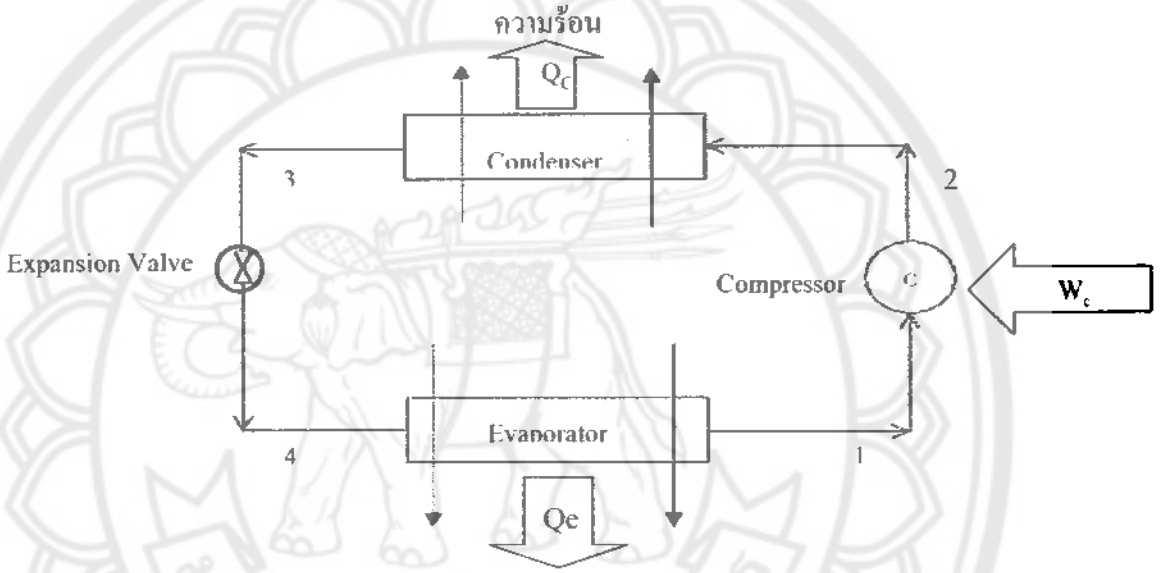
บทที่ 2

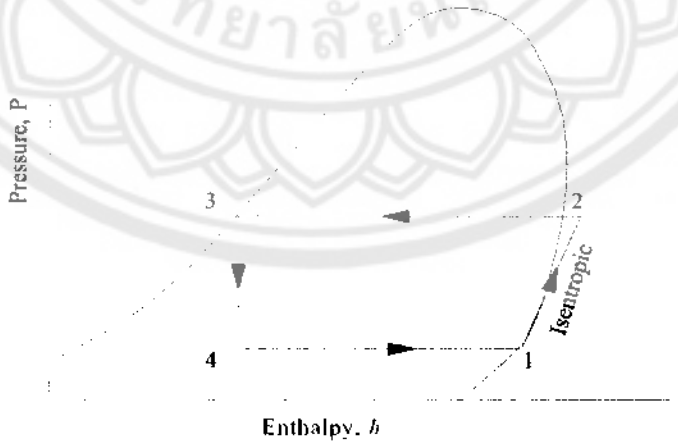
หลักการและทฤษฎี

2.1 หลักการและ วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

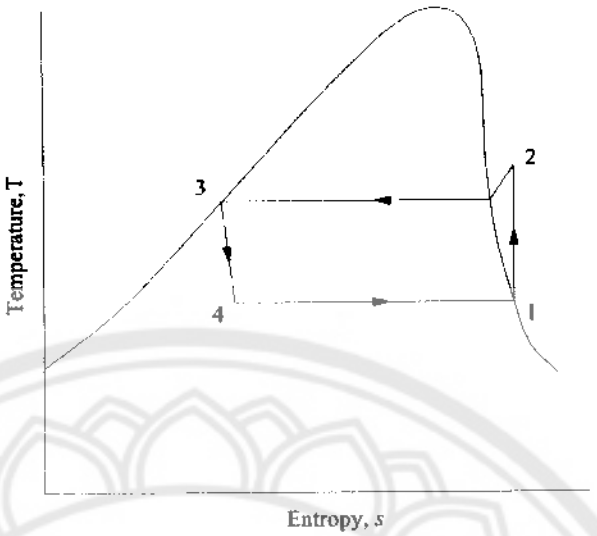
การทำความเย็นแบบอัดไอของระบบปรับอากาศ ซึ่งจะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักคือ คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ วาล์วขยายตัว และอีวาปโปเรเตอร์



