4 [°C]
		$\dot{Q}_{LOSS,HS}$: 12.9 [kW]	$\dot{Q}_{LOSS,LS}$: 3.4 [kW]
SUCTION LINES			
HS: Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL,HS}$ [K]:	<input type="text" value="1.0"/>	$\dot{Q}_{SL,HS}$: 1051 [W]	T_1 : -9.0 [°C]
LS: Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL,LS}$ [K]:	<input type="text" value="1.5"/>	$\dot{Q}_{SL,LS}$: 538 [W]	T_{13} : -33.5 [°C]
		$\Delta T_{SH,SL,HS}$: 1.0 [K]	$\Delta T_{SH,SL,LS}$: 1.5 [K]

Calculate Print Help Home Auxiliary State Points COP: 2.462 COP_{HS}: 3.359 COP_{LS}: 5.833

Hệ thống lạnh công nghiệp thực phẩm



23

Hệ thống lạnh công nghiệp thực phẩm

EES Distributable C:\program files (x86)\coolpack\eescooltools\pack_2.exe 4. Tool_C5 - [State Points]

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help

STATE POINTS						
	STATE POINT	TEMPERATURE [°C]	PRESSURE [kPa]	ENTHALPY [kJ/kg]	DENSITY [kg/m ³]	Additional information
HIGH PRESSURE	2	129.0	1361.7	1729.2	7.3	POPTIMUM = $\sqrt{p_2 \cdot p_{13}}$ POPTIMUM : 353.9 [kPa] T _{SAT,OPTIMUM} : -5.1 [°C]
	3	129.0	1353.9	1729.4	7.2	
	4	34.0	1353.9	345.4	588.9	
INTERMEDIATE PRESSURE	5	-10.0	290.9	345.4	-	Pressure ratio (p ₂ / p ₁) : 4.719 Pressure ratio (p ₁₄ / p ₁₃) : 3.189 T _{2,IS} : 103.6 [°C] T _{2,W} : 141.8 [°C] T _{14,IS} : 41.5 [°C] T _{14,W} : 70.0 [°C]
	6	-10.0	290.9	133.2	651.9	
	7	-10.0	290.9	1173.9	-	
	8	-10.0	290.9	1434.1	2.4	
	1	-9.0	288.6	1436.8	2.4	
	15	60.4	290.9	1598.1	1.8	
LOW PRESSURE	14	60.4	293.3	1598.0	1.8	T _{IS} is the temperature of the discharge gas assuming reversible and adiabatic compression T _W is the temperature of the discharge gas assuming real and adiabatic compression
	9	-35.0	92.9	133.2	-	
	10	-35.0	92.9	21.3	683.4	
	11	-35.0	92.9	1123.3	-	
	12	-35.0	92.9	1398.8	0.8	
	13	-33.5	92.0	1402.2	0.8	

Calculate Print Help Home Cycle Spec. Auxiliary COP: 2.452 COP^{HS}: 3.359 COP^{LS}: 5.833

Hệ thống lạnh công nghiệp thực phẩm

EES Distributable C:\program files (x86)\coolpack\eescooltools\pack_2.exe 4. Tool_CS - [Auxiliary calculations]

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help

AUXILIARY

VOLUMETRIC EFFICIENCY

HS: Volumetric efficiency $\eta_{VOL,HS}$ [-] $\eta_{VOL,HS}$: 0.700 [-] $\dot{V}_{S,HS}$: 604.5 [m³/h] $\dot{V}_{D,HS}$: 863.5 [m³/h]

LS: Volumetric efficiency $\eta_{VOL,LS}$ [-] $\eta_{VOL,LS}$: 0.700 [-] $\dot{V}_{S,LS}$: 706.0 [m³/h] $\dot{V}_{D,LS}$: 1008.6 [m³/h]

UTILIZATION OF DISCHARGE GAS SUPERHEAT FOR HEATING OF WATER

Temperature increase ΔT_{WATER} [K] ΔT_{WATER} : 20.00 [K] \dot{V}_{WATER} : 4.4 [m³/h] \dot{Q}_{DHS} : 102.1 [kW]

$T_{DL,HS,OUT}$: 129.0 [°C] T_C : 35.0 [°C]

Water in the desuperheating heat exchanger can only be heated to discharge temperature $T_{DL,HS,OUT}$. \dot{Q}_c in the main diagram window includes both the heat load for desuperheating and condensing of the refrigerant.

ENERGY CONSUMPTION

Hours of operation [h]: Energy consumption: 1428173 [kWh]

PIPE DIMENSIONS

PIPE SECTION	VELOCITY	PIPE DIAMETER (internal)	Condition corresponds to
	[m/s]	[mm]	
HS Suction line	<input type="text" value="10.0"/>	146.2	State Point #1
LS Suction line	<input type="text" value="10.0"/>	158.0	State Point #13
HS Discharge line	<input type="text" value="12.0"/>	76.0	State Point #2
LS Discharge	<input type="text" value="12.0"/>	95.5	State Point #14
HS Liquid line	<input type="text" value="0.6"/>	37.8	State Point #4
LS Liquid line	<input type="text" value="0.6"/>	22.7	State Point #6

Calculate Print ? Help Home State Points Cycle Spec. COP: 2.452 COP_{HS}: 3.359 COP_{LS}: 5.833

25



Các điểm chính / Các hạng mục cần thực hiện

1. CoolPack 1.50 là phần mềm tải xuống miễn phí của Technical University of Denmark (Department of ME)
2. Nó có khả năng rất mạnh trong việc mô phỏng các hệ thống lạnh công nghiệp và cho phép chạy mô phỏng vận hành ở trạng thái ổn định.
3. Nó đã xây dựng thư viện gồm 45 môi chất lạnh có thể được truy cập thông qua menu kéo xuống và giao diện của phần mềm cực kỳ thân thiện với người dùng.
4. CoolPack được chia thành nhiều phần và phần phụ để dễ sử dụng và cung cấp sự so sánh về năng lượng và chi phí
5. CoolTools sẽ là phiên bản mới cho tất cả các mô hình và thuật toán CoolPack



- 1 CƠ BẢN
- 2 CÔNG CỤ PHẠM VI LẠNH CÔNG NGHIỆP & LÀM MÁT QUY MÔ LỚN (CRST)
- 3 TÍNH TOÁN HIỆU SUẤT ĐƠN VỊ & HỆ THỐNG
- 4 CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH (CWSAT)
- 5 CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG (EE) TRONG HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH
- 6 MÁY LẠNH – QUÁ KHỨ, HIỆN TẠI & TƯƠNG LAI
- 7 HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 8 MÔ HÌNH HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 9 **CƠ HỘI EE TRONG HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP**
- 10 NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP TỐI ƯU HỆ THỐNG CR
- 11 CÔNG CỤ PHẦN MỀM EE KHÁC CHO HỆ THỐNG CR
- 12 HỆ THỐNG CR THẾ HỆ TIẾP THEO
- 13 KẾT LUẬN

Một số biện pháp giảm tiêu hao năng lượng cho làm lạnh và nâng cao hiệu suất hệ thống

- Giảm tải lạnh
- Tăng nhiệt độ bay hơi
- Giảm nhiệt độ ngưng tụ
- Tối ưu hóa điều khiển máy nén
- Kiểm soát quạt hiệu quả
- Sử dụng nhiệt thải – thu hồi nhiệt
- Tránh và sửa chữa rò rỉ

Câu hỏi quan trọng nhất: Làm thế nào chúng ta có thể xác định chính xác mức tiết kiệm năng lượng/chi phí?

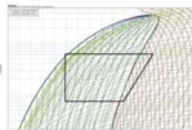
• Phương án 1: Đo lường trước và sau khi thực hiện

- Tiết kiệm “thực sự”
- Tốn kém và mất thời gian



• Cách 2: Sử dụng công cụ phần mềm để tính mức tiết kiệm lý thuyết

- Giải pháp nhanh chóng
- Cơ sở tốt cho quyết định
- Kết quả chỉ mang tính lý thuyết



3



CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG TRONG HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP

9.1 Giảm tải lạnh

9.2 Tối ưu hóa điểm đặt nhiệt độ bay hơi

9.3 Tối ưu hóa áp suất thiết bị ngưng tụ / Điểm cài đặt vận hành

9.4 Vận hành máy nén

9.1 Giảm tải hệ thống lạnh

- Tải lạnh là “người dẫn đầu” và hệ thống là “người theo sau”
- Giảm tải hệ thống trực tiếp làm giảm mức tiêu thụ năng lượng, chi phí vận hành và phát thải khí nhà kính
- Giảm tải có thể nâng cao độ tin cậy của hệ thống và cũng cải thiện khả năng dự phòng và năng suất lạnh sẵn có
- Giảm thiểu tải lạnh và sau đó cải thiện vận hành
- Một số biện pháp giảm tải được đề cập trong phần này và mức tiết kiệm được định lượng bằng Coolpack

5

Giảm tải hệ thống lạnh

- Tắt những nơi không sử dụng – nhà kho, tủ đông, tủ lạnh – và phòng cấp đông sâu khi không sử dụng trong thời gian dài/mùa
- Giảm tải nhiệt do nhiệt độ sản phẩm gây ra
 - Hoạt động lưu trữ
 - Hoạt động di chuyển
- Đánh giá quá trình làm mát trước khi bảo quản – không khí xung quanh, nước lạnh/glycol
 - Thực hiện các thay đổi từng bước (lý tưởng là tuyến tính) đến mức nhiệt độ thấp nhất
- Giảm thiểu sự xâm nhập của không khí từ cửa, đường dốc, băng tải, v.v.
 - Đảm bảo kín hoàn toàn

Giảm tải hệ thống lạnh

- Cải thiện khả năng cách nhiệt của vỏ tòa nhà – kiểm tra vật liệu, độ phát xạ, rò rỉ
 - Giảm nhiệt hấp thụ qua cửa
 - Cải thiện khả năng cách nhiệt của vỏ
- Giảm hoạt động của con người, ánh sáng và máy móc trong khu vực lạnh
 - Giảm nhiệt đầu vào của con người
 - Giảm nhiệt đầu vào của chiếu sáng
 - Giảm nhiệt đầu vào của máy móc
 - Tối ưu hóa máy sưởi khung quy định
- Tối ưu hóa việc kiểm soát bộ điện trở xả bằng theo nhu cầu

7

Hệ thống lạnh công nghiệp thực phẩm

- Giảm tải lạnh tầng thấp thêm 75 kW (từ 750 kW xuống 675 kW) và tăng tải lạnh tầng cao thêm 75 kW (từ 1.000 kW lên 1.075 kW)
 - Mức sử dụng năng lượng của trường hợp cơ bản – 686,4 kW
 - Mức sử dụng năng lượng của trường hợp mới – 670 kW
 - Tiết kiệm năng lượng – 16,4 kW
 - Tiết kiệm năng lượng hàng năm ~ 144.000 kWh (dựa trên 8.760 giờ hoạt động)
 - Tiết kiệm chi phí hàng năm ~ 144.000 R (dựa trên 1 R/kWh)
- Đây là trường hợp thực tế hơn trong công nghiệp và có thể là bước đầu tiên để tối ưu hóa và giảm tải lạnh tổng thể của hệ thống.



Các điểm chính / Các hạng mục cần thực hiện

1. Tải hệ thống lạnh công nghiệp là yếu tố trực tiếp duy nhất ảnh hưởng đến chi phí năng lượng
2. Có một số cơ hội để giảm tải hệ thống làm lạnh nhưng tất cả chúng đều đòi hỏi xử lý kỹ lưỡng
3. Có một số cơ hội để giảm tải lạnh công nghiệp dựa trên hoạt động phụ trợ và con người – đây là những mục tiêu dễ thực hiện
4. Việc sử dụng phần mềm như CoolPack cho phép lập mô hình lý thuyết và mức định lượng để tiết kiệm
5. Cuối cùng, việc phân tích phân đoạn có thể được thực hiện với sơ đồ phụ tải chi tiết hơn và điều kiện môi trường xung quanh



9



CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG TRONG HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP

9.1 Giảm tải lạnh

9.2 Tối ưu hóa điểm đặt nhiệt độ bay hơi

9.3 Tối ưu hóa áp suất thiết bị ngưng tụ / Điểm cài đặt vận hành

9.4 Vận hành máy nén

Những yếu tố chính ảnh hưởng đến hiệu quả của hệ thống lạnh?

- Nhiệt độ bay hơi
- Nhiệt độ ngưng tụ
- Độ sụt áp:
 - đường ống và van
 - bộ trao đổi nhiệt
- Lưu lượng thay đổi của:
 - chất lỏng (nước, nước/glycol, những chất khác)
 - hơi và khí (không khí, môi chất lạnh)
- Hệ thống điều khiển (chất lượng thiết kế điều khiển)
- Dịch vụ và bảo trì

11

9.2 Tối ưu hóa điểm đặt nhiệt độ bay hơi

- Giới hạn nhiệt độ bay hơi nên được tối ưu hóa
 - Đối với các sản phẩm khác nhau
 - Phân loại sản phẩm theo mức nhiệt độ
 - Giới hạn nhiệt độ cho phép
- Nhiệt độ bay hơi có ảnh hưởng đáng kể đến
 - Sử dụng năng lượng và hiệu quả
 - Năng suất lạnh
- Các yếu tố khác ảnh hưởng đến nhiệt độ bay hơi
 - Bộ trao đổi nhiệt bị bẩn – bên trong, bên ngoài
 - Vấn đề về luồng không khí
 - Van tiết lưu điện tử

Hệ thống lạnh công nghiệp thực phẩm

- Tăng nhiệt độ thiết bị bay hơi ở giai đoạn thấp (từ $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ lên $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$)
 - Mức sử dụng năng lượng của trường hợp cơ bản – 686,4 kW
 - Mức sử dụng năng lượng của trường hợp mới – 648,6 kW
 - Tiết kiệm năng lượng – 37,8 kW
 - Tiết kiệm năng lượng hàng năm $\sim 330.000\text{ kWh}$ (dựa trên 8.760 giờ hoạt động)
 - Tiết kiệm chi phí hàng năm $\sim 330.000\text{ R}$ (dựa trên 1 R/kWh)
- Mức tiết kiệm này gần như tương đương với việc giảm 10% tải ở giai đoạn thấp!

13

Các cơ hội cải tiến khác

- Thường xuyên vệ sinh bộ trao đổi nhiệt dàn bay hơi
- Đối với các ứng dụng nhiệt độ thấp tránh đóng băng dàn
 - Cần đặc biệt chú trọng đến độ kín khí
 - Cửa cũng phải đóng mở nhanh
- Tìm ra nhiệt độ cao nhất có thể cần thiết để đáp ứng tải mà không làm giảm chất lượng
- Dựa trên các ứng dụng và yêu cầu về nhu cầu, hãy chuyển tải sang nhiệt độ cao hơn
- Duy trì nhiệt độ tiếp cận càng nhỏ càng tốt – tập trung vào luồng không khí/chất lỏng



Các điểm chính / Các hạng mục cần thực hiện

1. Tăng nhiệt độ bay hơi giúp cải thiện hiệu suất và công suất hệ thống lạnh
2. Tối ưu hóa hệ thống để vận hành ở nhiệt độ bay hơi cao nhất có thể mà không vi phạm bất kỳ ràng buộc nào của quy trình sản xuất.
3. Không có quy tắc kinh nghiệm nào áp dụng chung được – mỗi hệ thống là một trường hợp riêng biệt. Hãy sử dụng CoolPack để định lượng một cách rất nhanh chóng ở cấp độ lý thuyết cho các cơ hội cải thiện
4. Đảm bảo độ chênh nhiệt độ hiệu dụng thiết bị bay hơi càng nhỏ càng tốt
5. Vận hành và Bảo trì có thể đóng một vai trò rất lớn trong việc đảm bảo nhiệt độ bay hơi cao nhất có thể



15

9 CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG TRONG HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP

9.1 Giảm tải lạnh

9.2 Tối ưu hóa điểm đặt nhiệt độ bay hơi

9.3 Tối ưu hóa áp suất thiết bị ngưng tụ / Điểm cài đặt vận hành

9.4 Vận hành máy nén

9.3 Tối ưu hóa áp suất thiết bị ngưng tụ / điểm cài đặt vận hành

- Nhiệt độ ngưng tụ (và áp suất) đóng một vai trò quan trọng trong hiệu quả và hoạt động của hệ thống
- Ảnh hưởng của bầu khô, bầu ướt đến hiệu suất của thiết bị ngưng tụ
- Áp suất ngưng tụ thay đổi theo môi trường - hạn chế và ưu điểm
- Bộ trao đổi nhiệt bị bẩn
- Phân phối lưu lượng khí/nước
- Vị trí lắp đặt
- Khí không ngưng

17

Áp suất ngưng tụ thay đổi theo môi trường

- Tất cả các hệ thống lạnh đều được thiết kế cho điều kiện vận hành định – đầy tải tại nhiệt độ môi trường 35°C hoặc theo các thông số thiết kế cụ thể khác.
- Tuy nhiên, điều kiện này chỉ xảy ra trong chưa đầy 3% tổng số giờ vận hành của hệ thống trong một năm.
- Quạt tháp giải nhiệt và bơm nước thường được điều khiển để duy trì một áp suất cài đặt một cách máy móc (bằng cách kiểm soát nhiệt độ ngưng tụ).
- Điều này vô tình tạo ra một mức chênh lệch áp suất (LIFT) cao hơn mức cần thiết mà máy nén phải vượt qua.
- Cơ hội tiết kiệm có thể được thực hiện theo từng bước, với sự đồng thuận từ nhà sản xuất, hướng dẫn vận hành và bảo trì (O&M), v.v.

