

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างการคำนวณ

เมื่อทำการทดลองและเก็บข้อมูลต่างๆ ครบถ้วนแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้นั้นไปคำนวณหาค่าต่างๆ ดังนี้

1. การคำนวณภาระการทำความเย็น (Cooling Load)

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ตำแหน่งต่างๆ ของห้องความร้อนที่ใช้ของไหลนาโนชนิดไทเทเนียมไดออกไซด์ความเข้มข้น 10 ppm เป็นสารทำงานที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.698 kg/s ในสถานะ Steady state จากข้อมูลผลการทดลอง นำมาคิดค่าเฉลี่ยได้ดังนี้

- | | |
|--|--------------------|
| 1. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ก่อนเข้าห้องความร้อนส่วนการระเหย | 32.93 °C, 58.80%RH |
| 2. อุณหภูมิหลังผ่านห้องความร้อนส่วนการระเหย | 29.56 °C |
| 3. อุณหภูมิหลังผ่านอีวาพอเรเตอร์ | 17.35 °C |
| 4. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์หลังผ่านห้องความร้อนส่วนการควบแน่น | 20.12 °C, 82.50%RH |
| 5. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ก่อนผ่านคอนเดนเซอร์ | 20.32 °C, 80.80%RH |
| 6. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์หลังผ่านคอนเดนเซอร์ | 52.97 °C, 12.80%RH |
| 7. กำลังงานของคอมเพรสเซอร์ | 5.84 kW |

จากสถานะอากาศที่จุดที่ 1 คือ 32.93 °C, 56.80%RH

ทำการหาค่าความดันไออิ่มตัวของไอน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน (P_{gl}) โดยแทนค่าจากสมการ (ข.1)

$$\begin{aligned}
 P_g &= 0.0000009631 \cdot (T^\circ C)^4 - 0.0000334367 \cdot (T^\circ C)^3 + 0.0036110043 \cdot (T^\circ C)^2 \\
 &\quad + 0.0161351776 \cdot (T^\circ C) + 0.6731881560 \\
 P_{gl} &= 0.0000009631 \cdot (32.93)^4 - 0.0000334367 \cdot (32.93)^3 + 0.0036110043 \cdot (32.93)^2 \\
 &\quad + 0.0161351776 \cdot (32.93) + 0.6731881560 \\
 &= 4.96 \text{ kPa}
 \end{aligned} \tag{ข.1}$$

คำนวณค่าความชื้นสัมบูรณ์จากสมการ (ข.2)

$$\begin{aligned}
 \omega &= \frac{0.622 \cdot \%RH \cdot P_{gl}}{101.325 - (\%RH \cdot P)} \\
 \omega_l &= \frac{0.622 \cdot 0.5810 \cdot 4.96}{101.325 - (0.5810 \cdot 4.96)} \\
 &= 0.0182 \text{ (kg of water / kg of air)}
 \end{aligned} \tag{ข.2}$$

คำนวณค่าเอนทัลปีจากสมการ (ข.3)

$$\begin{aligned}
 h &= 1.005T + \omega(2501 + 1.805T) \\
 h_l &= 1.005 \cdot 32.93 + 0.0182(2501 + (1.805 \cdot 32.93)) \\
 &= 79.71 \text{ kJ / kg}
 \end{aligned} \tag{ข.3}$$

จากสภาวะอากาศที่จุดที่ 1 เนื่องจากกระบวนการลดอุณหภูมิที่ส่วนระเหยของตู้ความร้อนจะเป็นการลดอุณหภูมิโดยมีค่าความชื้นสัมบูรณ์คงที่ ดังนั้นจากสมการ (ข.3)

$$\begin{aligned} h_2 &= 1.005 \cdot 29.56 + 0.0182(2501 + (1.805 \cdot 29.56)) \\ &= 76.22 \text{ kJ / kg} \end{aligned}$$

คำนวณค่าเอนทัลปีในสภาวะอากาศที่จุดที่ 3, 4, 5 และ 6 จะได้

$$h_3 = 51.36 \text{ kJ / kg}$$

$$h_4 = 54.78 \text{ kJ / kg}$$

$$h_5 = 53.15 \text{ kJ / kg}$$

$$h_6 = 85.73 \text{ kJ / kg}$$

คำนวณภาระการทำความเย็นจากสมการ (ข.4)

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{evap} &= \dot{m}_a (h_2 - h_3) \\ \dot{Q}_{evap} &= 0.698(76.22 - 51.36) \\ &= 17.53 \text{ kW} \end{aligned} \tag{ข.4}$$

คำนวณภาระการทำความร้อนจากสมการ (ข.5)

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{con} &= \dot{m}_a (h_6 - h_5) \\ \dot{Q}_{con} &= 0.698(85.73 - 53.15) \\ &= 22.74 \text{ kW} \end{aligned} \tag{ข.5}$$

2. การคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนในส่วนการระเหยของตู้ความร้อน

คำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนในส่วนการระเหยจากสมการ (ข.6)

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{hpc} &= \dot{m}_a (h_1 - h_2) \\ \dot{Q}_{hpc} &= 0.698(79.71 - 76.22) \\ &= 2.46 \text{ kW} \end{aligned} \tag{ข.6}$$

3. การคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนในส่วนการควบแน่นของตู้ความร้อน

คำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนในส่วนการควบแน่นจากสมการ (ข.7)

