บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการวิเคราะห์

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองของทั้ง 3 การทดลองเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม แล้วนำเสนอผลการทดลองในรูปแบบกราฟและตารางในภาคผนวก ก. เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลการทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.1.1 ผลการวิเคราะห์การทดลองเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง

จากวิธีการดำเนินการทดลอง โดยการวัดค่าอุณหภูมิของอากาศที่ตำแหน่งต่างๆที่ความเร็วลมและสภาวะอากาศต่างๆกัน นำมาคำนวณหาค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ แล้วนำมาพล็อตกราฟระหว่างความเร็วลมกับสมรรถนะ ที่สภาวะอากาศต่างๆกัน เพื่อพิจารณาผลของความเร็วลมกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ และผลของสภาวะอากาศภายนอกกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.1.1.1 พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์

จากกราฟระหว่างความเร็วของอากาศกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์แสดงในรูปที่ ก.1- ก.5 พบว่าเมื่อความเร็วอากาศเพิ่มขึ้นค่าสมรรถนะของอุปกรณ์จะลดลงเป็นลักษณะเดียวกันในแต่ละสภาวะอากาศที่ทำการทดลอง สามารถอธิบายได้จากทฤษฎีในหัวข้อ 2.2.1.6 ถ้าพื้นที่ที่สัมผัสระหว่างน้ำและอากาศเพิ่มมากขึ้นอุณหภูมิอากาศจะลดลงเข้าสู่อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ สำหรับการทดลองนี้ใช้วัสดุผิวเปียกซึ่งมีพื้นที่ผิวคงที่ดังนั้นการเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างน้ำอากาศจะทำได้โดยเพิ่มระยะเวลาในการสัมผัสให้มากขึ้น ดังนั้นถ้าเพิ่มความเร็วของอากาศจะทำให้ระยะเวลาในการสัมผัสกันระหว่างน้ำกับอากาศลดลงทำให้อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศจึงยังไม่ลดลงใกล้กับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศภายนอก ทำให้สมรรถนะของอุปกรณ์ลดลง โดยเมื่อทำการพล็อตกราฟระหว่างค่าความเร็วอากาศกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์แล้ว Fit curve ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอย (Regression) โดยใช้สมการลอกาลิธึม แล้วพบว่าในความสัมพันธ์ของความเร็วอากาศกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ที่สภาวะอากาศใดๆจะอยู่ในรูปแบบความสัมพันธ์ ดังสมการ

$$E_{dec} = a - b\ln(V_c) \qquad (4.1)$$

4.1.1.2 พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ ที่สภาวะอากาศแตกต่างกัน

จากกราฟในรูปที่ ก.1- ก.5 ซึ่งเป็นผลของการทดลองที่สภาวะอากาศภายนอกแตกต่างกัน 5 สภาวะอากาศ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ a,b ในสมการที่ (4.1) ที่แต่ละสภาวะอากาศมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าสภาวะอากาศภายนอก

4.1.1.3 การหาสหสัมพันธ์เพื่อทำนายค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมรรถนะกับค่าความเร็วอากาศและสภาวะอากาศ สามารถสรุปได้ว่า ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์นั้นขึ้นกับความเร็วของอากาศคือเมื่อความเร็วของอากาศมากขึ้นค่าสมรรถนะก็จะลดลง ตามสมการ (4.1) และค่าสมรรถนะจะไม่ขึ้นกับสภาวะอากาศภายนอก

เมื่อนำผลการทดลองในทุกกรณีมาทำการหาค่า a,b ในสมการที่(4.1) ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอย เพื่อหาสหสัมพันธ์เพื่อทำนายสมรรถนะของอุปกรณ์ จะได้ดังสหสัมพันธ์ดังสมการ

$$E_{dec} = 0.813 - 0.106\ln(V_c) \qquad (4.2)$$

4.1.2 ผลการวิเคราะห์การทดลองเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

การประเมินสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศกับอากาศ สามารถประเมินได้จากค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนรวม หรือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม โดยมีพารามิเตอร์ต่างๆที่มีผลต่อสมรรถนะ คือความเร็วหรือในเทอมของตัวเลขเรย์โนลด์และผลต่างอุณหภูมิของอากาศสองสาย โดยรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข. และผลการทดลองที่ได้แสดงในรูปที่ ก.7- ก.30 ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลของพารามิเตอร์ต่างๆได้ดังนี้

4.1.2.1 พิจารณาความสัมพันธ์ของความเร็วในเทอมของตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศด้านคอยล์ระเหยกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยที่ตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศด้านคอยล์ควบแน่นมีค่าคงที่

จากรูปที่ ก.7- ก.10 จากรูปจะเห็นได้ว่าเมื่อตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศด้านคอยล์ระเหยเพิ่มขึ้น พบว่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะเพิ่ม

ตามขึ้นตามค่าตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่ออากาศมีความเร็วสูงขึ้นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านนอกของคอยล์ระเหยจะเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้คือ เมื่อตัวเลขเรย์โนลด์สูงขึ้นค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของคอยล์ส่วนครีบ (h_f) และส่วนคอยล์ที่ไม่ได้ติดครีบ (h_b) จะสูงขึ้นตาม ทำให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (UA) มีค่าสูงขึ้น

4.1.2.2 **พิจารณาความสัมพันธ์ของความเร็วในเทอมของตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศด้านคอยล์ควบแน่นกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยที่ตัวเลขเรย์โนล์ของอากาศด้านคอยล์ระเหยมีค่าคงที่**

จากรูปที่ ก.11-ก.14 จะเห็นได้ว่าเมื่อตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศด้านคอยล์ควบแน่นเพิ่มขึ้น พบว่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะเพิ่มตามขึ้นตามค่าตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยสามารถอธิบายได้เช่นเดียวกับด้านคอยล์ระเหย

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของอุปกรณ์ขึ้นอยู่กับตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศทั้งสองสาย ไม่ได้ขึ้นกับตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศสายใดสายหนึ่งเพียงสายเดียว

4.1.2.3 **พิจารณาความสัมพันธ์ของผลต่างอุณหภูมิของอากาศสองสาย (ΔT) กับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยที่ตัวเลขเรย์โนลด์ของอากาศทั้งสองสายมีค่าคงที่**

จากผลการทดลองในรูปที่ ก.15-ก.30ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (UA) กับค่าผลต่างอุณหภูมิ (ΔT) ที่ความเร็วที่แตกต่างกันของอากาศด้านคอยล์ระเหยและคอยล์ควบแน่น พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมจะเป็นฟังก์ชันของผลต่างอุณหภูมิ (ΔT) ดังสมการ

$$UA = a(\Delta T)^b$$

สาเหตุที่ในกรณีของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมไม่เป็นค่าคงที่แต่ขึ้นอยู่กับค่าของผลต่างอุณหภูมิ เนื่องจากอัตราการไหลของของไหลใช้งานภายในเทอร์โมไซฟอนจะขึ้นกับผลต่างของความดันไอระหว่างช่วงคอยล์ระเหยและคอยล์ควบแน่น ซึ่งผลต่างดังกล่าวจะขึ้นกับผลต่างของอุณหภูมิระหว่างช่วงดังกล่าว หากเราเพิ่มค่าความแตกต่างของอุณหภูมิทำให้ความแตกต่างของความดันไอสูงขึ้นอัตราการระเหยของของไหลใช้งานก็จะเพิ่มขึ้นด้วย จึงเป็นเหตุผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเท

ความร้อนสูงขึ้นเมื่อความแตกต่างของอุณหภูมิสูงขึ้น โดยปรากฏการดังกล่าวได้มีรายงานโดยผู้วิจัยอื่นเช่นกัน (ปรีชา กอบเกื้อชัยพงษ์, 2533)

4.1.2.4 พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าผลต่างของอุณหภูมิเชิงลอการิธึม, (ΔT_{lm}) กับค่าผลต่างของอุณหภูมิอากาศสองสาย, (ΔT)

