



**Bài giảng: QUẢN LÝ VÀ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG**

**Chương 7: Quản lý sử dụng hiệu quả năng lượng cho hệ thống khí nén, máy ép, HVAC**



Giảng viên: ThS. Trần Công Bình

5/2014

**Chương 7: Quản lý sử dụng hiệu quả năng lượng cho hệ thống khí nén, máy ép, HVAC**

1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén
2. Tiết kiệm điện cho máy ép nhựa
3. Tiết kiệm điện cho hệ thống HVAC
  - Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi
  - Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh

HVAC= Heating, Ventilation and Air conditioning  
(Nhiệt, Thông gió và Điều hòa không khí)

**1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén**



**1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén**

**Nội dung**

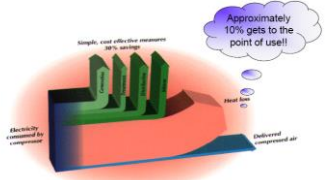
- Giới thiệu
- Các loại máy nén
- Đánh giá các máy nén và hệ thống khí nén
- Các cơ hội tiết kiệm năng lượng

**1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén**

**Giới thiệu**

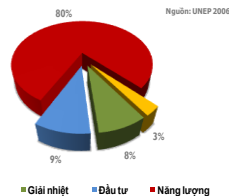
Khí nén là một “dạng năng lượng” thường được sử dụng trong các loại hình công nghiệp.

Sản xuất khí nén rất “đắt tiền” do hiệu suất rất thấp. Chỉ khoảng 10% điện năng tiêu thụ của hệ thống máy nén khí được chuyển thành công hữu ích, phần còn lại ~90% là tổn thất ở dạng nhiệt.



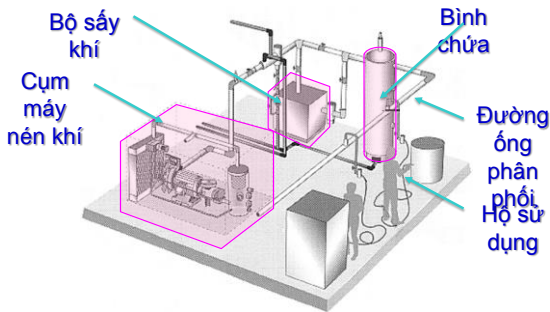
**1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén**

**Chi phí vòng đời máy nén khí**

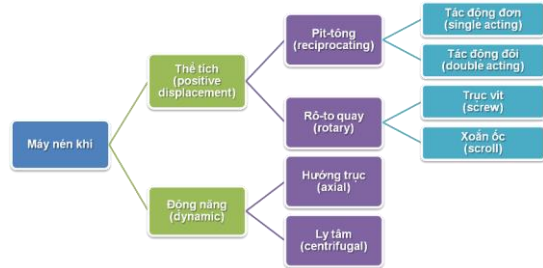


- Chi phí năng lượng chiếm phần lớn trong tổng chi phí dành cho máy nén khí
- Quản lý vận hành hệ thống khí nén “hiệu quả năng lượng” rất quan trọng. Có thể tiết kiệm từ 20% đến 50% điện năng tiêu thụ.

**1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén**  
**Hệ thống phân phối khí nén**



**1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén**  
**Phân loại máy nén khí**



**1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén**  
**Máy nén Pít-tông (Reciprocating)**

- Được sử dụng cho việc nén không khí và môi chất lạnh
- Hoạt động như ống bơm xe đạp: dung tích xi lanh giảm trong khi áp suất tăng.
- Có nhiều cấu tạo hình dạng khác nhau.
- Tác động đơn khi sử dụng một mặt của pit tông, và tác động kép khi sử dụng cả 2 mặt



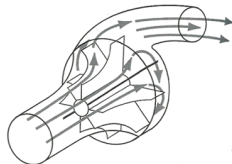
**1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén**  
**Máy nén quay (Rotary)**

- Sử dụng rô-to quay thay vì các pít-tông → cung cấp khí nén liên tục
- Ưu điểm: chi phí thấp, gọn, trọng lượng nhẹ, dễ bảo trì
- Công suất từ 30 – 200 hp
- Các loại:
  - Máy nén cam (quat root)
  - Máy nén trục vít
  - Cánh quạt / cánh trượt



**1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén**  
**Máy nén ly tâm (Centrifugal)**

- Truyền năng lượng từ bánh công tác sang dòng khí nén
- Chế độ liên tục
- Bánh răng bôi trơn dầu được cách ly khỏi không khí
- Phù hợp với ứng dụng cần lượng khí nén lớn > 12,000 cfm (foot khối/phút)



**1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén**  
**So sánh các loại máy nén**

- Các tiêu chí so sánh:
  - Hiệu suất khi đầy tải, non tải và không tải
  - Mức độ ồn
  - Kích cỡ
  - Lượng dầu bị cuốn theo dòng khí
  - Độ rung
  - Bảo trì
  - Công suất
  - Áp suất

### 1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén

#### So sánh các loại máy nén khí

Đề mục	Pit-tông	Rô to cánh trượt	Trục vít	Ly tâm
Hiệu suất dây tải	Cao	Trung bình - cao	Cao	Cao
Hiệu suất không dây tải	Cao do phân cấp	Thấp dưới 60% dây tải	Thấp: dưới 60% dây tải	Thấp dưới 60% dây tải
Hiệu suất không tải (% công suất dây tải)	Cao (10 - 25%)	Trung bình (30 - 40%)	Cao - thấp (25 - 60%)	Cao - trung bình (20 - 30%)
Độ ồn	Ồn	Không ồn	Độ ồn thấp nếu được đóng kín	Gọn nhẹ
Kích thước	Lớn	Gọn nhẹ	Gọn nhẹ	Gọn nhẹ
Lượng dầu bị cuốn theo dòng khí	Trung bình	Thấp - trung bình	Thấp	Thảo
Độ rung	Cao	Hầu như không	Hầu như không	Hầu như không
Bảo dưỡng	Nhiều bộ phận bị mài mòn	Ít bộ phận bị mài mòn	Ít bộ phận bị mài mòn	Nhạy cảm với bụi trong không khí
Năng suất	Thấp - cao	Thấp - trung bình	Thấp - cao	Trung bình - cao
Áp suất	Trung bình - rất cao	Thấp - trung bình	Trung bình - cao	Trung bình - cao