รูป 2.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ



รูป 2.2 ไดอะแกรมความดันและเอนทัลปีของสารทำความเย็น



รูป 2.3 ไดอะแกรมอุณหภูมิและเอนโทรปีของสารทำความเย็น

จากรูป 2.1 , 2.2 และ 2.3

จากสภาวะที่1 สารทำความเย็นจะถูกเพิ่มความดันโดยกระบวนการไอเซนโทรปิค(Isentropic Process)ในคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ที่มีการอัดสารทำความเย็นไปสภาวะที่ 2 และสารทำความเย็นจะเข้าไปยัง คอนเดนเซอร์(Condenser)

$$W_c = \dot{m}_r(h_2 - h_1) \tag{2.1}$$

โดยที่

W_c คือ กำลังงานของคอมเพรสเซอร์, kW

$\dot{m}_r$ คือ อัตราการไหลของสารทำความเย็น, (kg/s)

h_1, h_2 คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่เข้าและออกจากคอมเพรสเซอร์ตามลำดับ(kJ/kg)

จากสภาวะที่2 ไปสภาวะที่3 เป็นสภาวะความดันคงที่ (Isobaric Process)ที่มีการระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นเมื่อผ่านคอนเดนเซอร์(Condenser)

$$Q_c = \dot{m}_r(h_3 - h_2) \tag{2.2}$$

โดยที่

Q_c คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์, kW

h_2, h_3 คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่เข้าและออกจากคอนเดนเซอร์ตามลำดับ , kJ/kg

จากสภาวะที่ 3 ไปสภาวะที่ 4 เป็นกระบวนการเอนทัลปีคงที่ (Constant Enthalpy)ที่มีการขยายตัวของสารทำความเย็น ทำให้มีความดันและอุณหภูมิต่ำลงและ ไหลไปยังอีวาปอเรเตอร์ (Evaporator)

$$h_3 = h_4 \tag{2.3}$$

โดย h_4 คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากเอ็กเพนชั่นวาล์ว, kJ/kg

จากสภาวะที่ 4 ไปสภาวะที่ 1 เป็นกระบวนการความดันคงที่ (Isobaric Process)ที่มีการรับความร้อนของสารทำความเย็นเพื่อเปลี่ยนสถานะ

$$Q_e = \dot{m}_r(h_1 - h_4) \tag{2.4}$$

โดย Q_e คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนของอีวาปอเรเตอร์, kW

และ

$$Q_c = Q_e + W \tag{2.5}$$

การทำความเย็นสมรรถนะของวัฏจักรการทำความเย็น คือ สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP)

$$COP = \frac{\text{ความร้อนที่ได้รับประโยชน์จากระบบ}}{\text{งานที่ใส่ให้กับระบบ}} \tag{2.6}$$

$$COP = \frac{Q_e}{W_c} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \tag{2.7}$$

2.2 ส่วนประกอบวัฏจักรการทำความเย็น

2.2.1 คอมเพรสเซอร์: เป็นเครื่องขับเคลื่อนสารทำความเย็น ทำหน้าที่อัดสารทำความเย็นในสภาวะก๊าซ ให้มีความดันและอุณหภูมิสูงเพิ่มขึ้น ทำให้มีการอัดเพื่อให้เกิดการควบแน่น มีทั้งชนิดที่เป็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor), แบบโรตารี่ (Rotary Compressor) ,หรือในเครื่องขนาดใหญ่อาจจะเป็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Compressor) หรือ แบบสกรู (Screw Compressor) และ ค่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volume efficiency, η_v) อัตราส่วนของอัตราเร็วเชิงปริมาตรสารทำความเย็นเข้าคอมเพรสเซอร์ต่ออัตราเร็วเชิงปริมาตรของคอมเพรสเซอร์ (Piston displacement) จากสมการ

$$\eta_v = 100 - c\left(\frac{\upsilon_{suc}}{\upsilon_{dis}} - 1\right) \quad (2.8)$$

