บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แผนการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม โดยทำการสร้างชุดทดลอง เพื่อศึกษาถึงตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อสมรรถนะของอุปกรณ์

โดยค่าตัวแปรที่พิจารณาในการวิจัยนี้แบ่งเป็น 3 แบบ คือตัวแปรกำหนด ตัวแปรอิสระ และตัวแปรตามซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ตัวแปรกำหนด คือตัวแปรที่ต้องกำหนดให้คงที่ โดยในการวิจัยนี้สิ่งที่ควบคุมได้แก่ ชนิด, ลักษณะและขนาดของอุปกรณ์ชุดทดลองดังนี้

อุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง กำหนดให้เป็นแบบใช้วัสดุผิวเปียก ขนาด 60 x 60 x 15 เซนติเมตร โดยมีน้ำไหลจากหัวจ่ายน้ำจากด้านบนในอัตราคงที่ อากาศไหลผ่านแบบตัดขวาง โดยขนาดและคุณสมบัติต่างๆแสดงในหัวข้อ 3.2

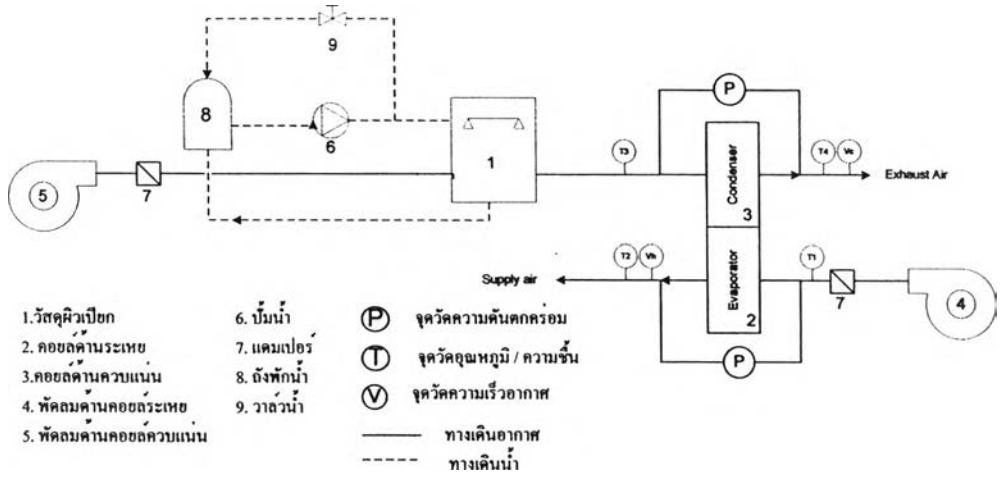
อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อส่งถ่ายความร้อนระหว่างอากาศสองสาย กำหนดให้เป็นแบบคอยล์ลูป เทอร์โมไซฟอน โดยขนาดและส่วนประกอบต่างๆแสดงในหัวข้อ 3.2

2. ตัวแปรอิสระ คือตัวแปรซึ่งจะมีผลต่อค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม อันได้แก่ ความเร็วและตัวเลขเรย์โนล์ดของอากาศขาเข้าทั้งสองสาย สภาวะของอากาศ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง และความชื้นของอากาศภายนอก

3. ตัวแปรตาม เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงเมื่อตัวแปรอิสระมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งในการวิจัยนี้ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์คือ สมรรถนะของอุปกรณ์ และอุณหภูมิขาออกจากอุปกรณ์

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

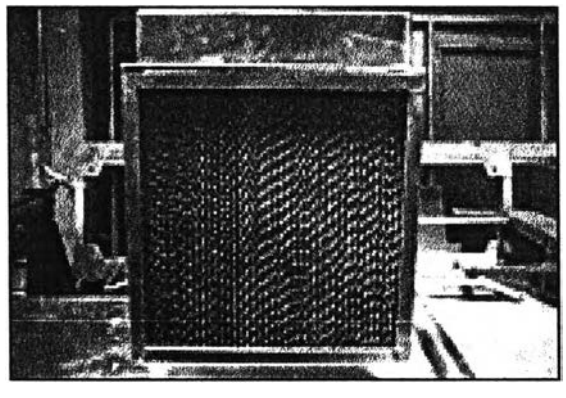
ชุดทดลองประกอบด้วยอุปกรณ์หลายตัวต่อเชื่อมกันเป็นระบบและติดตั้งอุปกรณ์การวัดเพื่อเก็บข้อมูล ดังแสดงในไดอะแกรมดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงไดอะแกรมของอุปกรณ์และตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัด

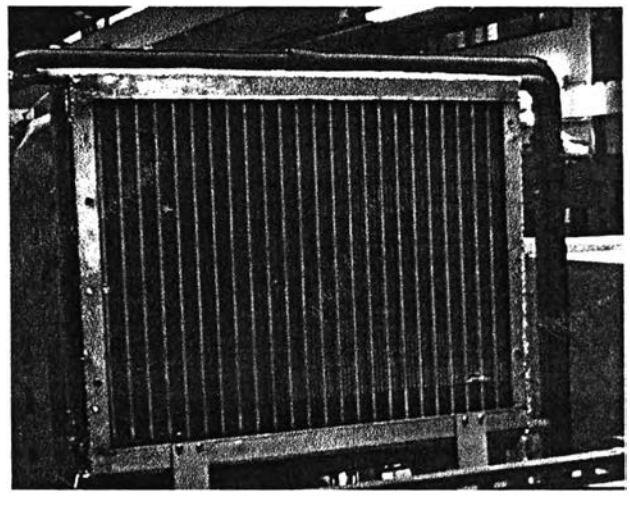
โดยมีรายละเอียดของอุปกรณ์และเครื่องมือวัดดังนี้

1. วัสดุผิวเปียก (cooling pad) ซึ่งทำมาจากการเชื่อมกระดาษเซลลูโลสที่มีลักษณะเป็นลอนติดเข้าด้วยกัน มีขนาดพื้นที่หน้าตัด 60 x 60 เซนติเมตร มีความหนา 15 เซนติเมตร กรอบด้านข้างและด้านบนทำด้วยสังกะสีแผ่น ด้านบนมีหัวจ่ายน้ำทำจากท่อ พีวีซีเจาะรูจำนวนสองท่อ โดยเจาะรูเหลื่อมกัน ด้านล่างเจาะรูระบายน้ำออกขนาด 1 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วัสดุผิวเปียก (Cooling pad)