Quản lý và Sử dụng Năng lượng 12

### 1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén

#### Tiêu chí lựa chọn máy nén khí

Loại máy nén	Năng suất (m³/giờ)		Áp suất (bar)	
	từ	đến	từ	đến
<b>Máy nén quạt root</b>	100	30.000	0,1	1
<b>Pit-tông</b>				
một cấp/hai cấp	100	12.000	0,8	12
đa cấp	100	12.000	12,0	700
<b>Trục vít</b>				
một cấp	100	2.400	0,8	13
hai cấp	100	2.200	0,8	24
<b>Ly tâm</b>	600	300.000	0,1	450

Quản lý và Sử dụng Năng lượng 13

### 1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén

#### Đánh giá hoạt động của máy nén

- Công suất: Lưu lượng định mức của dòng khí nén
- Lưu lượng thực tế: năng suất cấp khí tự do (Free Air Delivery)
- FAD giảm theo tuổi thọ của máy nén, chế độ bảo trì kém, bộ trao đổi nhiệt bị nghẹt (bẩn) và cao độ
- Thất thoát năng lượng: độ lệch phần trăm của công suất FAD

Quản lý và Sử dụng Năng lượng 14

### 1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén

#### Đánh giá các máy nén và ht khí nén

- Phương pháp đánh giá công suất đơn**
  - Tách riêng máy nén và bình chứa và khóa đầu ra của bình chứa
  - Mở van xả hết nước trong bình chứa và đường ống
  - Khởi động máy nén và kích hoạt đồng hồ bấm giây
  - Ghi nhận thời gian để đạt áp suất vận hành bình thường P<sub>2</sub> (tại bình chứa) từ áp suất ban đầu P<sub>1</sub>
  - Tính toán công suất FAD:
 
$$Q = \frac{P_2 - P_1}{P_0} \times \frac{V}{T} \text{ Nm}^3 / \text{Minute}$$

P<sub>2</sub> = Áp suất đẩy (kg/cm<sup>2</sup>)  
 P<sub>1</sub> = Áp suất hút (kg/cm<sup>2</sup>)  
 P<sub>0</sub> = Áp suất khí quyển (kg/cm<sup>2</sup>)  
 V = thể tích chứa (m<sup>3</sup>) - bao gồm bình chứa sau làm nguội và đường ống phân phối  
 T = thời gian để đạt áp suất P<sub>2</sub> (phút)

Quản lý và Sử dụng Năng lượng 15

### 1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén

#### Hiệu suất máy nén

- Hiệu suất máy nén:**
  - Thực tế nhất: công suất tiêu thụ cụ thể (kW / lưu lượng thể tích)
  - Các phương pháp khác
    - Đẳng nhiệt
    - Thể tích
    - Đoạn nhiệt
    - Cơ học

Quản lý và Sử dụng Năng lượng 16

### 1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén

#### Hiệu suất máy nén

- Hiệu suất đẳng nhiệt:**
  - P<sub>1</sub> = Áp suất hút tuyệt đối kg / cm<sub>2</sub>
  - Q<sub>1</sub> = năng suất cấp khí của máy m<sup>3</sup> / giờ
  - r = tỉ số nén P<sub>2</sub>/P<sub>1</sub>

Hiệu suất đẳng nhiệt = Công suất đầu vào thực tế / Công suất đẳng nhiệt

Công suất đẳng nhiệt (kW) = P<sub>1</sub> x Q<sub>1</sub> x log<sub>e</sub>r / 36.7

Quản lý và Sử dụng Năng lượng 17

### 1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén

#### Hiệu suất máy nén

- Hiệu suất thể tích:**
  - D = Đường kính xi lanh (m)
  - L = Hành trình xi lanh (m)
  - S = Tốc độ máy nén (vòng/phút)
  - X = 1 đối với xi lanh tác động đơn và 2 đối với xi lanh tác động kép
  - n = số xi lanh

Hiệu suất thể tích  
= FAD m<sup>3</sup>/phút / thể tích của máy nén

Thể tích của máy nén =  $\Pi \times D^2/4 \times L \times S \times X \times n$

Quản lý và Sử dụng Năng lượng 18

### 1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén

#### Rò rỉ

- Hậu quả:**
  - Tổn thất năng lượng: 20 – 30%
  - Giảm áp suất hệ thống
  - Làm giảm tuổi thọ của thiết bị
- Các vị trí thường bị rò rỉ:**
  - Khớp nối, ống cứng, ống mềm và các ống nối
  - Bộ điều chỉnh áp suất
  - Các bẫy ngưng mờ, các van đóng
  - Các mối nối, điểm ngắt, vòng đệm.

Quản lý và Sử dụng Năng lượng 19

### 1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén

#### Phương pháp định lượng mức độ rò rỉ

- Tổng tính toán mức rò rỉ:
  - T = thời gian có tải (phút)
  - t = thời gian không tải (phút)
  - Hệ thống duy trì tốt: lượng rò rỉ thấp hơn 10%

Lượng rò rỉ (%) =  $[(T \times 100) / (T + t)]$

Quản lý và Sử dụng Năng lượng 20

### 1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén

#### Phương pháp định lượng mức độ rò rỉ

- Ngắt các thiết bị dùng khí nén
- Chạy máy nén để nạp tải cho hệ thống nhằm thiết lập áp suất vận hành
- Ghi nhận thời gian chu kỳ “tải” và “không tải”
- Tính toán lượng rò rỉ (đã đề cập ở slide trước)
- Nếu Q là lượng khí trời thực tế cung cấp trong suốt thời gian kiểm tra (m<sup>3</sup>/phút), sau đó:

Rò rỉ của hệ thống (m<sup>3</sup>/phút) =  $Q \times T / (T + t)$

Quản lý và Sử dụng Năng lượng 21

### 1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén

#### Ví dụ

- Công suất máy nén (m<sup>3</sup>/phút) = 35
- Áp suất khởi động lại (kg/cm<sup>2</sup>) = 6.8
- Áp suất ngắt (kg/cm<sup>2</sup>) = 7.5
- Công suất khi có tải = 188 kW
- Công suất lúc không tải = 54 kW
- Thời gian “Có tải” trung bình = 1,5 phút
- Thời gian “Không tải” trung bình = 10,5 phút