โดย η_v คือ ค่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตร

c คือ ค่า Percent clearance ของคอมเพรสเซอร์

υ_{suc} คือ ปริมาตรจำเพาะของสารทำความเย็นที่ทางเข้าคอมเพรสเซอร์, m^3/kg

υ_{dis} คือ ปริมาตรจำเพาะของสารทำความเย็นที่ทางออกคอมเพรสเซอร์, m^3/kg

และสัมพันธ์กับอัตราไหลเชิงมวลจากสมการ

$$\dot{m}_r = PD \times \frac{\eta_v}{100 \times \upsilon_{suc}} \quad (2.9)$$

โดย $\dot{m}_r$ คือ อัตราไหลเชิงมวลของสารทำความเย็น, kg/s

PD คือ Piston displacement, m^3/s

2.2.2 คอนเดนเซอร์ : เป็นอุปกรณ์ควบแน่นในระบบปรับอากาศที่ทำให้น้ำยาทำความเย็นสถานะแก๊สที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงอัดตัวที่มาจากคอมเพรสเซอร์(Compressor) เพื่อกลั่นตัวเป็นของเหลวภายในคอนเดนเซอร์ด้วยการระบายความร้อนออกแต่ยังมีความดันและอุณหภูมิสูง

คอนเดนเซอร์มี 3 ประเภทคือ

1. คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศ (air cooled)จะใช้อากาศเป็นตัวกลางในการระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น ทำให้สารทำความเย็นในสถานะแก๊สกลั่นตัวเป็นของเหลว

2. คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำ (water cooled)จะใช้น้ำระบายความร้อนให้กับสารทำความเย็น ทำให้สารทำความเย็นเป็นของเหลว

3. คอนเดนเซอร์อีวาปโปเรทีฟ (evaporative) จะใช้น้ำและอากาศเป็นตัวระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น ทำให้สารทำความเย็นกลั่นตัวเป็นของเหลว

2.2.3 วาล์วขยายตัว (Expansion Valve) หรือ อุปกรณ์ลดความดันทำให้ความดันสูงเป็นความดันต่ำซึ่งวาล์วขยายตัวมี 2 แบบคือ

2.2.3.1 **ท่อแคปปิลารี่ (Capillary Tubes) คือ ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของเหลวลงโดยทำให้ของเหลวระเหยและลดความดันจากเครื่องควบแน่นไปเป็นความดันอีวาปอเรเตอร์ทำให้สารทำความเย็นที่เข้ามาอีวาปอเรเตอร์ เป็นของผสมระหว่างของเหลวและไอความดันลดที่ผ่านท่อแคป-ปิลารี่ขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็ก 1/16 ถึง 1/8 นิ้ว และสารทำความเย็นที่ผ่านท่อแคปปิลารี่ขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของท่อ**

2.2.3.2 วาล์วขยายตัวแบบอุณหภูมิสถิตย์ (Thermostatic Expansion Valve) จะอาศัยหลักควบคุมอุณหภูมิที่อีวาปอเรเตอร์ ให้คงที่เสมอ เมื่ออุณหภูมิทางออกอีวาปอเรเตอร์ สูงขึ้นสารทำความเย็นในกระเปาะจะขยายตัวดันแผ่นไดอะแฟรมทำให้วาล์วเปิดกว้างขึ้น เมื่ออุณหภูมิทางออกอีวาปอเรเตอร์ต่ำลงแรงดันจากตัวสปริงจะทำให้วาล์วเปิดน้อยลงเป็นการปรับจ่ายสารความเย็นไปยังอีวาปอเรเตอร์ อย่างพอเพียงโดยอัตโนมัติ

2.2.4 อีวาปอเรเตอร์ (Evaporator) ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความเย็นกับความร้อนในห้องปรับอากาศจากอีวาปอเรเตอร์ แลกเปลี่ยนความร้อนทำให้สารทำความเย็นที่เป็นของเหลว เมื่อสารทำความเย็นไหลผ่านขดท่อ สารทำความเย็นรับความร้อนจากอากาศภายในห้องที่ต้องการทำความเย็น ทำให้อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่อีวาปอเรเตอร์มีอุณหภูมิสูงขึ้น

สำหรับสมการหลักของอีวาปอเรเตอร์ มีดังนี้

$$Q = UA(LMTD) \tag{2.10}$$

Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนที่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน, kW

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน, W/m^2•K

A คือ พื้นที่ผิวอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน, m^2

$(LMTD)$ คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิแบบล็อกมีนที่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน, °C

