

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนาและทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทดลองเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงาน และสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอชนิดแยกส่วน ระบบ เปิด-ปิด ที่ใช้สารทำความเย็น R-22 จำนวน 2 ขนาด คือขนาด 12,301 Btu/h และขนาด 24,800 Btu/h ก่อนและหลังการปรับปรุง โดยการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างท่อ Suction กับ Liquid และอุปกรณ์สมดุลความดันในระบบ เพื่อเป็นแนวทางในการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในอาคารสำนักงาน และอาคารบ้านที่อยู่อาศัย โดยมีขั้นตอนและวิธีดำเนินการดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้วางแผนการดำเนินการ โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเพิ่มสมรรถนะการทำความเย็นในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับการรักษาความดันในระบบมีดังนี้

- 1) ศึกษาทฤษฎีและหลักการทํางานระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ พร้อมกับสำรวจปัญหาเพื่อนำไปวิเคราะห์ แก้ไข ปรับปรุง
- 2) ศึกษาทฤษฎีแนวคิดหลักการเพิ่มสมรรถนะของระบบการทำความเย็นชนิดอัดไอ
- 3) ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 4) กำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขต สมมติฐาน และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำวิจัย
- 5) ศึกษาทฤษฎีการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อเพิ่มสมรรถนะการทํางานของระบบการทำความเย็น
- 6) ศึกษาวิธีในการควบคุมสมดุลความดันของสารทำความเย็นในระบบในช่วงหยุดทํางาน เพื่อหาแนวทางการประหยัดพลังงาน และลดการสูญเสียพลังงานในช่วงที่ระบบตัดแล้วเริ่มต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์
- 7) ศึกษาและค้นหาข้อมูล หลักวิธีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ
- 8) กำหนดขนาดห้องที่เหมาะสมกับภาระการทำความเย็นที่ใช้ในการทดสอบ
- 9) ดำเนินการจัดซื้อจัดหาอุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบระบบ
- 10) ออกแบบ สร้างและติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและชุดอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นเข้ากับระบบเครื่องปรับอากาศ

11) ทำการติดตั้งเครื่องมือวัด และทดสอบวัดแล้วนำผลข้อมูลที่ได้จากการบันทึกค่ามาวิเคราะห์เพื่อหาตัวแปรต่างๆ เพื่อ เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า ค่า COP และค่า EER ก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

12) ดำเนินการทดสอบวัดแล้วนำผลข้อมูลที่ได้จากการบันทึกค่ามาวิเคราะห์เพื่อหาตัวแปรต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า ค่า COP และค่า EER ก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับชุดอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็น

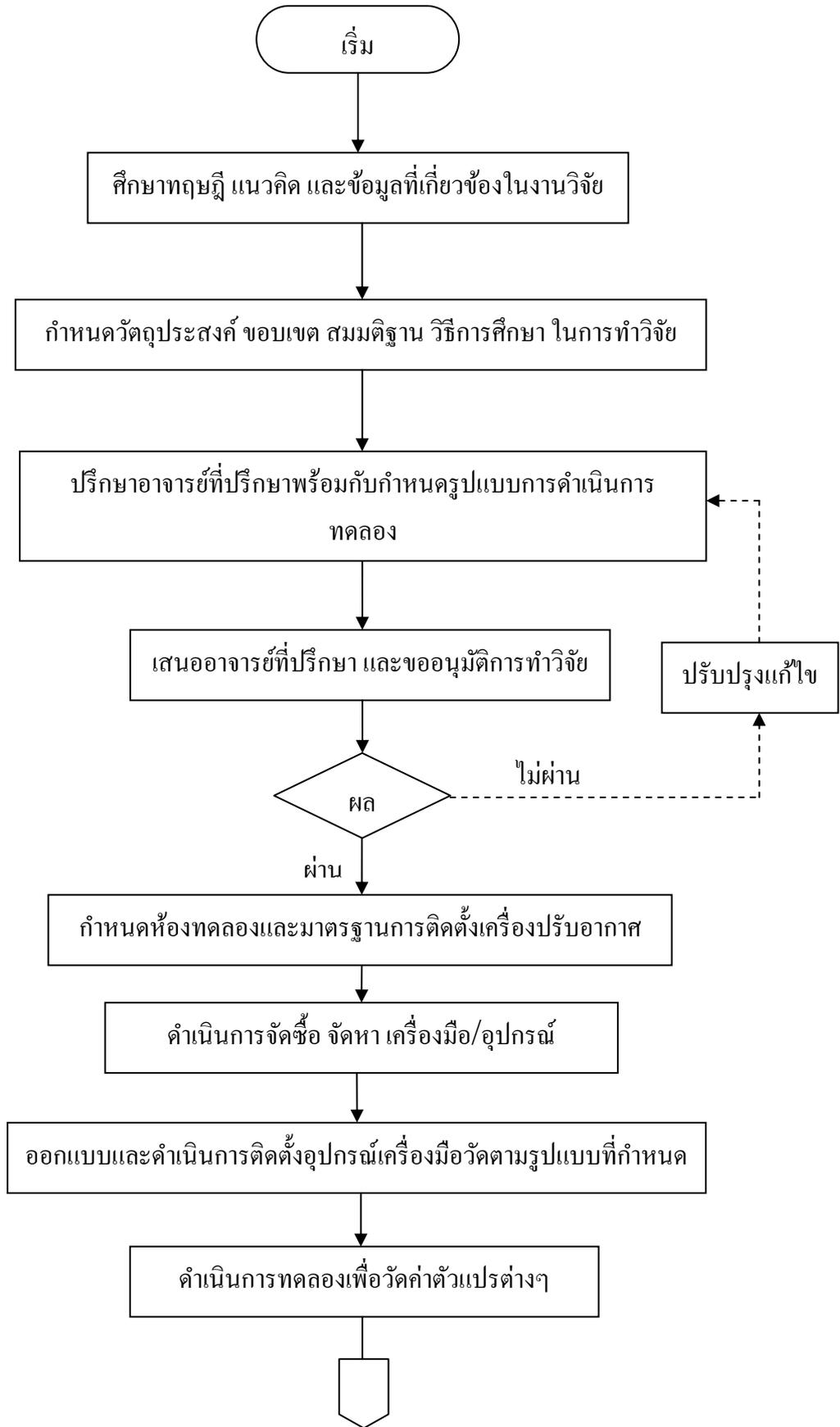
13) วิเคราะห์ผลการทดลอง พร้อมกับแก้ไขปรับปรุง

14) วิเคราะห์ความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนดำเนินการเพิ่มสมรรถนะและประหยัดพลังงานในระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ

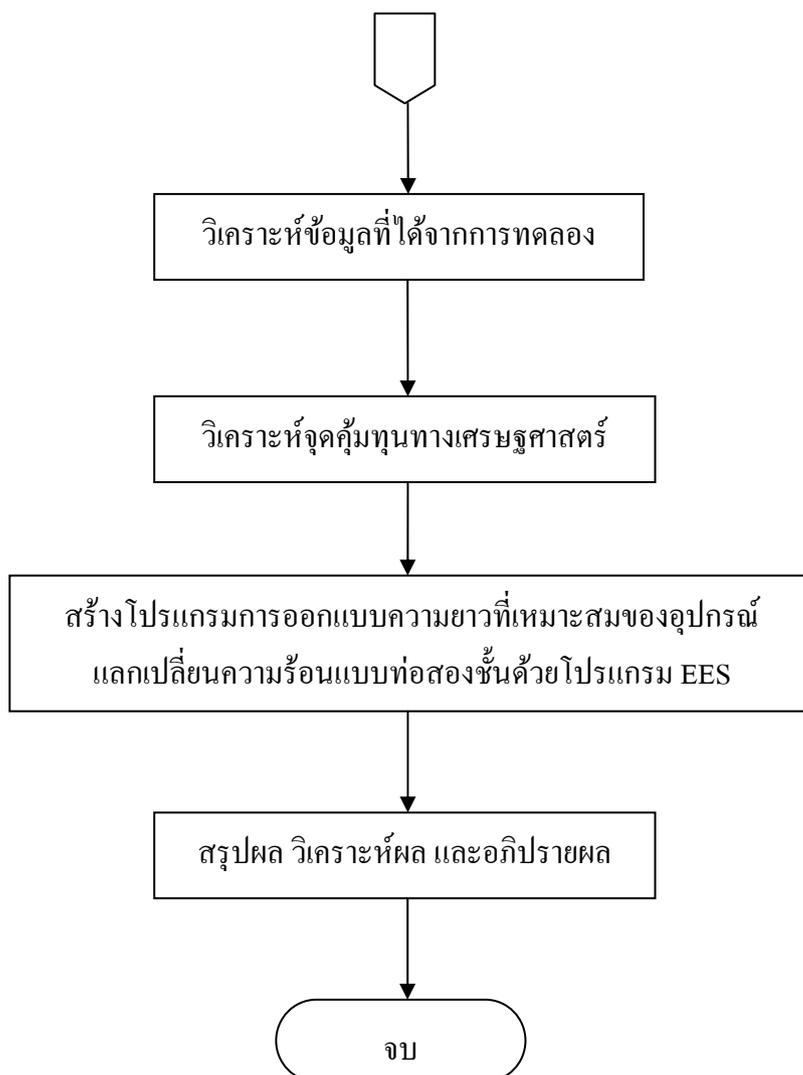
15) สร้างโปรแกรมคำนวณทางคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป EES (Engineering Equation Solver) Ver.Demo เพื่อทำนายผลการทดลองในการนำไปออกแบบความยาวของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพต่างๆกัน

16) สรุปผล และอภิปรายผลการทดลอง พร้อมทั้งทำรายงานผล

จากหัวข้อลำดับขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัยข้างต้นนี้ สามารถนำไปเขียนแผนภาพวิธีการดำเนินการได้ดังนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย (ต่อ)

3.2 อุปกรณ์ และเครื่องมือวัดที่ใช้ในงานวิจัย

อุปกรณ์ และเครื่องมือ ที่ใช้ในการทำวิจัยมีดังต่อไปนี้

3.2.1 เครื่องปรับอากาศชนิดอัดไอแบบแยกส่วน

งานวิจัยนี้ทดลองกับเครื่องปรับอากาศชนิดอัดไอแบบแยกส่วน ที่ใช้สารทำความเย็น R-22 อยู่ 2 ขนาด โดยมีข้อมูลรายละเอียดของเครื่องปรับอากาศดังนี้คือ

- 1) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,301 BTU/h มีข้อมูลทางเทคนิคดังนี้

ก. คอมเพรสเซอร์แบบ Hermetic แบบ โรตารี รุ่น RH 207 VHAT ปริมาตรคูด (Piston Displacement) = 20.7 cc./rev. (1.26 in³/rev.) จำนวน 1 สูบ ระบบไฟ 220-240 VAC. 1 เฟส ความถี่ 50 Hz

ข. สมรรถนะของการทำความเย็น (Refrigerating capacity) = 12,221/12,301 BTU/h (3,080/3,100 kcal/h) ($\pm 5\%$) กระแสไฟฟ้า 6.16/5.90 A

ค. งานที่ให้กับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ 1,160 /1,190 W ($\pm 5\%$)

ง. ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น,EER =10.54/10.34 BTU/h-W (2.66 /2.61 kcal/hW)

จ. มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ขนาด 1.0 kW 220-240 VAC 50 Hz 1 Phase 55/60 A 2,840/2,860 rpm.

2) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 24,800 BTU/h มีข้อมูลทางเทคนิคดังนี้

ก. คอมเพรสเซอร์แบบ Hermetic แบบโรตารี รุ่น NH41VNDT ปริมาตรดูด (Piston Displacement) = 41.8 cc./rev. (2.55 in³/rev.) (7.27 m³/h) จำนวน 1 สูบ ระบบไฟ 220-240 VAC. 1 เฟส ความถี่ 50 Hz

ข. สมรรถนะของการทำความเย็น (Refrigerating capacity) = 24,602/24,800 BTU/h (6,200/6,250 kcal/h) ($\pm 5\%$) กระแสไฟฟ้า 11.3/10.6 A

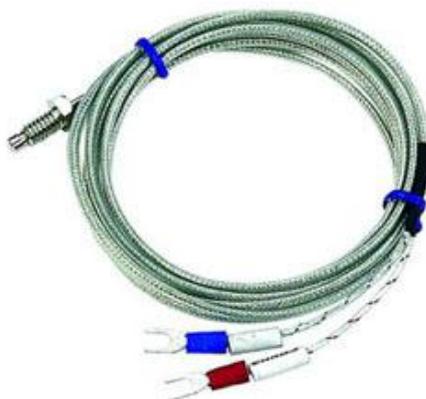
ค. งานที่ให้กับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ 2,420 /2,460 W ($\pm 5\%$)

ง. ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น,EER = 10.17/10.08 BTU/h-W(2.56/2.54 kcal/hW)

จ. มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ขนาด 1.9 kW 220-240 VAC 50 Hz 1 Phase 55/60 A 2,850/2,900 rpm.

3.2.2 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) type T

ใช้วัดอุณหภูมิสารทำความเย็น R-22 ที่ท่อทางทุกตำแหน่งของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้ทดสอบ ตรวจสอบวัดอุณหภูมิโดยทำการบันทึกลงในเครื่องมือบันทึกอุณหภูมิ Advantech USB-4718 Portable Data Acquisition Module และแสดงผลค่าอุณหภูมิออกทางจอคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.2 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคัปเปิล

3.2.3 เครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิแบบดิจิทัล (The Digital humidity & Temperature meter)



รูปที่ 3.3 เครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิแบบดิจิทัล

ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ ยี่ห้อ CEM รุ่น DT-321S สามารถวัดได้ทั้งความชื้นสัมพัทธ์, อุณหภูมิกระเปาะเปียก, อุณหภูมิกระเปาะแห้ง และอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศได้ เป็นมาตรวัดของพลังงานความร้อนของอากาศโดยแสดงทั้งมาตรวัดอุณหภูมิทั้งในระบบ SI ($^{\circ}\text{C}$) และระบบอังกฤษ ($^{\circ}\text{F}$)

3.2.4 เครื่องมือบันทึกอุณหภูมิ Advantech USB-4718 Portable Data Acquisition Module



รูปที่ 3.4 เครื่องมือบันทึกอุณหภูมิ Advantech USB-4718 Portable Data Acquisition Module

Advantech USB-4718 เป็นอุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิ เชื่อมต่อกับเทอร์โมคัปเปิล 8 ช่องทาง พร้อมแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสาย USB 2.0 และ Software & Driver ความละเอียด 16 bit รองรับกระแสไฟเข้า 4 ~ 20 mA

3.2.5 แมนิโฟลด์เกจ (manifold gauge)



รูปที่ 3.5 เครื่องมือวัดความดัน manifold gauge

manifold gauge ใช้สำหรับวัดความดันของสารทำความเย็น R-22 ทั้งทางด้านดูด (ความดันต่ำ) และทางด้านอัด (ความดันสูง) ของระบบเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ ลักษณะของแมนิโฟลด์เกจประกอบด้วยวาล์ว 2 ตัว คือ เป็นวาล์วทางด้านต่ำ (Compound) และวาล์วทางด้านสูง (Pressure) และมีสายท่อทางเดินของไอสารทำความเย็น 3 ทางคือ สายสีน้ำเงินต่อกับระบบทางต่ำ สายสีแดงต่อกับระบบทางสูง ส่วนสายสีเหลืองที่อยู่ตรงกลางที่จะต่อเข้าถังสารทำความเย็น เมื่อต้องการเติมสารทำความเย็นหรือต่อเข้าเครื่องสุญญากาศเมื่อต้องการดูดอากาศเพื่อทำสุญญากาศในระบบ

เกจวัดแรงดันด้านต่ำ (Compound gauge) ซึ่งจะมีสเกลที่สามารถวัดความดันทางดูดหรือด้านความดันต่ำตั้งแต่ 0-350 psig และมีสเกลของเกจวัดสุญญากาศ (Vacuum) ตั้งแต่ 0-30 นิ้วปรอท (inHg) ด้วย

เกจวัดแรงดันด้านต่ำ โดยทั่วไปจะมีสีน้ำเงิน

เกจวัดแรงดันทางด้านสูง (Pressure gauge) ซึ่งจะมีสเกลวัดแรงดันทางด้านอัดได้ตั้งแต่ 0-500 psig โดยปกติทั่วไปเกจวัดแรงดันทางด้านสูงจะมีสีแดง

3.2.6 เครื่องวัดกระแส (clip Ammeter หรือ clamp-on ammeter)



รูปที่ 3.6 เครื่องวัดกระแส clip Ammeter

clip Ammeter เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่ากระแสไฟฟ้า สามารถวัดได้ทั้งกระแสตรงและกระแสสลับ วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า และความต้านทาน

3.2.7 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า กิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์ (Kilowatt Hour Meter)

เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า Kilowatt Hour Meter เป็นเครื่องมือที่วัดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าได้โดยตรง



รูปที่ 3.7 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า Kilowatt Hour Meter

3.2.8 ลีนควบคุมด้วยไฟฟ้า หรือโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)



รูปที่ 3.8 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)

ในงานวิจัยวิจัยนี้ใช้โซลินอยด์วาล์ว 2 ตัว คือโซลินอยด์วาล์วแบบปกติปิด (normally closed) และโซลินอยด์วาล์วแบบปกติเปิด (normally open)) เพื่อควบคุมการเปิดปิดสารทำความเย็นตามช่องทางในระบบ โดยที่โซลินอยด์วาล์วแบบปกติปิด (normally closed) จะติดตั้งที่ช่องทางออกคอนเดนเซอร์ ก่อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อปิดกั้นไม่ให้สารทำความเย็นไหลผ่านเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนได้ ในขณะที่คอมเพรสเซอร์หยุดการทำงาน เป็นการกักเก็บความดันสารทำความเย็นไว้ที่คอนเดนเซอร์ และจะเปิดช่องทางให้สารทำความเย็นไหลผ่านได้เมื่อคอมเพรสเซอร์ทำงาน ส่วนโซลินอยด์วาล์วแบบปกติเปิด (normally open) จะติดตั้งที่ท่อบายพาส (hot gas bypass) ซึ่งจะต่ออยู่ระหว่างท่ออัดของคอมเพรสเซอร์และท่อทางดูดของคอมเพรสเซอร์ เป็นตัวควบคุมปิดและเปิดสารทำความเย็นที่ไหลเข้าไปในระบบบายพาสสารทำความเย็นระหว่างท่ออัดไปยังท่อดูดทำงานโดยอาศัยแม่เหล็กไฟฟ้าในการเปิดปิดการไหลสารทำความเย็นในท่อบายพาส ลีนโซลินอยด์จะเปิดให้ไอสารความดันสูงไหลผ่านได้เมื่อคอมเพรสเซอร์หยุดการทำงาน เพื่อรักษาระดับความดันด้านสูงและด้านต่ำให้มีความสมดุลที่ความดันสูงกว่าระบบปกติ และในขณะที่เริ่มสตาร์ทมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ หรือเมื่อคอมเพรสเซอร์ทำงานลีนโซลินอยด์จะปิดช่องทางสารทำความเย็นซึ่งโซลินอยด์วาล์วที่ติดตั้งที่ท่อบายพาสจะทำหน้าที่อันเดอร์โหลด (under loading) เพราะในช่วงของการสตาร์ท มอเตอร์คอมเพรสเซอร์จะดูดกระแสไฟสูงมาก

3.2.9 วาล์วกันกลับ (check valve)



รูปที่ 3.9 วาล์วกันกลับ (check valve)

วาล์วกันกลับเป็นแบบสปริง (Spring type) ซึ่งทำหน้าที่เป็นวาล์วที่ยอมให้สารทำความเย็นไหลผ่านได้ในทิศทางเดียว โดยใช้แรงดันของสารทำความเย็นในระบบดันลีนให้เปิดและสารทำความเย็นไหลผ่านได้ แต่ถ้าสารทำความเย็นไหลย้อนกลับทางลีนของวาล์วกันกลับจะปิดไม่ยอมให้สารทำความเย็นไหลย้อนกลับได้ ในงานวิจัยนี้จะทำการติดตั้งวาล์วกันกลับขนาด 3/8 นิ้ว ที่ท่อทางเข้าคอนเดนเซอร์หรือท่อทางออกคอมเพรสเซอร์ ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้สารทำความเย็นเหลวที่คอนเดนเซอร์ไหลย้อนกลับมายังคอมเพรสเซอร์ และวาล์วกันกลับขนาด 5/8 นิ้ว ที่ท่อทางเข้าคอมเพรสเซอร์ทำหน้าที่ไม่ให้ไอสารทำความเย็นความดันสูงจากท่อบายพาส ไหลย้อนไปยังเครื่องระเหย ซึ่งวาล์วกันกลับทั้งสองตัวจะติดตั้งอยู่ที่ท่อบายพาสซึ่งจะต่ออยู่ระหว่างท่ออัดของคอมเพรสเซอร์และท่อทางดูดของคอมเพรสเซอร์ เพื่อรักษาสมดุลความดันที่สูงกว่าระบบปกติที่ด้านความดันสูงและด้านความดันต่ำของระบบไว้ในขณะที่คอมเพรสเซอร์หยุดการทำงาน และเมื่อเทอร์โมสตัทต่อให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ทำงานอีกครั้ง ระบบซึ่งมีความสมดุลความดันสูงจากระบบบายพาสแล้ว จะทำให้เป็นการลดโหลดของคอมเพรสเซอร์ ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น

3.3 สถานที่ในการทำวิจัย

แผนกช่างยนต์ วิทยาลัยเทคโนโลยีบ้านจั่น 235 ถนนอุดร-ขอนแก่น ตำบลบ้านจั่น อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี

3.4 ตัวแปรที่ต้องการเก็บผลการทดสอบ

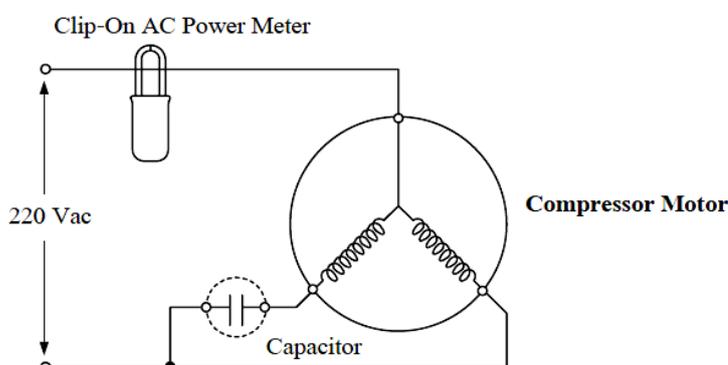
ตัวแปรที่ทำการวัดคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ มีดังนี้

- 1) ค่าความดันของสารทำความเย็นทางด้านดูด Suction และ ทางด้านอัด Discharge และค่าความดันของสารทำความเย็นที่จุดต่างๆ วัดโดยการใช้แมนิโพลด์เกจ
- 2) ค่าอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่จุดต่างๆ ตรวจสอบโดยใช้เทอร์โมคัปเปิล ตรวจสอบวัดที่ผิวท่อสารทำความเย็น ซึ่งมีการหุ้มฉนวนกันความร้อน บันทึกค่าอุณหภูมิลงในคอมพิวเตอร์ Notebook PC ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 8 Pro 32 bit ผ่านเครื่องบันทึกอุณหภูมิ 8 Channel ที่ต่อเชื่อมกับเทอร์โมคัปเปิล
- 3) ค่าความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิกระเปาะ และอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ ตรวจสอบวัดด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบดิจิตอล
- 4) ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศ ตรวจสอบวัดด้วยคลิปแอมป์มิเตอร์ (clip ammeter) และกิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์ (kilowatt-hour meter)