Lượng rò rỉ =  $[(1,5)/(1,5+10,5)] \times 35 = 4.375 \text{ m}^3/\text{phút}$

Quản lý và Sử dụng Năng lượng 22

### 1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén

#### Các cơ hội TKNL

- Vị trí đặt máy nén:**
  - Ảnh hưởng đáng kể về năng lượng sử dụng
- Đánh giá:**
  - Độ cao càng cao = hiệu suất thể tích càng hơn

Altitude Meters	Barometric Pressure milli bar*	Percentage Relative Volumetric Efficiency Compared with Sea Level	
		At 4 bar	At 7 bar
Sea level	1013	100.0	100.0
500	945	98.7	97.7
1000	894	97.0	95.2
1500	840	95.5	92.7
2000	789	93.9	90.0
2500	737	92.1	87.0

\* 1 milli bar = 1.01972 x 10<sup>-3</sup> kg/cm<sup>2</sup>

Quản lý và Sử dụng Năng lượng 23 © UNEP 2006

**1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén**

**Các cơ hội TKNL**

**3. Đường hút khí:**

- Giữ không khí cấp vào máy nén không bị ô nhiễm, bụi và ẩm ướt.
- Duy trì nhiệt độ không khí hút vào ở nhiệt độ thấp.

*Nhiệt độ không khí đầu vào tăng 4°C*

*→ Năng lượng tiêu thụ tăng 1%*

- Duy trì nhiệt độ môi trường ở mức thấp khi một bộ lọc khí đầu vào được đặt tại máy nén

**1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén**

**Các cơ hội TKNL**

**4. Áp suất bị giảm tại bộ lọc khí:**

- Lắp đặt bộ lọc tại khu vực mát hoặc lấy khí từ khu vực mát
- Duy trì áp suất giảm qua bộ lọc khí đầu vào đến mức tối thiểu

*Cứ mỗi 250 mm WC áp suất giảm*

*→ Năng lượng tiêu thụ tăng 2%*

**1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén**

**Các cơ hội TKNL**

**5. Sử dụng bộ làm mát trung gian và sau nén:**

- Nhiệt độ không khí đầu vào tăng ở mỗi cấp của máy nén nhiều cấp.
- Bộ làm mát trung gian: bộ trao đổi nhiệt thải nhiệt ở giữa các cấp nén.
- Bộ làm mát sau nén: làm giảm nhiệt độ không khí phía sau cấp nén cuối cùng
- Sử dụng nước ở nhiệt độ thấp hơn: giảm công suất tiêu thụ của máy nén

**1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén**

**Các cơ hội TKNL**

**6. Điều chỉnh áp suất:**

- Áp suất cao hơn
  - Công suất máy nén tiêu thụ cao hơn
  - Hiệu suất thể tích nén thấp hơn
- Vận hành trên áp suất vận hành
  - Lãng phí năng lượng
  - Tăng sự hao mòn

**1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén**

**Các cơ hội TKNL**

**6. Điều chỉnh áp suất:**

- Giảm áp suất cung cấp:
  - Vận hành máy nén ở áp suất 100 PSIG thay vì 120 PSIG: năng lượng tiêu thụ giảm 10% và cũng giảm mức rò rỉ
- Cài đặt máy nén vận hành ở áp suất tối ưu
  - Được sử dụng khi nhiều máy nén được kết nối với nhau
- Tách biệt thành các hệ thống khí nén áp suất cao và thấp:
  - Không cần sử dụng các van giảm áp

**1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén**

**Các cơ hội TKNL**

**6. Điều chỉnh áp suất:**

- Thiết kế sao cho sự sụt giảm áp suất trên đường ống phân phối là thấp nhất
  - Giảm áp suất: giảm sụt áp từ máy nén đến các điểm sử dụng
  - Giảm áp suất < 10%
  - Áp suất giảm do các nguyên nhân sau:
    - Sự ăn mòn
    - Kích thước đường ống không thích hợp, các ống mềm ghép
    - Bộ lọc bị nghẽn

**1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén**  
**Các cơ hội TKNL**

**6. Điều chỉnh áp suất:**  
 d. Thiết kế sao cho sự sụt giảm áp suất trên đường ống phân phối là thấp nhất

Pipe Nominal Bore (mm)	Pressure drop (bar) per 100 meters	Equivalent power losses (kW)
40	1.80	9.5
50	0.65	3.4
65	0.22	1.2
80	0.04	0.2
100	0.02	0.1

*Sụt áp điển hình trên đường ống phân phối khí với các kích thước ống khác nhau (Liên hiệp các ngành công nghiệp Ấn Độ)*

Quản lý và Sử dụng Năng lượng 30

**1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén**  
**Các cơ hội TKNL**

**7. Giảm thiểu rò rỉ:**

- Sử dụng bộ dò siêu âm
- Xiết chặt các bộ nối và đường nối
- Thay thế thiết bị hư hỏng

**8. Xả nước ngưng:**

- Nước ngưng được hình thành do bộ làm nguội làm giảm nhiệt độ khí nén
- Lắp đặt bộ tách nước ngưng (separator trap) để loại bỏ nước ngưng.

Quản lý và Sử dụng Năng lượng 31

**1. Tiết kiệm điện cho hệ thống khí nén**  
**Các cơ hội TKNL**

**9. Sử dụng có kiểm soát:**

- Không sử dụng cho các ứng dụng có áp suất thấp: khí đốt, băng tải sử dụng khí...
- Thay vì sử dụng quạt thổi

**10. Điều chỉnh máy nén:**

- Tự động tắt máy nén khi không cần thiết

**11. Bảo trì thường xuyên:**

- Bôi trơn: được kiểm tra thường xuyên
- Các bộ lọc khí: được thay thế định kỳ
- Các bộ lọc (tách) nước ngưng: đảm bảo được tháo nước.
- Bộ sấy khí: kiểm tra và thay thế các bộ lọc

Quản lý và Sử dụng Năng lượng 32

**2. Tiết kiệm điện cho máy ép nhựa**

Sử dụng biến tần

Quản lý và Sử dụng Năng lượng 33

**2. Tiết kiệm điện cho máy ép nhựa**

Quản lý và Sử dụng Năng lượng 34

**3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi**

Quản lý và Sử dụng Năng lượng 35

3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Mục đích

- Tìm hiểu về hơi nước và quá trình biến đổi nước sang hơi.
- Tìm hiểu về hệ thống nhiệt.
- Phương pháp đánh giá hệ thống nhiệt.
- Nhận dạng các tiềm năng tiết kiệm và giải pháp thực hiện.