ค่าของ $(LMTD)$ สำหรับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดไหลสวนทางหาได้จากสมการ

$$(LMTD) = \frac{(t_{hi} - t_{co}) - (t_{ho} - t_{ci})}{ln\left(\frac{t_{hi} - t_{co}}{t_{ho} - t_{ci}}\right)} \tag{2.11}$$

สัญลักษณ์ที่ห้อยท้ายตัวแปรมีความหมายดังนี้

h และ c หมายถึงของไหลด้านร้อนและด้านเย็น

i และ o หมายถึงทางเข้าและทางออก

อีวาปอเรเตอร์ยังมีสมการของสัมประสิทธิ์สมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในกรณีมีการเปลี่ยนสถานะที่ของไหลด้านเย็น คือ

$$\varepsilon = 1 - e^{(-NTU)} \tag{2.12}$$

ซึ่ง

$$\varepsilon = \frac{(t_{hi} - t_{ho})}{(t_{hi} - t_c)} \tag{2.13}$$

และ

$$NTU = \frac{UA}{\dot{m}c_p} \tag{2.14}$$

โดยที่

ε คือ สัมประสิทธิ์สมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

NTU คือ number of transfer unit

$\dot{m}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของไหลด้านร้อน, kg/s

c_p คือ ค่าความจุความร้อนของของไหลด้านร้อน, kJ/kg•K

นอกจากนี้ในกรณีของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่มีครีบช่วยในการแลกเปลี่ยนความร้อนมีสมการของ Fin effectiveness ดังนี้

$$\eta_f = \frac{tanhML}{ML} \tag{2.15}$$

ซึ่ง

$$M = \sqrt{\frac{2h_f}{ky}} \tag{2.16}$$

โดยที่

η_f คือ Fin effectiveness

L คือ ความสูงของครีบ, m

h_f คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของครีบ, W/m^2•K

k คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุที่ใช้ทำครีบ, W/m•K

y คือ ความสูงของครีบ, m

สำหรับการประมาณการค่าของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของครีบในกรณีอากาศไหลผ่านครีบ

$$h_f = 38\sqrt{V} \qquad (2.17)$$

โดยที่

V คือ ความเร็วอากาศที่ผ่านครีบ, m/s

2.3 เอนทัลปีของอากาศ (ชื้น)

เอนทัลปีของอากาศและน้ำสามารถหาได้จากตารางเทอร์โมฯ ของอากาศและตารางไอน้ำ ในกรณีที่ไม่ต้องการใช้ตารางไอน้ำมักจะมีมาตรฐานอ้างอิงมาจาก การสมมุติให้เอนทัลปีของน้ำที่ใช้ในตารางไอน้ำมักจะมีมาตรฐานอ้างอิงมาจาก การสมมุติให้เอนทัลปีของน้ำ (ของเหลว) ที่ 0°C (32°F) มีค่าเป็นศูนย์ (h_f = 0 kJ/kg = 0 Btu/lb) ค่าความร้อนจะเพาะ (C) ของน้ำประมาณ 4.186 kJ/kg.K (1.0 Btu/lb.F) ดังนั้นสูตรสำหรับหาเอนทัลปีของน้ำ

h_f = 4.186.t kJ/kg (t เป็น 0°C) .....(2.18)

h_f = t-32 Btu/lb (t เป็น 0°F) .....(2.18a)

สำหรับไอน้ำที่ 0°C (32°F) จะมีค่าเอนทัลปีประมาณ 2501 kJ/kg (1075 Btu/lb) และไอน้ำมีค่าความร้อนจำเพาะจาก ASHRAE ประมาณ 1.86 kJ/kg.K (0.444 Btu/lb.F) (จาก Van Wylen ใช้ค่าประมาณ 1.87 kJ/kg.K) ดังนั้นสูตรสำหรับหาเอนทัลปีของไอน้ำสำหรับคอมพิวเตอร์

h_v = 2501+1.86.t kJ/kg .....(2.19)

h_v = $1075+0.444(t-32) = 1061+0.444.t$ (หน่วยอังกฤษ) .....(2.19a)

สำหรับอากาศนั้นซึ่งมีค่าความร้อนจำเพาะประมาณ 1 kJ/kg.K (0.24 Btu/lb.F)

ถ้าใช้ตามหนังสือของ Van Wylen ใช้มาตรฐานจากเอนทัลปีของอากาศเป็นศูนย์ที่อุณหภูมิ -20°C ดังนั้นสูตรสำหรับหาเอนทัลปีของอากาศจะเป็นดังนี้

h_a = t+20 kJ/kg .....(2.20)

ถ้าใช้ตาม ASHRAE หรือ Carier ใช้มาตรฐานจากเอนทัลปีของอากาศเป็นศูนย์ที่อุณหภูมิ 0°F สูตรสำหรับหาเอนทัลปีของอากาศจะเป็นดังนี้

$h_a = t$ kJ/kg .....(2.21)

$h_a = 0.24$ Btu/lb .....(2.21a)

เอนทัลปีของอากาศชื้น (อากาศ+ไอน้ำ), h

$h = h_a + w.h_v$ kJ/kg .....(2.22)

$h = (t+20)+w(2501+1.87t)$ kJ/kg_{da} (Van Wylen) .....(2.23)

$h = t+w(2501+1.86t)$ kJ/kg_{da} (ASHRAE&Carrier) .....(2.24)

*$h = 0.24.t+w(1061+0.444.t)$ Btu/lb_{da} (หน่วยอังกฤษ ASHRAE&Carrier).....(2.24a)

$(h_2-h_1)=(t_2-t_1)+2501(w_2-w_1)+1.86(t_2w_2-t_1w_1)$ kJ/kg_{da} .....(2.25)

$(h_2-h_1)=(1+1.86w_1)(t_2-t_1)+(2501+1.86t_2)(w_2-w_1)$ kJ/kg_{da} .....(2.25a)

$(h_2-h_1)=(1+1.86w_2)(t_2-t_1)+(2501+1.86t_1)(w_2-w_1)$ kJ/kg_{da} .....(2.25b)

$(h_2-h_1)=(1+1.86w_m)(t_2-t_1)+(2501+1.86t_m)(w_2-w_1)$ kJ/kg_{da} .....(2.25c)

$(h_2-h_1)=(0.24+0.444w_m)(t_2-t_1)+(1061+0.444t_m)(w_2-w_1)$ หน่วย

อังกฤษ Btu/lb_{da} ..(19d)

ถ้าประมาณค่า $w_m=(w_1+w_2)/2=0.01$ และ $t_m=(t_2+t_1)/2=24°C(25°F)$ จะได้

$h_2-h_1=1.02(t_2-t_1)+2.546(w_2-w_1)$ kJ/kg_{da} .....(2.26)

$h_2-h_1=0.244(t_2-t_1)+1094(w_2-w_1)$ หน่วยอังกฤษ Btu/lb_{da} .....(2.26a)

<u>ข้อควรสังเกต</u> เอนทัลปีของอากาศชื้นนิยมคำนวณอยู่ในรูปต่อ 1 หน่วย มวลของอากาศแห้ง

2.4 กระบวนการในห้องปรับอากาศ

ห้องรับอากาศคือห้องที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ต่ำกว่าภายนอกโดยทั่วไปสภาวะภายในห้องที่คนเรารู้สึกสบายที่ก็คืออุณหภูมิประมาณ 24° C(75 F)ความชื้นสัมพัทธ์ 50% หรืออัตราส่วนความชื้นประมาณ 0.0093 kg_v/kg_{da} ขณะที่ฤดูร้อนสภาวะภายนอกอุณหภูมิประมาณ 35°C(95° F)อุณหภูมิกระเปาะเปียกประมาณ 28° CWB(83°FWB)หรืออัตราส่วนความชื้นประมาณ 0.0211 kg_v/kg_{da} จะเห็นได้ว่าสภาวะภายในห้องจะเย็นและแห้งส่วนภายนอกจะร้อนและชื้น ฉนั้นในห้องปรับอากาศก็จะมีความร้อนเข้าสู่ห้องสองแบบ คือความร้องสัมผัส(Sensible heat) และความร้อนแฝง(Latent heat)คือไอน้ำนั่นเอง ตัวอย่างเช่นความร้อนถ่ายเทผ่านผนัง พื้น เพดาน และแสงอาทิตย์ส่องเข้าทางหน้าต่างไฟฟ้าแสงสว่างเป็นความร้อนสัมผัส ส่วนอากาศจากภายนอกเข้าสู่ห้องจะมีทั้งความร้อนสัมผัสและความแฝงและความร้อนจากคนจากคนเราก็มีทั้งความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝงเช่นกัน เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์เราจะแยกเป็นสองกลุ่มความร้อนดังรูปข้างล่าง

