

บทที่ 3

ไซโครเมตริก

ไซโครเมตริก คือการพิจารณาถึงคุณสมบัติทางพลังงานความร้อนของอากาศชื้น และใช้คุณสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้ในการวิเคราะห์สภาพและกระบวนการต่าง ๆ ของอากาศชื้น

3.1 ส่วนประกอบของอากาศแห้งและอากาศชื้น

อากาศในชั้นบรรยากาศประกอบไปด้วยส่วนประกอบจากก๊าซต่าง ๆ จำนวนมาก รวมทั้งไอน้ำ และของเสียด่าง ๆ (เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซที่ทาให้บรรยากาศเป็นพิษ)

อากาศแห้ง คืออากาศที่ไม่มีไอน้ำผสมอยู่ และประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่ค่อนข้างจะแน่นอน แต่จะแปรเปลี่ยนไปบ้างเล็กน้อยขึ้นอยู่กับเวลา สภาพภูมิประเทศ เส้นรุ้ง (latitude) เปรอ์เซนต์โดยประมาณของส่วนประกอบของอากาศแห้งโดยปริมาตรคือ ไนโตรเจน 78.084, ออกซิเจน 20.9476, อาร์กอน 0.934, คาร์บอนไดออกไซด์ 0.0314, นีออน 0.001818, ฮีเลียม 0.000524, มีเทน 0.0002, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0 ถึง 0.0001, ไฮโดรเจน 0.00005, และส่วนประกอบอื่น ๆ อีกเล็กน้อย เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ และโอโซน เป็นต้น รวมกันประมาณ 0.0002 น้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยของอากาศแห้งคิดเทียบกับ คาร์บอน-12 คือ 28.9645 ค่าคงที่ของก๊าซสำหรับอากาศแห้ง เมื่อเทียบกับ คาร์บอน-12 คือ

$$R_a = 287.055 \text{ J/kg K} \quad (3-1)$$

อากาศชื้น คืออากาศที่มีไอน้ำผสมอยู่ จำนวนของไอน้ำในอากาศชื้นจะแปรจาก 0 (อากาศแห้ง) ไปจนถึงจำนวนที่มากที่สุดที่จะมีได้ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดัน สถานะในช่วงหลังนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะการอิ่มตัวของความสมดุลทางธรรมชาติระหว่างอากาศชื้นและไอน้ำที่กลั่นตัวเป็นหยดน้ำ น้ำหนักโมเลกุลของมวลของน้ำคือ 18.01534 เมื่อเทียบกับคาร์บอน-12 ค่าคงที่ของก๊าซสำหรับไอน้ำ คือ

$$R_w = 461.52 \text{ J/kg K} \quad (3-2)$$

3.2 มาตรฐานของบรรยากาศ

อุณหภูมิและความดันบารอมิเตอร์ของอากาศที่บรรยากาศแปรอย่างคงที่กับเส้นรุ้ง เช่นเดียวกับสภาพภูมิประเทศ และสภาพภูมิอากาศมาตรฐานของบรรยากาศ มีประโยชน์สำหรับวิศวกรรมการปรับอากาศมาก สำหรับการประเมินคุณสมบัติที่ละติจูดต่าง ๆ ณ ระดับน้ำทะเล อุณหภูมิมาตรฐานคือ 15 °C ความดันบารอมิเตอร์คือ 101.325 kPa.

3.3 คุณสมบัติของอากาศชื้น

3.3.1 ความดันอิ่มตัวของไอน้ำ (Water Vapor Saturation Pressure), p_{ws}

สำหรับช่วงอุณหภูมิ -100 ถึง 0 °C ความดันอิ่มตัวของไอน้ำจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิดังนี้

$$\ln(p_{ws}) = C_1/T + C_2 + C_3T + C_4T^2 + C_5T^3 + C_6T^4 + C_7\ln(T) \quad (3-3)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} C_1 &= -5674.5359 \\ C_2 &= 6.3925247 \\ C_3 &= -0.9677843 \times 10^{-2} \\ C_4 &= 0.62215701 \times 10^{-6} \\ C_5 &= 0.20747825 \times 10^{-8} \\ C_6 &= 0.9484024 \times 10^{-12} \\ C_7 &= 4.1635019 \end{aligned}$$