จากรูปที่ ก.31 พบว่าผลต่างของอุณหภูมิเชิงลอกาลิทึมมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับค่าผลต่างอุณหภูมิของอากาศสองสาย คือเมื่อผลต่างของอุณหภูมิอากาศสองสาย (ΔT) เพิ่มสูงขึ้นก็จะทำให้ผลต่างของค่าอุณหภูมิเชิงลอกาลิทึม (ΔT_{lm}) เพิ่มสูงขึ้น จากการ Fit curve จากกราฟของผลการทดลองจะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง (ΔT_{lm}) กับ (ΔT) ได้ดังสมการ

$$\Delta T_{lm} = 0.505 + 0.594(\Delta T) \qquad (4.3)$$

4.1.2.5 การหาสหสัมพันธ์เพื่อทำนายค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน

จากข้อมูลการทดลองสามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อหาสหสัมพันธ์สำหรับทำนายสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนได้2 วิธี คือ วิธีวิเคราะห์การถดถอย (Regression) และวิธีการวิเคราะห์ตามแบบจำลองการนำความร้อน

4.1.2.5.1 วิธีวิเคราะห์การถดถอย (Non linear regression)

วิธีนี้เป็นการทำนายสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนโดยการวิเคราะห์การถดถอย (Non linear regression) โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองดังแสดงในรูปที่ ก.7- ก.31

โดยทั่วไปสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะเป็นฟังก์ชันของ Re และ Pr แต่สำหรับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบคอยล์ ลูป เทอร์โมไซฟอน ได้มีผู้วิจัยอื่น (ปรีชา กอบเกื้อชัยพงษ์, 2533) ทำการทดลองและเสนอสหสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบคอยล์ลูปเทอร์โมไซฟอนไว้ในรูปสมการ

$$UA = c(\mathrm{Re}^*)^b(\Delta T_{lm})^a \,\mathrm{Pr}^n \;;\; \mathrm{Re}^* = \mathrm{Re}_h \times \mathrm{Re}_c \qquad (4.4)$$

จากการทดลองจะได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมมีความสัมพันธ์กับทั้งค่าเรย์โนลด์ของอากาศทั้งสองสาย $(\mathrm{Re}_h, \mathrm{Re}_c)$ และค่า (ΔT) ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับ

ค่า (ΔT_{lm}) ส่วนค่า Pr ในการทดลองนี้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากจึงไม่นำมาพิจารณา ดังนั้นสามารถหาเราสามารถหาสหสัมพันธ์ได้ในรูปแบบสมการ

$$UA = c\,\mathrm{Re}_h^m\,\mathrm{Re}_c^n(\Delta T)^b \qquad (4.5)$$

โดยที่ค่า m, n, b, c เป็นค่าคงที่ของสหสัมพันธ์ ซึ่งสามารถหาได้จากการทำการวิเคราะห์การถดถอย โดยใช้ข้อมูลจากการทดลอง ซึ่งทำโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS จะได้สหสัมพันธ์เพื่อทำนายสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมดังนี้