Nội dung

- Giới thiệu hệ thống nhiệt lò hơi.
- Các phương pháp đánh giá hệ thống nhiệt.
- Các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống nhiệt.

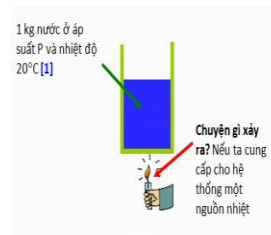
3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Phần A: Giới thiệu hệ thống nhiệt lò hơi

1. Vai trò của hơi nước trong hệ thống nhiệt và quá trình tạo ra hơi nước:

- a) Vai trò của hơi nước.
- b) Quá trình gia nhiệt và tạo ra hơi nước.

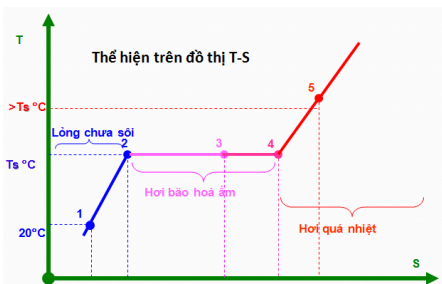
Giá sử gia nhiệt 1 kg nước ở áp suất P và nhiệt độ 20°C, quá trình biến đổi nước thành hơi được thể hiện trên đồ thị T-s sau:



3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Phần A: Giới thiệu hệ thống nhiệt lò hơi

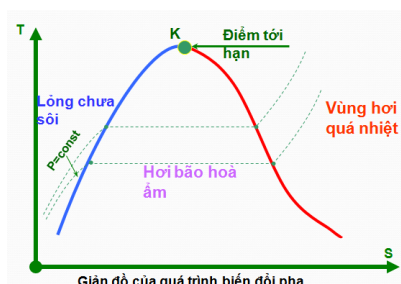
b) Quá trình gia nhiệt nước và tạo ra hơi.



3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Phần A: Giới thiệu hệ thống nhiệt lò hơi

b) Quá trình gia nhiệt nước và tạo ra hơi.



3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Phần A: Giới thiệu hệ thống nhiệt lò hơi

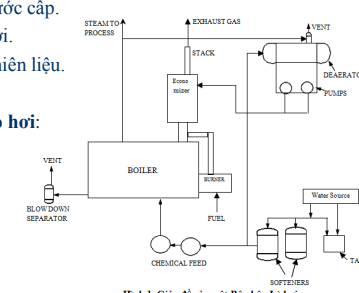
1. Giới thiệu hệ thống nhiệt:



3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Phần A: Giới thiệu hệ thống nhiệt lò hơi

- Hệ thống lò hơi bao gồm:
  - Hệ thống nước cấp.
  - Hệ thống hơi.
  - Hệ thống nhiên liệu.
- Sơ đồ nguyên lý hệ thống lò hơi:



Hình 1. Giản đồ của một Bộ phận Lò hơi

3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

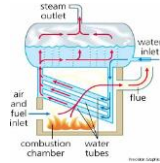
Phần A: Giới thiệu hệ thống nhiệt lò hơi

- Các dạng lò hơi phổ biến:

➢ Lò hơi ống lửa (Fire Tub Boiler)



➢ Lò hơi ống nước (Water Tube Boiler)



3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Phần A: Giới thiệu hệ thống nhiệt lò hơi

- Các dạng lò hơi phổ biến:

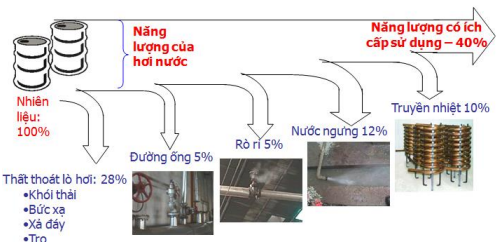
➢ Lò hơi vỉ (chain-grate)



3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

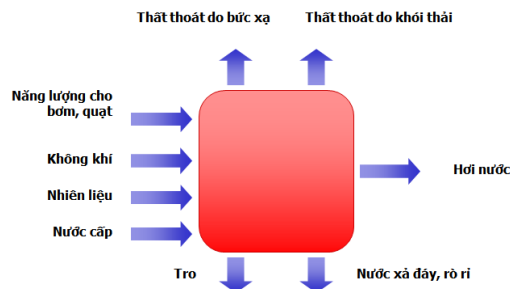
Phần B: Các phương pháp đánh giá hệ thống nhiệt

- Hiệu suất nhiệt của một lò hơi được định nghĩa là “phần trăm (nhiệt) năng lượng đầu vào được sử dụng hiệu quả nhằm tạo ra hơi.
- Cân bằng năng lượng trong hệ thống hơi.



3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Phần B: Các phương pháp đánh giá hệ thống nhiệt



3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Phần B: Các phương pháp đánh giá hệ thống nhiệt

- Có 2 phương pháp xác định hiệu suất lò hơi:

➢ **Phương pháp trực tiếp:** Là phần trăm năng lượng đạt được từ (nước và hơi) so với hàm lượng năng lượng trong nhiên liệu của lò hơi

➢ **Phương pháp gián tiếp:** Hiệu suất là sự chênh lệch giữa tổn thất và năng lượng đầu vào

3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Phần B: Các phương pháp đánh giá hệ thống nhiệt

- Phương pháp trực tiếp xác định hiệu suất của lò hơi:

$$\text{Hiệu suất } (\eta) = \frac{\text{Đầu ra nhiệt}}{\text{Đầu vào nhiệt}} \times 100 = \frac{Q \times (h_s - h_w)}{m \times \text{GCV}} \times 100$$

Ví dụ:

- Lò hơi đốt dầu FO – 2,5 Tấn/giờ - Áp suất: 8 kg/cm<sup>2</sup>
- Lượng dầu FO tiêu thụ: 180 lít/giờ (tỷ trọng dầu : 0,95 kg/lít)
- Nhiệt độ nước cấp : 85<sup>o</sup> C
- Nhiệt trị dầu FO : 9.800 kCal/kg
- Enthalpy hơi tại áp suất 8 kg/cm<sup>2</sup> : ..... kCal/kg
- Enthalpy của nước cấp : ..... kCal/kg

⇒ Hiệu suất lò hơi (η) : .....?



**3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi**

**Phần B: Các phương pháp đánh giá hệ thống nhiệt**

1) Phương pháp trực tiếp xác định hiệu suất của lò hơi:

Công thức tính toán:

$$\text{Hiệu suất } (\eta) = 100 - \sum q_i \text{ (tổng các tổn thất)}$$

$$= 100 - (q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 + q_7)$$

Các tổn thất của hệ thống lò hơi gồm:

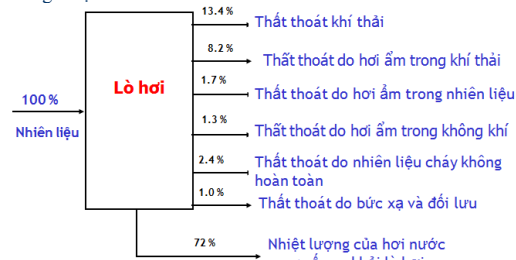
- $q_1$ : Tổn thất qua khói thải
- $q_2$ : Tổn thất thoát do đốt cháy hydro trong nhiên liệu
- $q_3$ : Tổn thất do hơi ẩm trong nhiên liệu
- $q_4$ : Tổn thất do hơi ẩm trong không khí
- $q_5$ : Tổn thất do nhiên liệu cháy chưa hết trong tro
- $q_6$ : Tổn thất qua xả đáy
- $q_7$ : Tổn thất qua bức xạ đối lưu và tổn thất khác

**3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi**

**Phần B: Các phương pháp đánh giá hệ thống nhiệt**

2) Phương pháp gián tiếp xác định hiệu suất của lò hơi:

Cân bằng nhiệt lò hơi:



**3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi**

**Phần B: Các phương pháp đánh giá hệ thống nhiệt**

2) Phương pháp gián tiếp xác định hiệu suất của lò hơi:

- Để quá trình đốt cháy tối ưu thì khối lượng không khí cháy thực tế phải cao hơn mức yêu cầu trên lý thuyết.
- Khí dư cấp phụ thuộc vào nhiên liệu và hệ thống đốt
- Bằng cách đo lượng  $CO_2$  hoặc  $O_2$  có thể ước tính khí dư và tổn thất khí lò
- Để quá trình cháy tối ưu lượng  $CO_2$  hoặc  $O_2$  nên duy trì ở mức sau:
  - $CO_2 = 14-15\%$
  - $O_2 = 2-3\%$

**3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi**

**Phần B: Các phương pháp đánh giá hệ thống nhiệt**

2) Phương pháp gián tiếp xác định hiệu suất của lò hơi:

**Đánh giá hiệu suất - khí dư**

Các mức khí dư điển hình với các loại nhiên liệu khác nhau

- Nhiên liệu là than: khí dư 15-50%
- Nhiên liệu là dầu: khí dư 15-20%
- Nhiên liệu là khí: khí dư 5-7%
- Nhiên liệu là gỗ: khí dư 20-25%

**3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi**

**Phần C: Nhận dạng cơ hội và các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống nhiệt lò hơi**

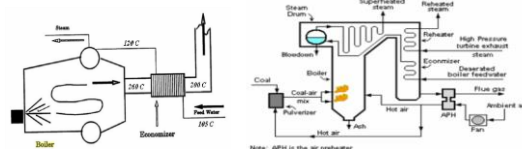
- 1) Tận dụng nhiệt độ cao của ống khói thải để gia nhiệt nước cấp và không khí đốt.
- 2) Tránh hiện tượng rò rỉ hơi.
- 3) Kiểm soát lượng không khí dư.
- 4) Tránh các tổn thất nhiệt do bức xạ và đối lưu của hệ thống nhiệt lò hơi.
- 5) Làm giảm các tổn thất do cấu cặn và bồ hóng.
- 6) Tăng cường thu hồi nước ngưng.
- 7) Quá trình thay thế lò hơi.
- 8) Các giải pháp khác.

**3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi**

**Phần C: Nhận dạng cơ hội và các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống nhiệt lò hơi**

1) Tận dụng nhiệt độ cao của ống khói thải để gia nhiệt nước cấp và không khí đốt.

- Giữ nhiệt độ ống khói ở mức thấp nhất có thể
- Nếu nhiệt độ > 200°C khi đó ta phải lấy lại lượng nhiệt thải đã mất



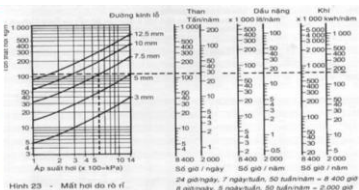
### 3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Phần C: Nhận dạng cơ hội và các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống nhiệt lò hơi

#### 2) Tránh hiện tượng rò rỉ hơi.

##### NĂNG LƯỢNG THẤT THOÁT DO RỖ RỈ HƠI

Tính năng lượng tổn thất do rò rỉ hơi có đường kính lỗ 3 mm. Lò hơi ở áp suất 5 kg/cm<sup>2</sup>? (thời gian vận hành 3000 h/năm?)



Lượng hơi tổn thất	13 Kg/h
Thời gian vận hành hàng năm	2,640 giờ/năm
Giá thành sản xuất hơi	516,250 VND/tấn
Khắc phục điểm rò rỉ	Lợi ích tiết kiệm hàng năm 20,443,500 VND/năm

### 3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Phần C: Nhận dạng cơ hội và các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống nhiệt lò hơi

#### 3) Kiểm soát lượng không khí dư.

- Trong thực tế, cần một lượng khí dư để đảm bảo quá trình cháy tối ưu. Mức độ khí dư này có thể dao động tùy thuộc thiết kế lò, loại lò, nhiên liệu và các biến số của quy trình.
- Các mức khí dư điển hình với các loại nhiên liệu khác nhau
  - Nhiên liệu là than: khí dư 15-50%
  - Nhiên liệu là dầu: khí dư 15-20%
  - Nhiên liệu là khí: khí dư 5-7%
  - Nhiên liệu là gỗ: khí dư 20-25%

### 3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Phần C: Nhận dạng cơ hội và các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống nhiệt lò hơi

#### 4) Tránh các tổn thất nhiệt do bức xạ và đối lưu của hệ thống nhiệt lò hơi.

##### TỶ SỐ TỶ THẤT NHIỆT DO KHÔNG CÁCH NHIỆT

Temperature difference steam to air °C	15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	Pipe size 40 mm	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm	150 mm
56	54	65	79	103	108	132	155	188	233	324
67	68	82	100	122	136	168	198	236	296	410
78	83	100	122	149	166	203	241	298	360	500
89	99	120	146	179	205	246	289	346	434	601
100	116	140	169	208	234	285	337	400	501	696
111	134	164	198	241	271	334	392	469	598	816
125	159	191	233	285	285	394	464	555	698	969
139	184	224	272	333	333	458	540	622	815	1133
153	210	255	312	382	382	528	623	747	939	1305
167	241	292	357	437	437	602	713	838	1083	1492
180	274	329	408	494	494	676	808	959	1190	1652
194	309	372	461	568	568	758	909	1080	1303	1822

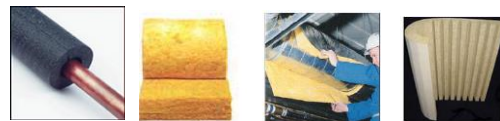
Chú ý: Ống dẫn trần, nằm ngang, nhiệt độ môi trường từ 10-21°C và trời đứng gió.