และ สำหรับช่วงอุณหภูมิ 0 ถึง 200 °C จะได้ความสัมพันธ์เป็นดังนี้

$$\ln(p_{ws}) = C_8/T + C_9 + C_{10}T + C_{11}T^2 + C_{12}T^3 + C_{13}\ln(T) \quad (3-4)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} C_8 &= -5800.2206 \\ C_9 &= 1.39414993 \\ C_{10} &= -0.048640239 \\ C_{11} &= 0.41764768 \times 10^{-4} \\ C_{12} &= -0.14452093 \times 10^{-7} \\ C_{13} &= 6.5459673 \end{aligned}$$

ในสมการ (3-3) และ (3-4)

$$\ln = \log_e$$

$$p_{ws} = \text{ความดันอิ่มตัวของไอน้ำ, Pa}$$

$$T = \text{อุณหภูมิสัมบูรณ์, K (K = °C + 273.15)}$$

3.3.2 อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio), W , W_s

อัตราส่วนความชื้นคือ อัตราส่วนโดยน้ำหนักของไอน้ำและอากาศแห้งที่มีอยู่ในอากาศชื้น ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างความดันของไอน้ำ p_w และความดันบรรยากาศ p ดังนี้

$$W = 0.62198 p_w / (p - p_w) \quad (3-5)$$

และที่ภาวะอิ่มตัว จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความดันอิ่มตัวของไอน้ำ p_{ws} และความดันบรรยากาศ p ดังนี้

$$W_s = 0.62198 p_{ws} / (p - p_{ws}) \quad (3-6)$$

และจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกะเปาะแห้ง t อุณหภูมิกะเปาะเปียก t^* และ อัตราส่วนความชื้นที่อุณหภูมิกะเปาะเปียก W_s^*

$$W = \frac{(2501 - 2.38t^*)W_s^* - (t - t^*)}{2501 + 1.805t - 4.186t^*} \quad (3-7)$$

เมื่อ t และ t^* เป็น $^{\circ}\text{C}$

3.3.3 ความชื้นสัมพัทธ์ RH(%)

ความชื้นสัมพัทธ์คือ อัตราส่วนระหว่างความดันของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศชื้นและความดันอิ่มตัวของไอน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน

$$RH = p_w / p_{ws} \quad (3-8)$$

3.3.4 เอนทัลปี (Enthalpy) h

เอนทัลปีคือ พลังงาน(ปริมาณความร้อน) ที่มีอยู่ในสสาร ณ อุณหภูมิที่กำหนด ค่าจำกัดความของ เอนทัลปีของอากาศชื้นที่มีอัตราส่วนความชื้น W ที่ อุณหภูมิ t $^{\circ}\text{C}$ คือ ปริมาณความร้อนที่ทาให้อากาศแห้ง 1 kg. และน้ำ W kg. ร้อนขึ้นจาก 0 $^{\circ}\text{C}$ และทาให้น้ำ W kg. ระเหยกลายเป็นไอหมด สูตรของ h เป็นดังนี้

$$h = t + W(2501 + 1.805t) \quad (3-9)$$

เมื่อ $h = \text{kJ} / \text{kg dry air}$

3.3.5 จุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature) t_a

จุดน้ำค้าง คืออุณหภูมิของน้ำที่มีความดันของไอน้ำอิ่มตัวเท่ากับความดันของไอน้ำในอากาศชื้นนั้นคือ อุณหภูมิที่ไอน้ำในอากาศเริ่มควบแน่นเป็นหยดน้ำเมื่ออากาศชื้นถูกทาให้เย็นลง ความสัมพันธ์ของความดันย่อยของไอน้ำในอากาศ (Partial Pressure Of Water Vapor in Moist Air, kPa), p_w เป็นดังนี้


สำหรับอุณหภูมิตั้งอยู่ในช่วง 0 ถึง 70 $^{\circ}\text{C}$

$$t_d = -35.957 - 1.872a + 1.6893a^2 \quad (3-10)$$

สำหรับอุณหภูมิที่อยู่ในช่วง -60 ถึง 0 °C

$$t_d = -60.45 + 7.0322a + 0.3700a^2 \quad (3-11)$$

เมื่อ $a = \log_e(p_w)$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย