

ภาคผนวก ง
ตัวอย่างการคำนวณวิเคราะห์ผลการทดลอง

ตัวอย่างการคำนวณวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองดังสรุปไว้ในตารางที่ 7 ถึงตารางที่ 10 มีวิธีการและขั้นตอนการคำนวณผล ตามตัวอย่างการอบแห้งที่ไม่ผ่านการต้มจากการทดลองที่ 2 ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการอบแห้ง

1. อัตราการอบแห้ง (Drying rate)

การหาอัตราการอบแห้งของเครื่องอบแห้งเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่แสดงถึงค่าประสิทธิภาพในการอบแห้งลดความชื้นของวัสดุ ซึ่งสามารถเขียนสมการแสดงสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{Drying rate} = \text{ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุ} / \text{เวลาในการอบแห้ง}$$

ตัวอย่างการทดลองที่ 2 ไม่ผ่านการเคียวรัง มีข้อมูลต่างๆ ดังนี้

มวลขมิ้นชันก่อนอบแห้ง	=	6.19 kg
มวลขมิ้นชันหลังอบแห้ง	=	0.83 kg
ความชื้นเริ่มต้นขมิ้นชัน	=	1038.87 %db
ความชื้นสุดท้ายขมิ้นชัน	=	14.29 %db
มวลน้ำที่ระเหย	=	6.19 - 0.83 kg
	=	5.36 kg _{water}

ปริมาณน้ำที่ควบแน่นออกจากเครื่อง

ทำระเหย	=	3.852 kg _{water}
---------	---	---------------------------

พลังงานไฟฟ้าตลอดการทดลอง	=	21.8 kWh
--------------------------	---	----------

เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	=	14 h
-----------------------	---	------

ใช้ข้อมูลการทดลองที่ 2 แทนค่าลงในสมการจะได้ว่า

Drying rate	=	5.36 / 14
	=	0.383 kg/h

2. อัตราควบแน่นของน้ำจากเครื่องทำระเหย

การหาอัตราการควบแน่นน้ำจากเครื่องทำระเหยในระบบปั๊มความร้อนถือเป็นปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่ง ที่แสดงถึงค่าประสิทธิภาพการลดความชื้นของอากาศอบแห้งในเครื่องทำระเหย ซึ่งสามารถเขียนสมการแสดงสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{MER} = \text{ปริมาณน้ำที่ควบแน่นจากเครื่องทำระเหย} / \text{เวลาในการอบแห้ง}$$

แทนค่าในสมการจะได้ว่า

$$\begin{aligned}\text{MER} &= 3.852 / 14 \\ &= 0.275 \text{ kg/h}\end{aligned}$$

3. ความสิ้นเปลืองของพลังงาน

สำหรับการวิเคราะห์ความสิ้นเปลืองพลังงาน สามารถวิเคราะห์ได้ 2 รูปแบบดังนี้

3.1 ความสิ้นเปลืองของพลังงาน (Energy consumption) จะแสดงในรูปของพลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น ซึ่งการแสดงค่าแบบนี้เป็นที่นิยมกันใช้ในการอบแห้ง สามารถเขียนสมการแสดงสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{Energy consumption} = \text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้} / \text{ปริมาณน้ำที่ระเหยจากวัสดุ}$$

แทนค่าในสมการจะได้ว่า

$$\begin{aligned}\text{Energy consumption} &= 21.8 \times 3600 / (5.36 \times 10^3) \\ &= 14.642 \text{ MJ/kg}\end{aligned}$$

3.2 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific moisture extraction rate, SMER) เป็นการแสดงปริมาณความสิ้นเปลืองพลังงาน ที่นิยมแสดงใช้ในด้านระบบปั๊มความร้อนมีรูปแบบของสมการแสดงสัมพันธ์ดังนี้

$$SMER = \text{ปริมาณน้ำที่ระเหยจากวัสดุ} / \text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้}$$

แทนค่าลงในสมการจะได้ว่า

$$\begin{aligned} SMER &= 5.36/21.8 \\ &= 0.246 \text{ kg/kWh} \end{aligned}$$

การวิเคราะห์สมรรถนะของระบบปั๊มความร้อน

สำหรับในการหาสมรรถนะของระบบปั๊มความร้อนในงานวิจัยนี้ ทำได้โดยวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างวงจรอากาศกับวงจรสารทำความเย็น โดยใช้ข้อมูลเฉลี่ยที่เก็บทุก ๆ 1 ชั่วโมง ในการแสดงค่าสมรรถนะของระบบปั๊มความร้อน จะแสดงอยู่ในรูปของ COP_{hp} (Coefficient of performance for heat pump) ซึ่งมีตัวอย่างขั้นตอนการคำนวณวิเคราะห์ข้อมูลมีดังต่อไปนี้

ผลการวิเคราะห์ค่าสมรรถนะของระบบจากวงจรอากาศ

ตัวอย่างจากการทดลองที่ 1/2 มีข้อมูลต่าง ๆ จากวงจรอากาศดังนี้

$$\begin{aligned} T_{ei,a} &= \text{อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องทำระเหย} (= 53.50 \text{ }^{\circ}\text{C}) \\ T_{eo,a} &= \text{อุณหภูมิอากาศออกจากเครื่องทำระเหย} (= 38.79 \text{ }^{\circ}\text{C}) \\ T_{ci,a} &= \text{อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องควบแน่นตัวใน} (= 55.21 \text{ }^{\circ}\text{C}) \\ T_{co,a} &= \text{อุณหภูมิอากาศออกจากเครื่องควบแน่นตัวใน} (= 59.43 \text{ }^{\circ}\text{C}) \\ MER &= \text{อัตราการควบแน่นของน้ำจากเครื่องทำระเหย} (0.275 \text{ kg/kWh}) \\ I &= \text{ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าเครื่องอัดไอ} (= 6.09 \text{ A}) \\ V &= \text{ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่เครื่องอัดไอ} (= 220 \text{ V}) \\ \cos\theta &= \text{ค่า Power factor} (= 0.85) \\ m_a &= \text{อัตราการไหลรวมของอากาศ} (= 0.326 \text{ kg/s}) \\ m_c &= \text{อัตราการไหลอากาศเครื่องทำระเหย} (= 0.095 \text{ kg/s}) \\ &(\text{อัตราส่วน Bypass air} = 68.75 \text{ \%}) \end{aligned}$$