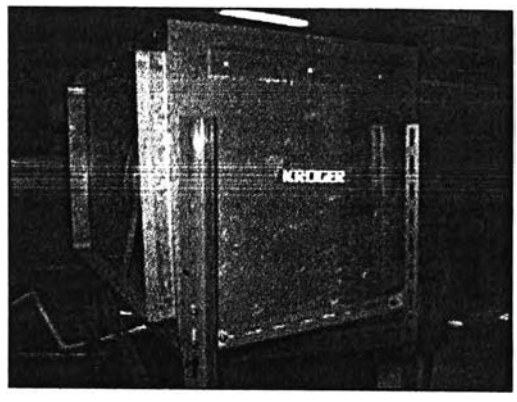
2. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบคอยล์ ลูป เทอร์โมไซฟอน ใช้คอยล์เป็นแบบท่อกลมและมีครีบแบบ corrugate คอยล์แต่ละชุดประกอบด้วยคอยล์ 2 ส่วนคือคอยล์ส่วนทำระเหยและคอยล์ส่วนควบแน่น เชื่อมต่อถึงกัน คอยล์แต่ละส่วนมีลักษณะเป็นท่อทองแดงชนิดผิวในเป็นผิวเรียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3/8 นิ้ว จำนวน 4 แถว ในแต่ละแถวมีท่อทองแดง 24 ท่อ และ 23 ท่อ ลักษณะการวางเป็นแบบเหลื่อมกัน ติดครีบอลูมิเนียมด้วยความถี่ 13 ครีบ/นิ้ว และมีท่อเฮดเดอร์ขนาด 6/8 นิ้วจำนวน 8 ท่อด้านบน 4 ท่อด้านล่าง 4 ท่อ มีขนาดพื้นที่หน้าตัด 60x45 เซนติเมตรเท่ากันทั้งคอยล์ด้านระเหยและด้านควบแน่น เชื่อมต่อถึงกันด้วยท่อทองแดงขนาด 3/4 นิ้วสำหรับท่อส่งไอ และท่อทองแดงขนาด 1/2 นิ้วสำหรับท่อส่งของไหลกลับ การติดตั้งให้คอยล์ระเหยอยู่ด้านล่างและคอยล์ควบแน่นอยู่ด้านบน มีการหุ้มฉนวนกันความร้อนในส่วนท่อที่สัมผัสกับบรรยากาศภายนอกทั้งหมดเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน ของเหลวใช้งานเป็นฟรีออน 22 ปริมาตรบรรจุประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรคอยล์ระเหย ดังแสดงในรูปที่ 3.3



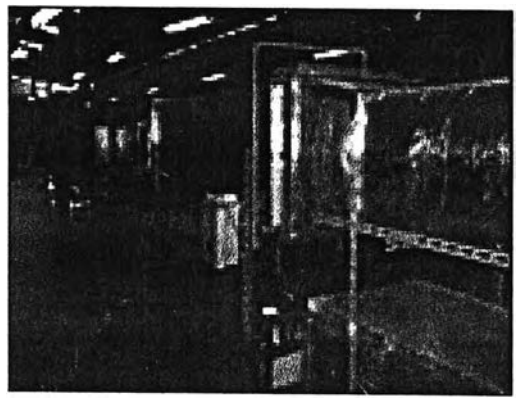
รูปที่ 3.3 คอยล์ระเหยและคอยล์ควบแน่น

3. ระบบอากาศ

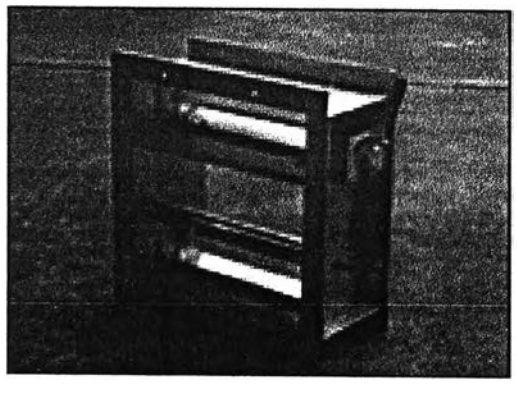
ระบบประกอบด้วยพัดลมจำนวน 2 ตัวใช้สำหรับจ่ายลมทั้งด้าน คอยล์ระเหย และ คอยล์ควบแน่น เป็นแบบ backward curve centrifugal fan ยี่ห้อ Kruger มีมอเตอร์ขนาด 1/4 แรงม้า จ่ายลมผ่านท่อลมซึ่งทำด้วยสังกะสี ซึ่งมีการหุ้มฉนวนแบบ Fiber glass หนา 1 นิ้ว ความหนาแน่น 48 kg/m^3 เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนและ ควบคุมปริมาณลมโดยมีแดมเปอร์แบบบานเกร็ดขนาด 12x12 นิ้ว จำนวน 2 ตัว ติดตั้งไว้ห่างจากพัดลมประมาณ 50 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.4 – 3.6