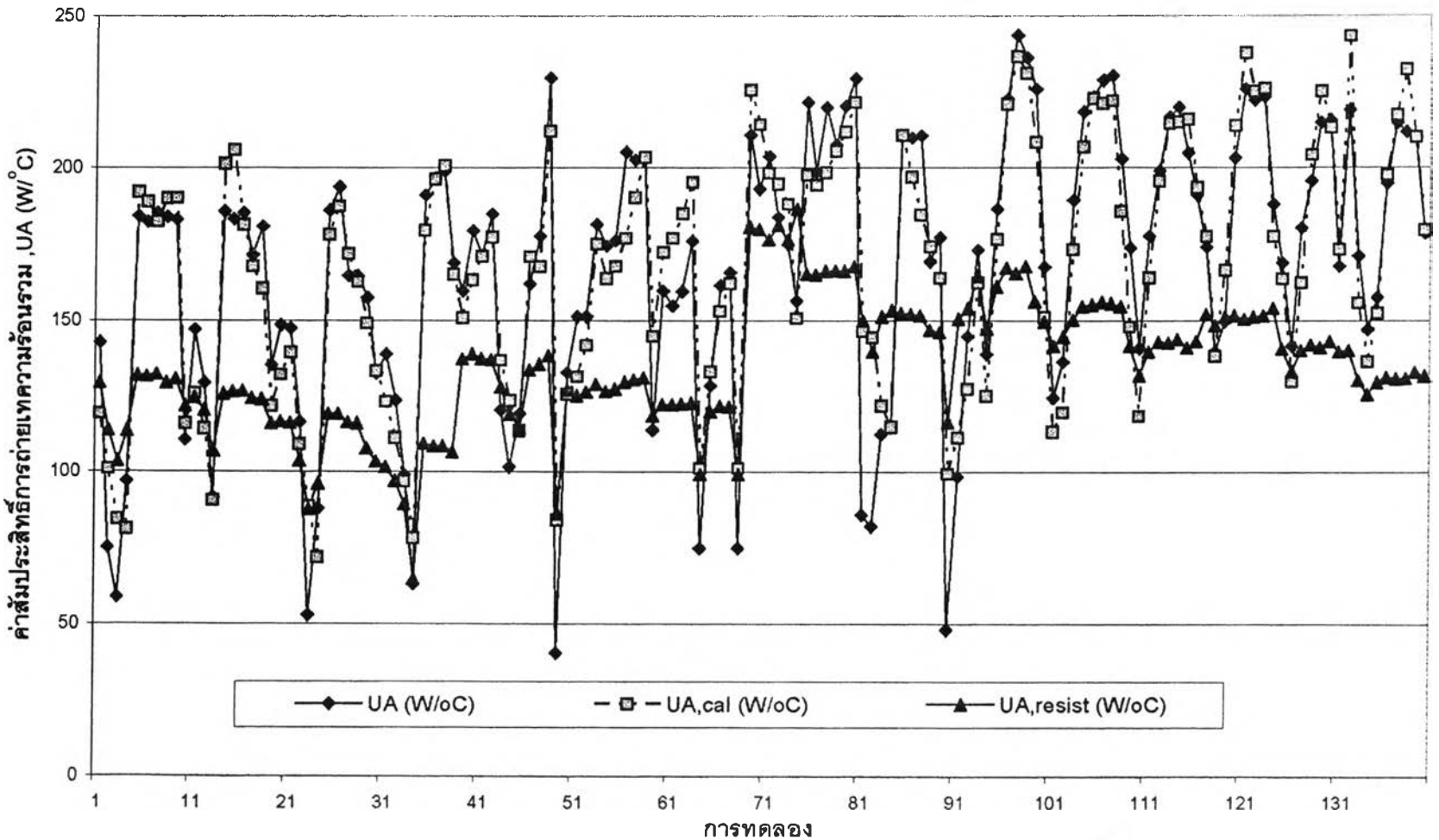
$$UA = 2.0\,\mathrm{Re}_h^{0.1462}\,\mathrm{Re}_c^{0.20362}(\Delta T)^{0.39477} \qquad (4.6)$$

4.1.2.5.2 วิธีวิเคราะห์ตามแบบจำลองการนำความร้อน

รายละเอียดการคำนวณของวิธีนี้ได้กล่าวมาแล้ว โดยวิธีนี้ใช้ทำนายสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม โดยอาศัยหลักการของความต้านทานความร้อนรวมของอุปกรณ์ ซึ่งวิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.