Q_s เป็นความร้อนสัมผัสทั้งหมดที่เข้าสู่ห้องปรับอากาศ

Q_l เป็นความร้อนแฝงทั้งหมดที่เข้าสู่ห้องปรับอากาศ หรือคือไอน้ำจำนวนรวม m_w นั่นก็คือ

$Q_l = m_w h_w$ kw

Q_t เป็นความร้อนรวมทั้งหมดที่เข้าสู่ห้องปรับอากาศ $Q_t = Q_s + Q_l$

สภาวะที่ 1 คือ สภาวะของอากาศที่ออกมาจากเครื่องปรับอากาศจ่ายเข้าสู่ห้องที่จะปรับอากาศ

สภาวะที่ 2 คือสภาวะของห้องปรับอากาศนั่นเองซึ่งจะต้องนำอากาศนี้ไปเข้าเครื่องปรับอากาศต่อไป

จากกฎข้อที่ 1 ของเธอร์โมฯจะได้

$Q_s = m_a h_2 - m_a h_1 - m_w h_w + w$ ซึ่ง $w = 0$ จะได้

$$Q_s + m_w h_w = m_a(h_2 - h_1) \quad \text{.....(2.27)}$$

และกฎการคงอยู่ของมวล $m_a + m_a h_1 + m_w = m_a + m_a w_2$

$$m_w = m_a(w_2 - w_1)$$

จากสมการ 52 และ 53 จะได้

$$(h_2 - h_1)/(w_2 - w_1) = (Q_s + m_w h_w)/ m_w$$

$$\Delta h/\Delta w = (Q_s + Q_L)/ m_w$$

จะได้ว่ากระบวนการในห้องปรับอากาศถ้านำมาเขียนไซโครเมตริกชาร์ทจะต้องขนานกับเส้นที่มี $\Delta h/\Delta w = (Q_s + Q_L)/ m_w$ และเส้นที่ขนานกับเส้นอัตราส่วนความร้อนสัมผัส SHR นั่นเองซึ่ง

$$SHR = Q_s/(Q_s + Q_L) \quad \text{.....(2.28)}$$

หรืออีกนัยหนึ่งจะสรุปได้ว่าในห้องปรับอากาศหรือห้องเย็นใดๆก็ตาม ถ้าต้องการให้ได้สภาวะห้องตามที่กำหนด ลมเย็นที่ต้องจ่ายสู่ห้อง จะต้องมีสภาวะอยู่บนเส้นที่ลากขนานกับ SHR หรือ $\Delta h/\Delta w$ เช่นจุดสภาวะที่ 2 ซึ่งจะอยู่ที่ใดก็ได้บนเส้นดังกล่าว

สำหรับค่าประมาณจากสมการ 26 และ 55 จะได้

$$SHR = 1.02(t_2 - t_1)/\{1.02(t_2 - t_1) + 2546(w_2 - w_1)\} = Q_s/(Q_s + Q_L) \quad \text{.....(2.29)}$$

$$(1 - SHR)/ SHR = 2546(w_2 - w_1)/ 1.02(t_2 - t_1) \quad \text{.....(2.30)}$$

จากสมการ 2 $h_2 - h_1 = 1.02(t_2 - t_1) + 2546(w_2 - w_1)$ kJ\kg$_{da}$ ถ้าอัตราไหลอากาศแห้ง m_a kg$_{da}$/s (หน่วยอังกฤษ lb/h) จะได้ว่า

$$Q_t = Q_s + m_w h_w = m_a(h_2 - h_1) = 1.02\, m_a (t_2 - t_1) + 2546\, m_a (w_2 - w_1) \text{ kw} \quad \text{.....(2.31)}$$

หน่วยอังกฤษ $Q_t = m_a(h_2 - h_1) = 0.244\, m_a (t_2 - t_1) + 1094\, m_a (w_2 - w_1)$ Btu/h .....(2.31a)

จากสมการ 51,51a,58 และ58a จะสามารถหาอัตรามวลอากาศแห้งได้ดังนี้

$$m_a = Q_t/(h_2 - h_1) = Q_t/\{1.02\, m_a (t_2 - t_1) + 2546\, m_a (w_2 - w_1)\} \quad \text{.....(2.32)}$$

$$m_a = Q_s/\{1.02 (t_2 - t_1)\} \quad \text{.....(2.33)}$$

$m_a = Q_s/\{0.244\ (t_2 - t_1)\}$ หน่วยอังกฤษ .....(2.33a)