### 3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Phần C: Nhận dạng cơ hội và các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống nhiệt lò hơi

#### 4) Tránh các tổn thất nhiệt do bức xạ và đối lưu của hệ thống nhiệt lò hơi.

- Vật liệu cách nhiệt
  - Tính dẫn nhiệt kém
  - Được sử dụng trong các hệ thống để ngăn thất thoát nhiệt



### 3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Phần C: Nhận dạng cơ hội và các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống nhiệt lò hơi

#### 5) Làm giảm các tổn thất do cấu kiện trên bề mặt trao đổi nhiệt.



Truyền nhiệt tốt.

Truyền nhiệt kém

Bộ TDN bị nhàn

### 3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Phần C: Nhận dạng cơ hội và các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống nhiệt lò hơi

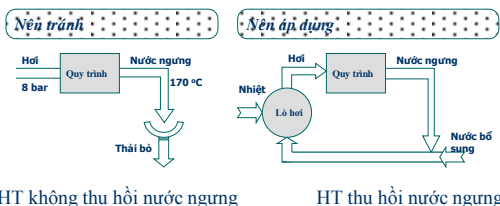
#### 5) Làm giảm các tổn thất do cấu kiện trên bề mặt trao đổi nhiệt.

- Giải pháp đặt ra:
  - Tăng cường việc bảo trì, vệ sinh các bề mặt trao đổi nhiệt.
  - Nâng cao chất lượng nước cấp cho quá trình sản xuất hơi.
- Tăng cường thu hồi nước ngưng.
  - Nước ngưng:
  - Cần ít năng lượng hơn để chuyển thành hơi, so với nước lạnh
  - Nước ngưng có chất lượng cao, chi phí xử lý nước thấp hơn
  - Nước ngưng cần được thu hồi làm nước cấp nếu:
    - Không bị lẫn nhiều tạp chất cần xử lý
    - Lưu lượng nước nhiều và không cách xa lò hơi.
    - Cứ tăng 6°C nhiệt độ nước cấp = 1% nhiên liệu tiết kiệm trong lò hơi

### 3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Phần C: Nhận dạng cơ hội và các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống nhiệt lò hơi

#### 6) Tăng cường thu hồi nước ngưng:



HT không thu hồi nước ngưng

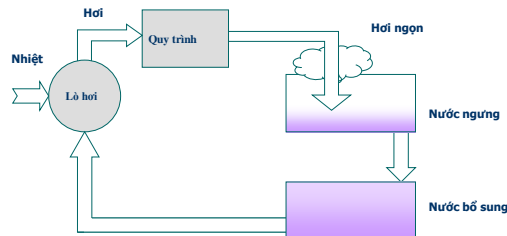
HT thu hồi nước ngưng

### 3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Phần C: Nhận dạng cơ hội và các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống nhiệt lò hơi

- Các phương pháp thu hồi nước ngưng: Tùy theo hiện trạng nhà máy mà ta áp dụng 1 trong 2 giải pháp sau

#### a) Thu hồi nước ngưng ở áp suất khí quyển:

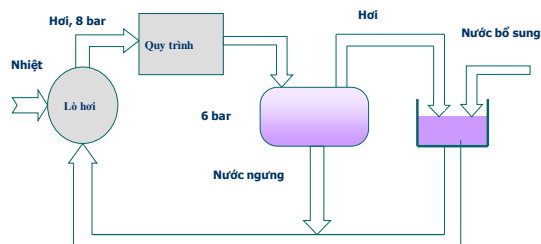


### 3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Phần C: Nhận dạng cơ hội và các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống nhiệt lò hơi

- Các phương pháp thu hồi nước ngưng:

#### b) Thu hồi nước ngưng ở áp suất cao:



### 3.1 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống nhiệt-lò hơi

Phần C: Nhận dạng cơ hội và các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống nhiệt lò hơi

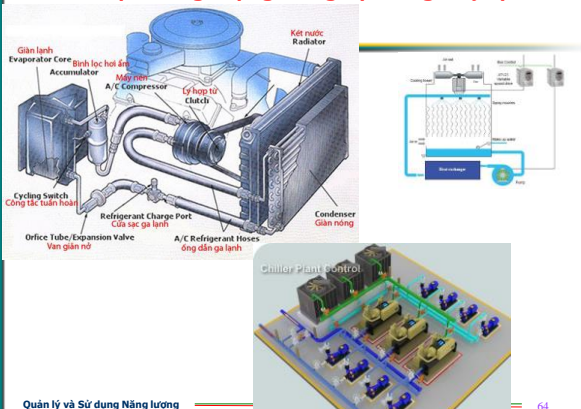
#### 7) Quá trình thay thế lò hơi.

- Lò hơi cũ và làm việc với hiệu suất kém.
- Không có khả năng đốt cháy được nhiên liệu thay thế rẻ tiền hơn.
- Công suất yêu cầu lớn hơn hoặc nhỏ hơn so với yêu cầu hiện tại.
- Thông số thiết kế không phải ở điều kiện phụ tải lý tưởng.

#### 8) Các giải pháp khác.

- Sử dụng hơi ở mức áp suất thấp nhất có thể được.
- Tái sử dụng hơi áp suất thấp.
- Kiểm soát tốc độ thay đổi của quạt, quạt gió và bơm.