4.1.2.5.3 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับการทดลอง

รูปที่ ก.32 - ก.33 เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมจากการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีคือ วิธีวิเคราะห์การถดถอยและแบบจำลองการนำความร้อนกับผลจากการทดลอง พบว่าวิธีแรกสามารถทำนายได้แม่นยำกว่าวิธีที่สอง แต่วิธีการวิเคราะห์วิธีแรกจะเหมาะสมกับเฉพาะอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่มีรูปร่างและขนาดเหมือนกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่ใช้ทดลองเท่านั้น คือถ้าอุปกรณ์มีรูปร่างและขนาดต่างไปค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ก็จะเปลี่ยนไปด้วย เนื่องจากค่าที่นำมาใช้วิเคราะห์การถดถอยเป็นค่าที่ได้จากการทดลอง ส่วนวิธีที่สองพบว่ามีค่าคลาดเคลื่อนจากผลการทดลอง แต่มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมที่ได้จาก การทดลองจริง (UA), ค่าที่ได้จากสหสัมพันธ์ (UA_{cal}) และค่าที่ได้จากแบบจำลองการนำความร้อน (UA_{resist})

4.1.2.6 การหาสหสัมพันธ์เพื่อทำนายค่าสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน

จากผลการเปรียบเทียบวิธีการหาสหสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม พบว่าวิธีการที่เหมาะสมในการหาค่าสัมประสิทธิ์คือวิธีการวิเคราะห์แบบถดถอย ดังนั้นในการทำนายค่าสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนในการทดลองนี้ จึงใช้สหสัมพันธ์ที่ได้จากสมการที่ (4.6) ในการคำนวณ

จากสมการสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ดังสมการที่ 2.16, 2.17 ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนจริง (Q_{act}) สามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$Q_{act} = UA(\Delta T_{lm}) \tag{4.7}$$

ดังนั้นค่าสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะหาได้จากสมการ

$$E_{hx} = \frac{UA(\Delta T_{lm})}{C_{\min}(\Delta T)} \tag{4.8}$$

เมื่อแทนค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมจากสมการ 4.6 และค่าอุณหภูมิแตกต่างเชิงลอกาลิทึม (ΔT_{lm}) ในเทอมของ (ΔT) จากสมการที่4.3 จะได้สหสัมพันธ์ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนดังสมการ

$$E_{hx} = \frac{(2.0\,\mathrm{Re}_h^{0.1462}\,\mathrm{Re}_c^{0.20362}(\Delta T)^{0.39477})(0.505+0.594(\Delta T))}{C_{\min}(\Delta T)} \tag{4.9}$$

4.1.3 ผลการวิเคราะห์และสร้างสหสัมพันธ์จากการทดลองเพื่อทำนายค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม

ผลการวิเคราะห์การทดลองที่ได้จะเป็นการเปรียบเทียบค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ที่ได้จากการทดลอง (E_{iec}) กับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ที่ได้จากการคำนวณ ($E_{iec,cal}$) โดยแทนค่าสมการของสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงและอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่ได้จากการทดลองลงในสมการ (3.10) ซึ่งผลการเปรียบเทียบแสดงดังรูป ก.35 ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณจากสหสัมพันธ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลอง

ดังนั้นค่าสมรรถนะของอุปกรณ์สามารถทำนายโดยใช้สหสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง ดังแสดงในสมการ

$$E_{iec,cal} = E_{dec} \times E_{hx} \times \left(\frac{C_{\min}}{C_h} \right) \qquad \text{(จากสมการ 3.10)}$$

โดยที่

$$E_{dec} = 0.813 - 0.106 \ln(V_c) \qquad \text{(จากสมการ 4.2)}$$

$$E_{hx} = \frac{(2.0 \mathrm{Re}_h^{0.1462} \mathrm{Re}_c^{0.20362} (\Delta T)^{0.39477})(0.505 + 0.594(\Delta T))}{C_{\min}(\Delta T)} \qquad \text{(สมการ 4.9)}$$

$$\Delta T = E_{dec} \times (T_1 - T_{wb}) \qquad \text{(จากสมการ2.11)}$$

จากสหสัมพันธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมได้แก่

1. ค่าความเร็วของอากาศสองสาย, V_h, V_c
2. สภาวะอากาศในเทอมของผลต่างของอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียก, $T_1 - T_{wb}$