Hệ thống lạnh công nghiệp thực phẩm

- Giảm nhiệt độ ngưng tụ (từ 35 °C xuống 32 °C)
 - Mức sử dụng năng lượng của trường hợp cơ bản – 686,4 kW
 - Mức sử dụng năng lượng của trường hợp mới – 642,9 kW
 - Tiết kiệm năng lượng – 43,5 kW
 - Tiết kiệm năng lượng hàng năm ~ 380,000 kWh (dựa trên 8.760h vận hành)
 - Tiết kiệm chi phí hàng năm ~ 380.000 R (dựa trên 1 R/kWh)
- Đây có thể không phải là mức tiết kiệm thực vì có thể sẽ cần thêm điện năng tiêu thụ cho quạt để đạt được tốc độ truyền nhiệt cao hơn và nhiệt độ thấp hơn.

19

Áp suất ngưng tụ thay đổi theo môi trường - Vấn đề

- Các vấn đề truyền thống và quan niệm sai lầm
- Khả năng xả băng bị ảnh hưởng do nhiệt độ gas nóng thấp hơn
- Làm mát dầu – phun lỏng
- Hiệu suất của bộ tách dầu, hồi dầu, v.v.
- Hoạt động của các van điều khiển – không đủ lực đẩy để đưa môi chất lạnh lỏng đến phụ tải
- Hiện tượng tích tụ môi chất lạnh ở thiết bị ngưng tụ
- Tăng công suất tiêu thụ của quạt và bơm

Các cơ hội cải tiến khác

- Vệ sinh bộ trao đổi nhiệt của dàn ngưng một cách định kỳ.
- Trong mùa lạnh, hãy thiết lập nhiệt độ ngưng tụ thấp nhất có thể – kiểm tra rơ-le bảo vệ áp suất thấp - việc thay đổi điểm cài đặt có thể thực hiện thủ công hoặc sử dụng bộ điều khiển bên ngoài.
 - Cài đặt dải nhiệt độ ngưng tụ vào mùa lạnh 20 - 23 °C
- Thay vì điều khiển Bật/Tắt (On/Off) cho quạt, hãy sử dụng biến tần (VFD).
- Nếu không gian cho phép - hãy lắp thêm bộ giải nhiệt khô (dry cooler) hoặc dàn ngưng, tháp giải nhiệt hoặc tháp bay hơi.
 - Việc này sẽ làm giảm đáng kể nhiệt độ ngưng tụ.

21



Các điểm chính / Các hạng mục cần thực hiện

1. *Áp suất ngưng tụ thay đổi theo môi trường giúp cải thiện hiệu suất và năng suất của hệ thống lạnh.*
2. *Tối ưu hóa hệ thống để vận hành ở nhiệt độ ngưng tụ thấp nhất có thể mà không vi phạm bất kỳ ràng buộc nào của quy trình sản xuất.*
3. *Không có quy tắc chung nào cả – mỗi hệ thống là duy nhất; hãy sử dụng CoolPack để định lượng nhanh chóng các cơ hội ở cấp độ lý thuyết.*
4. *Hãy nỗ lực để đảm bảo độ chênh lệch nhiệt độ hiệu dụng giữa nhiệt độ hệ thống ngưng tụ và nhiệt độ bầu ướt là nhỏ nhất có thể.*
5. *Công tác vận hành và bảo trì (O&M) đóng vai trò cực kỳ quan trọng trong việc đảm bảo duy trì nhiệt độ ngưng tụ ở mức thấp nhất.*





CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG TRONG HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP

9.1 Giảm tải lạnh

9.2 Tối ưu hóa điểm đặt nhiệt độ bay hơi

9.3 Tối ưu hóa áp suất thiết bị ngưng tụ / Điểm cài đặt vận hành

9.4 Vận hành máy nén

9.4 Tối ưu hóa vận hành máy nén

- Máy nén là trái tim của hệ thống lạnh nén hơi
- Việc tối ưu hóa vận hành máy nén đòi hỏi sự thẩm định kỹ lưỡng và cẩn trọng.
- Các điều kiện vận hành hiện tại cũng như việc hiểu rõ cách điều khiển và phản hồi của máy nén là vô cùng quan trọng.
- Cần có biểu đồ phụ tải (đặc trưng theo năm hoặc theo mùa).

Tối ưu hóa vận hành máy nén

- Dựa vào kiểu máy nén, kích thước, biểu đồ phụ tải
 - Giảm tải trong máy nén piston
 - Phân cấp máy nén để vận hành số lượng máy nén tối ưu
 - Van trượt – Vi cố định và biến thiên – máy nén trục vít
 - Vận hành theo cấp
 - Biến tần
- Việc làm mát dầu trong máy nén trục vít có thể tác động đến năng suất và hiệu suất
- Điểm mấu chốt: Hiệu suất máy nén bị suy giảm khi vận hành ở mức tải thấp.

25

Hệ thống lạnh công nghiệp thực phẩm

- Cải thiện hiệu suất nén đoạn nhiệt của máy nén (từ 70% lên 75%)
 - Mức tiêu thụ năng lượng của trường hợp cơ bản – 686,4 kW
 - Mức tiêu thụ năng lượng của trường hợp mới – 638,5 kW
 - Tiết kiệm năng lượng – 47,9 kW
 - Tiết kiệm năng lượng hàng năm ~ 420.000 kWh (dựa trên 8.760 giờ vận hành)
 - Chi phí hàng năm ~ 420.000 R (dựa trên 1 R/kWh)
- Việc cải thiện hiệu suất đoạn nhiệt của máy nén có thể đòi hỏi nhiều thay đổi về hệ thống, bao gồm các bộ điều khiển thích ứng mới hơn, trục vít mới, v.v.

Cơ hội cải tiến khác

- Sụt áp trên đường hút và đường đẩy phải được bù đắp bằng công nén của máy nén.
 - Giảm thiểu các đoạn đường ống dài; giảm số lượng co cút (khuyết ống); v.v.
- Làm mát bằng cách phun lỏng làm tăng phụ tải lên máy nén, đồng thời làm giảm năng suất lạnh và hiệu suất của hệ thống.
- Sử dụng biến tần (VFD) cho một số (hoặc tất cả) máy nén.
- Bảo trì định kỳ và bảo trì dự đoán cho máy nén:
 - Giảm ma sát
 - Giảm rò rỉ

27



Các điểm chính / Các hạng mục cần thực hiện

1. *Mỗi máy nén đều có một mức hiệu suất riêng dựa trên tải, tuổi thọ hệ thống, phương thức điều khiển và quy trình bảo trì.*
2. *Các mức hiệu suất này phụ thuộc chặt chẽ vào tỉ số nén, và đối với máy nén trực vít, chúng còn phụ thuộc vào tỉ số thể tích.*
3. *Việc giảm lượng nhiệt phát sinh thông qua bảo trì máy nén đúng cách và điều phối máy nén phù hợp với hồ sơ phụ tải có thể mang lại những lợi ích đáng kể.*
4. *Nghiên cứu phương pháp làm mát dầu bằng thermosyphon trong máy nén trực vít so với phương pháp phun lỏng.*
5. *Vận hành và bảo trì đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao hiệu suất máy nén*



Cơ hội nghiên cứu cải tiến bổ sung trong hệ thống lạnh công nghiệp

- Kiểm soát hợp lý quạt dàn bay hơi
- Sử dụng động cơ hiệu suất cao và biến tần ở những vị trí phù hợp
- Thu hồi nhiệt từ đầu đẩy máy nén cho các quá trình sản xuất
- Sửa chữa các điểm rò rỉ
- Loại bỏ khí không ngưng

29

Cơ hội nghiên cứu cải tiến bổ sung trong hệ thống lạnh công nghiệp

- Giảm ẩm từ ngoài vào kho đông
 - Làm kín cửa
 - Phân loại sản phẩm và hút ẩm
- Xả băng nên được thực hiện theo cách tiết kiệm nhất có thể
 - Xả băng điện trở là tốn kém nhất
 - Xả băng bằng gas nóng cũng có chi phí – không hoàn toàn miễn phí
- Duy trì tần suất xả băng hợp lý dựa trên kiểm soát nhu cầu thực tế
 - Khoảng cách cánh nhôm tản nhiệt (fin) giảm 20%
 - Dựa trên phụ tải

- 1 CƠ BẢN
- 2 CÔNG CỤ PHẠM VI LẠNH CÔNG NGHIỆP & LÀM MÁT QUY MÔ LỚN (CRST)
- 3 TÍNH TOÁN HIỆU SUẤT ĐƠN VỊ & HỆ THỐNG
- 4 CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH (CWSAT)
- 5 CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG (EE) TRONG HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH
- 6 MÁY LẠNH – QUÁ KHỨ, HIỆN TẠI & TƯƠNG LAI
- 7 HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 8 MÔ HÌNH HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 9 CƠ HỘI EE TRONG HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 10 NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP TỐI ƯU HỆ THỐNG CR**
- 11 CÔNG CỤ PHẦN MỀM EE KHÁC CHO HỆ THỐNG CR
- 12 HỆ THỐNG CR THẾ HỆ TIẾP THEO
- 13 KẾT LUẬN

10 **NGHIÊN CỨU TỐI ƯU HỆ THỐNG CR**

10.1 Nghiên cứu trường hợp 1 – Nhà máy thực phẩm

10.2 Nghiên cứu trường hợp 2 – Nhà máy thực phẩm

10.1 Nghiên cứu trường hợp 1 – Del Monte Foods

- Tích hợp tiện ích
 - Làm mát & sưởi ấm
 - Đồng phát nhiệt điện
 - Làm mát tự nhiên (Bộ tiết kiệm nước)



- Độ lặp lại cao

- Rủi ro tối thiểu

- Cảm ơn: Del Monte Foods, California Energy Commission, Lawrence Berkeley National Laboratory

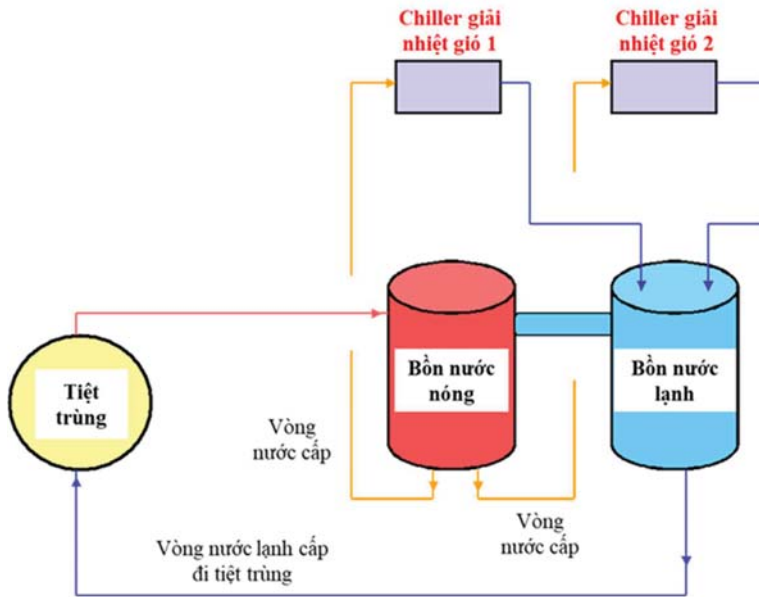
3

Del Monte Foods – Fruit To Go & Gel Cup

- Hệ thống sử dụng 4 bình tiệt trùng Barriquand và tuần hoàn 6000 lít/phút nước
- Mỗi chu kỳ tiệt trùng bao gồm:
 - Gia nhiệt có kiểm soát
 - Khử trùng
 - Làm mát có kiểm soát
- Hơi nước được tạo ra ở áp suất 10 bar – được sử dụng trong nồi tiệt trùng ở áp suất 3 bar
- Việc làm mát được thực hiện bằng hai chiller giải nhiệt gió (535 kW và 385 kW)
- Một tháp giải nhiệt làm mát quy trình (170 m³/giờ)