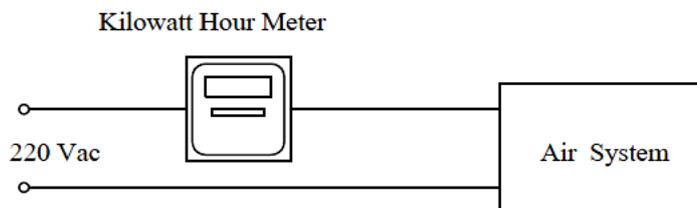
3.5 วิธีการวัดพลังงานไฟฟ้า และการคิดค่าไฟฟ้า

การวัดพลังงานไฟฟ้า จะทำการวัดบันทึกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทั้งหมด คือ มอเตอร์พัดลมที่คอนเดนเซอร์ มอเตอร์พัดลมที่เครื่องระเหย และมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ โดยทำการวัดปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์แต่ละตัว จากนั้นค่าที่วัดได้ไปแทนค่าสมการ เพื่อหาค่ากำลังงานไฟฟ้าตามสมการที่ (2.11) ดังนี้

$$P_c = E \cdot I \cdot PF$$



รูปที่ 3.10 แสดงวงจรการวัดกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์คอมเพรสเซอร์



รูปที่ 3.11 แสดงวงจรการวัดกำลังงานไฟฟ้า

3.6 สภาพและห้องที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) ขนาดห้องที่ใช้การทดสอบติดตั้งเครื่องปรับอากาศ คือ 20 m^2
- 2) เติมน้ำยาทำความเย็นด้านความดันต่ำ 60-75 Psig (0.4-0.5 MPa) ตามมาตรฐานที่กำหนดมา กับเครื่องปรับอากาศ ในการเติมน้ำยาทำความเย็นจะทำการชั่งน้ำหนักก่อน และหลังเติมเพื่อให้ทราบถึงมวลของสารทำความเย็นที่ไหลเวียนในระบบ

- 3) การทดสอบหาค่าตัวแปรต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 ขนาด ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงมีด้วยกัน 3 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ทดลองก่อนการปรับปรุงโดยที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบท่อทางของเครื่องปรับอากาศ

กรณีที่ 2 ทดลองโดยการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเข้าไปในระบบของท่อทางระหว่าง ท่อ Suction (ท่อทางออกเครื่องระเหย) กับ Liquid (ท่อทางออกคอนเดนเซอร์) ของระบบเครื่องปรับอากาศ

กรณีที่ 3 ทดลองโดยการติดตั้งมีการติดตั้งทั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างท่อ Suction กับ Liquid ร่วมกับติดตั้งชุดอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบท่อทางของระบบเครื่องปรับอากาศ

- 4) สภาพในการทดลองหาค่าตัวแปรต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 ขนาด ในการทดลองทั้ง 3 กรณีจะใช้สภาวะเดียวกันในการทดลอง คือ สภาพอากาศขณะทำการทดสอบมีอุณหภูมิแวดล้อมบรรยากาศภายนอก (ลมก่อนเข้าสู่ชุด Condensing Unit) อยู่ในช่วงประมาณ $35 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ โดยพิจารณาทดลองวัดในสภาพอากาศที่ใกล้เคียงกันและมีค่าตรงตามที่กำหนด ให้อุณหภูมิในห้องทดสอบ (อุณหภูมิลมกลับเข้า Fan Coil Unit) โดยใช้หลอดไฟให้ความร้อน ขนาด 1500 Watt 2 ดวง เพื่อเป็นการจำลองสภาวะโหลดภายในห้อง และกำหนดตั้งค่าสวิทช์ควบคุมอุณหภูมิที่เทอร์โมสตัทของเครื่องปรับอากาศไว้ที่ $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ และเปิดสวิทช์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์พัดลมของชุด Fan Coil Unit คงที่ที่ความเร็วรอบสูงสุด (High Speed)



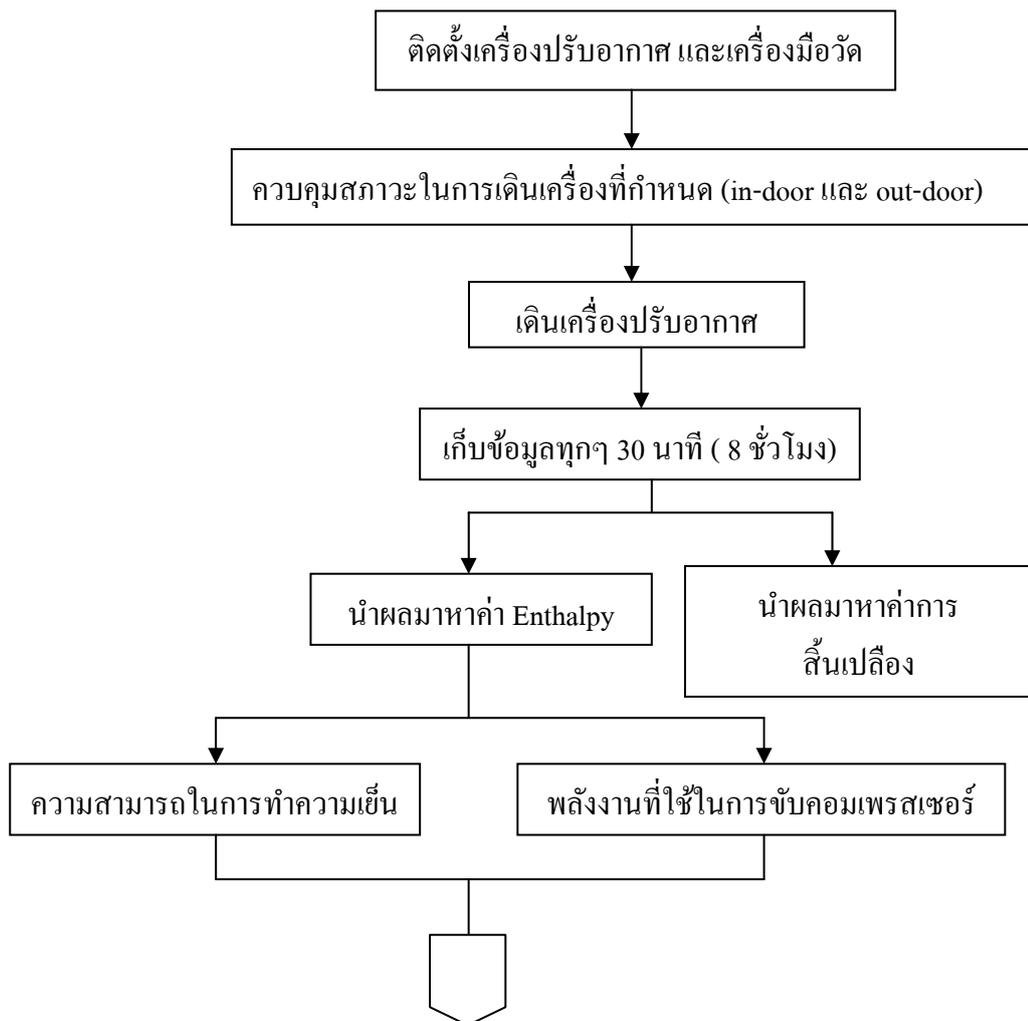
รูปที่ 3.12 แสดงการติดตั้งหลอดไฟให้ความร้อนในห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศ 12,301 BTU/h



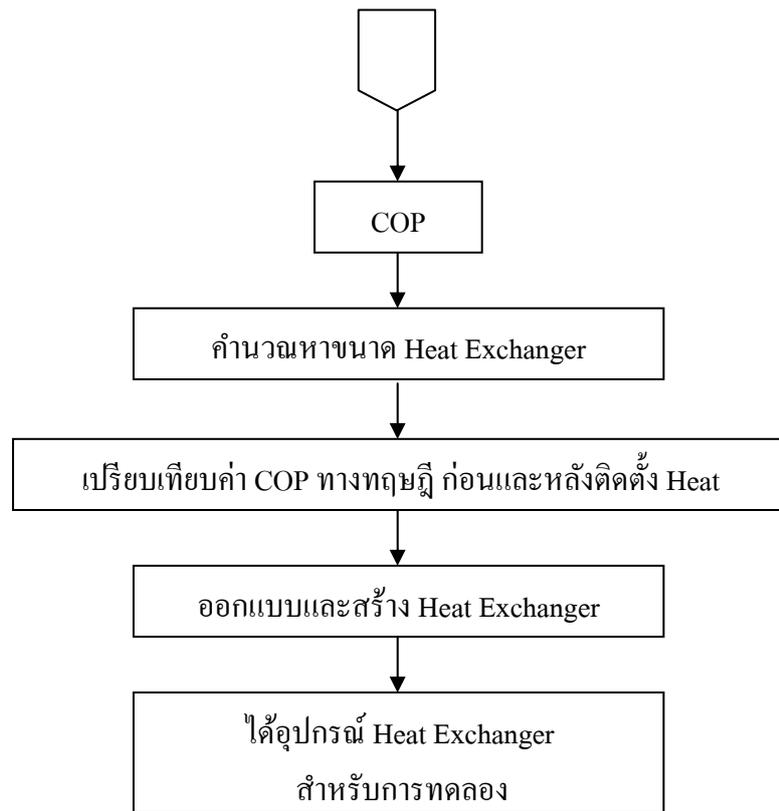
รูปที่ 3.13 แสดงการติดตั้งหลอดไฟให้ความร้อนในห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศ 24,800 BTU/h

3.7 การออกแบบหาขนาดความยาวของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

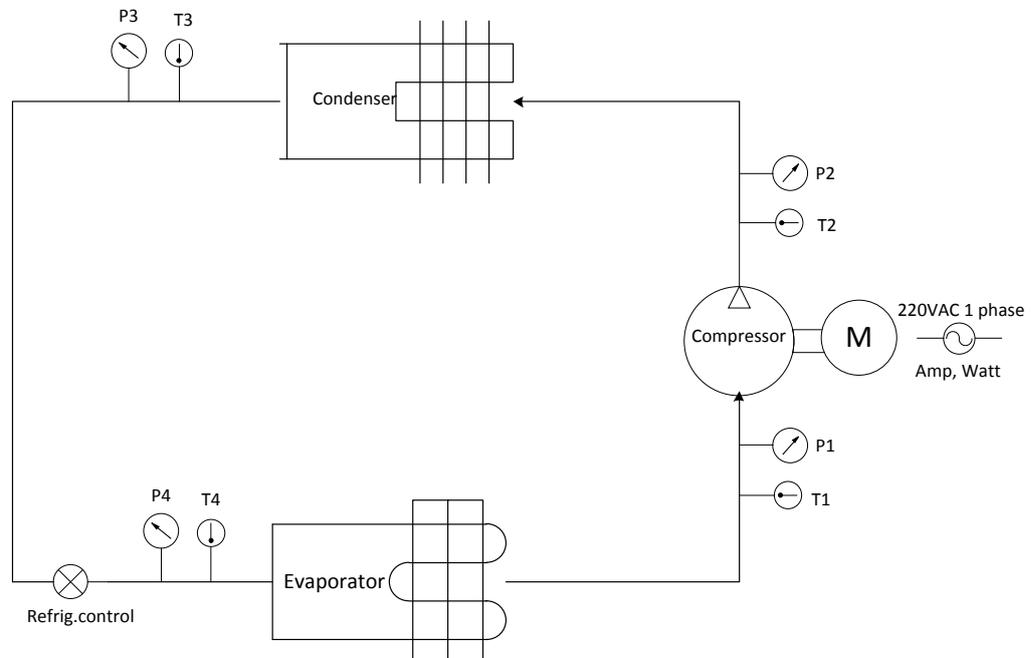
จากการศึกษาการเพิ่มสมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ผู้วิจัยได้เพิ่มอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) โดยทำการออกแบบสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น ท่อด้านในเป็นท่อ Suction และท่อด้านนอกเป็นท่อที่ต่อมาจากท่อ Liquid โดยให้สารทำความเย็นไหลภายในท่อทั้งสองเป็นแบบไหลสวนทางกัน เพื่อให้เพิ่มสมรรถนะของการทำความเย็นขึ้นในขณะที่เครื่องปรับอากาศทำงาน ตามหลักการทางทฤษฎีที่เหมาะสมกับระบบ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยคำนึงถึงค่าไอร้อนยวดยิ่งของระบบให้อยู่ในค่าที่เหมาะสมคือ 0.65 หรือค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 0.7 ซึ่งจากการออกแบบสามารถลดอุณหภูมิของ Subcool ได้อีก 4 °C โดยมีวิธีขั้นตอนการดำเนินงานออกแบบ ดังแสดงตามรูปที่ 3.14 ดังนี้