รูปที่ 3.4 พัดลม



รูปที่ 3.5 ท่อลม

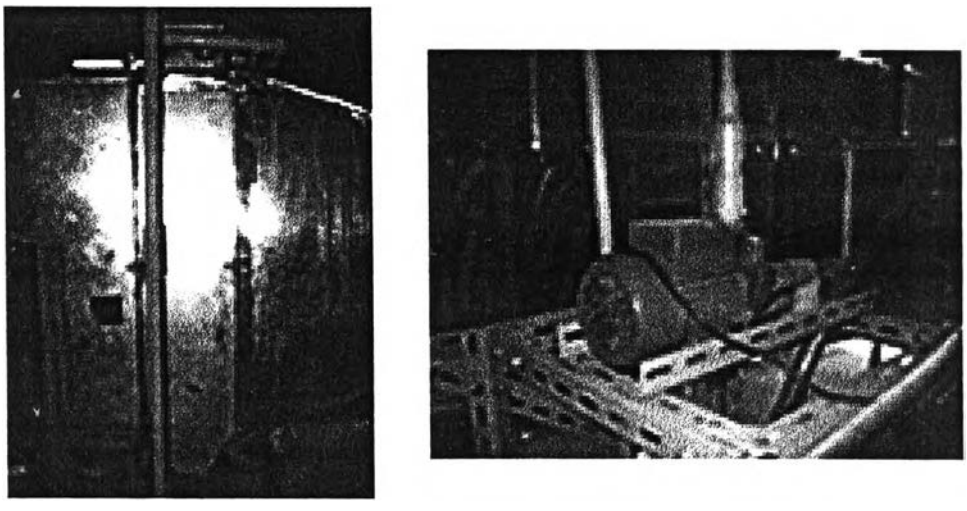


รูปที่ 3.6 แดมเปอร์

I21226155

4. เครื่องสูบน้ำ ท่อน้ำ, วาล์วและข้อต่อต่างๆ

เครื่องสูบน้ำทำหน้าที่จ่ายน้ำเข้าสู่วัสดุผิวเปียกมีขนาด 1/4 แรงม้า โดยส่งน้ำผ่านท่อพีวีซีขนาด 1/2 นิ้วขึ้นไปยังหัวจ่ายน้ำของวัสดุผิวเปียกทางด้านบนซึ่งทำด้วยท่อพีวีซีขนาด 1/2 นิ้วจำนวน 2 ท่อ เจาะรูกระจายน้ำ 2 แถวห่างกันประมาณ 1.5 เซนติเมตรเหลื่อมกัน ควบคุมปริมาณน้ำโดยใช้บอลวาล์วขนาด 1/2 นิ้วและระบบคัดน้ำทิ้งเพื่อควบคุมปริมาณน้ำให้ได้ตามต้องการ แสดงดังรูป 3.7

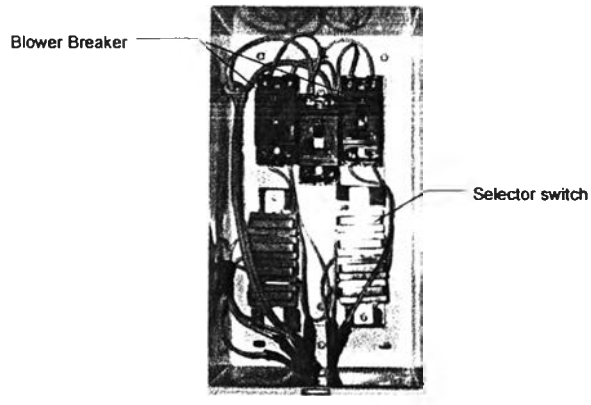


รูปที่ 3.7 เครื่องสูบน้ำ, ท่อน้ำ, วาล์วและข้อต่อ

5. ชุดควบคุมด้านไฟฟ้า

ประกอบด้วยเบรกเกอร์จำนวน 3 ตัว โดยใช้ควบคุมพัดลม 2 ตัว และควบคุมปั๊มน้ำและอุปกรณ์วัดอุณหภูมิอีก 1 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.8

ในส่วนการควบคุมพัดลมเบรกเกอร์จะต่อกับสวิทช์พัดลมซึ่งสามารถควบคุมการจ่ายไฟได้ 4 ช่องทาง โดยสามารถนำไปต่อกับมอเตอร์ของพัดลมเพื่อควบคุมความเร็วมอเตอร์ได้ 4 ระดับ (off, high, medium, low)



รูปที่ 3.8 ชุดควบคุมด้านไฟฟ้า

6. เครื่องมือวัด

เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ, อุปกรณ์วัดความชื้นอากาศ, อุปกรณ์วัดความเร็วลมและอุปกรณ์วัดความดันตกคร่อม โดยมีรายละเอียดในแต่ละอุปกรณ์ดังนี้

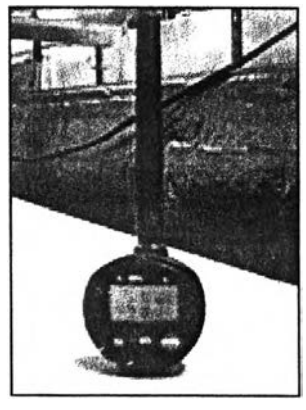
อุปกรณ์วัดอุณหภูมิประกอบด้วยสายวัดอุณหภูมิแบบThermocouple type K และหน้าจอแสดงผล ยี่ห้อ Unicom ความละเอียด 0.1°C และตัวเลือกช่องสัญญาณ ยี่ห้อ Unicom 5 ช่องสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 3.9

อุปกรณ์วัดความชื้นอากาศ ยี่ห้อ Testo รุ่น H1 สามารถวัดความชื้นอากาศความละเอียด 0.1 % ดังแสดงในรูปที่ 3.10

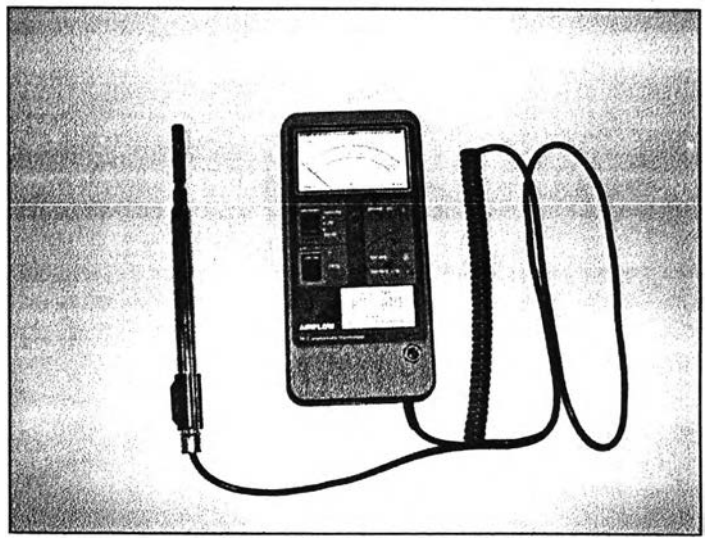
อุปกรณ์วัดความเร็วลม เป็นแบบ Hot wire anemometer ยี่ห้อ Air Flow แสดงผลแบบ Analog ความละเอียด 0.1 m/s ดังแสดงในรูปที่ 3.11