$m_a = Q_L/\{2546\ (w_2 - w_1)\}$ ..... (2.34)

$m_a = Q_L/\{1094\ (w_2 - w_1)\}$ หน่วยอังกฤษ ..... (2.34a)

2.5 วัฏจักรคาร์โนต์

วัฏจักรคาร์โนต์เป็นวัฏจักรทางอุดมคติโดยเป็นวัฏจักรที่ย้อนกลับได้ และมีประสิทธิภาพสูงสุด วัฏจักรคาร์โนต์สามารถย้อนกลับได้ ดังนั้นทุก ๆ กระบวนการในวัฏจักรจึงสามารถย้อนกลับได้ โดยที่อุณหภูมิของสารทำความเย็นทำงานในอีวาปอเรเตอร์นั้นจะต่ำกว่าอุณหภูมิของแหล่งความร้อน อุณหภูมิสูง

การดำเนินวัฏจักรคาร์โนต์จะประกอบด้วยกระบวนการหลัก 4 กระบวนการเสมอ ไม่ว่าสารทำงานนั้นจะเป็นสารใดก็ได้ ซึ่งได้แก่

1. กระบวนการอุณหภูมิคงที่แบบย้อนกลับได้ เป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนจาก (หรือไปสู่) แหล่งความร้อนอุณหภูมิสูง
2. กระบวนการแอเดียแบติกแบบย้อนกลับได้ เป็นกระบวนการที่ทำให้อุณหภูมิของสารทำงานลดลงจากอุณหภูมิไปสู่อุณหภูมิต่ำ
3. กระบวนการอุณหภูมิคงที่แบบย้อนกลับได้ เป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนไปสู่แหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำ
4. กระบวนการแอเดียแบติกแบบย้อนกลับได้ เป็นกระบวนการที่ทำให้อุณหภูมิของสารทำงานเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิต่ำไปสู่อุณหภูมิสูง

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของวัฏจักรคาร์โนต์หาได้จาก

$$COP = \frac{T_L}{T_H - T_L} \qquad (2.35)$$

2.6 ระบบ VAV (Variable Air Volume)

ในการทดสอบเครื่องปรับอากาศนี้จะมีการควบคุมปริมาณลมโดยการเปิดพัดลมเครื่องปรับอากาศ ที่ปริมาณการจ่ายลมเย็น 5.4 ,6.4 และ7.5 m^3/s เป็นระบบการจ่ายลมที่มีปริมาณการจ่ายลมแปร เปลี่ยน (Variable Air Volume หรือ VAV) เพื่อดูประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศที่มีปริมาณการจ่ายลมที่ไม่เท่ากันที่ทำให้มีอุณหภูมิลมเย็นส่งออกจากเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วคงที่ในการ ควบคุมอุณหภูมิภายในบริเวณปรับอากาศ

2.7 ระบบ VRV (Variable Refrigerant Volume)

VRV ย่อมาจาก Variable Refrigerant Volume หรือ ระบบปรับอากาศที่ใช้น้ำยาปรับอากาศเป็นสื่อความเย็น โดยมีความสามารถปรับปริมาณน้ำยาทำความเย็นที่ส่งออกจากตัวคอมเพรสเซอร์เข้าสู่ Fan Coil เปลี่ยนแปลงตามความต้องการ ระบบนี้ใช้พลังงานน้อยกว่าระบบ CRV ที่ปริมาณน้ำยาทำความเย็นที่ส่งออกจากคอมเพรสเซอร์จะมีปริมาณคงที่ตลอดเวลา การที่ระบบ VRV สามารถปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำยาทำความเย็นส่งผลให้สามารถควบคุมอุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศได้ดีกว่าระบบเดิมนอกเหนือจากความสามารถในการปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำยาทำความเย็นในระบบที่เป็นคุณสมบัติหลักของเครื่องปรับอากาศแบบ VRV แล้ว ระบบที่นำเข้ามายังมีคุณสมบัติอื่นๆซึ่ง

ระบบ VRV ซึ่งเป็น ระบบหลักของเครื่องระบบนี้ ทำงานผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า Inverter ทำให้คอมเพรสเซอร์ ของระบบนี้สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานเป็นขั้นๆตามภาระการทำความเย็นที่ต้องการได้