รูปที่ 3.14 แสดงขั้นตอนการออกแบบและสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 3.14 แสดงขั้นตอนการออกแบบและสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (ต่อ)



รูปที่ 3.15 แสดง Schematic Diagram ของอุปกรณ์และตำแหน่งการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อหาค่า COP และการใช้พลังงานไฟฟ้า ในการทดลองก่อนการปรับปรุง

เมื่อได้ทำการทดลองวัด เพื่อเก็บผลข้อมูลตัวแปรต่างๆ แล้ว ก็ได้นำค่าที่ได้จากการวัดนำมาคำนวณหา ค่าความสามารถในการทำความเย็น และ ค่า COP จากนั้นก็นำค่าที่ได้จากการวัดไปออกแบบอุปกรณ์ แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อปรับปรุงระบบให้มีค่า COP ที่มากขึ้น โดยการนำอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเข้าไปในระบบ เพื่อลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ท่อทางออกคอนเดนเซอร์ลงอีกตามค่าที่เหมาะสม เมื่อคำนวณหาขนาดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแล้วต่อไปคือการออกแบบและสร้าง อุปกรณ์ดังกล่าว เพื่อนำไปติดตั้งในระบบให้ได้บรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้



รูปที่ 3.16 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้นที่สร้างขึ้น(double pipe heat exchanger)

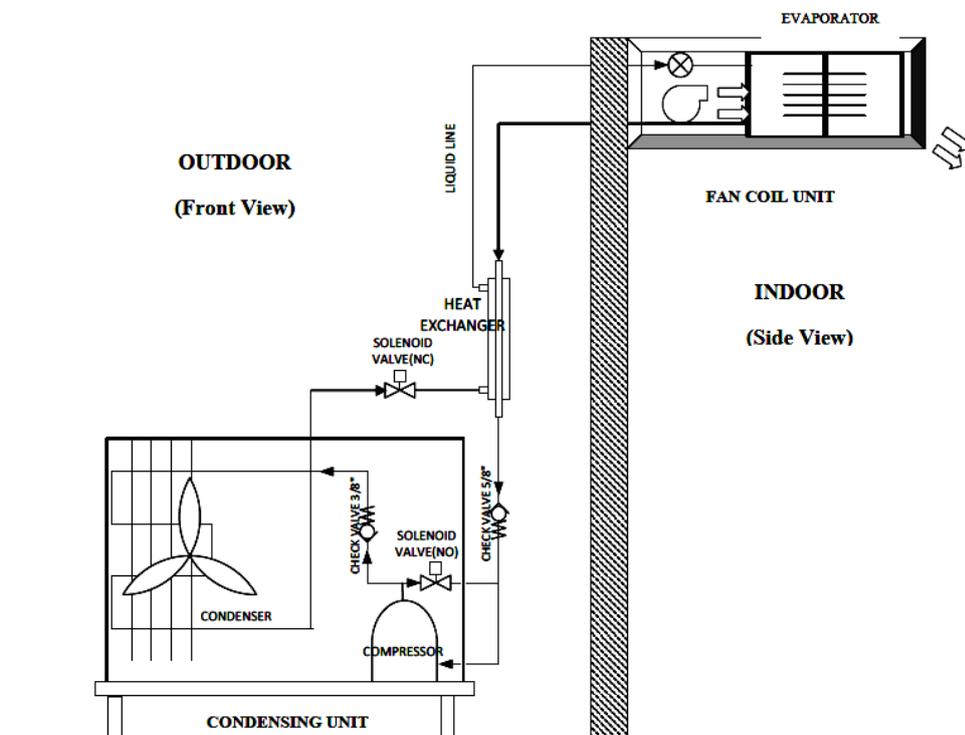
สำหรับวัสดุที่ใช้ในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้นสำหรับงานวิจัยนี้เป็นท่อทองแดง (Copper) โดยที่ท่อด้านในที่เป็นท่อ Suction (ไอสารทำความเย็น) ขนาด 1/4 in Type K (actual 3/8 in) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ OD. = 9.525 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ ID. = 7.75 mm และท่อด้านนอกที่เป็นท่อที่ต่อออกมาจากท่อ Liquid (สารทำความเย็นเหลว) เป็นท่อทองแดงขนาด 3/8 in Type L (actual 5/8 in) ที่มีขนาด OD. = 15.88 mm และขนาด ID. = 13.84 mm ผลจากการออกแบบคำนวณผู้วิจัยใช้ความยาวของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน = 41 cm ดังรูปที่ 3.16 (ตัวอย่างการคำนวณเพื่อออกแบบอุปกรณ์แสดงไว้ที่ภาคผนวก ข.)

3.8 การติดตั้งอุปกรณ์ และเครื่องมือวัด

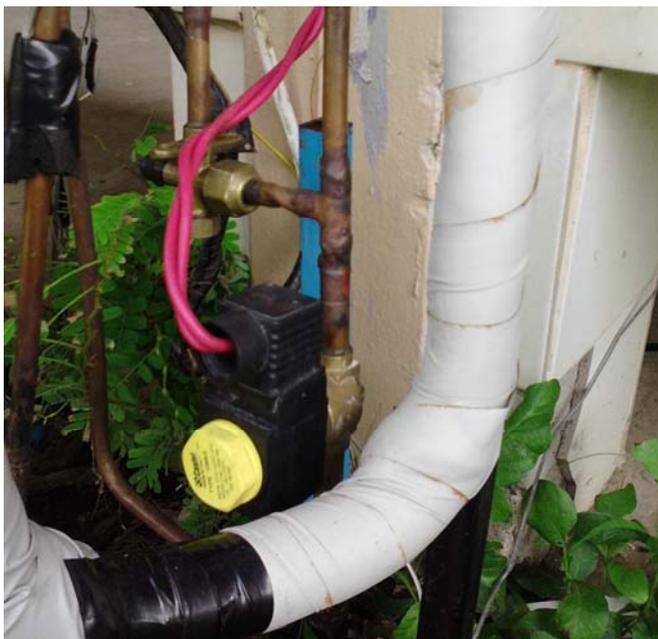
จากหัวข้อที่ 3.7 เมื่อได้ทำการออกแบบและสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแล้ว จากนั้นก็ดำเนินการสร้างชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และอุปกรณ์สมดุลความดัน ดังรูปที่ 3.17 แล้วนำไปติดตั้งในระบบเครื่องปรับอากาศ ดังแสดงตามรูปที่ 3.18 ดังนี้



รูปที่ 3.17 ชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็น



รูปที่ 3.18 แสดงส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบ



รูปที่ 3.19 แสดงการติดตั้งวาล์วโซลินอยด์ปกติปิดที่ทางออกคอนเดนเซอร์



รูปที่ 3.20 แสดงการติดตั้งวาล์วโซลินอยด์ปกติเปิดที่ท่อบายพาส



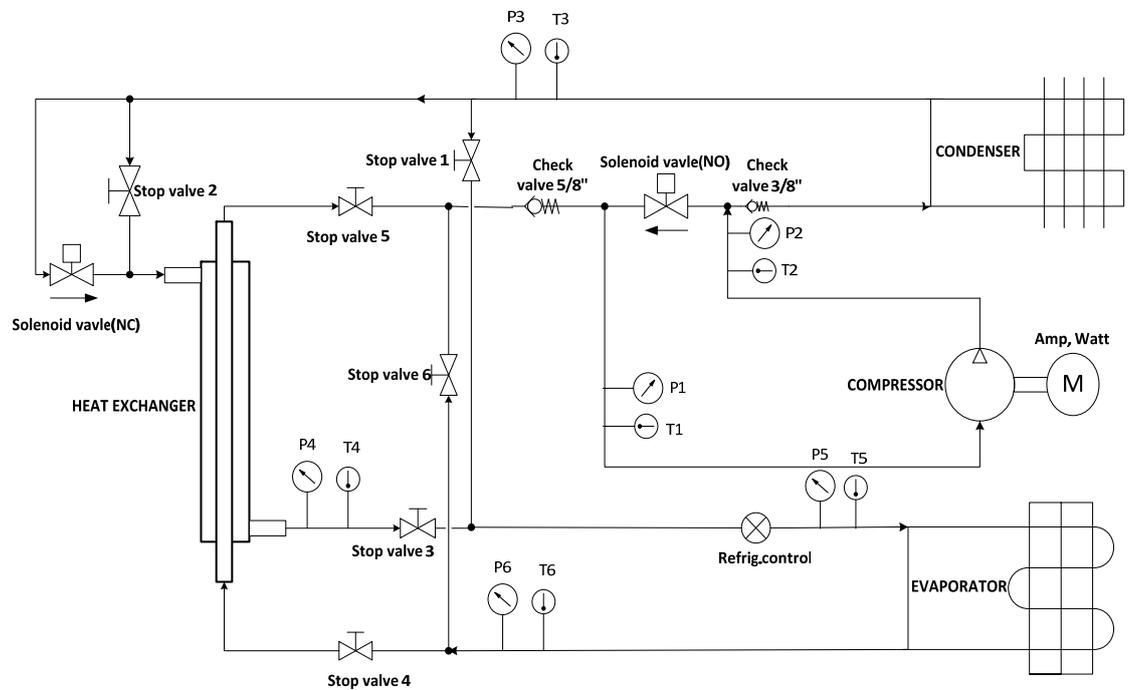
รูปที่ 3.21 แสดงการติดตั้งวาล์ววาล์วก้นกลับขนาด 3/8 in ที่ท่อทางเข้าคอนเดนเซอร์



รูปที่ 3.22 แสดงการติดตั้งวาล์ววาล์วก้นกลับขนาด 5/8 in ที่ท่อทางเข้าคอมเพรสเซอร์

ในการติดตั้งเครื่องมือวัดสถานะของสารทำความเย็นในระบบนั้น ได้ติดตั้งเกจวัดความดัน และติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลเพื่อวัดอุณหภูมิของสารทำความเย็นในระบบเครื่องปรับอากาศ เป็นจำนวน 6 จุด คือ จุดที่ 1 ที่ทางเข้าคอมเพรสเซอร์ จุดที่ 2 ที่ทางออกคอมเพรสเซอร์ จุดที่ 3 ที่ทางออกคอนเดนเซอร์ จุดที่ 4 ที่ทางออกอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนก่อนเข้าท่อรูเข็ม จุดที่ 5 ที่ทางออกท่อรูเข็มก่อนเข้าเครื่องระเหย และจุดที่ 6 ที่ทางออกเครื่องระเหยก่อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อนำค่าที่ได้

จากการวัดไปหาอนทาลปีโดยใช้โปรแกรม REFPROP 6.01 เพื่อใช้ในการดำเนินการการวิเคราะห์ระบบต่อไป แสดงดังรูปที่ 3.23 , 3.24, 3.25 และ 3.26