อุปกรณ์วัดความดันตกคร่อม ยี่ห้อ Alnor รุ่น AXD 510 แสดงผลด้วยตัวเลข สามารถวัดความดันตกคร่อมของอากาศความละเอียด 0.1 mmH_2O ใช้สำหรับวัดความดันตกคร่อมของอุปกรณ์ที่ตำแหน่งต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.12

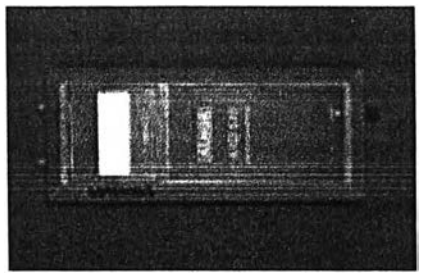
รูปที่ 3.9 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3.10 อุปกรณ์วัดความชื้นอากาศ



รูปที่ 3.11 อุปกรณ์วัดความเร็วลม



รูปที่ 3.12 อุปกรณ์วัดความดันตกคร่อม

3.3 การติดตั้งอุปกรณ์ในการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้ ได้จัดสร้างชุดทดลองขึ้นโดยชุดทดลองนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ระบบคือ

1. อุปกรณ์ในระบบทางเดินของอากาศ ได้แก่

    1.1. พัดลม

    1.2. ท่อลม

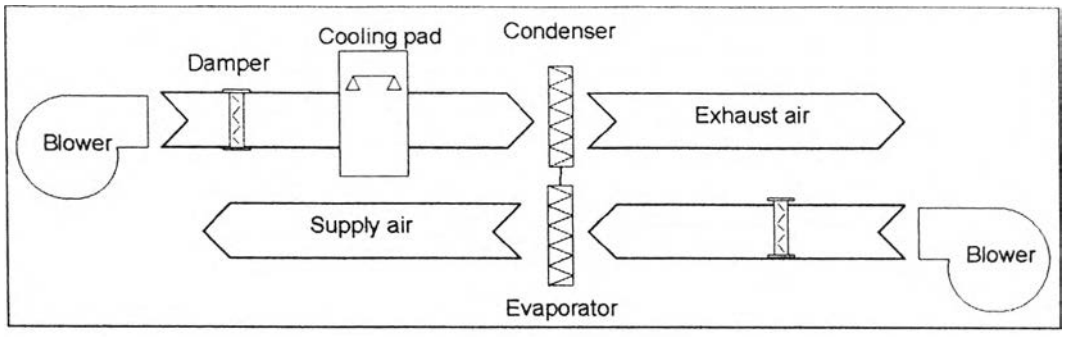
    1.3. แดมเปอร์

    1.4. ฉนวนกันความร้อนสำหรับท่อลม

    1.5. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

    1.6. วัสดุผิวเปียก

ในส่วนของระบบทางเดินอากาศดังรูป 3.13 นี้ อากาศจะถูกเพิ่มความเร็วโดยพัดลม 2 ตัวผ่านท่อลมหลายขนาดโดยจะถูกควบคุมความเร็วและอัตราการไหลโดยแดมเปอร์และสวิทช์ควบคุมความเร็วของมอเตอร์พัดลม



รูปที่ 3.13 ระบบทางเดินอากาศ

2. อุปกรณ์ในระบบทางเดินน้ำ ได้แก่

2.1. เครื่องสูบน้ำ

2.2. ท่อน้ำ,สายยางและข้อต่อต่างๆ

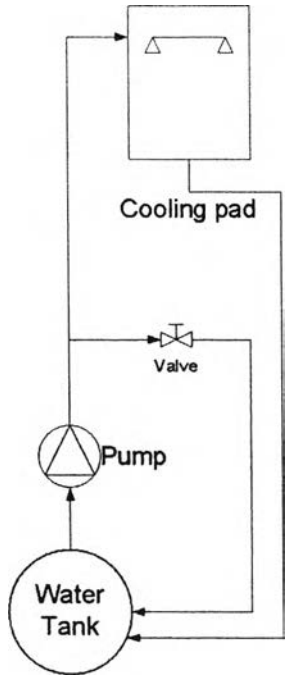
2.3. วาล์วน้ำ

2.4. ถังพักน้ำ

2.5. หัวจ่ายน้ำ

2.6. วัสดุผิวเปียก

ในส่วนของระบบทางเดินของน้ำแสดงดังรูป 3.14 นี้ น้ำจากถังพักน้ำจะถูกสูบขึ้นมาโดยเครื่องสูบน้ำผ่านท่อขนาด 1 นิ้ว และถูกควบคุมปริมาณน้ำโดยวาล์วน้ำซึ่งต่อกับท่อ bypass กลับลงไปในถังพักน้ำ โดยน้ำที่ได้จะถูกส่งผ่านท่อขนาด ½ นิ้วไปยังหัวจ่ายน้ำด้านบนของวัสดุผิวเปียก น้ำที่หลังจากไหลผ่านวัสดุผิวเปียกแล้วจะไหลผ่านสายยางด้านล่างแล้วกลับเข้าสู่ถังพักน้ำ วนเป็นวัฏจักรต่อไป



