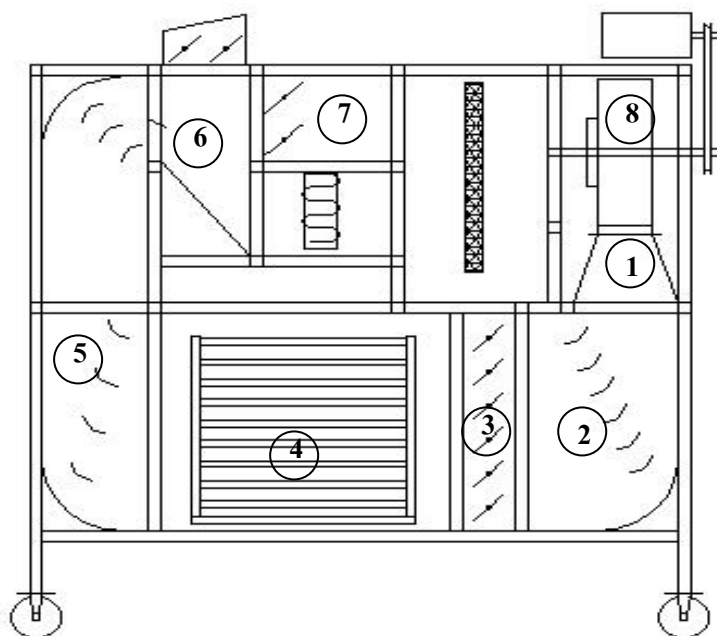


ภาคผนวก ข
การคำนวณความดันลดในระบบ

การคำนวณความดันตกในระบบ

การออกแบบระบบอากาศ จะเริ่มต้นจากการคำนวณความดันสูญเสียของระบบ (ASHRAE, 1985) จะพิจารณาจากภาพผนวกที่ 1 ตามหมายเลขอุปกรณ์และส่วนของเครื่องอบแห้ง ซึ่งมีรายละเอียดสภาวะของอากาศในการอบแห้งดังต่อไปนี้

1. อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ ($Q_a = 0.47 \text{ m}^3/\text{s}$)
2. อุณหภูมิอากาศอบแห้ง ($= 60^\circ\text{C}$)
3. ความหนาแน่นของอากาศ ($\rho = 1.0915 \text{ kg/m}^3$)
4. ความหนืดของอากาศ ($\mu = 18.87 \times 10^{-6} \text{ kg/m-s}$)
5. ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$)
6. ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของเหล็กเหนียว ($\varepsilon = 0.0015$)



ภาพผนวกที่ ข1 แสดงตำแหน่งท่อลมในระบบที่นำมาคิดความดันตก

1. ความดันสูญเสียเนื่องจากท่อขยายสี่เหลี่ยมต่อจากพัดลมหลัก

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \text{พื้นที่หน้าตัดทางอากาศออก } 0.7574 \times 0.253 (= 0.192 \text{ m}^2) \\
 A_0 &= \text{พื้นที่หน้าตัดทางอากาศเข้า } 0.21 \times 0.13 (= 0.027 \text{ m}^2) \\
 \theta &= \text{มุมเอียง 98 องศา} \\
 A_1/A_0 &= 0.192 / 0.027 = 7.11 \\
 K &= 1.1 \\
 V &= Q_d/A \\
 &= 0.47/0.192 = 2.448 \text{ m/s} \\
 h_L &= KV^2/2g \\
 &= 1.1 (2.448^2) / 2(9.81) = 0.336 \text{ m-air}
 \end{aligned}$$

2. ความดันสูญเสียเนื่องจากข้อต่อสี่เหลี่ยมลมออกท่อขยายสี่เหลี่ยม

$$\begin{aligned}
 W &= \text{ความกว้างของข้อต่อสี่เหลี่ยม } (= 0.757 \text{ m}) \\
 H &= \text{ความสูงของข้อต่อสี่เหลี่ยม } (= 0.641 \text{ m}) \\
 \theta &= \text{มุมเอียง 90 องศา} \\
 K_1 &= 0.905 \\
 D_h &= 1.265[(0.641 \times 0.757)^3 / (0.641 + 0.757)]^{0.2} = 0.7666 \text{ m} \\
 V &= 0.47 / (0.641 \times 0.757) = 0.969 \text{ m/s} \\
 Re &= (1.09 \times 0.969 \times 0.7666) / 18.87 \times 10^{-6} = 4.29 \times 10^4 \\
 KRe &= 1.26 \\
 K &= K_1 \times KRe \\
 &= 0.905 \times 1.26 = 1.14 \\
 h_L &= KV^2/2g \\
 &= 1.14 \times 0.969^2 / (2 \times 9.81) = 0.055 \text{ m-air}
 \end{aligned}$$