รูปที่ 3.23 แสดง Schematic Diagram ของอุปกรณ์และตำแหน่งการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อหาค่า COP และการใช้พลังงานไฟฟ้า ในการทดลองเครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 3.24 แสดงการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h



รูปที่ 3.25 แสดงการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h



รูปที่ 3.26 แสดงการวัดอุณหภูมิสารทำความเย็นในระบบโดยใช้ USB-4718

3.9 วิธีดำเนินการทดลอง

ในการทดลองในงานวิจัยนี้ ได้ดำเนินการทดลองโดยแบ่งวิธีดำเนินการทดลองแยกตามขนาดของเครื่องปรับอากาศ ดังนี้

3.9.1 การทดลองเครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,301 BTU/h

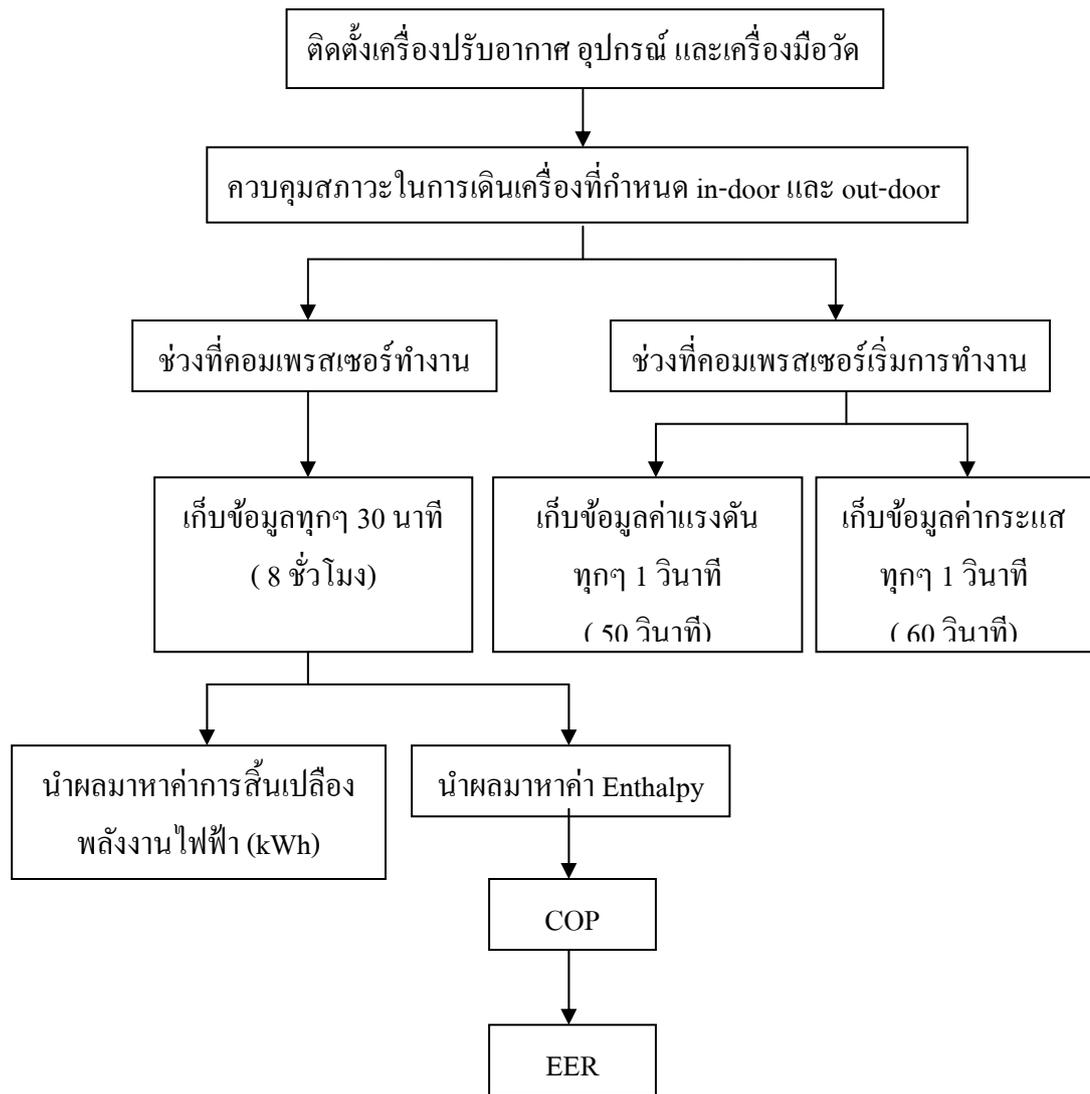
การทดลองเพื่อตรวจวัดค่าตัวแปรต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,301 BTU/h ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลอง 3 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ทดลองก่อนการปรับปรุง โดยที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบท่อทางของเครื่องปรับอากาศ

กรณีที่ 2 ทดลองหลังการปรับปรุง โดยการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเข้าไปในระบบของท่อทางระหว่างท่อ Suction (ทางออกเครื่องระเหย) กับ ท่อLiquid (ทางออกคอนเดนเซอร์) ของระบบเครื่องปรับอากาศ

กรณีที่ 3 ทดลองหลังการปรับปรุง โดยการติดตั้งมีการติดตั้งทั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างท่อ Suction กับ Liquid ร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบท่อทางของระบบเครื่องปรับอากาศ

ซึ่งทั้ง 3 กรณี มีขั้นตอนวิธีการทดลองดังแสดงตามรูปที่ 3.27 ดังนี้

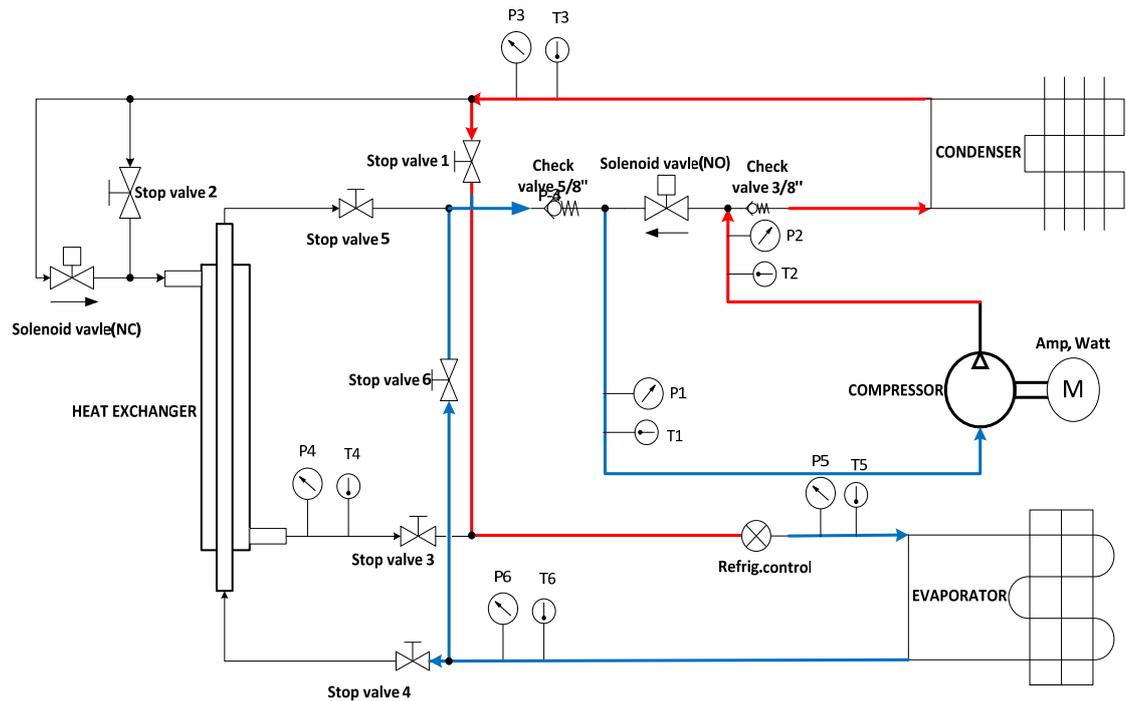


รูปที่ 3.27 แสดงขั้นตอนการดำเนินการทดลองเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h

โดยมีรายละเอียดการทดลองทั้ง 3 กรณีดังนี้

1) การเตรียมการทดลอง ติดตั้งอุปกรณ์ และเครื่องมือวัด

1.1) กรณีที่ 1 การทดสอบเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h ก่อนการปรับปรุง หลังจากการติดตั้งอุปกรณ์เข้าไปในระบบแล้ว ทำให้ความยาว และลักษณะการติดตั้งของท่อสารทำความเย็นที่ทดลองเปลี่ยนไป เนื่องมาจากการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ คืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน วาล์วกันกลับ วาล์วโซลินอยด์ และ เซอร์วิสวาล์วเพิ่มเข้าไปในระบบ ซึ่งสามารถมีผลทำให้ค่าที่ได้จากการวัดก่อนการปรับปรุงเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้หลังการปรับปรุงอาจคลาดเคลื่อนไปบ้าง ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลการทดลองก่อนและหลังการปรับปรุงระบบที่อยู่ในสถานะเดียวกัน ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองเครื่องปรับอากาศก่อนการปรับปรุงซ้ำอีก



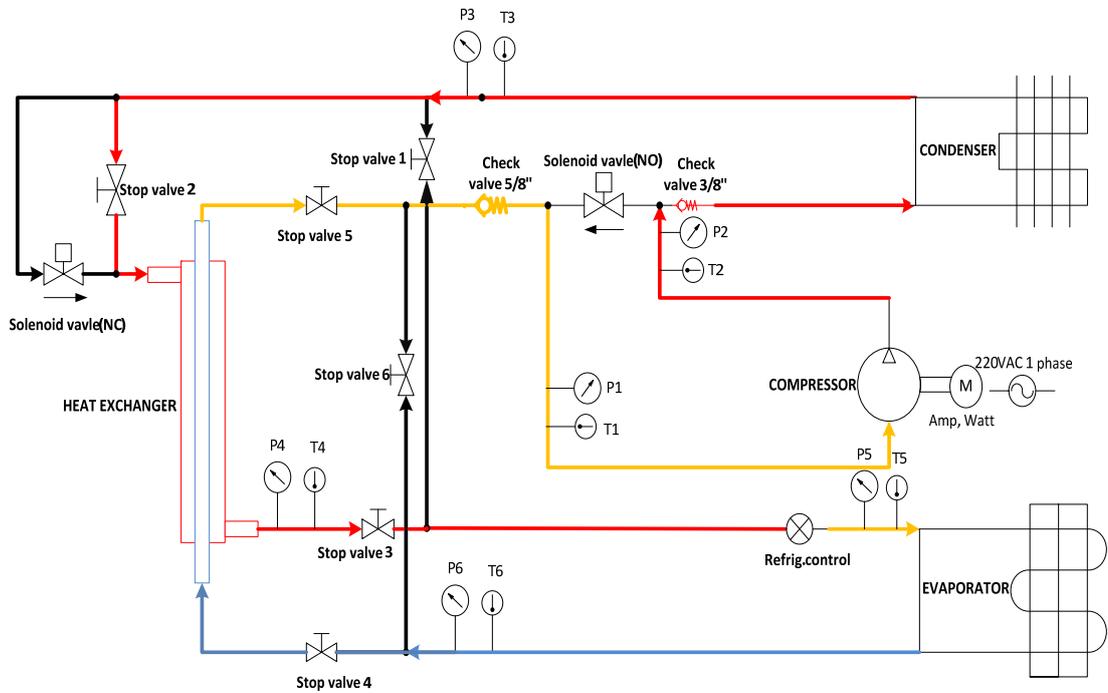
รูปที่ 3.28 แสดง Schematic Diagram ของอุปกรณ์และตำแหน่งการวัดในการทดลองก่อนปรับปรุง