### 3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh



### 3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh

#### Mục đích

- Tìm hiểu về hoạt động của hệ thống điều hòa không khí và máy lạnh
- Phương pháp đánh giá hệ thống máy lạnh
- Nhận dạng các tiềm năng tiết kiệm và giải pháp thực hiện

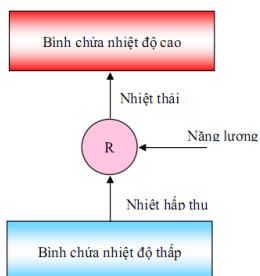
#### Nội dung

- Giới thiệu hệ thống máy lạnh
- Các thông số đánh giá hệ thống lạnh
- Các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống và ví dụ minh họa

3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh

Phần A: Giới thiệu hệ thống máy lạnh

- Thế nào là điều hòa không khí và làm lạnh?



3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh

Phần A: Giới thiệu hệ thống máy lạnh

1. Các thiết bị chính trong hệ thống máy lạnh:

- Máy nén lạnh:



3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh

Phần A: Giới thiệu hệ thống máy lạnh

1. Các thiết bị chính trong hệ thống máy lạnh:

- Thiết bị ngưng tụ:

Dàn ngưng gió cưỡng bức



Bộ trao đổi nhiệt nước



Dàn bay hơi ngưng tụ



3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh

Phần A: Giới thiệu hệ thống máy lạnh

1. Các thiết bị chính trong hệ thống máy lạnh:

- Thiết bị tiết lưu



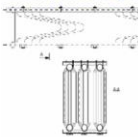
3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh

Phần A: Giới thiệu hệ thống máy lạnh

1. Các thiết bị chính trong hệ thống máy lạnh:

- Thiết bị bay hơi:

Dàn lạnh xương cá



Dàn lạnh đôi lưu



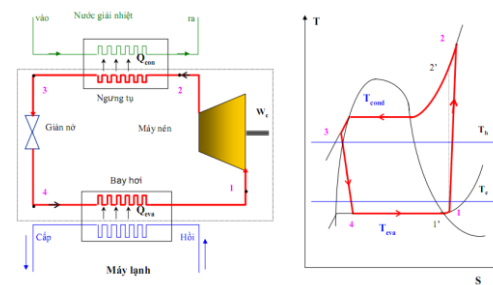
Dàn lạnh



3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh

Phần A: Giới thiệu hệ thống máy lạnh

2. Chu trình hoạt động của hệ thống làm lạnh:

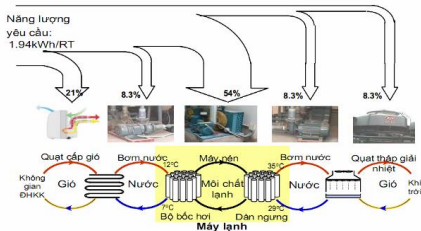


3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh

Phần A: Giới thiệu hệ thống máy lạnh

2. Chu trình hoạt động của hệ thống làm lạnh:

- Dưới đây thể hiện vòng trao đổi nhiệt điển hình trong hệ thống lạnh sử dụng Chiller giải nhiệt nước:



3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh

Phần A: Giới thiệu hệ thống máy lạnh

3. Các loại môi chất lạnh được sử dụng trong hệ thống lạnh:



3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh

Phần A: Giới thiệu hệ thống máy lạnh

3. Các loại môi chất lạnh được sử dụng trong hệ thống lạnh:

- Bảng 1 tóm tắt các đặc tính của những chất làm lạnh và bảng 2 nêu hiệu suất của chúng:

Bảng 1. Đặc tính của những chất làm lạnh thường được sử dụng (theo Arora, C.P., 2000)

Chất làm lạnh	Điểm sôi ** (°C)	Điểm đông (°C)	Áp suất hơi * (kPa)	Lưu lượng hơi * (m <sup>3</sup> /kg)	Entanpi *	
					Lỏng (kJ/kg)	Hơi (kJ/kg)
R-11	-23,82	-111,0	25,73	0,61170	191,40	385,43
R-12	-29,79	-158,0	219,28	0,07702	190,72	347,96
R-22	-40,76	-160,0	354,74	0,06513	188,55	400,83
R-502	-45,40	---	414,30	0,04234	188,87	342,31
R-7 (Ammonia)	-33,30	-77,7	289,93	0,41949	808,71	487,76

\* Tại -10°C  
\*\* Tại áp suất khí quyển chuẩn (101,325 kPa)

3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh

Phần A: Giới thiệu hệ thống máy lạnh

3. Các loại môi chất lạnh được sử dụng trong hệ thống lạnh:

Bảng 2. Hiệu suất của những môi chất lạnh hay được sử dụng (theo Arora, C.P., 2000)

Môi chất lạnh	Áp suất bay hơi (kPa)	Áp suất nén (kPa)	Tỷ lệ áp suất	Entanpi hơi (kJ/kg)	COP** <sub>carnot</sub>
R-11	20,4	125,5	6,15	155,4	5,03
R-12	182,7	744,6	4,08	116,3	4,70
R-22	295,8	1192,1	4,03	162,8	4,66
R-502	349,6	1308,6	3,74	106,2	4,37
R-717	236,5	1166,5	4,93	103,4	4,78

\* Tại nhiệt độ bay hơi -15°C, và nhiệt độ bình ngưng 30°C  
\*\* COP<sub>carnot</sub> = Hệ số công suất = Nhiệt độ<sub>bay hơi</sub> / (Nhiệt độ<sub>bay</sub> - Nhiệt độ<sub>bay,h</sub>)

3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh

Phần B: Các thông số đánh giá hệ thống máy lạnh

1. Đánh giá dây chuyền làm lạnh:

- Công suất lạnh:

$$KW = Q \times C_p \times (t_i - t_o)$$

- Mức tiêu thụ năng lượng riêng hay Hệ số hiệu suất:

✓ Mức tiêu thụ năng lượng riêng.