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{hpr} &= \dot{m}_a (h_4 - h_3) \\ \dot{Q}_{hpr} &= 0.698(54.78 - 51.36) \\ &= 2.39 \text{ kW} \end{aligned} \tag{ข.7}$$

4. การคำนวณภาระการทำความเย็นและภาระการทำความร้อนของระบบปรับอากาศทั้งหมด

คำนวณภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศทั้งหมดคำนวณจากสมการ (ข.8)

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{ref} &= \dot{Q}_{evap} + \dot{Q}_{hpc} \\ \dot{Q}_{ref} &= 17.53 + 2.46 \\ &= 19.99 \text{ kW}\end{aligned}\quad (\text{ข.8})$$

คำนวณภาระการทำความร้อนของระบบปรับอากาศทั้งหมดคำนวณจากสมการ (ข.9)

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{heatpump} &= \dot{Q}_{con} + \dot{Q}_{hpc} \\ \dot{Q}_{heatpump} &= 22.74 + 2.39 \\ &= 25.13 \text{ kW}\end{aligned}\quad (\text{ข.9})$$

5. การคำนวณค่าสัดส่วนการลดความชื้น (DF%)

คำนวณสัดส่วนการลดความชื้นจากสมการ (ข.10)

$$\begin{aligned}DF &= \frac{\omega_i - \omega_o}{\omega_i} \cdot 100\% \\ DF &= \frac{0.01821 - 0.01222}{0.01821} \cdot 100\% \\ &= 32.91\%\end{aligned}\quad (\text{ข.10})$$

6. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศ

คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศจากสมการ (ข.11)

$$\begin{aligned}COP_{ref} &= \frac{\dot{Q}_{ref}}{\dot{W}_{net,in}} \\ COP_{ref} &= \frac{19.99}{5.84} \\ &= 3.42\end{aligned}\quad (\text{ข.11})$$

คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะในการทำความร้อนของระบบปรับอากาศจากสมการ (ข.12)

$$\begin{aligned}COP_{heatpump} &= \frac{\dot{Q}_{heatpump}}{\dot{W}_{net,in}} \\ COP_{heatpump} &= \frac{25.13}{5.84} \\ &= 4.30\end{aligned}\quad (\text{ข.12})$$

7. การคำนวณสัดส่วนการประหยัดพลังงาน (Energy Saving)

คำนวณการประหยัดพลังงานสำหรับภาระการทำความเย็นจากสมการ (ข.13)

$$E_{s1} = \frac{\dot{Q}_{hpc}}{\dot{Q}_{evap} + \dot{Q}_{hpc}} \cdot 100\% \quad (\text{ข.13})$$

$$E_{s1} = \frac{2.46}{17.53 + 2.46} \cdot 100\%$$

$$= 12.29\%$$

คำนวณการประหยัดพลังงานโดยรวมของระบบปรับอากาศจากสมการ (ข.14)

$$E_{s2} = \frac{\dot{Q}_{hpc} + \dot{Q}_{hpr}}{\dot{Q}_{evap} + \dot{Q}_{hpc} + \dot{Q}_{hpr}} \cdot 100\% \quad (\text{ข.14})$$

$$E_{s2} = \frac{2.46 + 2.39}{17.53 + 2.46 + 2.39} \cdot 100\%$$

$$= 21.66\%$$

8. การคำนวณค่าความต้านทานทางความร้อน

อุณหภูมิผิวต่อความร้อนที่ตำแหน่งต่างๆ ของท่อความร้อนที่ใช้ของไหลนาโนความเข้มข้น 10 ppm เป็นสารทำงานที่อัตราการไหลเชิงมวล 0.698 kg/s ในสภาวะ Steady state จากข้อมูลผลการทดลอง นำมาคิดค่าเฉลี่ยได้ดังนี้

1. อุณหภูมิผิวในส่วนการระเหยของท่อความร้อนจุดที่ 1 (T_{s1}) = 31.83 °C
2. อุณหภูมิผิวในส่วนการระเหยของท่อความร้อนจุดที่ 2 (T_{s2}) = 31.84 °C
3. อุณหภูมิผิวในส่วนอะเดียบัติกจุดที่ 1 (T_{s3}) = 27.54 °C
4. อุณหภูมิผิวในส่วนอะเดียบัติกจุดที่ 2 (T_{s4}) = 27.50 °C
5. อุณหภูมิผิวในส่วนการควบแน่นของท่อความร้อนจุดที่ 1 (T_{s5}) = 26.47 °C
6. อุณหภูมิผิวในส่วนการควบแน่นของท่อความร้อนจุดที่ 2 (T_{s6}) = 25.56 °C
7. อุณหภูมิผิวในส่วนอะเดียบัติกจุดที่ 1 (T_{s7}) = 27.49 °C
8. อุณหภูมิผิวในส่วนอะเดียบัติกจุดที่ 2 (T_{s8}) = 27.69 °C

คำนวณค่าความต้านทานทางความร้อนโดยเฉลี่ย 1 ท่อจากสมการ (ข.15)

$$R = \frac{T_{s1} - T_{s6}}{(\dot{Q}_{hpc} + \dot{Q}_{hpr}) / 2} \quad (\text{ข.15})$$

$$R = \frac{31.83 - 25.56}{(2.46 + 2.39) / 2}$$

$$= 2.59 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{kW}$$