จากรูปที่ 3.28 เป็นรูปที่แสดงถึงการทดลองก่อนปรับปรุง โดยมีอุปกรณ์ที่ควบคุมการปิดเปิดช่องทางการไหลของสารทำความเย็น คือ วาล์วโซลินอยด์ (Solenoid Valve) และ เซอร์วิสวาล์ว (Service Valve) หรือ Stop Valve จากรูปในการทดลองก่อนปรับปรุงผู้วิจัยได้ทำการควบคุมการเปิด-ปิดช่องทางการผ่านอุปกรณ์ทั้ง 2 คือ วาล์วโซลินอยด์ (Solenoid Valve) แบบปกติเปิดที่ติดตั้งกับท่อบายพาสจะมีการต่อวงจรไฟฟ้าเข้าอุปกรณ์ตลอดเวลาเพื่อปิดช่องทางบายพาสไม่ให้สารทำความเย็นไหลผ่านช่องทางนี้ในช่วงที่คอมเพรสเซอร์ตัดและต่อการทำงาน วาล์วโซลินอยด์แบบปกติปิดที่ติดตั้งก่อนทางเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทางท่อ Liquid จะไม่มีการต่อวงจรไฟฟ้าใดๆ ทำให้วาล์วปิดช่องทางไว้ตลอดการทดลอง ส่วน Stop Valve 1 , 6 จะเปิดช่องทาง และ Stop Valve 2 , 3, 4, 5 ปิดช่องทางไว้

ดังนั้นจากรูปที่ 3.28 การทดลองก่อนปรับปรุงนี้ สารทำความเย็นจะไหลผ่านอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ ที่มีเส้นทางการไหลของสารทำความเย็นตามลำดับดังนี้คือ ออกจากคอมเพรสเซอร์ → วาล์วกันกลับ 3/8 นิ้ว → คอนเดนเซอร์ → Stop Valve 1 → อุปกรณ์ลดความดันหรือท่อรูเข็ม → เครื่องระเหย → Stop Valve 6 → วาล์วกันกลับ 5/8 นิ้ว → ทางเข้าคอมเพรสเซอร์เพื่ออัดไอสารทำความเย็นเข้าสู่วงจรการทำงานต่อไป

ในการดำเนินการทดลองก่อนปรับปรุงนี้ ได้ทำการวัดค่าความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็นจำนวน 4 จุด คือที่จุดที่ 1 และจุดที่ 2 จุดที่ 3 และจุดที่ 5 คือที่ทางเข้าคอมเพรสเซอร์, ที่ทางออกคอมเพรสเซอร์, ที่ทางออกคอนเดนเซอร์ และที่ทางออกท่อรูเข็ม โดยที่ค่าความดันวัดด้วยแมนิโพลด์เกจ ค่าอุณหภูมิของสารทำความเย็นวัดด้วยเทอร์โมคัปเปิล พร้อมแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสาย USB 2.0 การวัดค่าพลังงานการใช้ไฟฟ้ารวมวัดด้วยกิโลวัตต์ฮิวร์มิเตอร์และทำการวัดกระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ด้วย clip Ammeter จำนวน 3 จุด คือที่มอเตอร์คอมเพรสเซอร์, มอเตอร์พัดลมที่คอนเดนเซอร์ และมอเตอร์พัดลมที่เครื่องระเหย

1.2) กรณีที่ 2 การทดสอบเครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,301 BTU/h หลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 3.29 แสดง Schematic Diagram ของอุปกรณ์และตำแหน่งการวัดของการทดลองหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น ระหว่างท่อ LIQUID (ด้านนอก) และ ท่อ SUCTION (ด้านใน) โดยให้สารทำความเย็นที่ไหลในท่อทั้งสองไหลสวนทางกัน เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นที่ออกจาก Condenser ซึ่งสารทำความเย็นมีสถานะเป็นของเหลวที่มีอุณหภูมิสูง กับสารทำความเย็นที่ออกจาก Evaporator ซึ่งสารทำความเย็นมีสถานะเป็นไอที่มีอุณหภูมิต่ำ ในช่วงที่เครื่องปรับอากาศทำงานวิธีการนี้จะเป็นการลดเอนทาลปีของสารทำความเย็น R-22 ก่อน

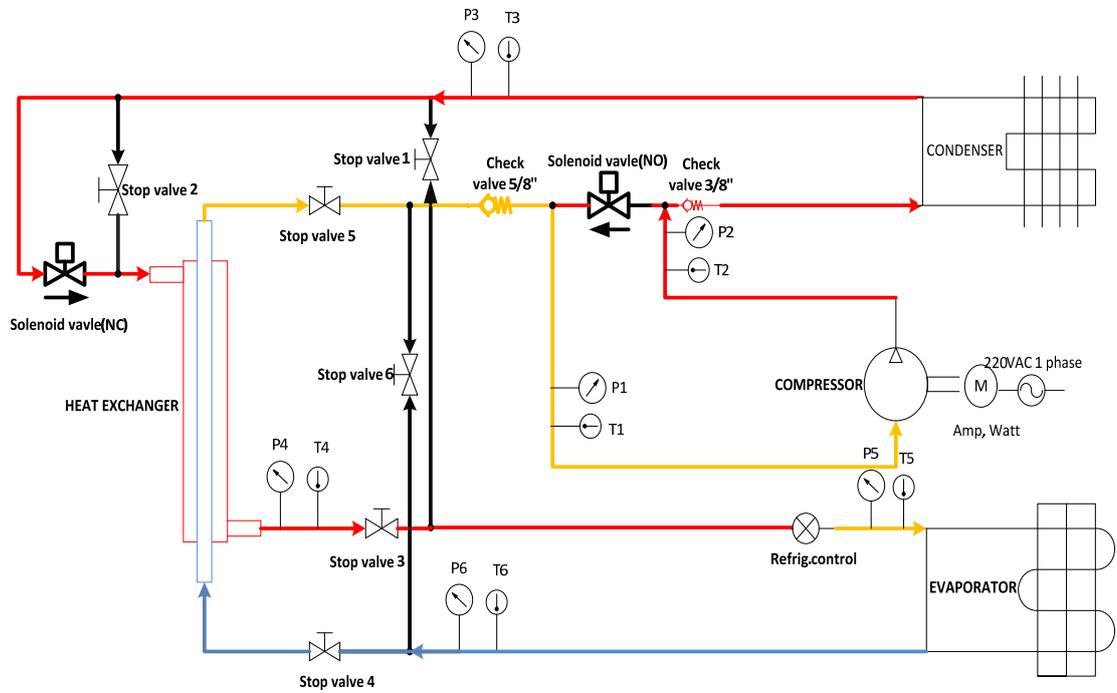
เข้าท่อรูเข็มลง และในขณะที่เดียวกันสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ก็จะมีสถานะเป็นไอร้อน ยวดยิ่งมากขึ้นเช่นแต่อยู่ในค่าที่เหมาะสมตามการออกแบบ ซึ่งจะเป็นการช่วยเพิ่มสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นมากขึ้นด้วยตามหลักการทางทฤษฎี

จากรูปที่ 3.29 เป็นรูปที่แสดงถึงการทดลองหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยที่มีอุปกรณ์ที่ควบคุมการปิด-เปิดช่องทางการไหลของสารทำความเย็น คือ วาล์วโซลินอยด์แบบปกติเปิดที่ติดตั้งกับท่อบายพาสจะมีการต่อวงจรไฟฟ้าเข้าอุปกรณ์ตลอดเวลาเพื่อปิดช่องทางการบายพาสไม่ให้สารทำความเย็นไหลผ่านช่องทางนี้ ทั้งในช่วงที่คอมเพรสเซอร์ตัดและต่อการทำงาน วาล์วโซลินอยด์แบบปกติปิดที่ติดตั้งก่อนทางเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทางท่อ Liquid จะไม่มีการต่อวงจรไฟฟ้าใดๆ ทำให้วาล์วปิดช่องทางไว้ตลอดการทดลองเช่นเดียวกันกับกรณีการทดลองก่อนการปรับปรุง แต่ในส่วนของอุปกรณ์ Stop Valve 1 , 6 จะปิดช่องทางไว้ และ Stop Valve 2 , 3, 4, 5 จะเปิดช่องทางให้สารทำความเย็นไหลผ่านได้

ดังนั้นจากรูปที่ 3.29 สามารถเขียนเส้นทางของสารทำความเย็นที่ไหลผ่านอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศตามลำดับดังนี้คือ ทางออกคอมเพรสเซอร์ → วาล์วกันกลับ 3/8 นิ้ว → คอนเดนเซอร์ → Stop Valve 2 → เข้าและออกอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน(สายร้อน) → Stop Valve 3 → อุปกรณ์ลดความดันหรือท่อรูเข็ม → เครื่องระเหย → Stop Valve 4 → ทางเข้าและออกอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน(สายเย็น) → Stop Valve 5 → วาล์วกันกลับ 5/8 นิ้ว → ทางเข้าคอมเพรสเซอร์ เพื่ออัดไอสารทำความเย็นเข้าสู่วงจรการทำงานต่อไป

ในการดำเนินการทดลองหลังการปรับปรุงในกรณีที่ 2 นี้ ได้ทำการวัดค่าความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็น จำนวน 6 จุด คือที่จุดที่ 1, 2 , 3, 4, 5 และจุดที่ 6 คือที่ทางเข้าคอมเพรสเซอร์, ทางออกคอมเพรสเซอร์, ทางออกคอนเดนเซอร์, ทางออกอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ท่อ Liquid (สายร้อน) , ทางออกท่อรูเข็มหรือทางเข้าเครื่องระเหย และที่ทางเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ท่อ Suction (สายเย็น)

1.3) กรณีที่ 3 การทดสอบเครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,301 BTU/h หลังการปรับปรุง ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันในระบบ



รูปที่ 3.30 แสดง Schematic Diagram ของอุปกรณ์และตำแหน่งการวัดของการทดลองหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันในระบบ

จากรูป 3.30 ผู้วิจัยก็ได้ออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์สมดุลความดันในระบบปรับอากาศเพิ่มเข้าไปในระบบ ดังนี้คือ

- วาล์วโซลินอยด์ปกติเปิด (Solenoid Valve ,Normally Open) ติดตั้งที่ท่อบายพาสไอสารทำความเย็นระหว่างท่อดูดกับท่ออัดของคอมเพรสเซอร์
- วาล์วโซลินอยด์ปกติปิด (Solenoid Valve ,Normally Close) ติดตั้งที่ท่อระหว่างทางออกของคอนเดนเซอร์ กับทางเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน(สายร้อน)
- วาล์วกันกลับ(Check valve) ขนาด 3 หุน ติดตั้งที่ท่อทางอัดหรือทางออกของคอมเพรสเซอร์
- วาล์วกันกลับ(Check valve) ขนาด 5 หุน ติดตั้งที่ท่อทางดูดหรือที่ทางเข้าของคอมเพรสเซอร์

โดยที่อุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นที่กล่าวมาทั้ง 4 ตัวนี้จะสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเริ่มต้นสตาร์ทมอเตอร์และยืดอายุการใช้งานของคอมเพรสเซอร์ได้ นั่นคือในช่วงขณะที่เครื่องปรับอากาศหยุดการทำงานไอสารทำความเย็นที่ด้านความดันสูง(ท่ออัด)จะไหลผ่านเข้าไปปนกับไอสารทำความเย็นที่ด้านความดันต่ำของคอมเพรสเซอร์ของท่อบายพาสโดยใช้วาล์วโซลินอยด์