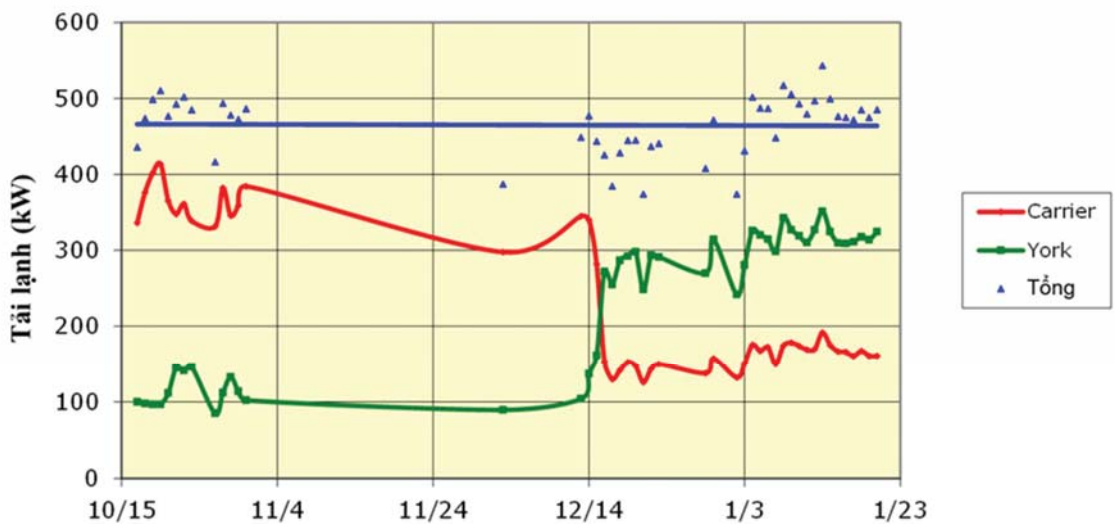


Hệ thống nước lạnh tuần hoàn



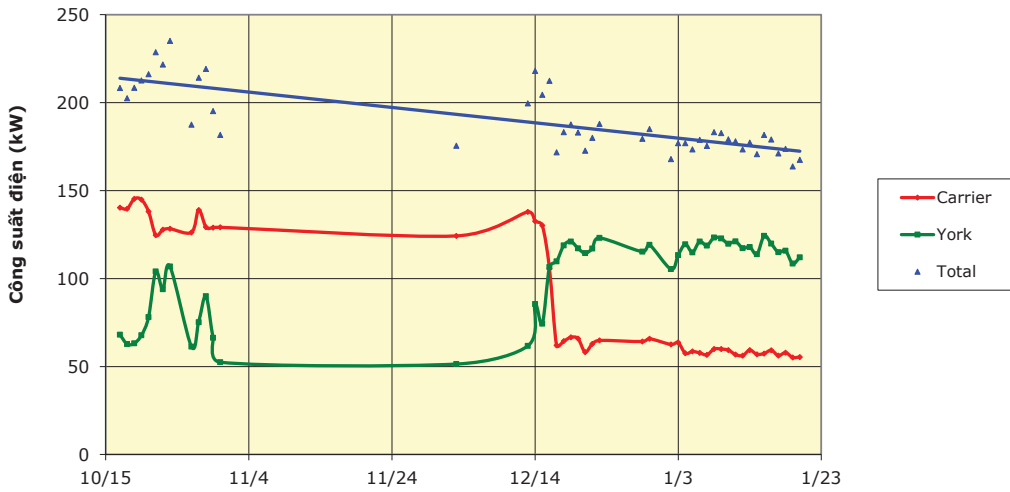
5

Biểu đồ phụ tải



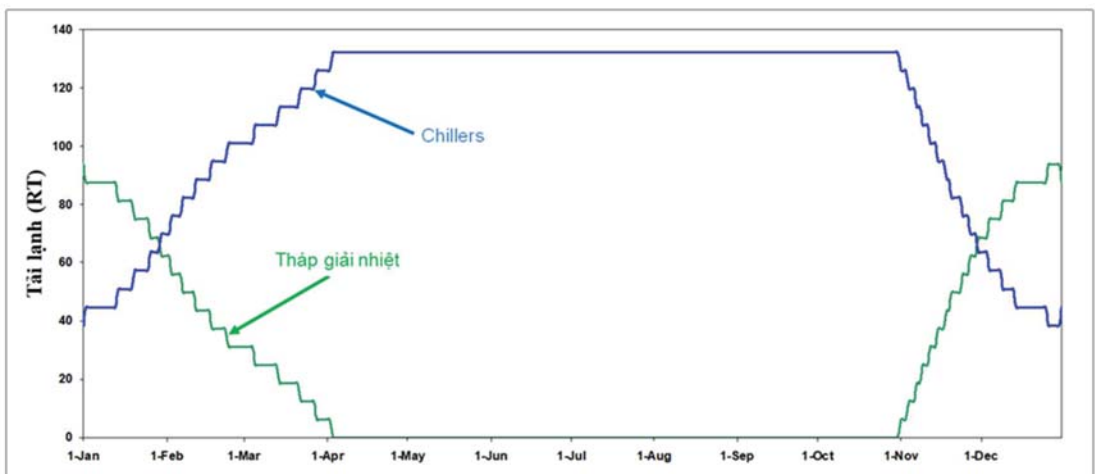
6

Biểu đồ phụ tải



7

Chia sẻ tải với tháp giải nhiệt



Phân tích các lựa chọn tối ưu hóa năng lượng

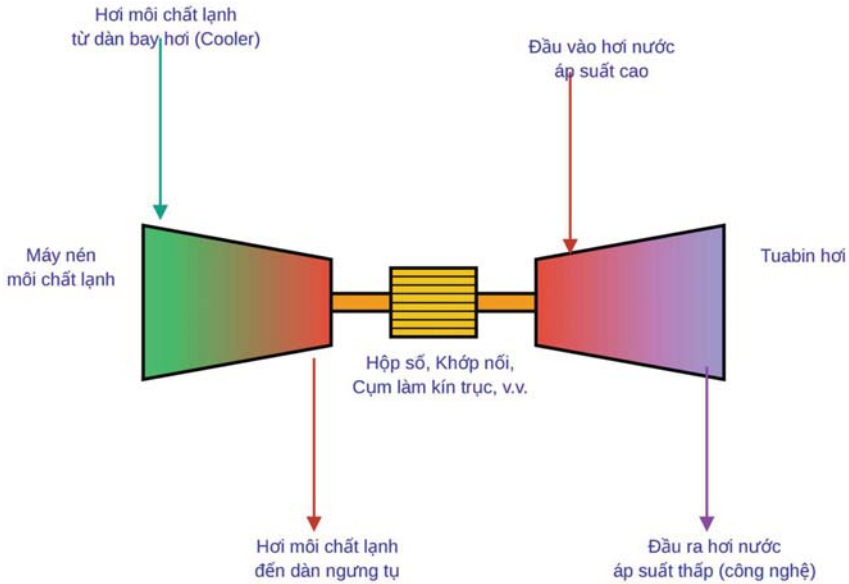
- **Chỉ có tháp giải nhiệt**
 - Phụ tải làm mát bổ sung bằng máy làm lạnh nước (chiller) giải nhiệt gió
- **Tháp giải nhiệt + chiller giải nhiệt nước**
 - Phụ tải làm mát bổ sung bằng máy làm lạnh nước (chiller) giải nhiệt gió
- **Tháp giải nhiệt + Chiller giải nhiệt nước dẫn động bằng Tuabin hơi**
 - Phụ tải làm mát bổ sung bằng máy làm lạnh nước (chiller) giải nhiệt gió
 - Giảm đáng kể chi phí điện năng
 - Được bù đắp một phần bởi sự gia tăng chi phí nhiên liệu khí thiên nhiên

9

Phân tích định lượng tối ưu hóa năng lượng

- **Đường cơ sở hiện tại**
 - Năng lượng – 1.833.192 kWh; Nhu cầu cao điểm – 227 kW
- **Chỉ có tháp giải nhiệt**
 - Năng lượng – 1.790.937 kWh; Nhu cầu cao điểm – 214,3 kW
- **Tháp giải nhiệt + chiller giải nhiệt nước**
 - Năng lượng – 1.371.415 kWh; Nhu cầu cao điểm – 145,2 kW
- **Tháp giải nhiệt + Chiller giải nhiệt nước dẫn động bằng Tuabin hơi**
 - Năng lượng điện – 910.995 kWh; Nhu cầu cao điểm – 84,6 kW;
 - Năng lượng nhiên liệu – 3.100 GJ

Giải pháp tối ưu hóa năng lượng



11

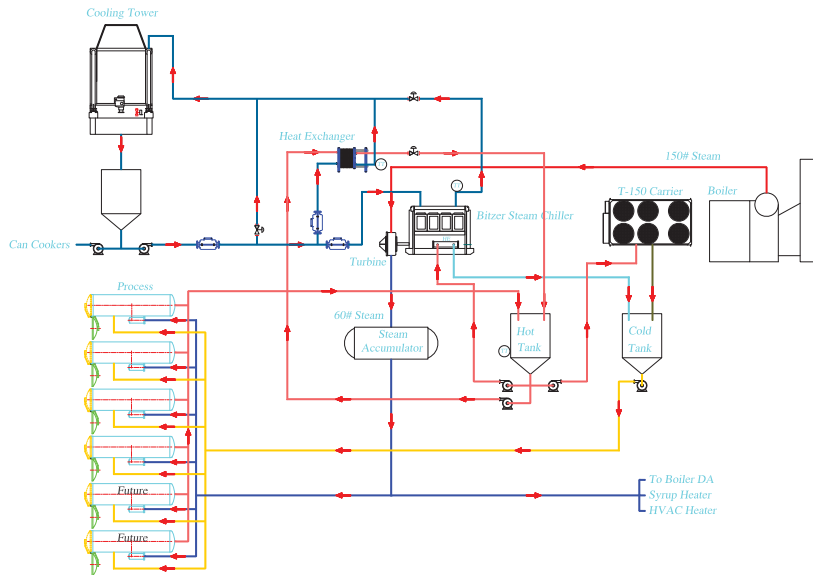
Giải pháp tối ưu hóa năng lượng

Định nghĩa Chu trình Topping: Trong hệ thống chu trình topping bằng tuabin hơi, hơi nước được tạo ra từ nồi hơi sẽ vận hành một ứng dụng tuabin hơi như máy làm lạnh nước (chiller). Hơi xả từ tuabin sau đó được sử dụng cho các ứng dụng hơi áp suất thấp, chẳng hạn như nhu cầu gia nhiệt trong quy trình sản xuất.

Ứng dụng Chu trình Topping tại Del Monte Foods-Modesto

1. Một tuabin hơi (Elliott: 65 kW; 4000 vòng/phút; 5 tấn/giờ) được kết nối trực tiếp với một máy làm lạnh trực vít (Bitzer công suất lạnh 300 kW).
2. Nồi hơi của nhà máy (10 barg) sẽ cung cấp hơi cho tuabin, sau đó lượng hơi xả áp suất thấp (3 barg) sẽ cung cấp hơi cho các hoạt động vận hành và các nồi tiết trùng (retorts).

Giải pháp tối ưu hóa năng lượng



13

Tóm tắt chi phí-lợi ích của dự án

Tóm tắt chi phí

Tua bin hơi nước và bộ điều khiển: 30.000 USD

Chiller Bitzer và điều khiển : 56.000 USD

Tóm tắt tiết kiệm

Chiller chạy bằng hơi nước so với thiết bị điện: 104 kW và 540.000 kWh (trong mùa vận hành)

Lượng khí thiên nhiên tăng ròng 2.000 GJ do tăng sản lượng hơi để bù đắp sự thay đổi enthalpy của hơi nước khi đi qua tuabin hơi.

Tiết kiệm ròng hàng năm: 45.000 USD

Hoàn vốn đơn giản: 1,9 năm



NGHIÊN CỨU TỐI ƯU HỆ THỐNG CR

10.1 Nghiên cứu trường hợp 1 – Nhà máy thực phẩm

10.2 Nghiên cứu trường hợp 2 – Nhà máy thực phẩm

10.2 Nghiên cứu trường hợp 2 – Nhà máy Cá, SA

- **Kết quả đánh giá năng lượng hệ thống lạnh**
 - Nhà phân phối chế biến cá ở SA
 - Hoàn thành vào tháng 1 năm 2020
 - Hệ thống làm lạnh amoniac hai giai đoạn
- **Độ lặp lại cao**
- **Rủi ro tối thiểu**
- **Lời cảm ơn**
 - CSIR-NCPC
 - Daniel van Zyl, Matthew Howard - CoolCheck (Pty) Ltd, Cape Town, SA

Hệ thống lạnh

- Tám cụm máy nén amoniac
- Hai mức nhiệt độ
 - Tầng cao -10°C (hai cụm) – 2 MW
 - Giai đoạn thấp -40°C (sáu cụm) – 3,1 MW
- Hai trong số các cụm cấp thấp là máy nén một cấp.
- Hai máy nén một cấp thấp và cả hai máy nén cấp cao đều sử dụng phương pháp phun lỏng để làm mát, trong khi các máy khác sử dụng làm mát bằng nước.
- Tất cả đều là máy nén trục vít với bộ điều khiển van trượt cơ học.
- Bốn dàn ngưng bay hơi.
- Một tháp giải nhiệt cho hệ thống làm mát dầu.

17

Hệ thống lạnh Amoniacc



Khu vực/thiết bị sử dụng cuối (hệ sử dụng cuối)

- Hệ sử dụng ở nhiệt độ thấp – từ -18°C đến -30°C
- Hệ sử dụng ở nhiệt độ trung bình – từ 14°C đến 0°C
- Tiếp nhận
- Phân loại sản phẩm thô
- Kho lạnh
- Xử lý và lưu trữ sản phẩm
- Đóng gói
- Cấp đông gió
- Cấp đông nhanh cá
- Xếp hàng lên pallet
- Bảo quản hàng đông lạnh

19

Hệ sử dụng cuối



Cấu hình tải và điều khiển máy nén

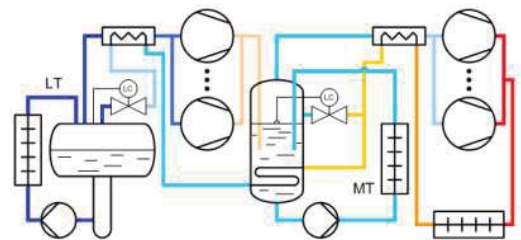
Tỷ lệ sử dụng tải - Cấp nén thấp (Low stage)				
	Máy nén 2	Máy nén 3	Máy nén 5	Máy nén 6
Chiller tắt	11%	1%	1%	36%
Tải: 1 - 25%	0%	0%	0%	0%
Tải: 25 - 50%	0%	2%	0%	0%
Tải: 51 - 75%	2%	90%	47%	12%
Tải: 76 - 100%	87%	7%	52%	51%

Tỷ lệ sử dụng tải - Cấp nén cao (High stage)		
	Máy nén 7	Máy nén 8
Chiller tắt	28%	1%
Tải: 1 - 25%	0%	0%
Tải: 25 - 50%	53%	31%
Tải: 51 - 75%	18%	46%
Tải: 76 - 100%	0%	21%

- Máy nén trực vít
 - Điều khiển van trượt cơ khí
 - Hiệu quả kém ở điều kiện non tải
- Máy nén 2 & 3 – Máy nén tăng áp (Giai đoạn thấp)
- Máy nén 5 & 6 – Một cấp (Giai đoạn thấp)
- Máy nén 7 & 8 – Giai đoạn cao

Cơ hội sử dụng năng lượng hiệu quả

- Thực hiện kiểm soát áp suất ngưng tụ thay đổi theo môi trường
 - Sử dụng chung dàn ngưng bay hơi cho cả hai mức nhiệt độ.
 - Sử dụng một mức chênh lệch cố định giữa áp suất ngưng tụ và nhiệt độ bầu ướt.
- Thêm VFD vào quạt ngưng tụ



- Cần một số vốn (~ 650.000 R) nhưng dễ thực hiện
- Tiết kiệm năng lượng dự kiến 10% - ~650.000 kWh mỗi năm
- Tiết kiệm hoạt động dự kiến - ~R 1.000.000 hàng năm

Cơ hội sử dụng năng lượng hiệu quả

- Thay thế hệ thống phun lỏng bằng hệ thống làm mát dầu bên ngoài
 - Một lượng phụ tải nhiệt đáng kể được thêm vào máy nén để làm mát dầu.
 - Có một số phương pháp để giảm (hoặc loại bỏ) tải làm mát dầu này khỏi hệ thống lạnh
 - Làm mát thermosyphon
 - Làm mát bằng nước bên ngoài
 - Nên lắp đặt hệ thống làm mát dầu bên ngoài
- Thay đổi hoạt động của máy nén một cấp sang máy nén tăng áp LS
 - Chuyển đổi từ hoạt động một giai đoạn sang nhiều giai đoạn
- Sẽ cần vốn đầu tư ~ R 1.500.000
- Tiết kiệm năng lượng dự kiến (~12%) ~ 880.000 kWh hàng năm
- Tiết kiệm hoạt động dự kiến ~ R 1.500.000 hàng năm
- Hoàn vốn đơn giản – 1 năm

23

Cơ hội sử dụng năng lượng hiệu quả

- Cải thiện hiệu suất non tải của máy nén LS và HS
 - Hiệu suất của máy nén trục vít giảm ở mức tải thấp khi sử dụng van điều khiển trượt cơ học
 - Cài đặt VFD trên máy nén cấp thấp và cấp cao đang chạy non tải (mỗi máy một cái)
 - Sẽ cần xác định máy nén điều chỉnh hoặc có thể cài đặt VFD trên máy lớn hơn và chạy nó như máy chính để thu thập số giờ hoạt động tối đa
- Sẽ cần vốn đầu tư ~ 800.000 R
- Tiết kiệm năng lượng dự kiến (~5%) ~ 260.000 kWh mỗi năm
- Tiết kiệm hoạt động dự kiến ~ R 470.000 hàng năm

Khuyến nghị khác

- Sửa chữa tất cả các vật liệu cách nhiệt bị hư hỏng
 - Cần sửa đổi điều khiển chu trình phá băng
 - Có thể lắp đặt bộ tách ẩm
 - Sửa chữa và thay thế sườn cửa
 - Kiểm tra thiết bị bay hơi hàng ngày
 - Thực hiện giám sát liên tục và tối ưu hóa năng lượng
 - Giảm tổn thất áp suất bằng cách kiểm tra đường ống, bộ phận, v.v.
 - Thu hồi chất làm lạnh amoniac bằng cách loại bỏ tạp chất và nước (ẩm) khỏi hệ thống
 - Thực hiện kiểm tra rò rỉ trên toàn bộ hệ thống
-
- Lợi ích về mặt kinh tế từ các nội dung trên rất khó để định lượng cụ thể.

- 1 CƠ BẢN
- 2 CÔNG CỤ PHẠM VI LẠNH CÔNG NGHIỆP & LÀM MÁT QUY MÔ LỚN (CRST)
- 3 TÍNH TOÁN HIỆU SUẤT ĐƠN VỊ & HỆ THỐNG
- 4 CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH (CWSAT)
- 5 CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG (EE) TRONG HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH
- 6 MÁY LẠNH – QUÁ KHỨ, HIỆN TẠI & TƯƠNG LAI
- 7 HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 8 MÔ HÌNH HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 9 CƠ HỘI EE TRONG HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 10 NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP TỐI ƯU HỆ THỐNG CR
- 11 CÔNG CỤ PHẦN MỀM EE KHÁC CHO HỆ THỐNG CR**
- 12 HỆ THỐNG CR THẾ HỆ TIẾP THEO
- 13 KẾT LUẬN

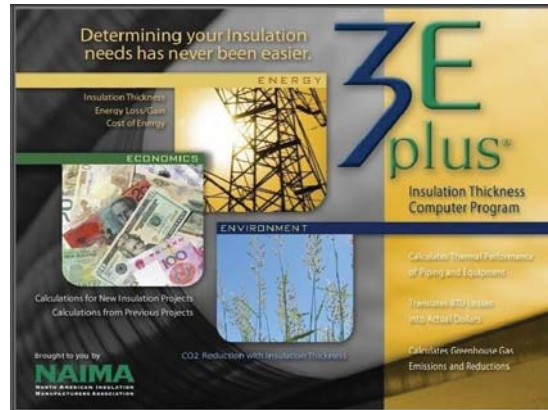
11 CÁC CÔNG CỤ PHẦN MỀM HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG KHÁC CHO HỆ THỐNG CR

11.1 3E Plus – Phần mềm đánh giá bảo ôn

11.2 Công cụ ĐO LƯỜNG DOE của Hoa Kỳ (PSAT & FSAT)

11.1 Phần mềm đánh giá bảo ôn 3EPlus

- Mục đích
 - Đánh giá mức nhận nhiệt
 - Vấn đề ngưng tụ
- Mô hình truyền nhiệt
- Tải xuống miễn phí từ trang web
- Tùy chỉnh cho vật liệu bảo ôn
- **bảo ôn Ống | Tính Độ Dày | Phần mềm 3E Plus (insulationinstacad.org)**
- **The access code is: 3EPlus4.1**



3

Bảo ôn hệ thống Chiller & hệ thống lạnh

- Tại sao cần bảo ôn trên hệ thống CR?
 - An toàn con người – nhiệt độ rất thấp
 - Giảm thiểu tổn thất nhiệt và giảm tải lạnh hệ thống
 - Bảo vệ khỏi điều kiện môi trường xung quanh
 - Bảo toàn tính toàn vẹn của hệ thống
 - Tránh ngưng tụ trên thiết bị, đường ống, v.v.
- Các lĩnh vực điển hình có cơ hội cải thiện khả năng bảo ôn
 - Bộ phân phối (bộ chia)
 - Đường hút của máy nén
 - Thiết bị bay hơi
 - Cửa thăm
 - Van
 - Thiết bị sử dụng đầu cuối
 - Bể chứa, bình, v.v.
 - Vỏ tòa nhà