เนื่องจากสหสัมพันธ์ที่ได้มีความซับซ้อนในการพิจารณาผลของตัวแปรต่างๆ ดังนั้นในการพิจารณาผลของตัวแปรที่มีต่อค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมสามารถทำได้โดยทดลองแทนค่าความเร็วอากาศและสภาวะอากาศลงในสหสัมพันธ์ที่ได้แล้วพล็อตกราฟระหว่างค่าสมรรถนะของอุปกรณ์กับค่าตัวแปรที่ต้องการพิจารณา ซึ่งผลที่ได้แสดงดังรูปที่ ก.38 – ก.48

4.1.3.1 พิจารณาผลของความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหย ที่สภาวะอากาศคงที่

จากรูปที่ ก.38 – ก.42 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์และค่า $(C_{\min}/C_h)$ โดยที่ความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นคงที่มีค่าตั้งแต่ 0.5 ถึง 3 m/s พบว่า เมื่อความเร็วของอากาศด้านคอยล์ระเหยเพิ่มขึ้นค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมจะมีค่าลดลง ในทุกๆความเร็วของอากาศด้านคอยล์ควบแน่น ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยพิจารณาตัวแปรต่างๆประกอบดังนี้

เมื่อเพิ่มความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยที่ความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นมีค่าคงที่ โดยที่ $V_h > V_c$

ค่า C_{min}/C_h จะมีค่าลดลงเนื่องจากค่า C_{min} ในกรณีนี้จะเท่ากับค่า C_c ซึ่งในกรณีนี้จะคงที่ ดังนั้นเมื่อเพิ่มความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยจะทำให้ค่าสัดส่วน C_{min}/C_h มีค่าลดลง

ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง, E_{dec} จะมีค่าคงที่ เนื่องจากค่า E_{dec} จะขึ้นอยู่กับความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่น

ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน, E_{hx} จะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยพิจารณาจากสมการที่ (4.9) เมื่อค่า C_{min} คงที่ ดังนั้นเมื่อเพิ่มความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยค่า Re_h จะมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้ค่า E_{hx} มีค่าเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาจากกราฟแล้วพบว่าอัตราการลดลงของค่า C_{min}/C_h มากกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า E_{hx} จึงทำให้ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมลดลงตาม

เมื่อเพิ่มความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยที่ความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นมีค่าคงที่ โดยที่ $V_h < V_c$

ค่า C_{min}/C_h จะมีค่าคงที่เนื่องจากค่า C_{min} ในกรณีนี้จะเท่ากับค่า C_h ดังนั้นในกรณีนี้ค่า C_{min}/C_h จะมีค่าคงที่เท่ากับ 1

ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง, E_{dec} จะมีค่าคงที่ เนื่องจากค่า E_{dec} จะขึ้นอยู่กับความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่น

ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน, E_{hx} จะมีค่าลดลง โดยพิจารณาจากสมการที่ (4.9) เมื่อค่า C_{min} เพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงกว่าการเพิ่มขึ้นของค่า $\mathrm{Re}_h^{0.1462}$ ดังนั้นค่า E_{hx} จะมีค่าลดลง

เมื่อพิจารณาสมการที่ (3.10) เมื่อตัวแปรมีค่าลดลง จึงทำให้ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมลดลง

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าเมื่อความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยมีค่าเพิ่มขึ้นโดยความเร็วของอากาศด้านคอยล์ควบแน่นคงที่ จะทำให้ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมมีค่าลดลง

4.1.3.2 **พิจารณาผลของความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่น ที่สภาวะอากาศคงที่**

จากรูปที่ ก.43 – ก.47 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์และค่า (C_{min}/C_h) โดยที่ความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยคงที่มีค่าตั้งแต่ 0.5 ถึง 3 m/s พบว่า เมื่อความเร็วของอากาศด้านคอยล์ควบแน่นเพิ่มขึ้นค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ในทุกๆ ความเร็วของอากาศด้านคอยล์ระเหย ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยพิจารณาตัวแปรต่างๆประกอบดังนี้