รูปที่ 3.14 ระบบทางเดินน้ำ

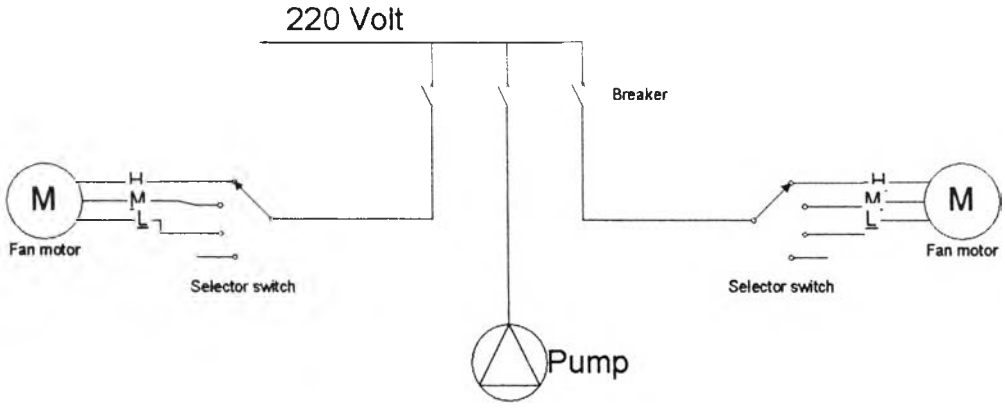
3. อุปกรณ์ระบบไฟฟ้า และควบคุม ได้แก่

3.1. สายไฟฟ้า

3.2. Breaker

3.3. สวิทซ์พัดลม

ในระบบไฟฟ้า และควบคุมดังรูป 3.15 เป็นระบบควบคุมการทำงานของพัดลม, ปั๊มน้ำ และเครื่องวัดอุณหภูมิ โดยผ่าน Breaker ทำหน้าที่ตัดต่อไฟฟ้าที่จะส่งไปยังสวิทซ์พัดลมซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายไฟไปยังมอเตอร์ของพัดลมทำให้สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์พัดลมได้ และส่งตัดต่อไฟฟ้าเพื่อควบคุมการเปิด-ปิดปั๊มน้ำ



รูปที่ 3.15 แสดงระบบไฟฟ้า

4. อุปกรณ์การวัดและตำแหน่งการติดตั้ง

4.1. เทอร์โมคับเปิล

4.2. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์

4.3. เครื่องวัดความเร็วลม

4.4. เครื่องวัดความดันตกคร่อม

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าในการทดลอง จะใช้วัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ,ความเร็วของอากาศและความดันตกคร่อมของอากาศที่อุปกรณ์ต่างๆ

ในการวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศจะใช้หัววัดแบบ Thermocouple type K ต่อกับอุปกรณ์อ่านค่าอุณหภูมิ โดยอ่านได้ในหน่วยองศาเซลเซียส ความละเอียด 0.1 องศาเซลเซียส โดยวัดที่ตำแหน่งต่างๆของท่อลม โดยแต่ละตำแหน่งจะวัดที่จุดกึ่งกลางของพื้นที่หน้าท่อลม

ในการวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะวัดที่ตำแหน่งกึ่งกลางของอุปกรณ์ เพื่อให้ได้ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของอากาศทางเข้าของอากาศทั้งสองสาย

ในการวัดความเร็วลม จะวัดโดยใช้เครื่องมือวัดแบบ Hot wire anemometer โดยวัดความเร็วลมที่ไหลผ่านท่อลม โดยวัดทั้งหมด 25 จุดบนพื้นที่หน้าตัดเพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยที่ถูกต้อง แล้ววัดค่าความดันตกคร่อมของอุปกรณ์ที่ความเร็วต่างๆ ทั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและวัสดุผิวเปียก เพื่อเป็นตัวแทนความเร็วของอากาศค่าต่างๆ โดยในขณะทำการทดลองจะอ่านค่าความดันตกคร่อมแทนการวัดความเร็วอากาศ

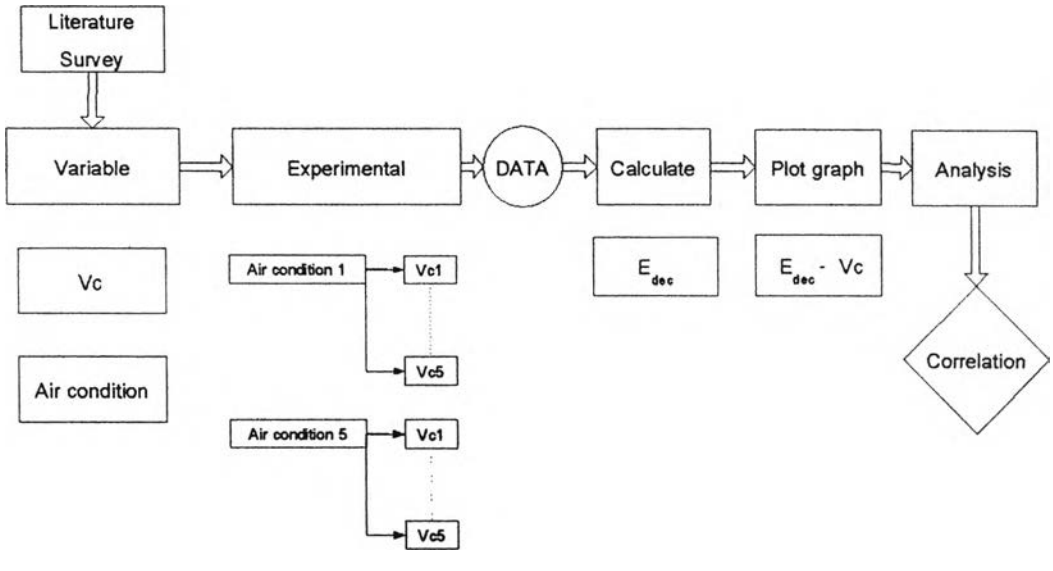
3.4 ขั้นตอนการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

เนื่องจากอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมประกอบด้วยอุปกรณ์สองส่วน คือ อุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงทำหน้าที่สร้างอากาศเย็น และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศร้อน (อากาศภายนอก) และอากาศเย็นที่ได้จากอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง ดังนั้นในการทดลองเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมสามารถแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลองคือ

1. การทดลองเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง
2. การทดลองเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน
3. การทดลองเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม

ทั้งนี้ในการแบ่งการทดลองเป็น 3 การทดลองเพื่อจะได้ทราบสมรรถนะของอุปกรณ์แต่ละตัวได้ โดยหลังจากติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ดังหัวข้อที่ 3.3 แล้วในการทดลองจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.4.1 ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง



รูปที่ 3.16 แผนภาพแสดงการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง

3.4.1.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. เปิดน้ำให้ไหลเวียนผ่านวัสดุผิวเปียกให้วัสดุผิวเปียกชุ่มน้ำพอดี โดยปรับปริมาณน้ำด้วยวาล์วน้ำ

2. เปิดพัดลมด้าน คอยล์ควบแน่น โดยปรับค่าความเร็วลมให้ได้ตามกรณีของการทดลอง โดยใช้สวิทช์พัดลมและแดมเปอร์

3. รอจนอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากวัสดุผิวเปียกคงที่ ทำการบันทึกอุณหภูมิอากาศความชื้นอากาศขาเข้าและอุณหภูมิของอากาศขาออกจากวัสดุผิวเปียก

โดยการทดลองทั้งหมดจะแบ่งออกเป็น 20 กรณีของการทดลองซึ่งมีตัวแปรแตกต่างกันในแต่ละการทดลองคือ ความเร็วของอากาศและสภาวะอากาศขาเข้า โดยทำการทดลองที่ 5 สภาวะอากาศโดยที่สภาวะอากาศหนึ่งๆจะทำการทดลอง 4 กรณีคือที่ความเร็วอากาศขาเข้าเท่ากับ 2.88, 2.56, 1.75, 1.61, 1.48 m/s ตามลำดับ

3.4.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง

ในการทดลองเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงนั้นจะวัดอุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, ความเร็วของอากาศขาเข้าวัสดุผิวเปียก และอุณหภูมิของอากาศด้านขาออกจากวัสดุผิวเปียก โดยการคำนวณหาสมรรถนของอุปกรณ์จะคำนวณค่าสมรรถนะสามารถหาได้จากสมการที่ (2.11)

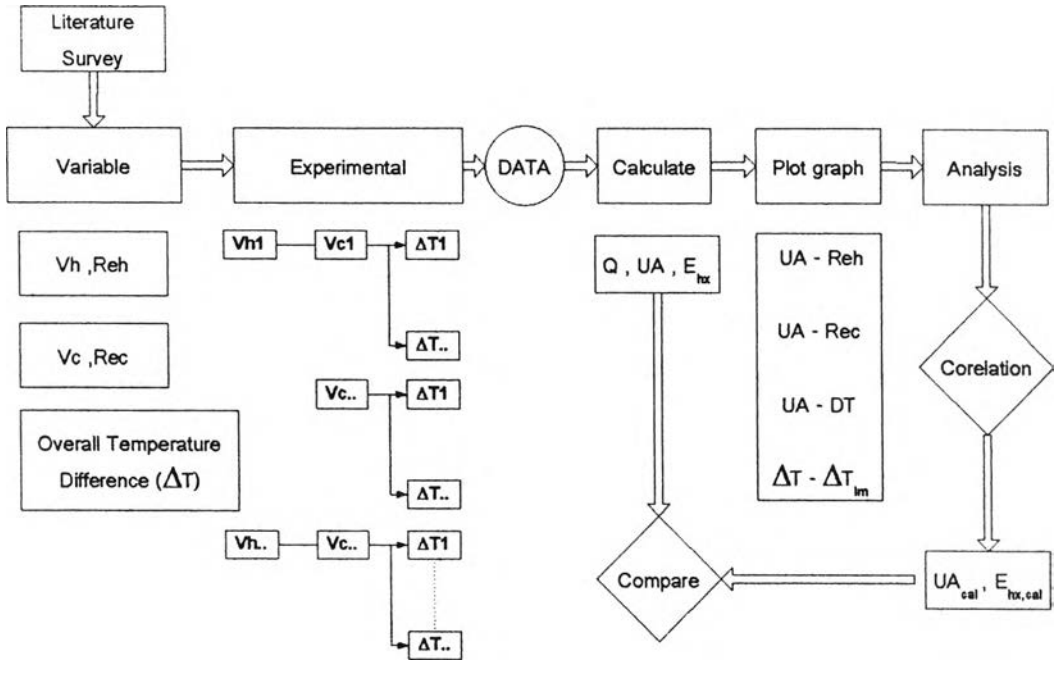
$$E_{dec} = \frac{T_1 - T_3}{T_1 - T_{wb}} \qquad \text{(จากสมการ2.1)}$$

เมื่อทำการคำนวณค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ในแต่ละกรณีการทดลองแล้ว นำมาพล็อตกราฟระหว่างค่าความเร็วของอากาศกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ ที่สภาวะอากาศต่างๆ เพื่อวิเคราะห์ โดยแบ่งตามเงื่อนไขการทดลองดังนี้

1. ผลของความเร็วอากาศที่กับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์

2. ผลของสภาวะอากาศขาเข้ากับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์

3.4.2 ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 3.17 แผนภาพแสดงการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบคอยล์ ลูป เทอร์โมไซฟอน

3.4.2.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. เปิดพัดลมด้าน คอยล์ระเหย และ คอยล์ควบแน่น โดยปรับค่าความเร็วลมให้ได้ตามต้องการ โดยใช้สวิทช์พัดลมและแดมเปอร์

2. ปรับความแตกต่างของอุณหภูมิให้ได้ตามกรณีของการทดลอง โดย

   - ลดอุณหภูมิทางด้าน คอยล์ควบแน่น โดยลดอุณหภูมิน้ำเข้า Cooling pad ด้วยการใส่น้ำแข็งลงในถังน้ำ เพื่อให้อุณหภูมิอากาศลดลง

   - เพิ่มอุณหภูมิทางด้าน คอยล์ระเหย โดยใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าวางด้านทางเข้าของพัดลม

3. รอจนอุณหภูมิของอากาศขาเข้าและออกของทั้งสองสายคงที่ บันทึกอุณหภูมิอากาศขาเข้าและขาออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

โดยการทดลองทั้งหมดจะแบ่งออกเป็นกรณีของการทดลองซึ่งมีตัวแปรแตกต่างกันในแต่ละการทดลองคือ ความเร็วของอากาศด้าน คอยล์ระเหย, ความเร็วของอากาศด้าน คอยล์ควบแน่น และผลต่างของอุณหภูมิอากาศขาเข้าของอากาศสองสาย โดยจะเริ่มทำการทดลองโดยควบคุมผลต่างของอุณหภูมิอากาศของขาเข้าของอากาศสองสายประมาณ 2-14 °C (เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศให้คงที่ได้เพราะการควบคุมอุณหภูมิอากาศขึ้นอยู่กับสมรรถนะของวัสดุผิวเปียกซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วอากาศ) โดยที่แต่ละผลต่างอุณหภูมิจะทำการทดลอง 16 กรณีดังนี้