Bảo ôn hệ thống CR

- Có nhiều lý do khiến lớp bảo ôn bị hư hỏng hoặc bị thiếu và do đó, có cơ hội tiết kiệm năng lượng trong khu vực bảo ôn
 - Mất lớp bảo ôn do hoạt động bảo trì
 - Lớp bảo ôn bị thiếu/hư hỏng do tác động bên ngoài
 - Lớp bảo ôn bị hư hỏng do tai nạn
 - Sự hao mòn thông thường của lớp bảo ôn do điều kiện môi trường xung quanh
 - Lớp bảo ôn bị hư hỏng do ngưng tụ và hình thành băng
 - Van và các bộ phận khác không được bảo ôn



5

Bảo ôn hệ thống CR

- Một số dụng cụ, phần mềm và dữ liệu cơ bản cần thiết để định lượng tác động kinh tế của bảo ôn
 - Camera đo nhiệt độ hồng ngoại
 - Súng đo nhiệt độ hồng ngoại
 - Thước dây
 - Phần mềm đánh giá bảo ôn 3E Plus
 - Thông tin vận hành
 - Số giờ mỗi năm
 - Điều kiện môi trường xung quanh
 - Nhiệt độ
 - Gió

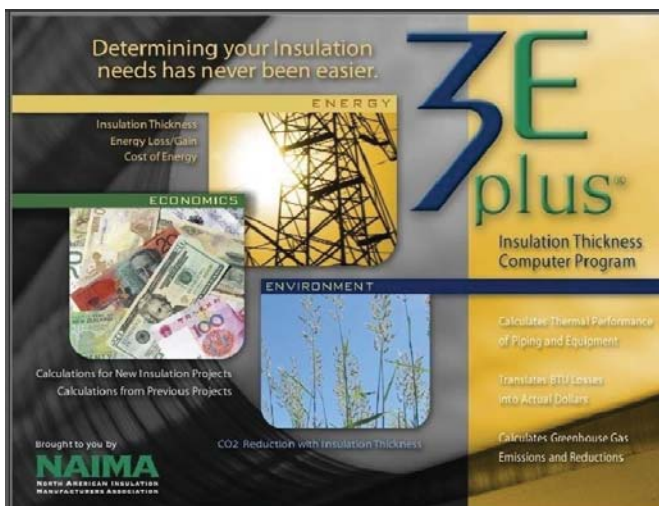


Phần mềm bảo ôn – 3EPlus

- Hiệp hội các nhà sản xuất vật liệu bảo ôn Bắc Mỹ (NAIMA) đã phát triển 3EPlus - xác định độ dày bảo ôn tối ưu cho nhiều loại vật liệu bảo ôn
- Đầu ra của phần mềm bao gồm:
 - Tăng truyền nhiệt bề mặt
 - Nhiệt độ bề mặt bảo ôn
 - Độ dày bảo ôn tối thiểu để tránh ngưng tụ
 - Hoàn vốn đơn giản của một dự án bảo ôn

7

Phần mềm đánh giá cách điện



- Chương trình miễn phí có sẵn từ NAIMA
- Năng lượng
 - Tăng nhiệt
 - Tác động chi phí
- Môi trường
- Độ dày bảo ôn kinh tế
 - Phân tích chi phí vòng đời

<http://www.pipeinsulation.org/>

8

Hệ thống CR mẫu - Thiếu lớp bảo ôn

- Trong quá trình kiểm tra hệ thống làm lạnh công nghiệp tại nhà máy thực phẩm, người ta phát hiện ra rằng có một số phần trên đầu vòng tuần hoàn -10°C đã bị hỏng và/hoặc được quan sát là không được bảo ôn.

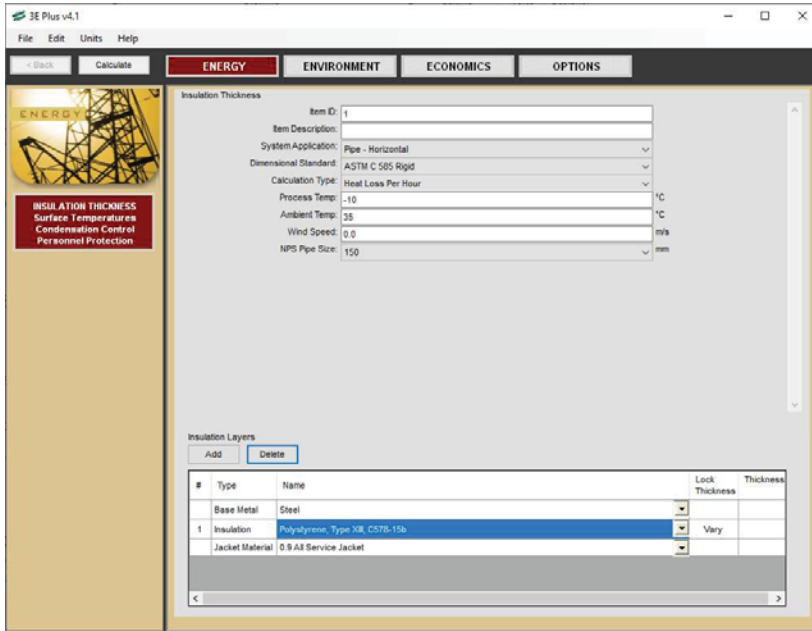


9

Hệ thống CR mẫu - Lớp bảo ôn bị thiếu/hư hỏng

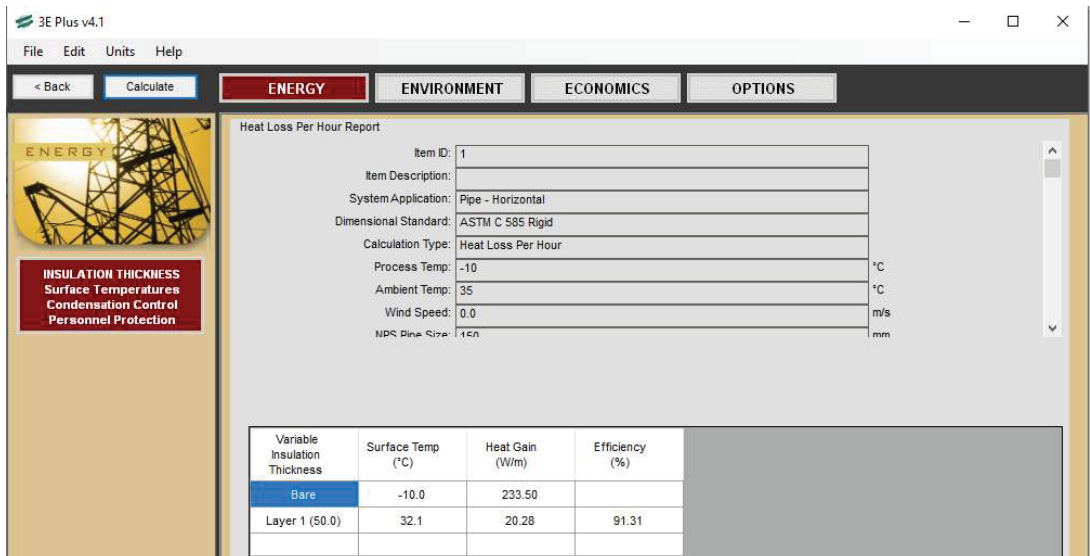
- Trong quá trình kiểm tra hệ thống làm lạnh công nghiệp tại nhà máy thực phẩm, người ta phát hiện ra rằng có một số phần trên đầu vòng tuần hoàn -10°C đã bị hỏng và/hoặc được quan sát là không được bảo ôn.
 - Đường kính danh nghĩa 150 mm (6 inch)
 - Tổng chiều dài 20 m đường ống không được bảo ôn/bảo ôn bị hư hỏng
 - bảo ôn được chọn như sau:
 - bảo ôn ống Polystyrene
 - Lớp bảo ôn dày 50 mm (2 inch)
 - Vật liệu: Bảo ôn đa dụng (ASJ)
- Ước tính mức tăng nhiệt và tác động kinh tế đến hoạt động của hệ thống
 - COP nhà máy làm lạnh (Giai đoạn cao) = 3,36 (dựa trên mô phỏng CoolPack)
 - Đơn giá điện = 1,0 R/kWh

Đánh giá bảo ôn



11

Đánh giá bảo ôn



12

Đánh giá bảo ôn

$$Q_{saved} = (233,5 - 20,3) \times 20 = 4740 \text{ W}$$

$$Electricity_{saved} = \frac{Q_{saved}}{COP}$$

$$Electricity_{saved} = 4,74 \text{ kW} \times 8760 \frac{\text{hr}}{\text{yr}} \times \frac{1}{3.36} = 12350 \text{ kWh/yr}$$

$$Cost \text{ Savings} = 12.350 \frac{\text{kWh}}{\text{yr}} \times 1.0 \frac{\text{R}}{\text{kWh}} = 12350 \frac{\text{R}}{\text{yr}}$$

13

Đánh giá bảo ôn

The screenshot shows the '3E Plus v4.1' software interface. The 'ECONOMICS' tab is selected, and the 'Insulation Thickness' section is active. The interface includes a sidebar with 'ECONOMICS', 'COST OF ENERGY', 'SIMPLE PAYBACK PERIOD', and 'ECONOMIC THICKNESS Detailed Calculation'. The main area contains input fields for various parameters:

- Item ID: 1
- Item Description: (empty)
- System Application: Pipe - Horizontal
- Dimensional Standard: ASTM C 585 Rigid
- Fuel Type: Electricity
- Heat Content: 3600000 J/kwh
- Fuel Cost: 0.10 \$/kwh
- Efficiency: 336 %
- Process Temp: -10 °C
- Ambient Temp: 35 °C
- Wind Speed: 0.0 m/s
- Hours Per Year: 8760 hrs/yr
- NPS Pipe Size: 150 mm

Below the input fields is the 'Insulation Layers' table:

#	Type	Name	Lock Thickness	Thickness
	Base Metal	Steel		
1	Insulation	Polystyrene, Type XIII, C578-15b	Fix	50
	Jacket Material	0.9 All Service Jacket		

Đánh giá bảo ôn

The screenshot shows the '3E Plus v4.1' software interface with the 'ENVIRONMENT' tab selected. The 'Pollutant Reduction' section contains the following data:

Item ID:	1		
Item Description:			
System Application:	Pipe - Horizontal		
Dimensional Standard:	ASTM C 585 Rigid		
Fuel Type:	Electricity		
Heat Content:	3600000		J/kwh
Efficiency:	336		%
Process Temp:	-10		°C
Δ Ambient Temp:	10		°C

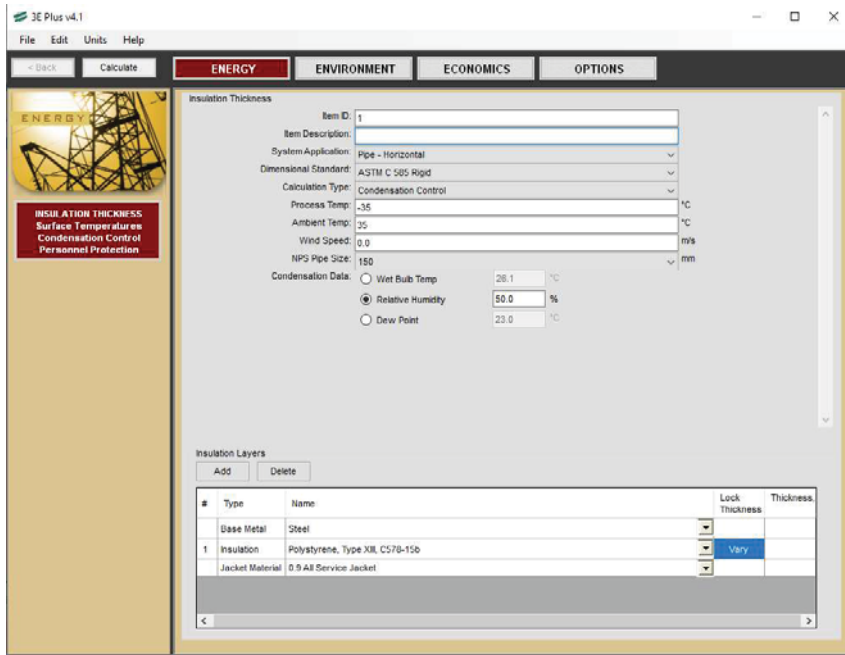
Variable Insulation Thickness	CO2 (kg/m ² yr)	CO2 MT (MT/m ² yr)	NOx (kg/m ² yr)
Bare	400.97	0.40	0.89
Layer 1 (50.0)	34.83	0.03	0.08

15

Hệ thống CR mẫu – Kiểm soát ngưng tụ

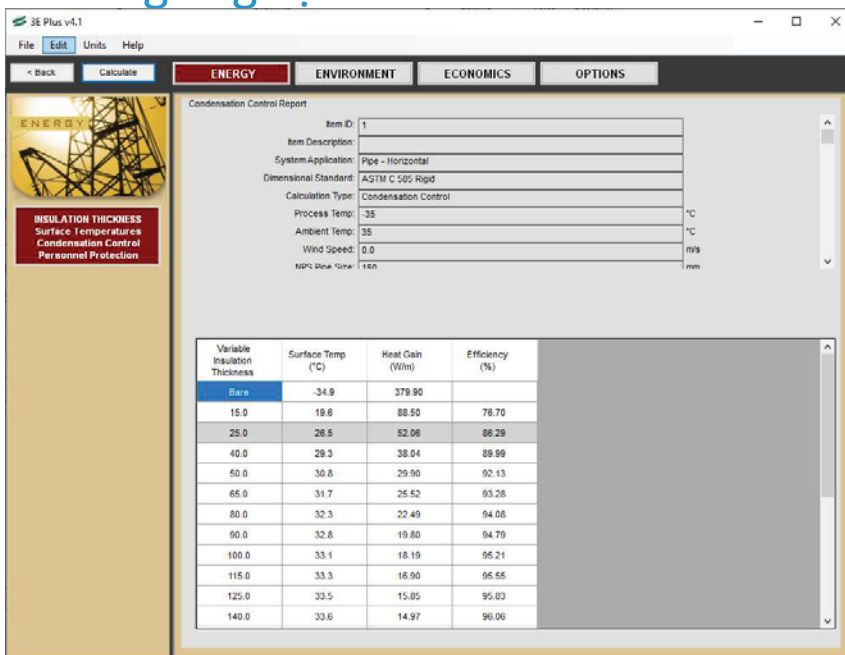
- Một đoạn dài 1 m của đầu hút -35°C trong hệ thống làm lạnh amoniac được quan sát là không bảo ôn
 - Đường kính danh nghĩa 150 mm
 - Lớp bảo ôn hiện tại trên phần còn lại như sau:
 - Lớp bảo ôn dày 50 mm
 - Vật liệu: Bảo ôn đa dụng (ASJ)
- Ước tính độ dày bảo ôn tối thiểu cần thiết để loại bỏ các vấn đề ngưng tụ trên đầu hút này.