เปิดให้สารทำความเย็นผ่านที่ท่อบายพาสนี้ได้ และวาล์วโซลินอยด์ที่ติดตั้งทางออกคอนเดนเซอร์ก็จะปิดกั้นไม่ให้สารทำความเย็นไหลความดันสูงไหลเข้าไปยังเครื่องระเหย ซึ่งเป็นการกักเก็บ และรักษาความดันของสารทำความเย็นไหลความดันสูงไว้ที่คอนเดนเซอร์ ในขณะที่วาล์วกันกลับ (Check valve) ที่ติดตั้งที่ทางท่ออัดของคอมเพรสเซอร์หรือที่ทางเข้าคอนเดนเซอร์ก็จะทำหน้าที่รักษาความดันไอสารทำความเย็นด้านสูงไว้ เพื่อไม่ให้สารทำความเย็นไหลบางส่วนในคอนเดนเซอร์ไหลย้อนกลับมาปนกับไอสารทำความเย็นที่คอมเพรสเซอร์ และวาล์วกันกลับ (Check valve) ติดตั้งที่ท่อทางดูดหรือที่ทางเข้าของคอมเพรสเซอร์ก็จะไม่ยอมให้ไอสารทำความเย็นที่ท่อบายพาสไหลย้อนกลับไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและเครื่องระเหยได้เช่นกัน มีผลทำให้ไอสารทำความเย็นทั้ง 2 ด้าน เกิดการสมดุลความดันในช่วงเวลาสั้นๆ และความดันของไอสารทำความเย็นด้านสูงจะลดลงไม่มาก (เมื่อเปรียบเทียบกับความดันของสารทำความเย็นในช่วงระบบทำงาน) การควบคุมสมดุลความดันที่คอมเพรสเซอร์นี้สามารถทำให้ลดโหลดของกระแสไฟฟ้าในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ในขณะที่เริ่มสตาร์ทลง และยังสามารถทำให้ยืดอายุการใช้งานของคอมเพรสเซอร์ด้วย เกิดการประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศมากขึ้น

2) การดำเนินการทดลอง

2.1) การทดลองขณะที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน

เมื่อเตรียมการติดตั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยการเดินเครื่องปรับอากาศทำงานเต็มทีประมาณ 1 ชั่วโมงก่อน พร้อมกับตรวจสอบอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ที่ลมกลับเข้า Fan Coil Unit และลมก่อนเข้าสู่ชุด Condensing Unit ให้ได้ตามสภาวะที่ต้องการเพื่อทำการทดลอง ในการเดินเครื่องปรับอากาศก็จะกำหนดการทำงานของเครื่องปรับอากาศให้ทำงานจนครบ 8 ชั่วโมง หรือคิดเป็น 1 วัน ตามแสดงการดำเนินการทดลองรูปที่ 3.27 การเก็บบันทึกข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่นค่าความดัน ค่าอุณหภูมิของสารทำความเย็น ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าหรือความสิ้นเปลืองทางไฟฟ้า และค่ากระแสไฟฟ้า ในช่วงที่เครื่องปรับอากาศทำงาน จะบันทึกการเก็บค่าทุกๆ 30 นาทีเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง (1 วัน) คือทำการทดสอบการเดินเครื่อง 9 ชั่วโมงต่อวัน คือเวลา 8.30 น. ถึง 17.30 น. โดยใช้เวลาในการทดลอง 1 วัน โดยมีข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการเก็บบันทึกค่าผลการทดลองดังนี้

- 1) วัน เดือน ปีที่ทดสอบ
- 2) สถานที่ทำการทดสอบ
- 3) เวลา
- 4) อุณหภูมิ (°C) และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย(%RH) ของอากาศภายนอก (อากาศก่อนเข้า Condensing Unit)
- 5) อุณหภูมิ (°C) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศเฉลี่ยในห้องทดลอง

- 6) ความดันของสารทำความเย็นตามจุดวัดต่างๆ (MPa)
- 7) อุณหภูมิของสารทำความเย็นตามจุดวัดต่างๆ ($^{\circ}\text{C}$)
- 8) กระแสไฟฟ้าที่ใช้กับมอเตอร์แต่ละตัว (A)
- 9) การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ารวม (kWh)

จากนั้นแปลผลจากค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเพื่อนำไปคำนวณหาค่า COP, EER และ กำลังไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศ

2.2) การทดลองขณะที่คอมเพรสเซอร์หยุด และเริ่มต่อการทำงาน

การบันทึกข้อมูลในช่วงที่เครื่องปรับอากาศขณะเริ่มต้นทำงาน หรือในช่วงเริ่มสตาร์ทมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ได้ทำการบันทึกค่าความดันของสารทำความเย็นทางท่อด้านดูด และ ท่อทางอัดของคอมเพรสเซอร์ โดยทำการบันทึกค่าความดันทุกๆ 1 วินาที เป็นเวลา 50 วินาที และเก็บข้อมูลค่ากระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ทุกๆ 1 วินาที เป็นระยะเวลา 60 วินาที

3.9.2 การทดสอบเครื่องปรับอากาศ ขนาด 24,800 BTU/h

ผู้วิจัยได้นำอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน(ขนาดเดียวกันกับที่ทดลองในเครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,301 BTU/h) และอุปกรณ์สมดุลความดันในระบบ ที่ติดตั้งในระบบเครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,301 BTU/h มาติดตั้งเข้ากับระบบเครื่องปรับอากาศ ขนาด 24,800 BTU/h เพื่อทำการทดลองหาค่าการประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดต่างกัน การทดลองบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h นี้จะทำการทดลองตามขั้นตอนเหมือนกันกับการทดลองเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h

3.10 วิเคราะห์จุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์และประเมินความคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ระบบ เปิด-ปิด ที่ใช้สารทำความเย็น R-22 ขนาด 12,301 Btu/h และขนาด 24,800 Btu/h ก่อนและหลังการปรับปรุงที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างท่อ Suction กับ Liquid และอุปกรณ์รักษาสมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบช่วงหยุดทำงาน งานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการวิเคราะห์ 3 วิธี คือ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period), มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) และ อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return , IRR) เพื่อเป็นแนวทางแสดงถึงความคุ้มค่าสำหรับการลงทุนในการประหยัดพลังงาน

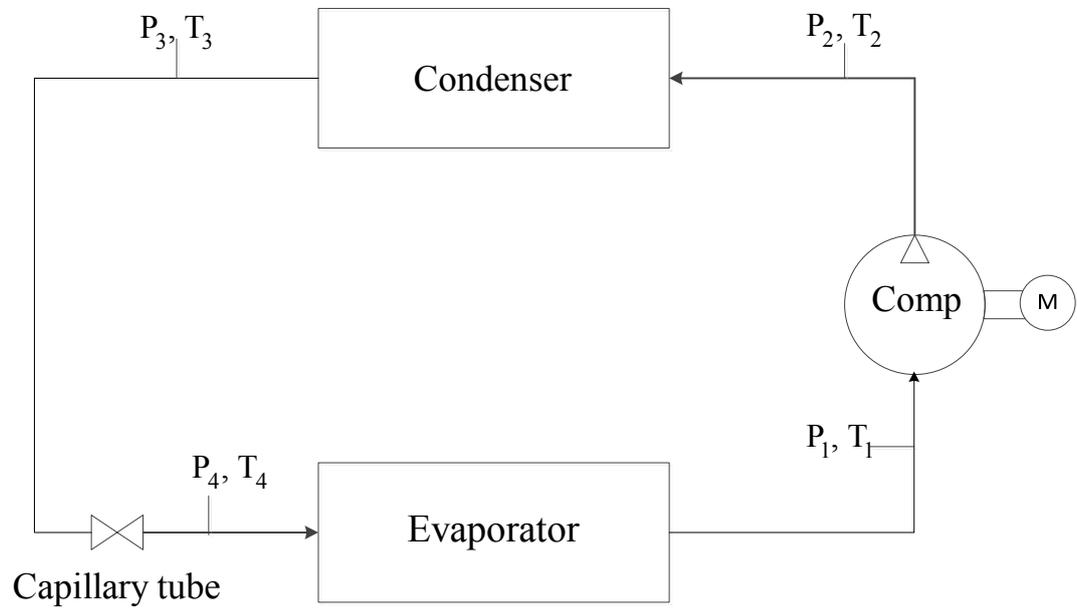
ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในอาคารสำนักงาน และอาคารบ้านที่อยู่อาศัย โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

- 1) รวบรวมผลการทดลอง เก็บบันทึกค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ารวม (kWh) ใน 8 ชั่วโมง (1 วัน) ทั้ง 3 กรณี คือกรณีก่อนการปรับปรุง กรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และกรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันในระบบ
- 2) นำค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ารวม (kWh) ใน 8 ชั่วโมง ทั้ง 3 กรณี มาวิเคราะห์ค่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ใน 1 วัน
- 3) เปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าระหว่างกรณีการทดลองก่อนการปรับปรุงกับกรณีการทดลองหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันในระบบ เพื่อหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ใน 1 วัน
- 4) นำค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้มาคำนวณเพื่อวิเคราะห์หาค่า ระยะเวลาคืนทุน, มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และ อัตราผลตอบแทนการลงทุน
- 5) สรุปผล และวิเคราะห์ผล

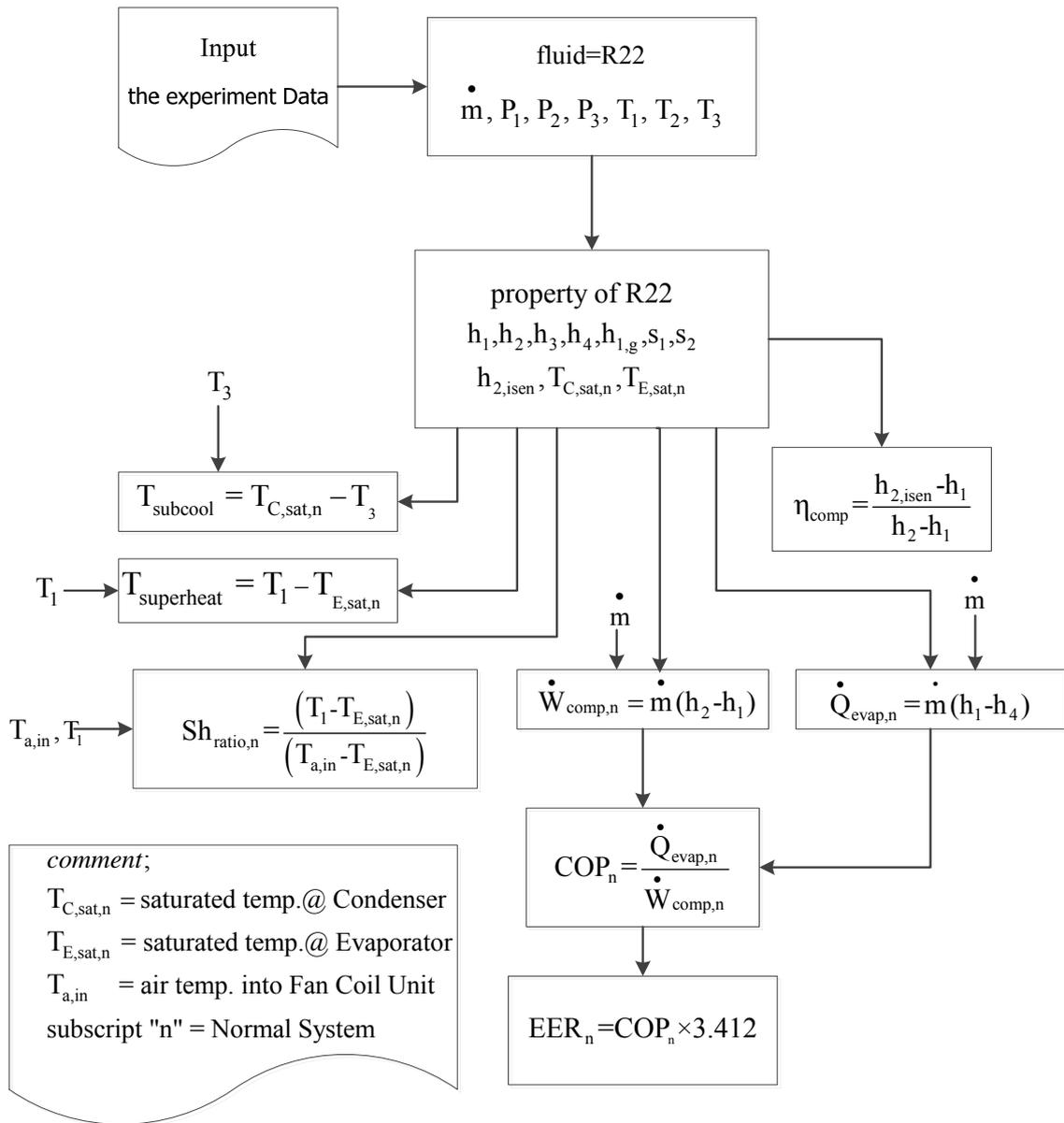
3.11 การสร้างโปรแกรมคำนวณทางคณิตศาสตร์ของระบบเครื่องปรับอากาศ ด้วยโปรแกรม EES (Engineering Equation Solver)