1. ทำการทดลองที่ความเร็วอากาศด้าน คอยล์ระเหย เท่ากับ 0.868 m/sและความเร็วอากาศด้าน คอยล์ควบแน่น เท่ากับ 0.724 m/s
2. ทำการทดลองที่ความเร็วอากาศด้าน คอยล์ระเหย เท่ากับ 0.868 m/sและความเร็วอากาศด้าน คอยล์ควบแน่น เท่ากับ 1.056 m/s
3. ทำการทดลองที่ความเร็วอากาศด้าน คอยล์ระเหย เท่ากับ 0.868 m/sและความเร็วอากาศด้าน คอยล์ควบแน่น เท่ากับ 1.384 m/s
4. ทำการทดลองที่ความเร็วอากาศด้าน คอยล์ระเหย เท่ากับ 0.868 m/sและความเร็วอากาศด้าน คอยล์ควบแน่น เท่ากับ 1.876 m/s
5. ทำการทดลองที่ความเร็วอากาศด้าน คอยล์ระเหย เท่ากับ 1.604 m/sและความเร็วอากาศด้าน คอยล์ควบแน่น เท่ากับ 0.724 m/s
6. ทำการทดลองที่ความเร็วอากาศด้าน คอยล์ระเหย เท่ากับ 1.604 m/sและความเร็วอากาศด้าน คอยล์ควบแน่น เท่ากับ 1.056 m/s
7. ทำการทดลองที่ความเร็วอากาศด้าน คอยล์ระเหย เท่ากับ 1.604 m/sและความเร็วอากาศด้าน คอยล์ควบแน่น เท่ากับ 1.384 m/s
8. ทำการทดลองที่ความเร็วอากาศด้าน คอยล์ระเหย เท่ากับ 1.604 m/sและความเร็วอากาศด้าน คอยล์ควบแน่น เท่ากับ 1.876 m/s
9. ทำการทดลองที่ความเร็วอากาศด้าน คอยล์ระเหย เท่ากับ 1.176 m/sและความเร็วอากาศด้าน คอยล์ควบแน่น เท่ากับ 0.724 m/s
10. ทำการทดลองที่ความเร็วอากาศด้าน คอยล์ระเหย เท่ากับ 1.176 m/sและความเร็วอากาศด้าน คอยล์ควบแน่น เท่ากับ 1.056 m/s

11. ทำการทดลองที่ความเร็วอากาศด้าน คอยล์ระเหย เท่ากับ 1.176 m/sและความเร็วอากาศด้าน คอยล์ควบแน่น เท่ากับ 1.384 m/s

12. ทำการทดลองที่ความเร็วอากาศด้าน คอยล์ระเหย เท่ากับ 1.176 m/sและความเร็วอากาศด้าน คอยล์ควบแน่น เท่ากับ 1.876 m/s

13. ทำการทดลองที่ความเร็วอากาศด้าน คอยล์ระเหย เท่ากับ 2.128 m/sและความเร็วอากาศด้าน คอยล์ควบแน่น เท่ากับ 0.724 m/s

14. ทำการทดลองที่ความเร็วอากาศด้าน คอยล์ระเหย เท่ากับ 2.128 m/sและความเร็วอากาศด้าน คอยล์ควบแน่น เท่ากับ 1.056 m/s

15. ทำการทดลองที่ความเร็วอากาศด้าน คอยล์ระเหย เท่ากับ 2.128 m/sและความเร็วอากาศด้าน คอยล์ควบแน่น เท่ากับ 1.384 m/s

16. ทำการทดลองที่ความเร็วอากาศด้าน คอยล์ระเหย เท่ากับ 2.128 m/sและความเร็วอากาศด้าน คอยล์ควบแน่น เท่ากับ 1.876 m/s

3.4.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบคอยล์ลูปเทอร์โมไซฟอน

ในการทดลองจะวัดอุณหภูมิขาเข้า, ขาออก และความเร็วของอากาศทั้งสองสาย การคำนวณเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถหาได้ดังนี้

การคำนวณค่าปริมาณความร้อน

ปริมาณความร้อนด้านคอยล์ระเหย

$$Q_h = m_h c_{ph}(T_1 - T_2) \qquad (3.1)$$

ปริมาณความร้อนด้าน คอยล์ควบแน่น

$$Q_c = m_c c_{pc}(T_4 - T_3) \qquad (3.2)$$

ปริมาณความร้อนเฉลี่ย

$$Q_{avg} = \frac{Q_h + Q_c}{2} \qquad (3.3)$$

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (UA)

จากสมการ $$Q = UA(\Delta T_{lm}) \quad (3.4)$$

จะได้ $$UA = \frac{Q_{avg}}{\Delta T_{lm}} \quad (3.5)$$

โดยที่ $$\Delta T_{lm} = \frac{(T_1 - T_4) - (T_2 - T_3)}{\ln\left(\frac{T_1 - T_4}{T_2 - T_3}\right)} \quad (3.6)$$

การคำนวณสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

สมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนด้าน คอยล์ระเหย

$$E_{hx,h} = \frac{C_h(T_1 - T_2)}{C_{\min}(T_1 - T_3)} \quad (3.7)$$

สมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนด้าน คอยล์ควบแน่น

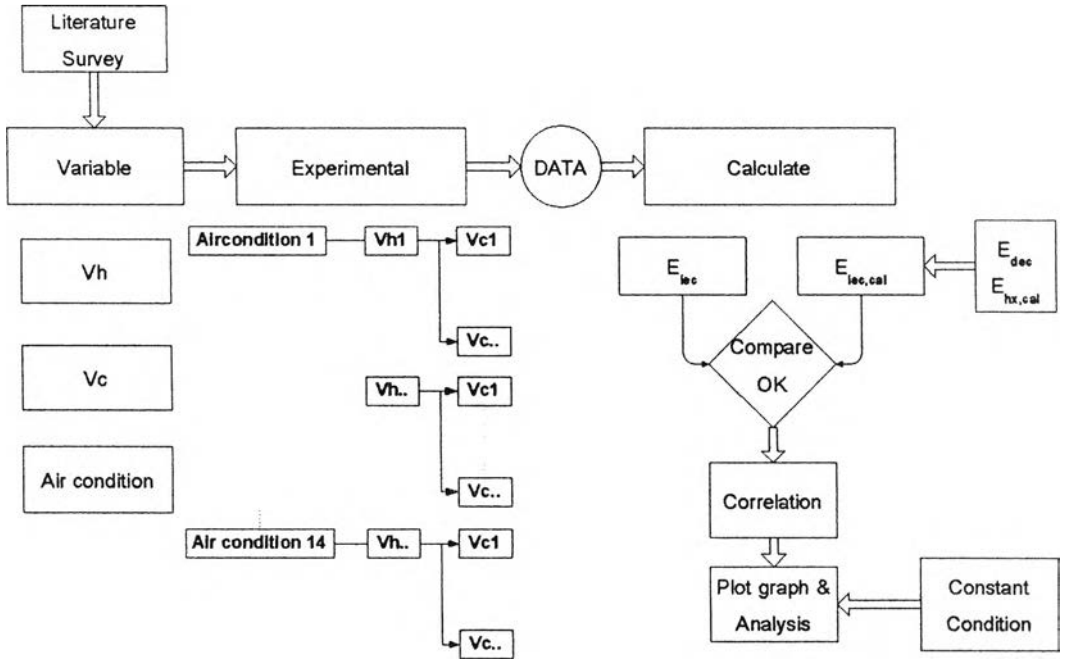
$$E_{hx,c} = \frac{C_c(T_4 - T_3)}{C_{\min}(T_1 - T_3)} \quad (3.8)$$

สมรรถนะของอุปกรณ์เฉลี่ย

$$E_{hx} = \frac{E_{hx,h} + E_{hx,c}}{2} \quad (3.9)$$

เมื่อทำการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมและค่าสมรรถนะของการทดลองในแต่ละกรณีทดลองแล้ว นำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศสองสายในรูปตัวเลขเรย์โนลด์กับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ที่ผลต่างของอุณหภูมิอากาศขาเข้าทั้งสองสาย

3.4.3 ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม



รูปที่ 3.18 แผนภาพแสดงการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม

3.4.3.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. เปิดน้ำให้ไหลเวียนผ่านวัสดุผิวเปียกให้วัสดุผิวเปียกชุ่มน้ำ
2. เปิดพัดลมด้าน คอยล์ระเหย และ คอยล์ควบแน่น โดยปรับค่าความเร็วลมให้ได้ตามต้องการ โดยใช้สวิทซ์พัดลมและแดมเปอร์
3. รอจนอุณหภูมิของอากาศขาออกของทั้งสองสายคงที่ บันทึกอุณหภูมิอากาศขาเข้าและขาออกจากอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม

โดยการทดลองทั้งหมดจะแบ่งออกเป็นกรณีของการทดลองซึ่งมีตัวแปรแตกต่างกันในแต่ละการทดลองคือ สภาวะอากาศภายนอก, ความเร็วของอากาศด้าน คอยล์ระเหย, ความเร็วของอากาศด้าน คอยล์ควบแน่น โดยทดลองทั้งหมด 14 สภาวะอากาศซึ่งในแต่ละสภาวะอากาศจะทดลองตามกรณีที่ความเร็วอากาศด้าน คอยล์ระเหย และ คอยล์ควบแน่น เหมือนในการทดลองที่ 3.4.2

3.4.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม

เนื่องจากอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมนั้นเป็นอุปกรณ์ที่นำเอาอุปกรณ์สองอุปกรณ์มาต่อร่วมเข้าด้วยกัน ดังนั้นสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมนั้นย่อมจะขึ้นกับสมรรถนะของอุปกรณ์ร่วมทั้งสองตัว

ดังนั้นในการวิเคราะห์หาสหสัมพันธ์เพื่อทำนายค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมจึงวิเคราะห์โดยให้ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์สองอุปกรณ์เป็นตัวแปรเพื่อที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้เมื่อเปลี่ยนชนิดของอุปกรณ์

การคำนวณหาค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม (E_{iec}) นั้นหาสามารถหาได้อยู่ในเทอมของค่าของค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง (E_{dec}) และค่าสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (E_{hx}) ได้เป็นสมการดังนี้

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

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมขึ้นอยู่กับผลคูณของสมรรถนะอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงกับสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอัตราส่วนของค่า $C_{\min} / C_h$ ซึ่งค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทั้งสองได้จากการวิเคราะห์ดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว

ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลในการทดลองนี้จะเป็นการเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากสมการที่ (3.10) กับค่าที่สมรรถนะของอุปกรณ์ที่ได้จากการทดลองจริง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสหสัมพันธ์ที่ได้

3.4.4 การวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม

จากค่าสหสัมพันธ์ของสมรรถนะของอุปกรณ์ที่ได้จากการทดลอง สามารถนำมาวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ โดยทดลองแทนค่าตัวแปรสภาวะคงที่ตัวแปรอื่นคงที่ นำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์กับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ โดยทำการทดลองแทนค่าดังนี้

1. พิจารณาผลของความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหย โดยแทนค่าความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยตั้งแต่ 0.5 – 3 m/s โดยที่ความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นคงที่เท่ากับ 0.5, 1, 1.5, 2 และ 3 m/s ที่อุณหภูมิอากาศ 32 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 60 %

2. พิจารณาผลของความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่น โดยแทนค่าความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นตั้งแต่ 0.5 – 3 m/s โดยที่ความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยคงที่เท่ากับ 0.5, 1, 1.5, 2 และ 3 m/s ที่อุณหภูมิอากาศ 32 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 60 %

3. พิจารณาผลของสภาวะอากาศ โดยแทนค่าผลต่างอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกตั้งแต่ 5-11 °C โดยที่ความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยและคอยล์ควบแน่นคงที่เท่ากับ 1 m/s

3.4.4 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมมาใช้ในงานอุตสาหกรรม

จากค่าสหสัมพันธ์ของสมรรถนะของอุปกรณ์ที่ได้จากการทดลอง นำมาคำนวณค่าสมรรถนะของอุปกรณ์และอุณหภูมิอากาศที่ได้จากอุปกรณ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมมาใช้ โดยใช้ข้อมูลสภาวะอากาศในแต่ละเดือน โดยใช้ข้อมูลทั้งหมด 12 เดือน (1 ปี)