Kiểm soát ngưng tụ



17

Kiểm soát ngưng tụ



18



Các điểm chính / Các hạng mục cần thực hiện

1. Có nhiều nguyên nhân khiến lớp bảo ôn bị hư hỏng hoặc thiếu
2. Những khu vực này dẫn đến tăng nhiệt đáng kể, ngưng tụ, đóng băng và tải quá mức lên hệ thống CR
3. Chương trình đánh giá (kiểm toán) loại bảo ôn cải tiến liên tục nên được thực hiện trong các nhà máy công nghiệp
4. Cần một số thiết bị cơ bản, mô hình truyền nhiệt và dữ liệu quá trình để định lượng tác động kinh tế của việc lớp bảo ôn bị thiếu hoặc hư hỏng



19

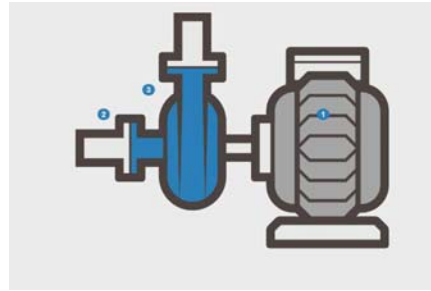
11 CÁC CÔNG CỤ PHẦN MỀM HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG KHÁC CHO HỆ THỐNG CR

11.1 3E Plus – Phần mềm đánh giá cách điện

11.2 Công cụ ĐO LƯỜNG DOE của Hoa Kỳ (PSAT & FSAT)

11.2 Công cụ MEASUR của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ (dành cho Máy bơm)

- Ý nghĩa của hệ thống bơm
 - Hệ thống CR có thể được trải rộng khắp nhà máy và có thể yêu cầu phân phối đáng kể
 - Có một số máy bơm khác nhau được yêu cầu trong hệ thống CR
 - Năng lượng của hệ thống bơm có thể chiếm một phần đáng kể trong mức sử dụng năng lượng của hệ thống CR
- Tải xuống miễn phí từ trang web DOE Hoa Kỳ – MEASUR
 - <https://measur.ornl.gov/landing-screen>

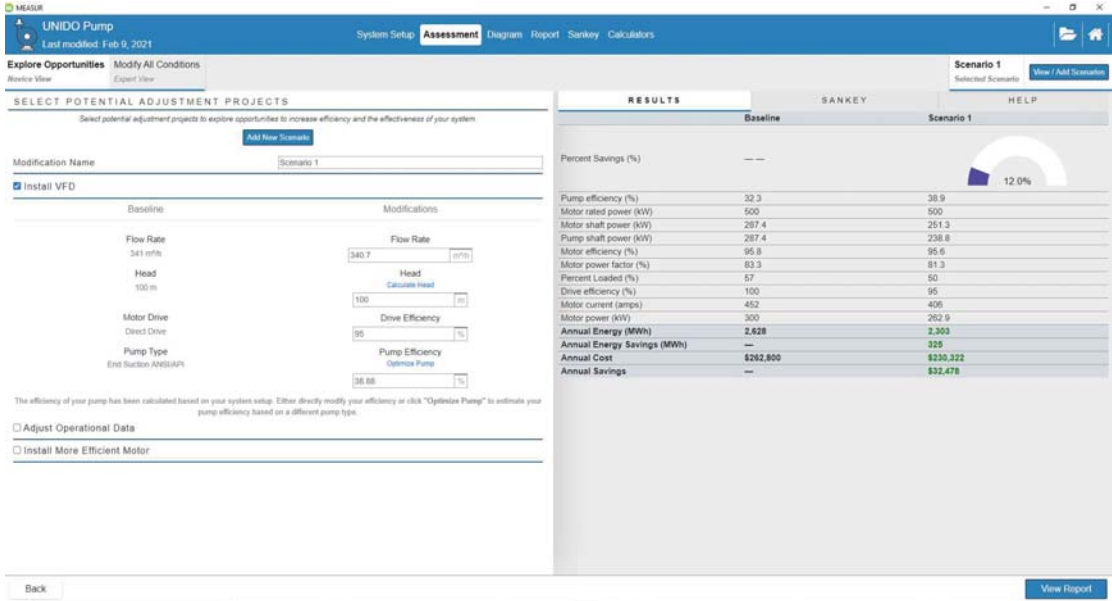


21

Trang đầu vào

FIELD DATA		RESULTS	
Operating Hours	8750	Percent Savings (%)	---
Electricity Cost	0.1	Pump efficiency (%)	32.3
Flow Rate	340.7	Motor rated power (kW)	500
Head	100	Motor shaft power (kW)	287.4
Calculate Head	Power	Pump shaft power (kW)	287.4
Load Estimation Method	---	Motor efficiency (%)	95.8
Motor Power	300	Motor power factor (%)	83.3
Measured Voltage	480	Percent Loaded (%)	57
		Drive efficiency (%)	100
		Motor Current (amps)	452
		Motor power (kW)	300
		Annual Energy (MWh)	2,628
		Annual Energy Savings (MWh)	---
		Annual Cost	\$262,800
		Annual Savings	---

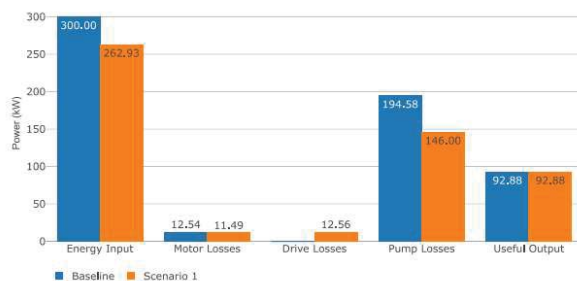
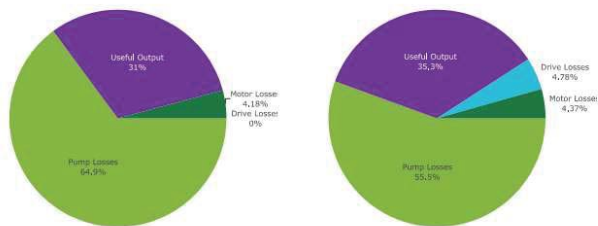
Trang đánh giá



Sankey Plot, Trang báo cáo

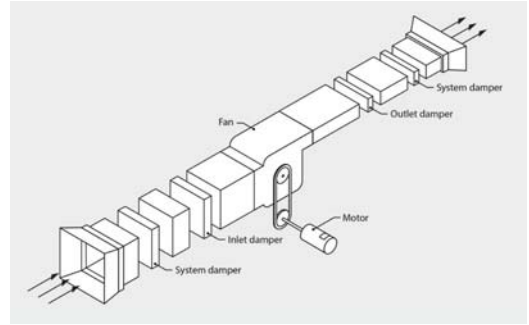
Cơ sở

Kịch bản 1



11.2 Công cụ MEASUR DOE (dành cho Quạt)

- Ý nghĩa
 - Quạt là một phần không thể thiếu của hệ thống CR
 - Các loại quạt và cơ chế điều khiển khác nhau được sử dụng
 - Tùy thuộc vào ngành và ứng dụng, quạt có thể tiêu thụ một phần năng lượng đáng kể của hệ thống CR
- Tải xuống miễn phí từ trang web DOE Hoa Kỳ - MEASUR

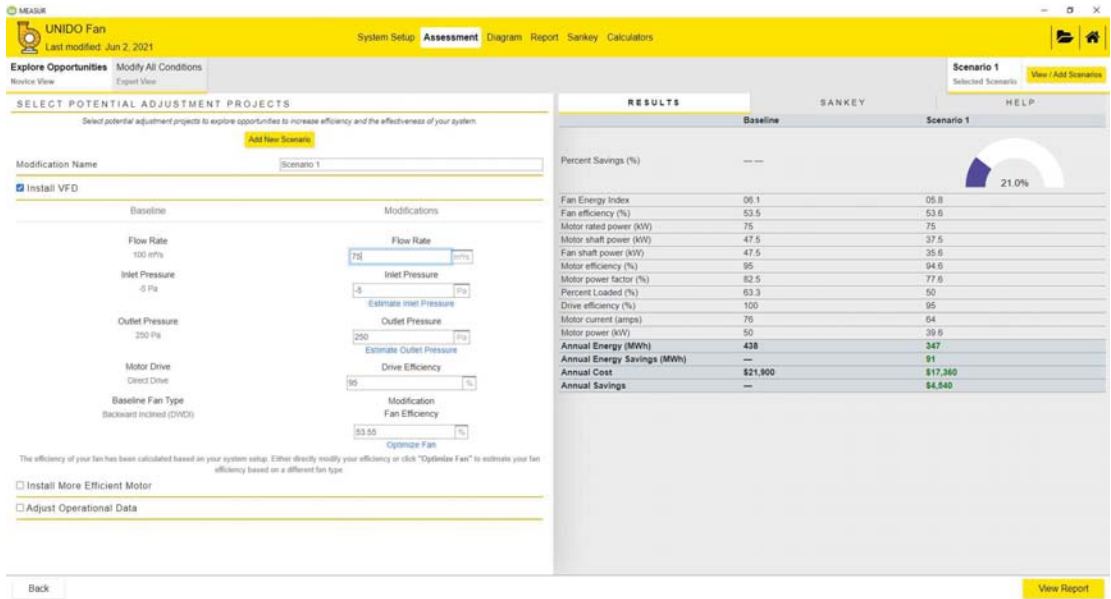


Trang đầu vào

The screenshot shows the MEASUR software interface with the following data:

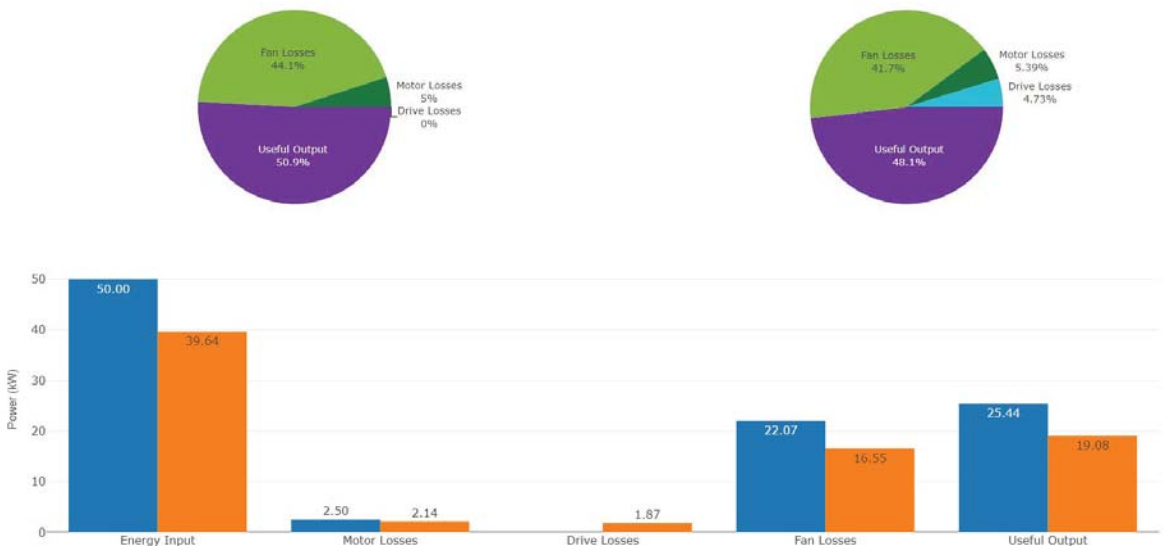
FIELD DATA		RESULTS	
Operating Hours	8750 (hr/yr)	Percent Savings (%)	Baseline
Electricity Cost	0.05 (\$/kWh)	Fan Energy Index	06.1
Flow Rate	100 (m³/s)	Fan efficiency (%)	53.5
Inlet Velocity Pressure	0 (Pa)	Motor rated power (kW)	75
Estimate Inlet Velocity Pressure		Motor shaft power (kW)	47.5
Inlet Pressure	-5 (Pa)	Fan shaft power (kW)	47.5
Estimate Inlet Pressure		Motor efficiency (%)	95
Outlet Pressure	250 (Pa)	Motor power factor (%)	82.5
Estimate Outlet Pressure		Percent Loaded (%)	63.3
Load Estimation Method	Power	Drive efficiency (%)	100
Motor Power	450 (kW)	Motor current (amps)	76
Measured Voltage		Motor power (kW)	50
Compressibility Factor	0.999	Annual Energy (MWh)	438
Define Compressibility Factor		Annual Energy Savings (MWh)	—
		Annual Cost	\$21,900
		Annual Savings	—

Trang đánh giá



27

Sankey Plot, Trang báo cáo





Các điểm chính / Các hạng mục cần thực hiện

1. Phân phối (Máy bơm, Quạt, v.v.) có thể tiêu thụ một phần đáng kể năng lượng tổng thể của hệ thống
2. Hầu hết những điều này đều bị bỏ qua hoặc được đánh giá dựa trên thành phần
3. Sử dụng cách tiếp cận hệ thống để hiểu tác động và hiệu suất của các hệ thống này đối với việc tối ưu hóa tổng thể hệ thống CR
4. Cần có một số công cụ cơ bản, mô hình thủy lực (Công cụ USDOE – MEASUR) và dữ liệu quá trình để định lượng tác động kinh tế của việc hệ thống phân phối không được tối ưu hóa



- 1 CƠ BẢN
- 2 CÔNG CỤ PHẠM VI LẠNH CÔNG NGHIỆP & LÀM MÁT QUY MÔ LỚN (CRST)
- 3 TÍNH TOÁN HIỆU SUẤT ĐƠN VỊ & HỆ THỐNG
- 4 CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH (CWSAT)
- 5 CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG (EE) TRONG HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH
- 6 MÁY LẠNH – QUÁ KHỨ, HIỆN TẠI & TƯƠNG LAI
- 7 HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 8 MÔ HÌNH HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 9 CƠ HỘI EE TRONG HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 10 NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP TỐI ƯU HỆ THỐNG CR
- 11 CÔNG CỤ PHẦN MỀM EE KHÁC CHO HỆ THỐNG CR
- 12 HỆ THỐNG CR THẾ HỆ TIẾP THEO**
- 13 KẾT LUẬN



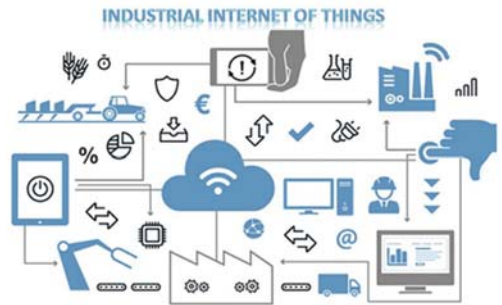
Hệ thống CR thế hệ tiếp theo

12.1 Hệ thống CR THÔNG MINH với FD&D

12.2 Hệ thống CR có trữ nhiệt

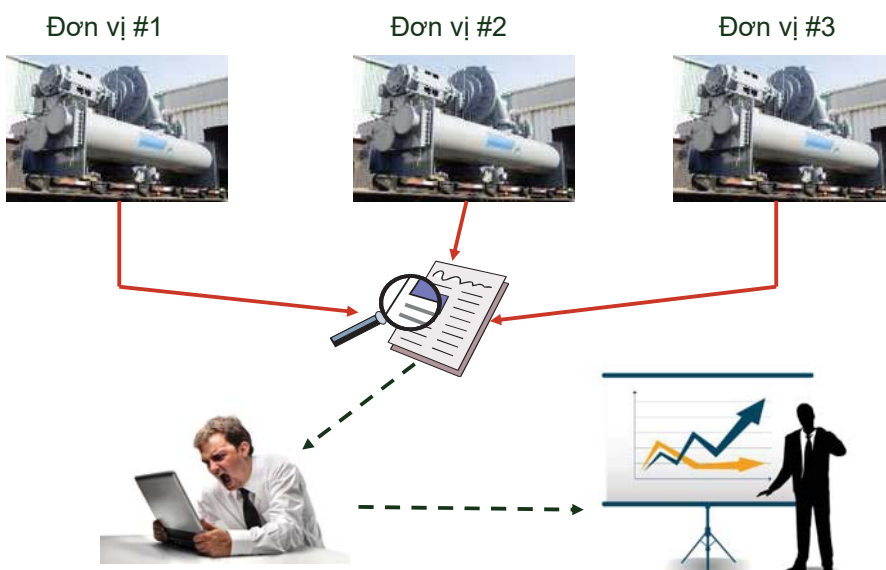
12.1 Hệ thống CR THÔNG MINH với FD&D

- SMART đề cập đến các hệ thống thông minh được quản lý bằng Internet vạn vật công nghiệp (IIoT) tiên tiến nhất
- Công nghệ ngày càng tiên tiến với Trí tuệ nhân tạo và Học máy
- Phát hiện và chẩn đoán lỗi (FD&D) dẫn đến tối ưu hóa thời gian thực
- Vận hành liên tục



3

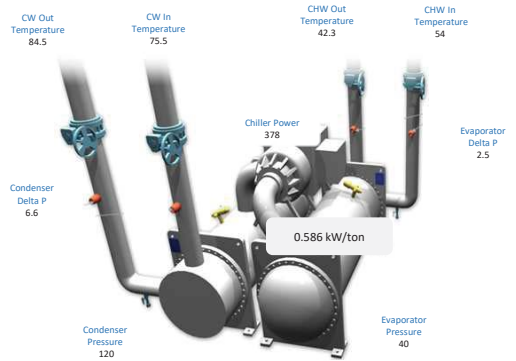
Chúng ta đã bắt đầu từ đâu?