3. ความดันสูญเสียเนื่องจากใบปรับเข้าห้องอบแห้ง

$$W = \text{ความกว้างของห้องอบแห้ง } (0.757 \text{ m})$$

$$\begin{aligned}
 H &= \text{ความสูงของห้องอบ} (= 0.641 \text{ m}) \\
 N &= \text{จำนวนใบปรับลม} (= 6 \text{ ใบ}) \\
 \theta &= \text{มุมเอียง} (= 0 \text{ องศา}) \\
 L/R &= NW/[2(H+W)] \\
 &= (6 \times 0.757)/[2 \times (0.641 + 0.757)] = 3.175 \\
 K &= 0.52 \\
 V &= Q_a/A \\
 &= 0.47/(0.757 \times 0.641) = 0.969 \text{ m/s} \\
 h_L &= KV^2/2g \\
 &= 0.52 \times 0.969^2 / (2 \times 9.81) = 0.025 \text{ m-air}
 \end{aligned}$$

4. ความดันสูญเสียเนื่องจากห้องอบแห้ง

$$\begin{aligned}
 W &= \text{ความกว้างของห้องอบ} (= 0.757 \text{ m}) \\
 H &= \text{ความสูงของห้องอบ} (= 0.641 \text{ m}) \\
 L &= \text{ความยาวของห้องอบ} (= 0.701 \text{ m}) \\
 V &= \text{ความเร็วในห้องอบ} (= 1.096 \text{ m/s}) \\
 D_h &= \text{เส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิก, m} \\
 &= 1.265[(H \times W)^3 / (H + W)]^{0.2} = 0.767 \text{ m} \\
 \varepsilon/D_h &= 0.0015/0.767 = 0.0019 \\
 R_e &= \text{ตัวเลขเรย์โนลด์} \\
 &= \rho V D_h / \mu \\
 &= (1.09 \times 1.096 \times 0.767) / (18.87 \times 10^{-6}) = 4.86 \times 10^4 \\
 f &= \text{ค่า Friction losses} \\
 &= 0.025 \\
 h_L &= f L V^2 / (2 D_h g) \\
 &= (0.025 \times 0.701 \times 1.096^2) / (2 \times 0.767 \times 9.81) = 0.0014 \text{ m-air}
 \end{aligned}$$

5. ความดันสูญเสียเนื่องจากช่องออสี่เหลี่ยมลมออกห้องอบและความดันสูญเสียเนื่องจากช่องออสี่เหลี่ยมลมเข้าท่อลดสี่เหลี่ยมลมกลับ

$$\begin{aligned}
 W &= \text{ความกว้างของช่องออสี่เหลี่ยม} (= 0.757 \text{ m}) \\
 H &= \text{ความสูงของช่องออสี่เหลี่ยม} (= 0.641 \text{ m}) \\
 \theta &= \text{มุมเอียง 90 องศา} \\
 K_1 &= 0.905 \\
 D_h &= 1.265[(0.641 \times 0.757)^3 / (0.641 + 0.757)]^{0.2} = 0.767 \text{ m} \\
 V &= 0.47 / (0.641 \times 0.757) = 0.969 \text{ m/s} \\
 R_e &= (1.09 \times 0.969 \times 0.7666) / 18.87 \times 10^{-6} = 4.29 \times 10^4 \\
 KR_e &= 1.26 \\
 K &= K_1 \times KR_e \\
 &= 0.905 \times 1.26 = 1.14 \\
 h_L &= KV^2 / 2g \\
 &= 1.14 \times 0.969^2 / (2 \times 9.81) = 0.055 \times 2 = 0.11 \text{ m-air}
 \end{aligned}$$

6. ความดันสูญเสียเนื่องจากท่อลดสี่เหลี่ยมลมกลับ

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \text{พื้นที่หน้าตัดทางอากาศออก} 0.757 \times 0.531 (= 0.402 \text{ ตารางเมตร}) \\
 A_0 &= \text{พื้นที่หน้าตัดทางอากาศเข้า} 0.253 \times 0.757 (= 0.192 \text{ ตารางเมตร}) \\
 \theta &= \text{มุมเอียง 38 องศา} \\
 A_1 / A_0 &= 0.402 / 0.192 = 2.094 \\
 K &= 0.04 \\
 V &= Q / A \\
 &= 0.47 / 0.192 = 2.448 \text{ m/s} \\
 h_L &= KV^2 / 2g \\
 &= (0.04 \times 2.448^2) / (2 \times 9.81) = 0.012 \text{ m-air}
 \end{aligned}$$

7. ความดันสูญเสียเนื่องจากใบปรับลม (Gate damper)