เมื่อเพิ่มความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นที่ความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยมีค่าคงที่ โดยที่ $V_c > V_h$

ค่า C_{min}/C_h จะมีค่าคงที่เนื่องจากค่า C_{min} ในกรณีนี้จะเท่ากับค่า C_h ดังนั้นในกรณีนี้ค่า C_{min}/C_h จะมีค่าคงที่เท่ากับ 1

ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง, E_{dec} จะมีค่าลดลง เนื่องจากค่า E_{dec} จะขึ้นอยู่กับความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว

ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน, E_{hx} จะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยพิจารณาจากสมการที่ (4.9) เมื่อค่า C_{min} คงที่ ดังนั้นเมื่อเพิ่มความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นค่า Re_c จะมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้ค่า E_{hx} มีค่าเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาจากกราฟแล้วพบว่าอัตราการลดลงของค่า E_{dec} ใกล้เคียงกับอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า E_{hx} จึงทำให้ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง

เมื่อเพิ่มความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นที่ความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยมีค่าคงที่ โดยที่ $V_c < V_h$

ค่า C_{min}/C_h จะมีเพิ่มขึ้นเนื่องจากค่า C_{min} ในกรณีนี้จะเท่ากับค่า C_c ดังนั้นในกรณีนี้ค่า C_{min}/C_h จะมีค่าเพิ่มขึ้น

ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง, E_{dec} จะมีค่าลดลง เนื่องจากค่า E_{dec} จะขึ้นอยู่กับความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นดังที่กล่าวไว้แล้ว

ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน, E_{hx} จะมีค่าลดลง โดยพิจารณาจากสมการที่ (4.9) เมื่อค่า $C_{\min}$ เพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงกว่าการเพิ่มขึ้นของค่า $\mathrm{Re}_c^{0.20362}$ ดังนั้นค่า E_{hx} จะมีค่าลดลง

เมื่อพิจารณาจากกราฟแล้วพบว่าอัตราการลดลงของค่า $C_{\min}/C_h$ และ E_{dec} ใกล้เคียงกับอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า E_{hx} จึงทำให้ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าเมื่อความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นมีค่าเพิ่มขึ้นที่ความเร็วของอากาศด้านคอยล์ระเหยคงที่ ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมจะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง แสดงได้ดังรูปที่ ก.48

4.1.3.3 พิจารณาผลของสภาวะอากาศภายนอก ในเทอมของผลต่างของอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T_1-T_{wb}) โดยที่ความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยและคอยล์ควบแน่นมีค่าคงที่

จากรูป ก.49 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งของอากาศภายนอก (T_1-T_{wb}) กับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ แสดงให้เห็นว่าเมื่อค่าผลต่างของอุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้สมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมเพิ่มขึ้น โดยพิจารณาจากสมการ (2.11) เมื่อผลต่างของอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศสองสายเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมเพิ่มขึ้น

4.1.4 ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมมาใช้

จากรูป ก.50 - ก.61 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิภายนอกกับอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากอุปกรณ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลาตั้งแต่กลางวัน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศมีค่าสูงสุดในแต่ละวัน อุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมสามารถลดอุณหภูมิลงได้แต่ลดลงได้น้อยกว่า 3 °C ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในแต่ละช่วงเวลา คือเมื่ออากาศมีความชื้นสูงทำให้ผลต่างของอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งมีค่าต่ำทำให้ค่าสมรรถนะที่ได้มีค่าลดลง อุณหภูมิจึงที่ได้จึงลดลงเพียงเล็กน้อย

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในประเทศไทย ซึ่งอยู่ในสภาวะอากาศร้อนชื้น ทำให้การใช้งานอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม สามารถลดอุณหภูมิอากาศลงได้เพียงเล็กน้อย การนำ

อุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมมาใช้ในการปรับอากาศ จึงไม่เหมาะสมในการใช้งานในประเทศไทย