✓ Hệ số hiệu suất COP: được xác định bởi công thức

$$COP_{Carnot} = T_c / (T_c - T_e)$$

Hay

$$COP = \frac{\text{Hiệu ứng lạnh (kW)}}{\text{Đầu vào năng lượng cấp cho máy nén (kW)}}$$

3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh

Phần B: Các thông số đánh giá hệ thống máy lạnh

2. Đánh giá hệ thống điều hòa không khí:

- Đối với thiết bị điều hòa không khí, lưu lượng không khí ở bộ giàn quạt lạnh (FCU) hoặc thiết bị xử lý không khí (AHU) có thể được đo bằng phong tốc kế. Khi đó tải lạnh sẽ được tính theo công thức:

$$TR = \frac{Q \times \rho \times (h_{in} - h_{out})}{3024}$$

### 3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh Phần B: Các thông số đánh giá hệ thống máy lạnh

3. Các lưu ý khi đánh giá hiệu suất của hệ thống máy lạnh:

- Thiết bị đo đạc:



- Trạng thái hoạt động của hệ thống

### 3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh Phần C: Các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống

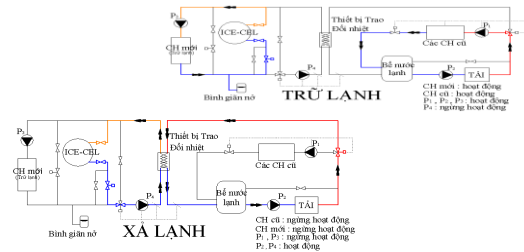
1. Các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống làm lạnh:
  - Sử dụng máy nén hiệu quả năng lượng trong hệ thống lạnh.
  - Lựa chọn và thay thế môi chất lạnh.
  - Tối ưu hóa thiết bị ngưng tụ và thiết bị bay hơi của hệ thống.
  - Giải pháp bảo trì, bảo dưỡng hiệu quả hệ các thiết bị trao đổi nhiệt cũng là một cơ hội tiết kiệm năng lượng tiêu thụ cho hệ thống làm lạnh.

Bảng đánh giá tác động của sự bảo dưỡng đối với công suất điện tiêu thụ máy nén

Trạng thái	T <sub>bay hơi</sub> (°C)	T <sub>ngưng tụ</sub> (°C)	Công suất làm lạnh (tons)	Suất tiêu thụ năng lượng (kW/ton)	Mức tăng kW/ton (%)
Bình thường	7.2	40.5	17.0	0.69	-
Bình ngưng bị bẩn	7.2	46.1	15.6	0.84	20.4
Bình bay hơi bị bẩn	1.7	40.5	13.8	0.82	18.3
Bình ngưng & bình bay hơi bị bẩn	1.7	46.1	12.7	0.96	38.7

### 3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh Phần C: Các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống

- Tối ưu hóa thời gian vận hành của hệ thống  
Ví dụ điển hình là ứng dụng hệ thống tích trữ lạnh cho hệ thống điều hòa không khí trung tâm:



### 3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh Phần C: Các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống

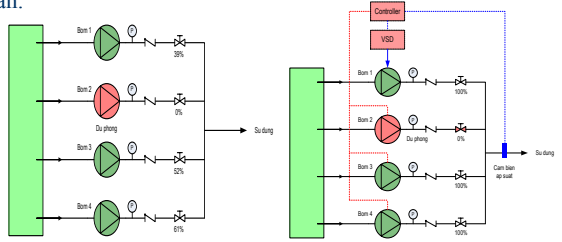
- Tối ưu hóa thời gian vận hành của hệ thống.

Bảng kết tính toán tiết kiệm khi sử dụng hệ thống trữ lạnh:

Chỉ giải	Số liệu	Đơn vị
Điện năng tiêu thụ của hệ thống làm lạnh nước giải nhiệt	257	kW.e
Giờ cao điểm (9h30-11h30) và (17h-20h)	5	Hours
Giờ thấp điểm (22h-4h)	6	Hours
Giờ bình thường (7h-9h30), (11h30-17h) và (20h-22h)	10	Hours
Điện năng tiêu thụ của hệ thống nước lạnh lúc cao điểm	1,284	kWh, elec
COP của hệ thống Chiller nước giải nhiệt	3	
Công suất lạnh của hệ thống Chiller	770	kW, ther
Năng suất lạnh cần thiết của Chiller vào giờ cao điểm	3,851	kWh, ther
Năng suất lạnh cần thiết của Chiller mới vào lúc thấp điểm	4,813	kWh, ther
Công suất lạnh của Chiller mới	802	kW, ther
Hệ số COP của hệ thống Chiller mới	3	
Công suất tiêu thụ điện của Chiller mới	267	kW, elec
Chi phí tiêu thụ điện năng mỗi ngày của hệ thống Chiller cũ	7,585,485	VND
Chi phí tiêu thụ điện năng mỗi ngày của hệ thống Chiller mới	5,061,803	VND
Chi phí tiết kiệm mỗi ngày khi sử dụng hệ thống trữ lạnh	2,523,682	VND
Chi phí tiết kiệm hàng năm khi sử dụng hệ thống trữ lạnh	859,108,596	VND

### 3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh Phần C: Các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống

- Tối ưu hóa hệ thống bơm cấp nước lạnh, nước giải nhiệt.  
Ví dụ minh họa hệ thống bơm trước và sau khi sử dụng biến tần.



### 3.2 Tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy lạnh Phần C: Các giải pháp tiết kiệm cho hệ thống

- Nâng cao nhận thức tiết kiệm cho mọi người
- Các giải pháp khác
  - ✓ Bảo ôn lạnh
  - ✓ Che chắn xung quanh
  - ✓ Giảm thiểu tải nhiệt
  - ✓ Kiểm tra và xử lý kịp thời khi phát hiện rò rỉ và các sự cố khác.

## Tài liệu tham khảo

### Tài liệu tham khảo:

- [1] Barney L. Capehart, Wayne C. Turner, William J. Kennedy, *Guide to Energy Management*, The Fairmont Press, 2003
- [2] Wayne C. Turner, Steve Doty, *Energy Management Handbook*, The Fairmont Press and Taylor & Francis Ltd., 2006
- [3] Richard A. Panke, *Energy Management Systems and Direct Digital Control*, The Fairmont Press, Inc, Marcel Dekker, Inc, 2002
- [4] Gilbert A. McCoy, Todd Litman, John G. Douglass, *Energy-Efficient Electric Motor Selection Handbook*, Washington State Energy Office Olympia, 1993.
- [5] Gilbert A. McCoy, John G. Douglass, *Energy Management for Motor Driven Systems*, Washington State University, 2000.
- [6] *Energy Efficiency*, Schneider Electric, 2012.
- [7] Dự án nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trong các doanh nghiệp nhỏ và vừa Việt Nam – PECSME.



### Trần Công Bình

GV ĐH Bách Khoa TP.HCM

Phone: 0908 468 100

Email: tcbinh@hcmut.edu.vn

binhtc@yahoo.com

Website: www4.hcmut.edu.vn/~tcbinh