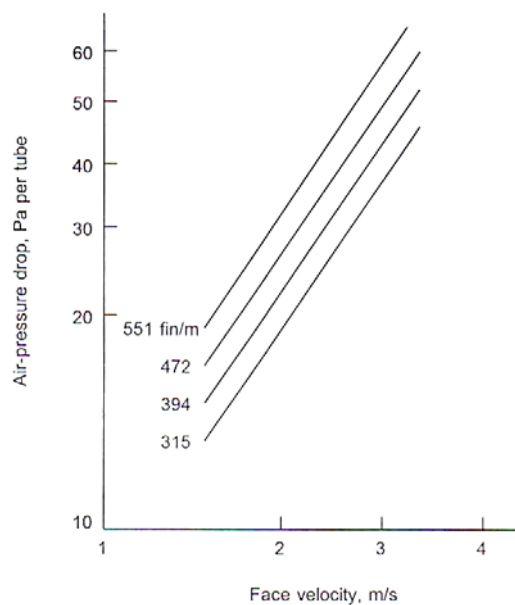
$$\begin{aligned}
 A_b &= \text{พื้นที่หน้าตัด Gate damper } 0.757 \times 0.125 (= 0.095 \text{ m}^2) \\
 A_0 &= \text{พื้นที่หน้าตัดทางอากาศเข้า } 0.757 \times 0.25 (= 0.189 \text{ m}^2) \\
 &= \text{มุมเอียง 30 องศา} \\
 A_b / A_0 &= 0.095 / 0.189 = 0.503 \\
 Q_b / A_0 &= 0.3 \text{ (เนื่องจากสัดส่วน By pass air 30\%)} \\
 K &= 4 \\
 V &= 0.14 / 0.503 = 0.278 \text{ m/s} \\
 h_L &= KV^2 / 2g \\
 &= (4 \times 0.278^2) / (2 \times 9.81) = 0.016 \text{ m-air}
 \end{aligned}$$

8. ความดันสูญเสียเนื่องจากห้องพัดลมหลัก

$$\begin{aligned}
 A &= \text{พื้นที่หน้าตัดห้องพัดลมหลัก } 0.669 \times 0.757 (= 0.506 \text{ m}^2) \\
 L &= \text{ความยาวของห้องพัดลมหลัก } (= 0.284 \text{ m}) \\
 D_h &= 1.265[(0.669 \times 0.757)^3 / (0.669 + 0.757)]^{0.2} = 1.382 \text{ m} \\
 \epsilon / D &= 0.0015 / 1.382 = 0.001 \\
 V &= 0.47 / 0.506 = 0.929 \text{ m/s} \\
 R_e &= (1.09 \times 0.929 \times 1.382) / 18.87 \times 10^{-6} = 7.42 \times 10^4 \\
 f &= 0.036 \\
 h_L &= fLV^2 / (2D_h g) \\
 &= (0.036 \times 0.284 \times 0.929^2) / (2 \times 1.382 \times 9.81) = 0.0003 \text{ m-air}
 \end{aligned}$$

9. ความสูญเสียเนื่องจาก เครื่องทำระเหยและเครื่องควบแน่น

สำหรับการหาความดันสูญเสียเนื่องจากเครื่องทำระเหยและเครื่องควบแน่น ทำได้โดยใช้
กราฟมาตรฐานจาก Refrigeration & Air Conditioning



ภาพผนวกที่ ข2 ความดันสูญเสียของเครื่องทำระเหยและเครื่องควบแน่น

$$\text{ความดันสูญเสียของอุปกรณ์} = (\text{ความดันที่อ่านได้} \times \text{จำนวนแถวของท่อ}) / \rho g$$

โดยสมมุติให้ความเร็วที่ผ่านอุปกรณ์เท่ากับ 2.5 m/s จะได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{- ความดันสูญเสียของเครื่องทำระเหย} &= 40 \times 3 / (1.09 \times 9.81) \\ &= 11.22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- ความดันสูญเสียของเครื่องควบแน่น} &= 40 \times 4 / (1.09 \times 9.81) \\ &= 14.96 \text{ m-air} \end{aligned}$$

ดังนั้น ค่าความดันสูญเสียที่อุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งขมิ้นชันสามารถแสดงได้ดังนี้

$$\text{ค่าความดันสูญเสียในคู่อบแห้ง และท่อส่งลมต่าง ๆ} = 0.56 \text{ m-air}$$

$$\text{ค่าความดันสูญเสียในเครื่องทำระเหย} = 11.22 \text{ m-air}$$

$$\text{ค่าความดันสูญเสียในเครื่องควบแน่น} = 14.96 \text{ m-air}$$

ดังนั้นค่าความดันสูญเสียทั้งหมดในระบบสามารถหาได้โดยการนำค่าความดันสูญเสียในแต่ละอุปกรณ์ มารวมกันดังนี้

$$\begin{aligned} h_L &= 0.56 + 11.22 + 14.96 \\ &= 26.74 \text{ m-air} \end{aligned}$$

ในทางปฏิบัติจะต้องเผื่อค่าความดันสูญเสียทั้งหมดของระบบซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดค่า Safety factor = 1.2 จะได้ว่า

$$\begin{aligned} h_L &= 27.03 \times 1.2 \\ &= 32.08 \text{ m-air} \end{aligned}$$

จากสมการ $P = \rho_{\text{air}} g h_L$ สามารถคำนวณความดันสูญเสียทั้งหมดในระบบได้ว่า

$$\begin{aligned} P &= 1.09 \times 9.81 \times 32.08 \\ &= 343.03 \text{ Pa} \end{aligned}$$