4

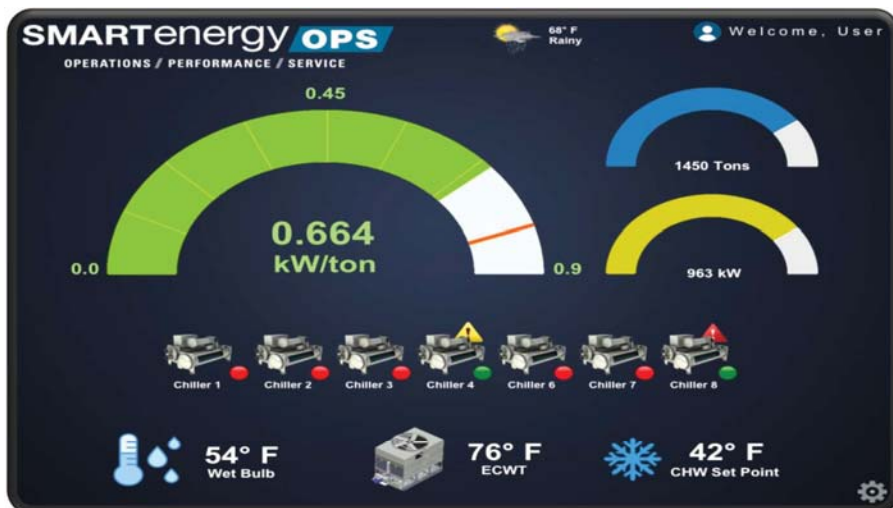
Các thành phần cơ bản của hệ thống SMART CR

- Giám sát liên tục dữ liệu quan trọng
- Xu hướng của các số liệu về hiệu suất
- Phân tích hệ thống CR dựa trên đám mây
- Định lượng khoảng cách hiệu suất với mô phỏng tải một phần (bản sao kỹ thuật số)
- Phát hiện và chẩn đoán lỗi
- Tích hợp liền mạch với DCS của nhà máy
- Điều khiển phản hồi vòng kín để tối ưu hóa hệ thống CR
- Khả năng đánh giá hoạt động và xác minh mức tiết kiệm năng lượng
- Tối ưu hóa nhiều máy làm lạnh
- An ninh mạng



5

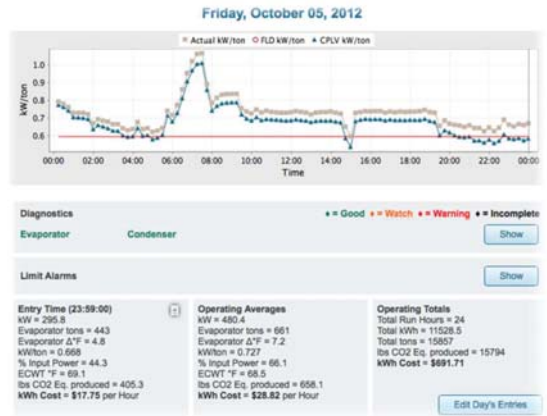
Bảng điều khiển hệ thống CR dễ hiểu



6

Phát hiện và chẩn đoán lỗi 101

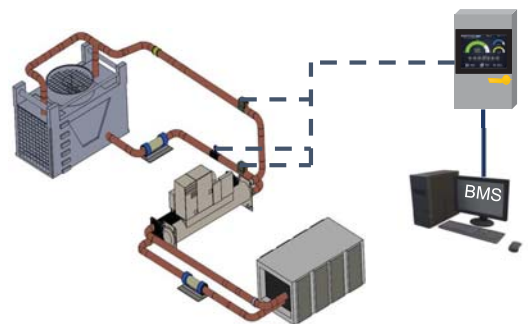
- Dữ liệu quan trọng cung cấp khả năng chạy chẩn đoán về hoạt động của hệ thống
- Mục tiêu chính là đảm bảo rằng các lỗi, sự kém hiệu quả và các vấn đề có thể được xác định ngay khi chúng xảy ra
- Tiết kiệm đáng kể tiền bạc, thời gian và công sức
- Tăng độ tin cậy của hệ thống
- Đảm bảo hiệu suất tối ưu
- Nền tảng cho việc bảo trì dự đoán và phòng ngừa



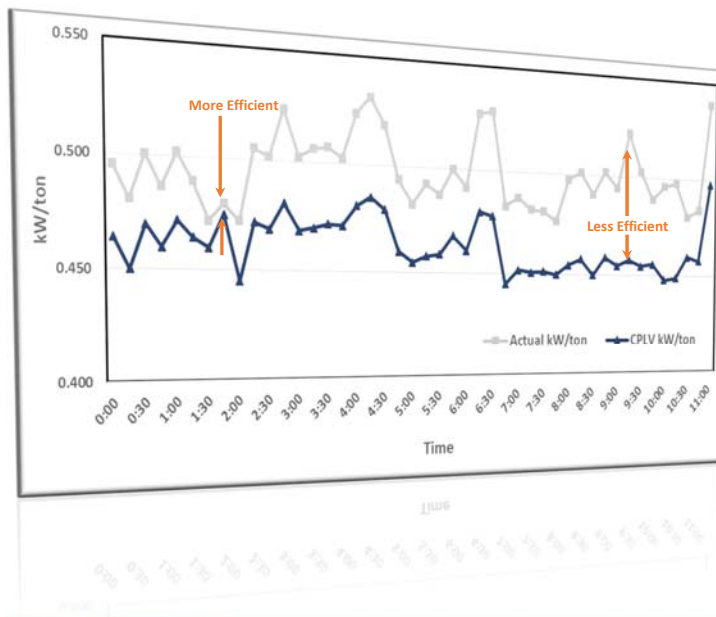
7

Áp dụng FD&D trên Hệ thống CR

- Mỗi hệ thống CR là duy nhất
- Dữ liệu “Quan trọng” và “Cần thiết” dành riêng cho từng hệ thống CR riêng lẻ
- Các lỗi phổ biến tồn tại
 - Làm bẩn / đóng cặn HX
 - Vấn đề về dòng chảy
 - Lượng chất làm lạnh trong hệ thống
 - Khí không ngưng tụ
 - Tích lỏng cục bộ/hồi lỏng khi dừng máy
 - Mất ổn định hệ thống
- Điểm mạnh của FD&D – xác định đúng (+ve) lỗi

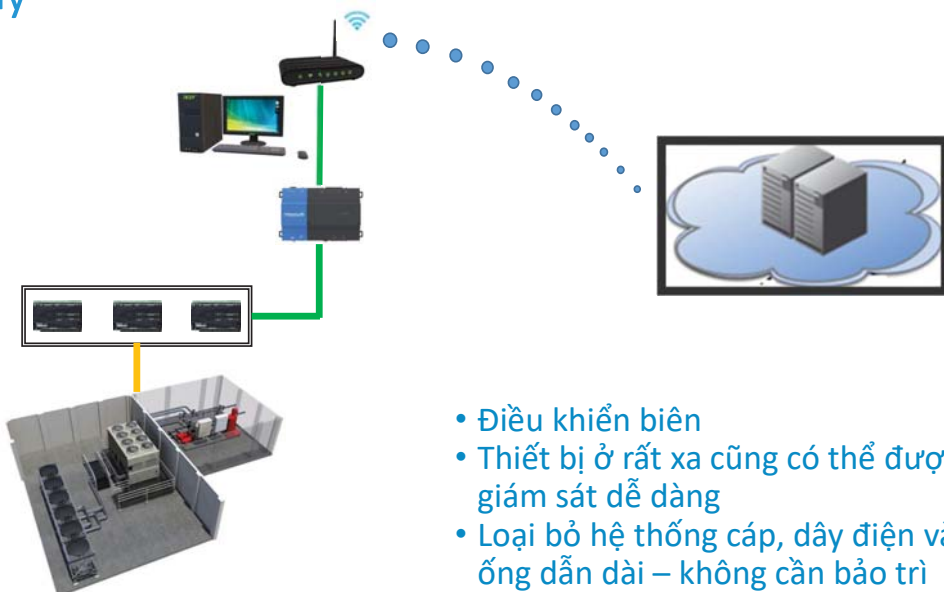


Khoảng cách hiệu suất – Xác định và định lượng



9

Tích hợp liền mạch với SCADA & Historian của Nhà máy



- Điều khiển biên
- Thiết bị ở rất xa cũng có thể được giám sát dễ dàng
- Loại bỏ hệ thống cáp, dây điện và ống dẫn dài – không cần bảo trì

Tối ưu hóa hệ thống CR

- Tối ưu hóa điểm đặt hoạt động CR
 - Nhiệt độ nước làm mát/nước làm mát
 - Nhiệt độ nước tháp giải nhiệt
 - Mức áp suất
 - Tốc độ dòng chảy
 - Van bypass
 - Bộ truyền động tốc độ thay đổi trên máy bơm/quạt
 - Điều khiển máy nén
 - Kiểm soát rã đông
- Trình tự máy làm lạnh / máy nén
- Kiểm soát phản hồi vòng kín và/hoặc cấp độ Giám sát/Tư vấn
- Phát hiện và chẩn đoán lỗi để bảo trì dự đoán



11



Điểm chính/Danh mục hành động

1. IIOT, Trí tuệ nhân tạo dẫn đến Machine Learning để đào tạo hệ thống nhằm liên tục giảm thiểu chi phí năng lượng và nâng cao độ tin cậy một cách đáng kể
2. Có thể có nhiều lớp khác nhau
3. Chi phí sẽ thay đổi dựa trên một số yếu tố – tuổi của hệ thống và mức độ của thiết bị đo là động lực chính
4. Chọn những gì tốt nhất cho hệ thống CR của bạn chứ không phải ai khác





Hệ thống CR thế hệ tiếp theo

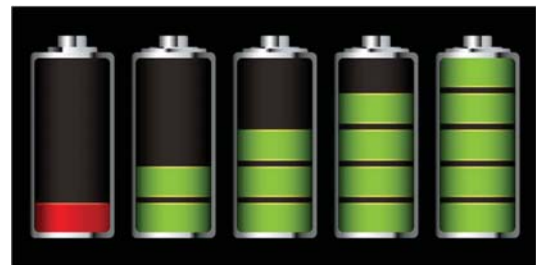
12.1 Hệ thống CR THÔNG MINH với FD&D

12.2 Hệ thống CR có trữ nhiệt

13

12.2 Hệ thống CR có bộ lưu trữ nhiệt

- Lưu trữ nhiệt **KHÔNG** phải là mới và cũng không phải **THẾ HỆ TIẾP THEO**
- Ứng dụng của nó là điều làm cho nó trở nên độc đáo
- Tác động của nó là trên toàn hệ thống



Lưu trữ nhiệt (TES) là gì?

- Nó là một loại pin đóng vai trò là nguồn hoặc nguồn cung cấp tải
- Lưu trữ nhiệt
 - Lạnh – được đề cập trong lớp học này
 - Nóng - ngoài phạm vi ở đây
- Một số phương pháp lưu trữ nhiệt khác nhau và có thể được sử dụng rất hiệu quả để
 - Giảm thiểu cả chi phí vận hành và vốn
 - Giảm nhu cầu điện/nhiệt
 - Giảm mức tiêu thụ năng lượng tổng thể và tăng hiệu quả hệ thống
 - Giảm phát thải khí nhà kính (kết hợp năng lượng tái tạo)

15

Lợi ích của TES

- Tiết kiệm chi phí năng lượng
 - Giảm nhu cầu điện vào giờ cao điểm
 - Tách riêng thời gian sử dụng (tải) và giá cả
 - Hiệu suất hệ thống cao hơn – hoạt động ở điểm đặt không đổi
- Lợi ích giảm cacbon
 - Sử dụng năng lượng tái tạo – năng lượng mặt trời và gió
 - Triệt tiêu sự phụ thuộc vào các nguồn điện đáp ứng nhanh và các nhà máy điện phủ đỉnh
- Giảm kích thước thiết bị
 - Hệ thống có thể được thiết kế cho tải trung bình quanh năm thay vì tải cao điểm xảy ra dưới 5% số giờ hoạt động

Lợi ích của TES

- **Tiết kiệm chi phí vốn**
 - Giảm kích thước các thiết bị làm lạnh và thiết bị làm mát lớn ở mức thiết kế
 - Các hệ thống và thiết bị nhỏ hơn - máy bơm, quạt, máy biến áp, v.v.
- **Lợi ích hệ thống**
 - Tối ưu hóa hệ thống – loại bỏ các vận hành non tải
 - Vận hành hệ thống ở điều kiện thuận lợi cho phép đạt hiệu quả hệ thống cao hơn
- **Tăng độ tin cậy và dự phòng**
 - TES có thể cung cấp thêm tải và dự phòng N+1
 - Hoạt động của thiết bị sơ cấp ổn định hơn, nâng cao độ tin cậy
 - Khả năng thực hiện bảo trì định kỳ và phòng ngừa để nâng cao độ tin cậy

Quyết định 963/QĐ-BCT:

1. KHUNG GIỜ CAO ĐIỂM ÁP DỤNG:

- a) Các ngày từ thứ Hai đến thứ Bảy: từ 17h30 đến 22h30 (05 giờ/ngày).
- b) Ngày Chủ nhật: không có giờ cao điểm.

2. KHUNG GIỜ BÌNH THƯỜNG ÁP DỤNG:

- a) Các ngày từ thứ Hai đến thứ Bảy: từ 06h00 đến 17h30 và từ 22h30 đến 24h00 (13 giờ/ngày);
- b) Ngày Chủ nhật: từ 06h00 đến 24h00 (18 giờ/ngày).

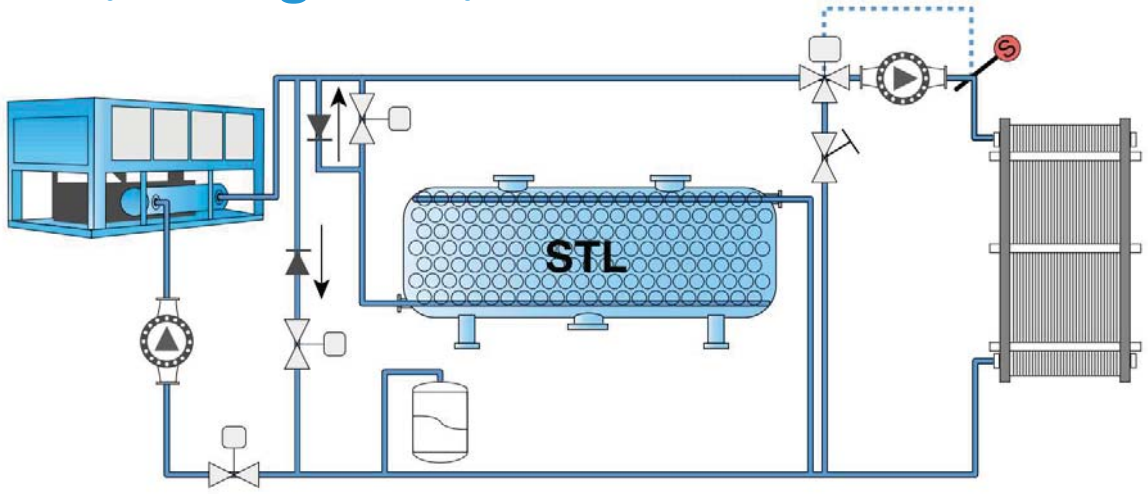
3. KHUNG GIỜ THẤP ĐIỂM ÁP DỤNG:

Từ 00h00 đến 06h00 tất cả các ngày trong tuần (06 giờ/ngày).

(*): Quyết định số 963/QĐ-BCT của Bộ Công Thương ngày 22/4/2026

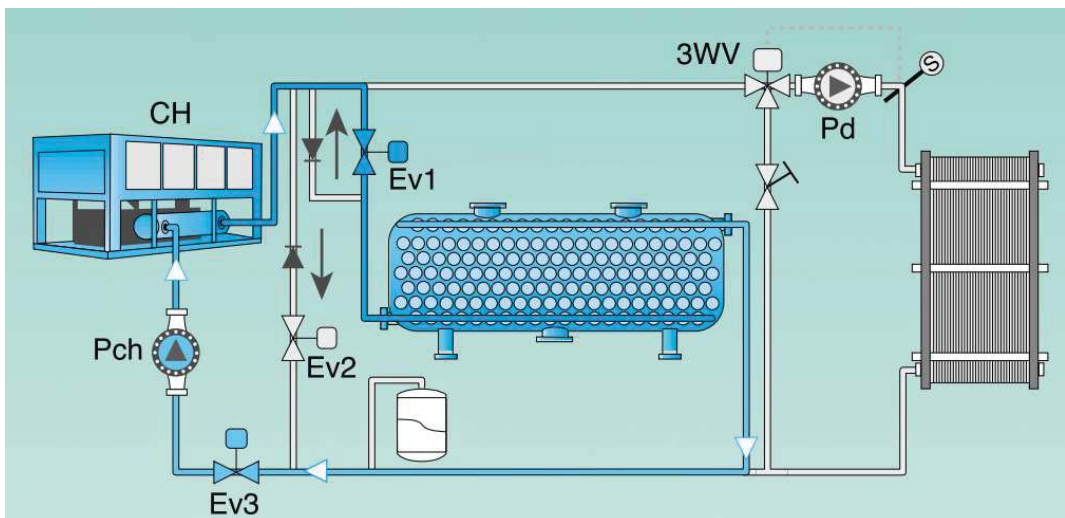
TT	Nhóm đối tượng khách hàng	Giá bán điện (đồng/kWh)
1	Giá bán lẻ điện cho các ngành sản xuất	
1.1	Cấp điện áp từ 110 kV trở lên	
	a) Giờ bình thường	1.811
	b) Giờ thấp điểm	1.146
	c) Giờ cao điểm	3.266
1.2	Cấp điện áp từ 22 kV đến dưới 110 kV	
	a) Giờ bình thường	1.833
	b) Giờ thấp điểm	1.190
	c) Giờ cao điểm	3.398
1.3	Cấp điện áp từ 6 kV đến dưới 22 kV	
	a) Giờ bình thường	1.899
	b) Giờ thấp điểm	1.234
	c) Giờ cao điểm	3.508
1.4	Cấp điện áp dưới 6 kV	
	a) Giờ bình thường	1.987
	b) Giờ thấp điểm	1.300
	c) Giờ cao điểm	3.640

Hệ thống trữ lạnh



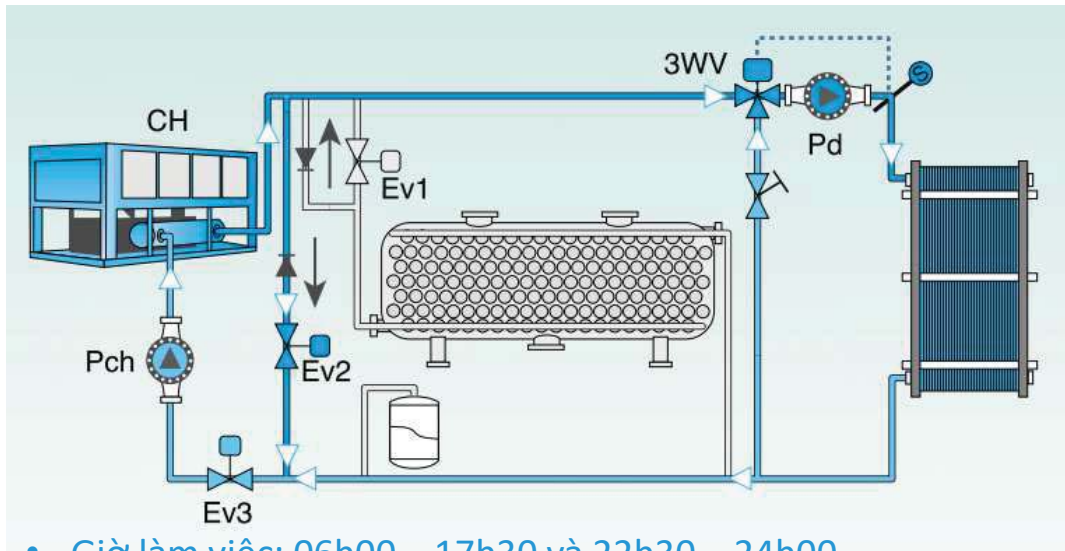
19

Chế độ tích lạnh



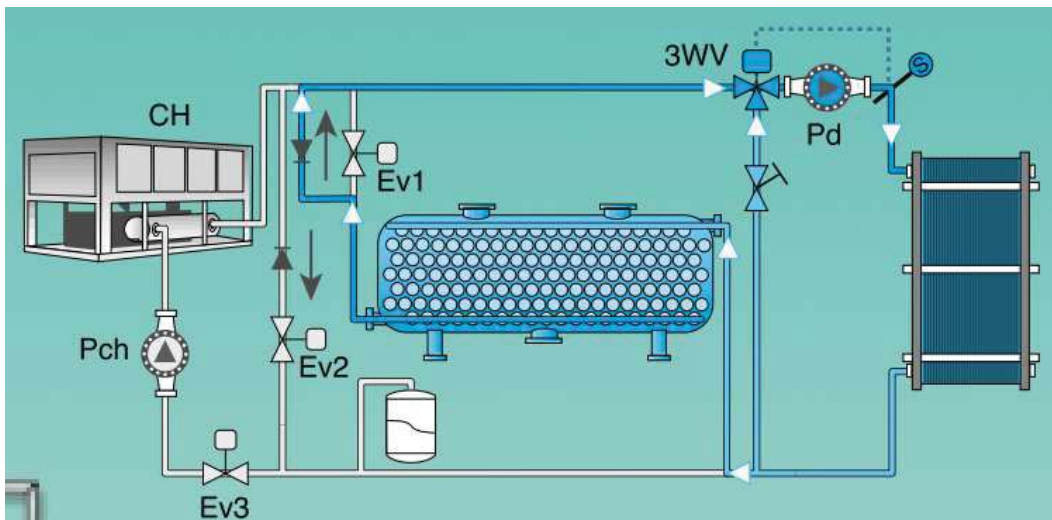
- Giờ làm việc: 00h00 – 06h00
- Chiller làm việc ở chế độ sản xuất lạnh để cấp vào bể trữ lạnh

Chế độ làm mát



- Giờ làm việc: 06h00 – 17h30 và 22h30 – 24h00
- Chiller làm việc ở chế độ làm mát, cấp nước lạnh đến hệ tiêu thụ

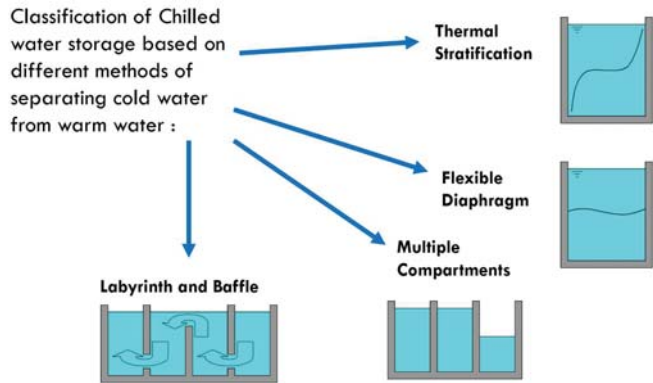
Chế độ xả



- Giờ làm việc: 17h30 - 22h30 (cao điểm)
- Bể trữ lạnh cấp nước lạnh đến hệ tiêu thụ, chiller hạn chế chạy (hoặc dừng hẳn)

Phân loại TES

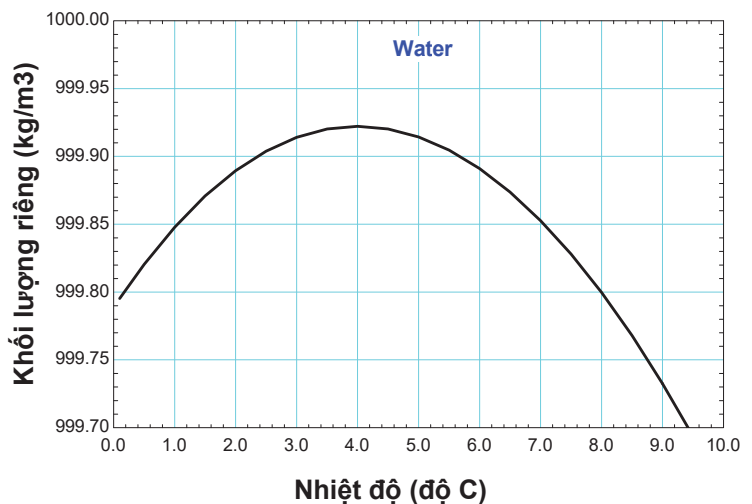
- Loại phương tiện lưu trữ
 - Nhiệt hiện
 - Nhiệt ẩn
- Lưu trữ nhiệt hiện (loại)
 - Bể ngang
 - Phân tầng nhiệt (bể đứng)
 - Nhiều ngăn
 - Nhiều bể
 - Bể dạng mê cung
 - Kết cấu bê tông ngầm
 - Tầng ngậm nước



- Lưu trữ nhiệt hiện (vật liệu được sử dụng) – nước lạnh; dung dịch nước (nước muối, glycol) và chất lỏng không chứa nước; Chất lỏng nhiệt độ thấp (LTF)

Phân tầng nhiệt trong bể nước lạnh

- Nước có mật độ cao nhất ở 4°C
- Nước lạnh được đưa trở lại đáy bể
- Nước ấm hơn được cung cấp cho máy lạnh từ đỉnh bể

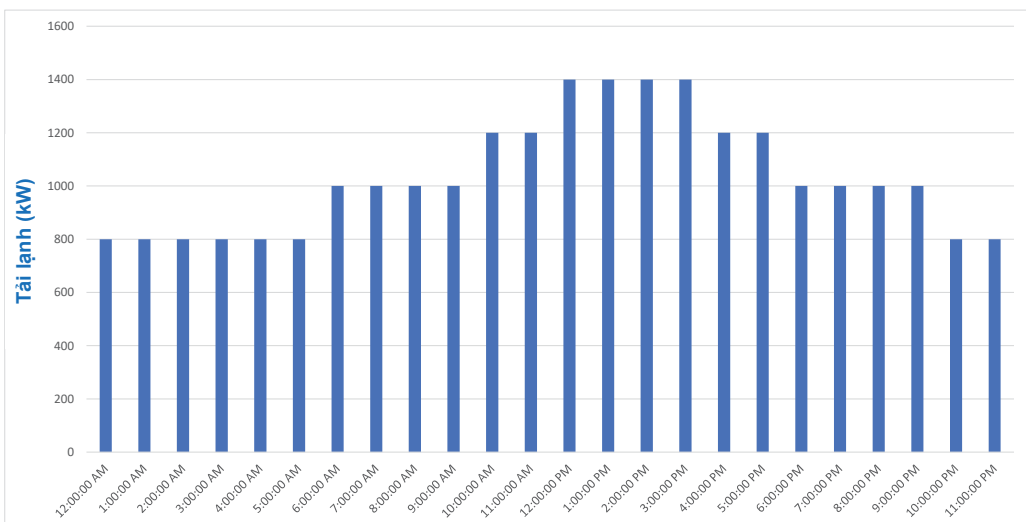


Phân loại TES

- Lưu trữ nhiệt ẩn
 - Nước / Đá
 - Hệ thống bám đá trên ống - tan đá từ bên trong
 - Hệ thống bám đá trên ống - tan đá từ bên ngoài
 - Đá đóng gói
 - Thu hoạch băng/đá
 - Bùn đá (Đá tuyết lỏng)
 - Các vật liệu chuyển pha khác
 - Muối hydrat
 - Hỗn hợp muối cùng tinh khan



Hồ sơ tải hàng ngày (ví dụ)



Hoạt động hàng ngày (ví dụ)

- Tùy chọn 1

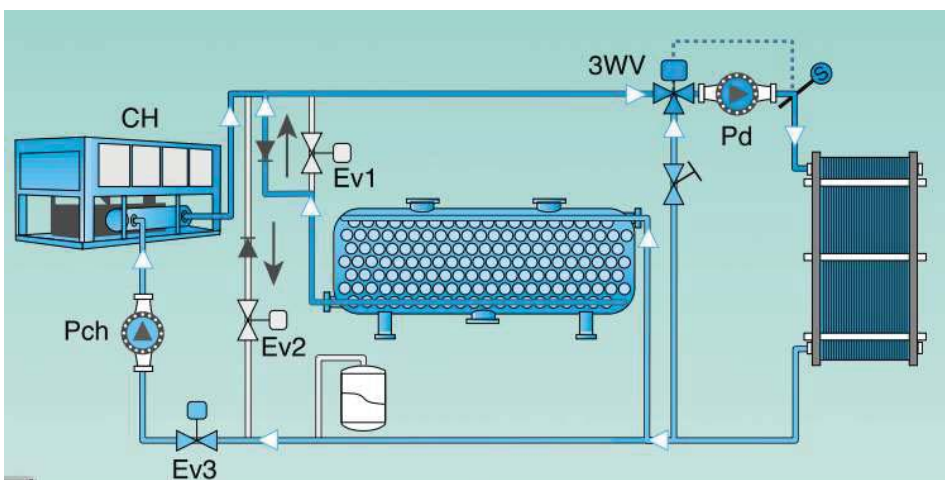
- Quy mô nhà máy làm lạnh – 1.400 kW
- Tải làm mát hàng ngày – 24.800 kWh

- Tùy chọn 2

- Quy mô nhà máy làm lạnh – 1.050 kW
- Tải làm mát ngày – 24.800 kWh + Tổn thất tuần hoàn
- Kích thước TES – 2.400 kWh

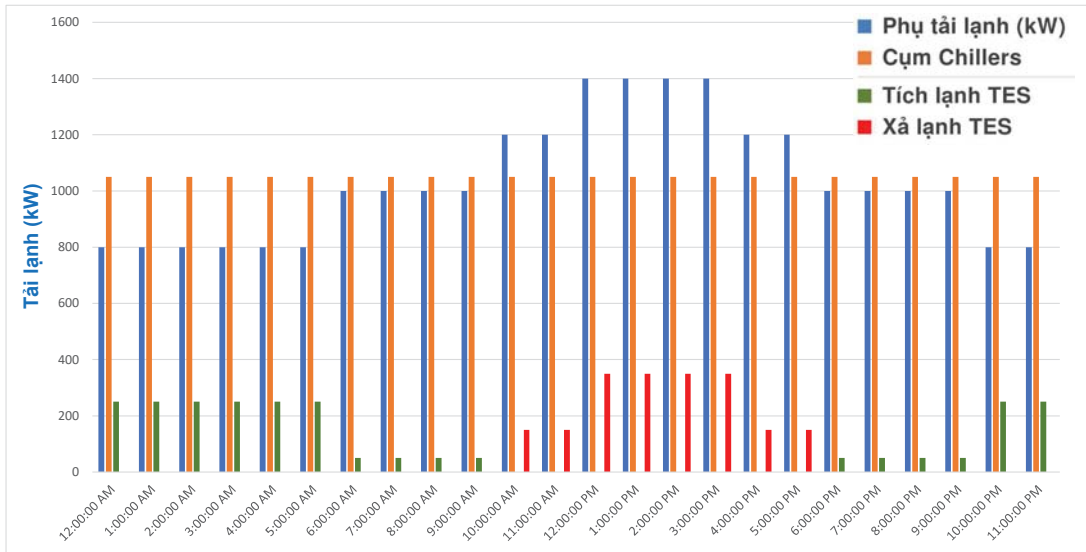
27

Chế độ xả + làm mát

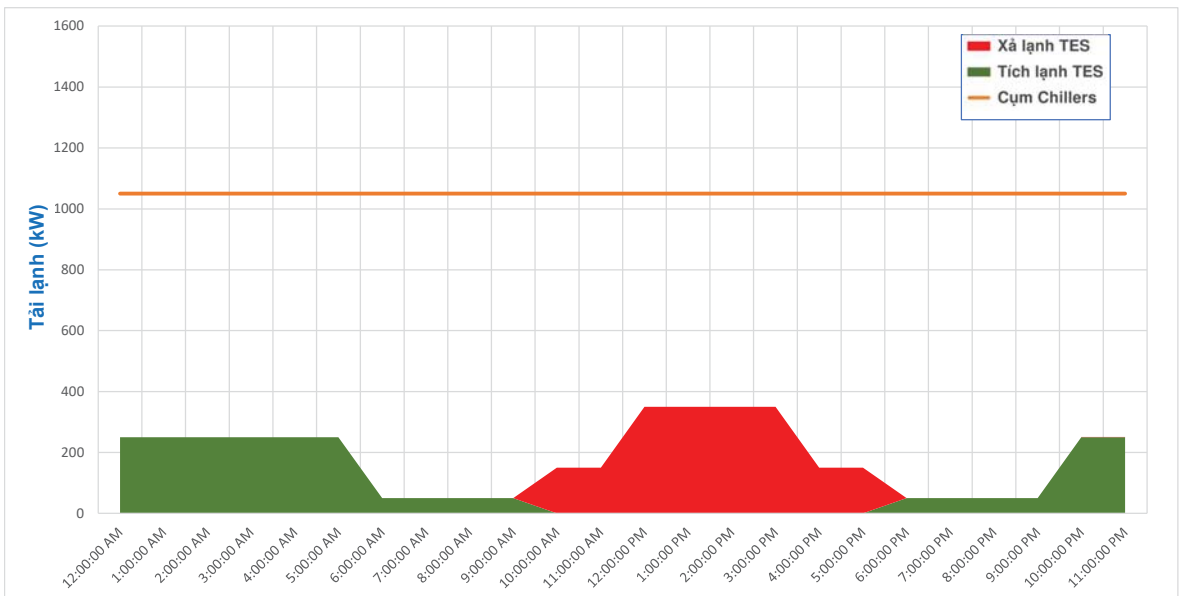


- Giờ làm việc: 10h00 - 17h00 (tải điểm)
- Bể trữ lạnh cấp nước lạnh đến hộ tiêu thụ + chiller làm mát

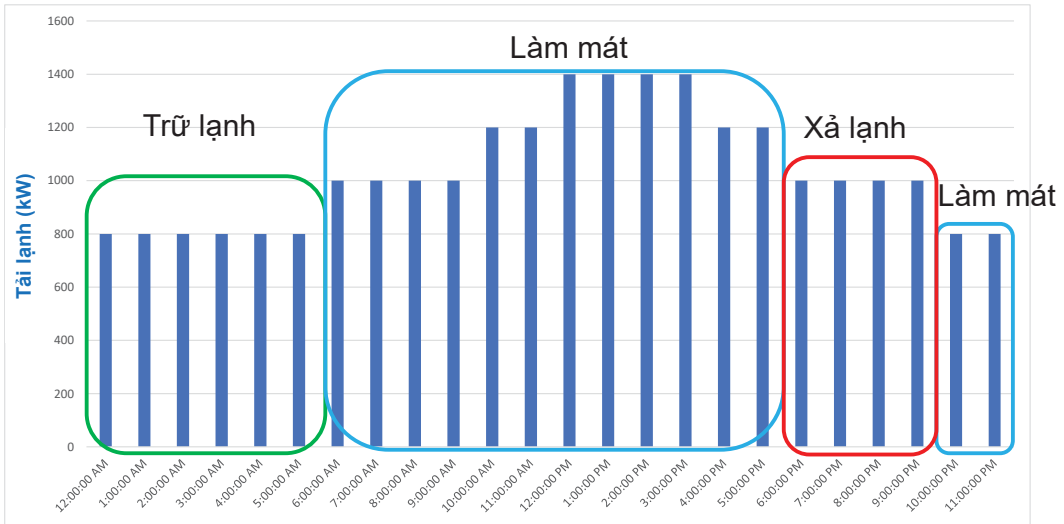
Hồ sơ tải hàng ngày với TES (ví dụ)



Hồ sơ tải hàng ngày với TES (ví dụ)



Hồ sơ tải hàng ngày (ví dụ)



31

Kịch bản thuận lợi nhất cho TES

- Tải lạnh cao (hoặc rất cao) trong thời gian tương đối ngắn
 - Hãy nghĩ đến nhu cầu làm mát có cấu hình hệ thống khí nén
- Đơn giá điện năng vào giờ cao điểm thấp cao
- Năng lượng điện thấp (hoặc rất thấp hoặc âm) trong giờ thấp điểm
- Ngân sách cho mở rộng hệ thống rất hạn chế
- Các hệ thống quan trọng vẫn cần hoạt động với khả năng dự phòng tối thiểu
- Ngành công nghiệp đang tìm cách khử cacbon và sử dụng lượng hỗn hợp năng lượng tái tạo cao hơn khi có sẵn

Các điểm chính / Các hạng mục cần thực hiện

1. Lưu trữ nhiệt (TES) là một kỹ thuật rất hiệu quả để đạt được một số mục tiêu mâu thuẫn nhau
2. Mỗi ứng dụng phải được đánh giá riêng
3. Một số yếu tố thuận lợi có thể được sử dụng làm công cụ sàng lọc để đánh giá tính khả thi cấp 1
4. Hiểu được đặc tính phụ tải của nhà máy là rất quan trọng – đặc biệt là những thay đổi dựa trên thời tiết, tốc độ sản xuất và công suất hệ thống
5. Lưu trữ nước lạnh và trữ nước đá là những hình thức TES phổ biến nhất



- 1 CƠ BẢN
- 2 CÔNG CỤ PHẠM VI LẠNH CÔNG NGHIỆP & LÀM MÁT QUY MÔ LỚN (CRST)
- 3 TÍNH TOÁN HIỆU SUẤT ĐƠN VỊ & HỆ THỐNG
- 4 CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH (CWSAT)
- 5 CƠ HỘI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG (EE) TRONG HỆ THỐNG NƯỚC LẠNH
- 6 MÁY LẠNH – QUÁ KHỨ, HIỆN TẠI & TƯƠNG LAI
- 7 HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 8 MÔ HÌNH HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 9 CƠ HỘI EE TRONG HỆ THỐNG LẠNH CÔNG NGHIỆP
- 10 NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP TỐI ƯU HỆ THỐNG CR
- 11 CÔNG CỤ PHẦN MỀM EE KHÁC CHO HỆ THỐNG CR
- 12 HỆ THỐNG CR THẾ HỆ TIẾP THEO
- 13 KẾT LUẬN**

13 KẾT LUẬN TỐI ƯU HỆ THỐNG LẠNH & NƯỚC LẠNH

13

13.1 Kết luận

13.2 Các bước tiếp theo

13.3 Công cụ & Tài nguyên

Kết luận / Tóm tắt

- Sử dụng Phương pháp tiếp cận hệ thống (Systems Approach) đối với các cụm chiller và hệ thống lạnh để xác định các cơ hội tiết kiệm năng lượng tiềm năng, cũng như tối ưu hóa và quản lý các hệ thống này.
- Hiểu rõ về các môi chất lạnh và tính chất nhiệt động lực học là nền tảng cốt lõi khi phân tích các hệ thống chiller.
- Một hệ thống lạnh / chiller sẽ bao gồm các quá trình cơ bản sau: Bay hơi, Ngưng tụ, Nén và Giãn nở / Tiết lưu.
- Phương pháp tiếp cận hệ thống trong một chu trình làm lạnh sẽ bao gồm việc đánh giá từ phía sử dụng cuối (phụ tải lạnh cần cung cấp), các cụm chiller, tháp giải nhiệt (thải nhiệt ra môi trường), hệ thống bơm, quạt, v.v.
- Các hệ thống chiller nén hơi cơ học một cấp được sử dụng phổ biến nhất, nhưng các hệ thống lạnh (công nghiệp) thường sẽ là loại nhiều cấp để đáp ứng dải chênh lệch nhiệt độ (temperature lift) lớn hơn, cung cấp nhiều mức nhiệt độ làm lạnh khác nhau, v.v.

3

Kết luận / Tóm tắt

- Có nhiều cơ chế điều khiển khác nhau để kiểm soát hoạt động của máy nén.
- Việc vận hành ở chế độ bán tải có thể rất kém hiệu quả và hiện có một số công nghệ tiên tiến, bao gồm cả biến tần (VFD), được áp dụng để cải thiện hiệu suất.
- Các cụm chiller đơn giản có thể sử dụng vòng tuần hoàn sơ cấp với lưu lượng cố định / biến thiên, nhưng các hệ thống chiller phức tạp sẽ bao gồm mạng lưới phân phối nước lạnh sơ cấp (primary), thứ cấp (secondary) và cấp ba (tertiary) với cả lưu lượng cố định lẫn biến thiên.
- Hệ số hiệu năng (COP) thường được dùng để đánh giá một thiết bị đơn lẻ, nhưng COP Hệ thống (System COP) phải bao gồm cả điện năng tiêu thụ bởi động cơ máy nén chiller, bơm nước lạnh, bơm tháp giải nhiệt, quạt và các thiết bị tiêu thụ phụ tải ký sinh khác.
- Biểu đồ phụ tải (Load profile) đóng vai trò rất quan trọng trong việc thấu hiểu nhu cầu làm lạnh / trữ lạnh của hệ thống trong suốt cả năm.

4

Kết luận / Tóm tắt

- Việc tính toán chi phí vận hành cụm chiller sẽ yêu cầu các dữ liệu về biểu đồ phụ tải, số giờ hoạt động, hệ số COP và đơn giá điện năng.
- Hệ số hiệu năng theo mùa (SCOP) được sử dụng phổ biến nhất để xác định mức hiệu suất trung bình.
- Việc tính toán hiệu suất vận hành thực tế cho các hệ thống lạnh sẽ yêu cầu các thông tin về nhiệt độ, áp suất, lưu lượng và công suất.
- Các chỉ số đánh giá hiệu quả khác của cụm chiller bao gồm: lift máy nén (độ chênh áp suất/nhiệt độ), Hiệu suất máy nén đẳng entropy, Độ hữu hiệu của bộ trao đổi nhiệt, v.v.
- Tác động của hiện tượng bám cặn trong các bộ trao đổi nhiệt cần phải được xác định và liên hệ trực tiếp với sự suy giảm hệ số COP cũng như sự gia tăng chi phí vận hành.

Kết luận / Tóm tắt

- Hệ thống lạnh có thể tiêu thụ một phần đáng kể năng lượng của nhà máy – đôi khi lên tới 50%!
- Các ứng dụng rất đa dạng, từ làm lạnh đối lưu đến cấp đông tiếp xúc và các biến thể kết hợp với thiết bị chuyên dụng có mặt trong nhiều ngành công nghiệp thực phẩm và chế biến khác nhau.
- Các hệ thống lạnh công nghiệp có thể được phân loại theo nhiều cách, nhưng tiêu chí phân biệt cơ bản nhất thường là loại môi chất lạnh được sử dụng – ví dụ như halocarbon, amoniac (NH₃), carbon dioxide (CO₂), v.v.
- Một phương pháp phân loại khác là dựa trên cấu trúc vận hành: hệ thống nén đa cấp, hệ thống ghép tầng, hệ thống cấp lỏng tràn bằng bơm (liquid overfeed) và hệ thống hấp thụ.
- Dàn ngưng tụ bay hơi là lựa chọn ưu tiên cho cơ chế thải nhiệt trong các hệ thống lạnh công nghiệp.
- Máy nén piston và máy nén trục vít chính là những thiết bị chủ lực (đóng vai trò "ngựa thò") của các hệ thống lạnh.

Kết luận / Tóm tắt

- Chế độ vận hành non tải cần được đánh giá cẩn thận, đặc biệt là do máy nén trực vít có thể bị suy giảm hiệu suất đáng kể khi sử dụng van trượt để điều khiển năng suất lạnh.
- Nên cân nhắc sử dụng Biến tần (VFD).
- Tối ưu hóa hệ thống để duy trì nhiệt độ bay hơi ở mức cao nhất có thể mà không làm ảnh hưởng đến bất kỳ yêu cầu công nghệ nào.
- Tối ưu hóa hệ thống để duy trì nhiệt độ ngưng tụ ở mức thấp nhất có thể mà không làm ảnh hưởng đến bất kỳ yêu cầu công nghệ nào.
- Đánh giá/so sánh phương pháp làm mát dầu bằng xi-phông nhiệt (thermosyphon oil cooling) với phương pháp phun lỏng (liquid injection) trong các máy nén trực vít.
- Công tác Vận hành và Bảo trì (O&M) đóng vai trò to lớn trong việc đảm bảo máy nén luôn đạt hiệu suất cao nhất.

Kết luận / Tóm tắt

- Việc ứng dụng IIoT (Internet vạn vật cấp công nghiệp) và Trí tuệ nhân tạo (AI) tiến tới Học máy (Machine Learning) giúp huấn luyện hệ thống liên tục giảm thiểu chi phí năng lượng và cải thiện đáng kể độ tin cậy.
- Tích trữ nhiệt năng / Trữ lạnh (TES - Thermal Energy Storage) là một kỹ thuật rất hiệu quả để đạt được cùng lúc nhiều mục tiêu mang tính đối lập nhau (ví dụ: vừa giảm chi phí vận hành vừa đảm bảo đáp ứng đủ tải đỉnh).
- Có một số Nghị định thư đa phương giữa các chính phủ đã được phê chuẩn và thực thi – điển hình như Nghị định thư Montreal cùng Bản sửa đổi, bổ sung Kigali; Nghị định thư Kyoto cùng Hiệp định Paris về biến đổi khí hậu.
- Điều quan trọng là phải định kỳ cập nhật trạng thái của các nghị định thư này, cũng như lập trường và các cam kết của Việt Nam.
- Vấn đề an toàn (đặc biệt là Tính dễ cháy) là những mối quan ngại chính đối với một số loại môi chất lạnh thế hệ mới.

KẾT LUẬN TỐI ƯU HỆ THỐNG LẠNH & NƯỚC LẠNH

13.1 Kết luận

13.2 Các bước tiếp theo

13.3 Công cụ & Tài nguyên

Danh sách các cơ hội sử dụng năng lượng hiệu quả

- Thực hiện quản lý nhiệt độ nước tháp giải nhiệt (cooling tower).
- Tối ưu hóa các cài đặt đối với nhiệt độ nước lạnh cấp (chilled water supply temperature).
- Loại bỏ các mục đích sử dụng nước lạnh (chilled water) không phù hợp.
- Duy trì lưu lượng nước tối ưu đi qua dàn bay hơi / dàn ngưng tụ.
- Vệ sinh dàn bay hơi / dàn ngưng tụ bị bám bẩn và đóng cáu cặn (fouled and scaled).
- Sử dụng máy làm lạnh (chillers), máy bơm và quạt được dẫn động bằng biến tần (Variable Frequency Drives - VFD).
- Lập trình điều khiển trình tự (sequence) cho cụm nhiều chiller để tối ưu hóa hiệu suất tổng thể.
- Ứng dụng công nghệ làm mát tự nhiên (free cooling) khi điều kiện thời tiết cho phép.

Danh sách các cơ hội sử dụng năng lượng hiệu quả (tiếp theo)

- Đánh giá các tùy chọn hệ thống giải nhiệt bằng nước (water-cooled) so với hệ thống giải nhiệt bằng gió (air-cooled).
- Loại bỏ các khí không ngưng (non-condensable gases) và hơi ẩm ra khỏi hệ thống.
- Thu hồi và tái chế môi chất lạnh (reclaim refrigerant).
- Khắc phục triệt để mọi sự cố rò rỉ môi chất lạnh.
- Duy trì lượng môi chất lạnh ở mức tiêu chuẩn phù hợp.
- Giảm thiểu hiện tượng dội khí / dội áp (surging) ở máy nén (thường gặp ở máy nén ly tâm).
- Duy trì hiệu suất đẳng entropy (isentropic efficiency) của máy nén.
- Triển khai chiến lược quản lý phụ tải đỉnh (sử dụng công nghệ tích trữ nhiệt / trữ lạnh - thermal storage).
- Đánh giá khả năng tích hợp nhiệt công nghệ (tận dụng nhiệt thừa cho các quá trình khác).

11

Một số biện pháp giảm tiêu hao năng lượng cho lạnh công nghiệp và nâng cao hiệu suất hệ thống

- Giảm tải lạnh
- Tăng nhiệt độ bay hơi
- Giảm nhiệt độ ngưng tụ
- Tối ưu hóa điều khiển máy nén
- Hiệu quả và điều khiển quạt
- Sử dụng nhiệt thải – thu hồi nhiệt
- Tránh và sửa chữa rò rỉ

Các cơ hội điều tra khác trong hệ thống lạnh công nghiệp

- Kiểm soát quạt dàn bay hơi đúng cách
- Sử dụng động cơ hiệu suất cao và bộ truyền động tần số thay đổi, nếu có
- Thu hồi nhiệt thải từ đầu đẩy máy nén
- Sửa chữa rò rỉ
- Loại bỏ khí không ngưng

13

Các cơ hội điều tra khác trong hệ thống lạnh công nghiệp

- Giảm lượng hơi ẩm lọt vào kho đông / hầm đông
 - Đảm bảo độ kín khít của cửa
 - Tổ chức tốt khu vực tập kết sản phẩm (phòng đệm) và hệ thống khử ẩm
- Việc phá băng nên được thực hiện theo cách rẻ nhất có thể
 - Sử dụng điện trở có thể là tốn kém nhất
 - Phá băng bằng gas nóng vẫn tiêu tốn chi phí – phương pháp này không hề miễn phí
- Duy trì tần suất phá băng thích hợp dựa trên việc kiểm soát nhu cầu
 - Thực hiện xả đá khi khoảng cách giữa các lá tản nhiệt (bước cánh - fin spacing) có thể giảm 20%
 - Xả băng dựa trên phụ tải thực tế

KẾT LUẬN TỐI ƯU HỆ THỐNG LẠNH & NƯỚC LẠNH

13.1 Kết luận

13.2 Các bước tiếp theo

13.3 Công cụ & Tài nguyên

Tài liệu tham khảo

- Sổ tay ASHRAE
 - 2017 – Fundamentals
 - 2018 - Refrigeration
 - 2019 – HVAC Applications
 - 2020 – HVAC Systems & Equipment
- Stoecker, Wilbert – Industrial Refrigeration Handbook, McGraw-Hill Publications, 1998
- Dossat, Roy – Principles of Refrigeration, 2nd Edition, SI version, Wiley Eastern Limited, 1991
- Bogart, Marcel – Ammonia Absorption Refrigeration in Industrial Processes, Gulf Publishing Company, 1981



Công cụ

- CWSAT – Phiên bản SI Metric
 - CWSAT – Phiên bản Hoa Kỳ (IP)
- CoolPack 1.50
- Phần mềm đánh giá bảo ôn 3EPlus
- Công cụ MEASUR của DOE Hoa Kỳ
 - Hệ thống bơm
 - Hệ thống quạt
 - Các bảng tính toán

17

Cảm ơn

- Thông tin liên hệ
 - Riyaz Papar, PE, CEM, Fellow - ASME, ASHRAE
C2A Giải pháp bền vững, LLC - USA
rapapar@c2asutable.com
 - Tanya Van Zyl
Giám đốc Chất lượng, Trung tâm Sản xuất Sạch Quốc gia, Nam Phi
TvanZyl@csir.co.za
Điện thoại: (012) 841-3225
 - Alfred Hartzenburg
Tư vấn UNIDO
alf@preocleaning.co.za
Điện thoại: (082) 779-2871

TUYÊN BỐ MIỄN TRỪ

Tài liệu này được biên soạn trong khuôn khổ Dự án “Đẩy mạnh hoạt động tiết kiệm năng lượng trong các doanh nghiệp công nghiệp lớn thông qua hệ thống quản lý năng lượng và tối ưu hóa hệ thống và thực hành tiết kiệm năng lượng trong các doanh nghiệp vừa và nhỏ tại Việt Nam” (Dự án IEEP) do Liên minh châu Âu (EU) tài trợ, Bộ Công Thương (Bộ CT) quản lý và Tổ chức Phát triển công nghiệp Liên hợp quốc (UNIDO) thực hiện. Nội dung tài liệu hoàn toàn thuộc trách nhiệm của Dự án và không nhất thiết phản ánh quan điểm của bất kỳ cá nhân hay tổ chức nào.