การคำนวณหาค่ากำลังที่ให้กับเครื่องอัดไอจากสมการ

$$W'_c = VI \cos \theta$$

แทนค่าลงในสมการจะได้ว่า

$$\begin{aligned} W'_c &= (220)(6.09)(0.85) \\ &= 1.14 \text{ kW} \end{aligned}$$

การคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนเครื่องควบแน่นตัวใน

$$Q_{cin} = m_a C_a (T_{co,a} - T_{ci,a})$$

แทนค่าลงในสมการจะได้ว่า

$$\begin{aligned} Q_{cin} &= 0.326 (1.006)(59.43 - 55.21) \\ &= 1.384 \text{ kW} \end{aligned}$$

การคำนวณหาค่า COP_{hp} ที่เครื่องควบแน่นตัวในใช้งานจริง

$$COP_{hp(used)} = Q_{cin} / W'_c$$

แทนค่าลงในสมการจะได้ว่า

$$\begin{aligned} COP_{hp(used)} &= 1.384 / 1.14 \\ &= 1.215 \end{aligned}$$

การคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนเครื่องทำระเหย

$$Q_{e,a} = m_e C_a (T_{ei,a} - T_{eo,a}) + MER/3600 (2538 - 4.814 T_{eo,a})$$

แทนค่าลงในสมการจะได้ว่า

$$\begin{aligned} Q_{e,a} &= 0.095(1.006)(53.50-38.79) + 0.275/3600 \\ &\quad [2538-4.814(38.79)] \\ &= 1.852 \text{ kW} \end{aligned}$$

2.1.5 การคำนวณหาค่า $COP_{hp(sys)a}$ รวมของระบบปั๊มความร้อน

$$COP_{hp(sys)a} = (Q_{e,a} + W'_c) / W'_c$$

แทนค่าลงในสมการจะได้ว่า

$$\begin{aligned} COP_{hp(sys)a} &= (1.852 + 1.14) / 1.14 \\ &= 2.626 \end{aligned}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าสมรรถนะของระบบจากวงจรสารทำความเย็น

ตัวอย่างจากการทดลองที่ 1/2 มีข้อมูลต่าง ๆ จากวงจรสารทำความเย็นดังนี้

$T_{ci,r}$	=	อุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องอัดไอ (= 18.41 °C)
$P_{ci,r}$	=	ความดันสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องอัดไอ (= 0.594 MPa)
$h_{ci,r}$	=	เอนทัลปีของสารทำความเย็น (= 255.66 kJ/kg)
$T_{comp,r}$	=	อุณหภูมิสารทำความเย็นออกจากเครื่องอัดไอ (= 69.95 °C)
$P_{comp,r}$	=	ความดันสารทำความเย็นออกจากเครื่องอัดไอ (= 2.14 MPa)
$h_{comp,r}$	=	เอนทัลปีของสารทำความเย็น (= 296.55 kJ/kg)
$T_{expi,r}$	=	อุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าวาล์วขยาย (= 62.76 °C)
$P_{expi,r}$	=	ความดันสารทำความเย็นก่อนเข้าวาล์วขยาย (= 1.411 MPa)
$h_{expi,r}$	=	เอนทัลปีของสารทำความเย็น (= 116.84 kJ/kg)
η_e	=	ประสิทธิภาพมอเตอร์เครื่องอัดไอ (= 0.8)
η_m	=	ประสิทธิภาพทางกลเครื่องอัดไอ (= 0.8)

การคำนวณหาอัตราการไหลของสารทำความเย็น

$$m_r = W'_c \eta_m \eta_e / (h_{co,r} - h_{ci,r})$$

แทนค่าลงในสมการจะได้ว่า

$$\begin{aligned} m_r &= 1.14 (0.8)(0.8) / (296.55 - 255.66) \\ &= 0.018 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

การคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนเครื่องทำระเหย

$$Q_{e,r} = m_r (h_{ci,r} - h_{expi,r})$$

แทนค่าลงในสมการจะได้ว่า

$$\begin{aligned} Q_{e,r} &= 0.018 (255.66 - 116.84) \\ &= 2.474 \text{ kW} \end{aligned}$$

การคำนวณหาค่า COP_{hp} รวมของระบบปั๊มความร้อน

$$COP_{hp(sys)r} = (Q_{e,r} + W'_c) / W'_c$$

แทนค่าลงในสมการ จะได้ว่า

$$\begin{aligned} &= (2.474 + 1.14) / 1.14 \\ &= 3.173 \end{aligned}$$

การคำนวณเปรียบเทียบความผิดพลาด $COP_{hp(sys)r}$ ระหว่างสองวงจร

$$Error = [COP_{hp(sys),a} - COP_{hp(sys),r}] / COP_{hp(sys),a}$$

แทนค่าลงในสมการจะได้ว่า

$$\begin{aligned} &= [2.626 - 3.173] / 3.173 \\ &= 0.208 \% \end{aligned}$$