การสร้างโปรแกรมคำนวณทางคณิตศาสตร์ของระบบเครื่องปรับอากาศที่มีการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างท่อ liquid (สายร้อน) และ ท่อ Suction (สายเย็น) เพื่อวิเคราะห์หาค่าความยาวของอุปกรณ์ที่เหมาะสมต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบทำความเย็น และการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ โดยไม่คิดความดันสูญเสียในระบบ โดยมีขั้นตอนแสดงการสร้างโปรแกรมดังนี้

1) การคำนวณค่า COP ,EER ก่อนการปรับปรุง

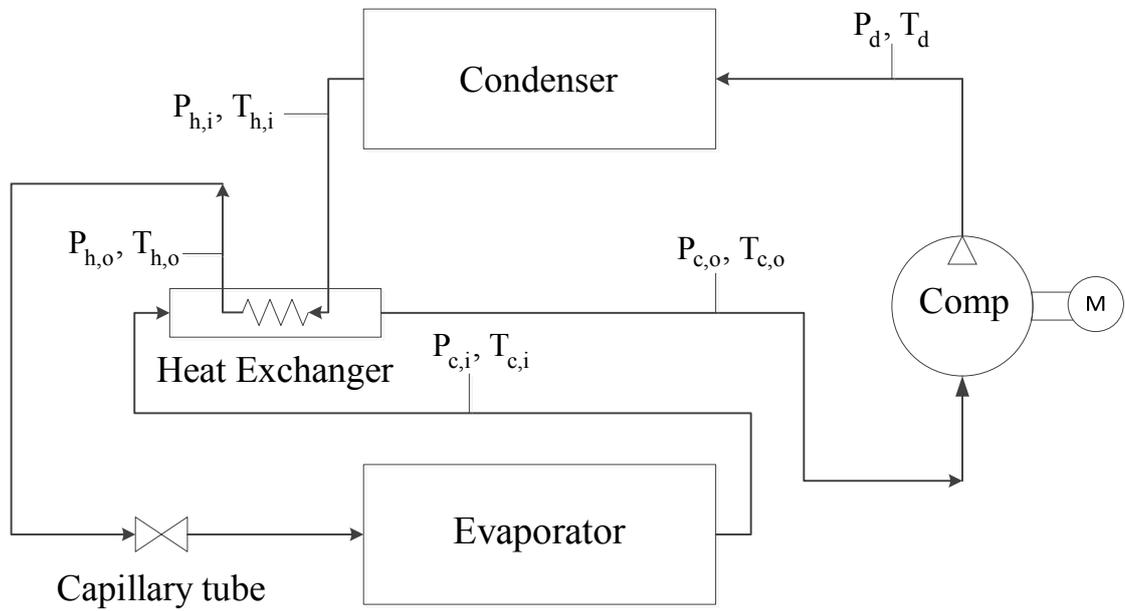


รูปที่ 3.31 schematic diagram air condition system for math model

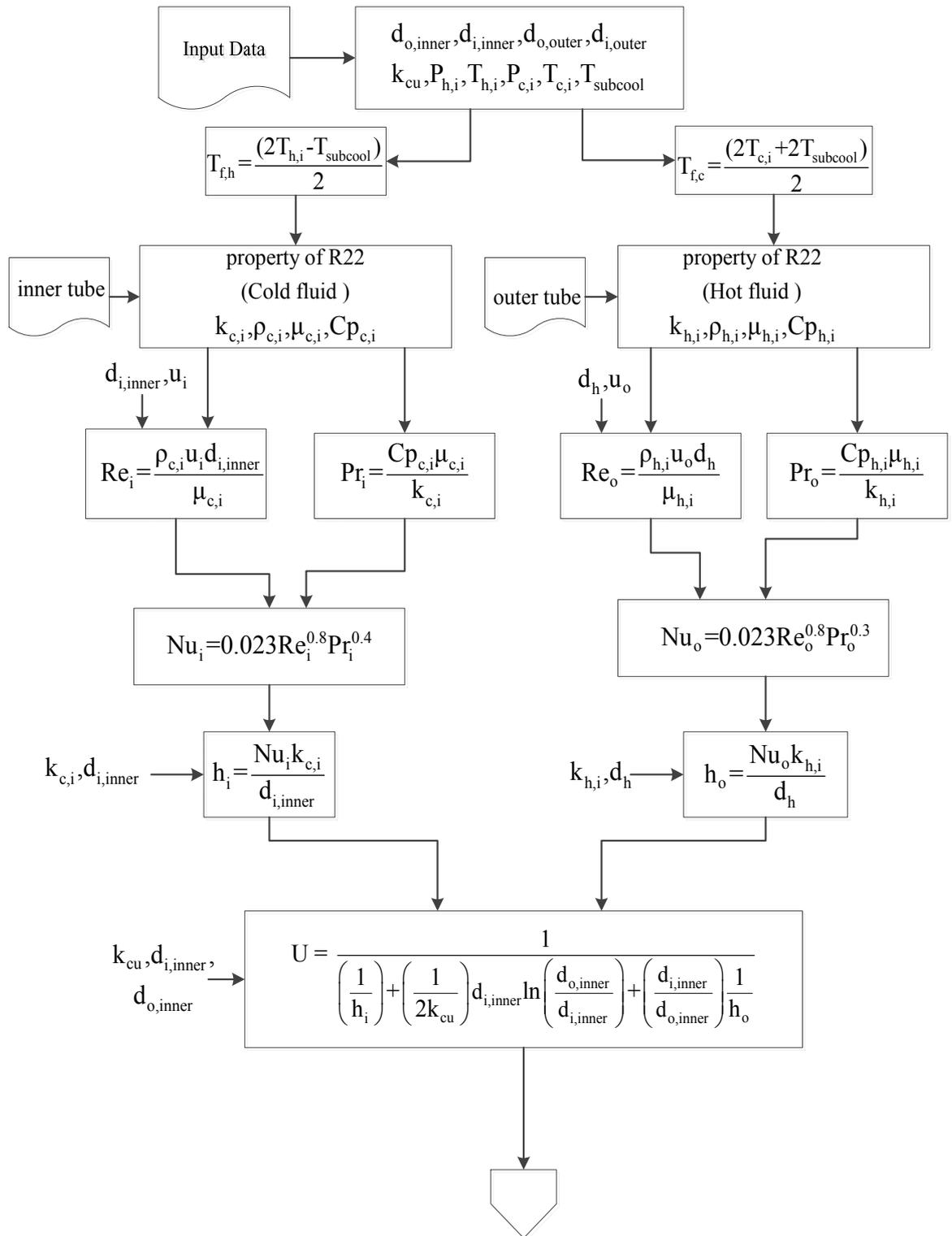


รูปที่ 3.32 ฟังก์ชันโปรแกรมการคำนวณหาค่า COP ,EER ของระบบเครื่องปรับอากาศก่อนการปรับปรุง

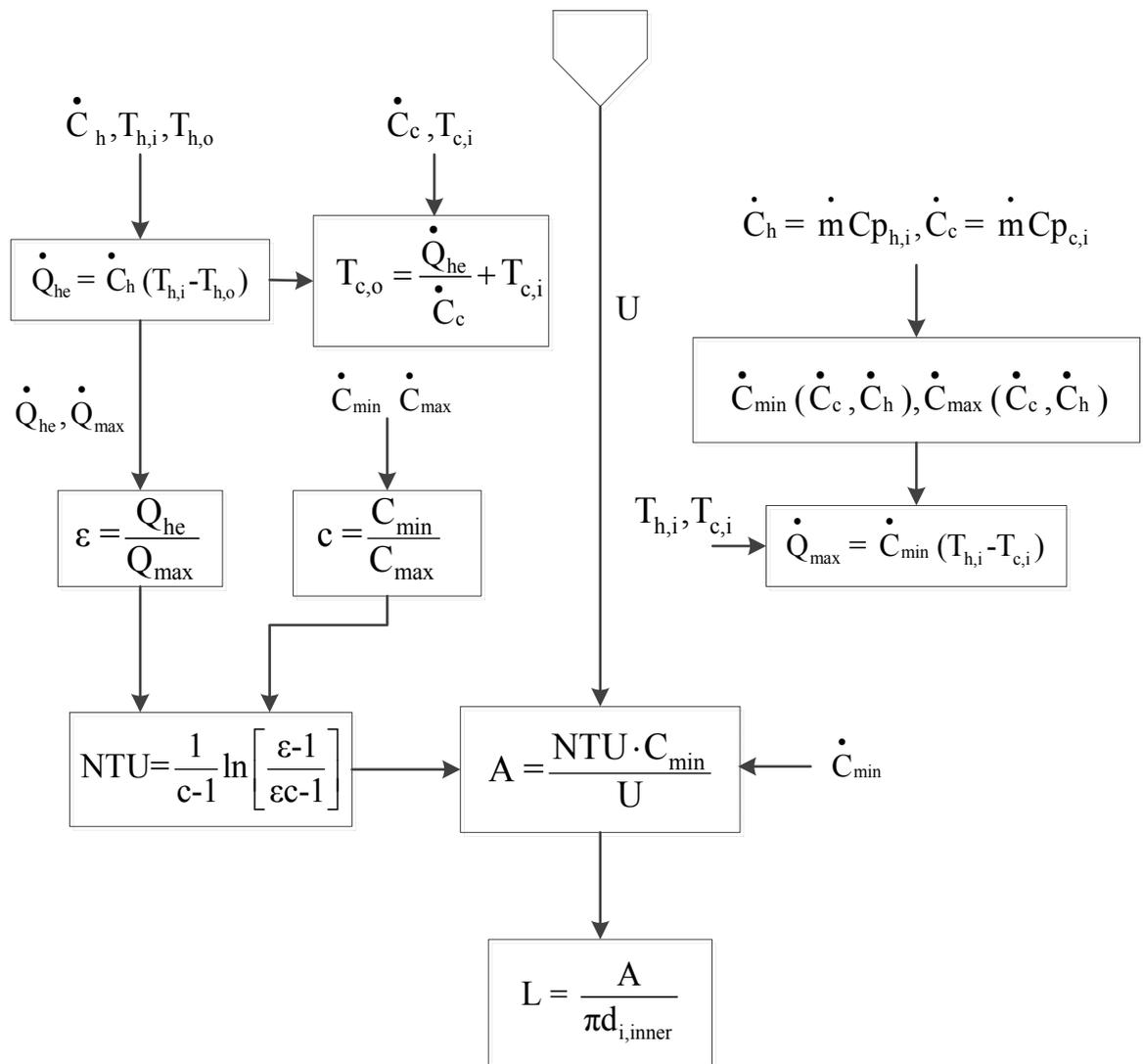
2) การออกแบบหาขนาดความยาวของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่เหมาะสม



รูปที่ 3.33 schematic diagram air condition system with heat exchanger for math model

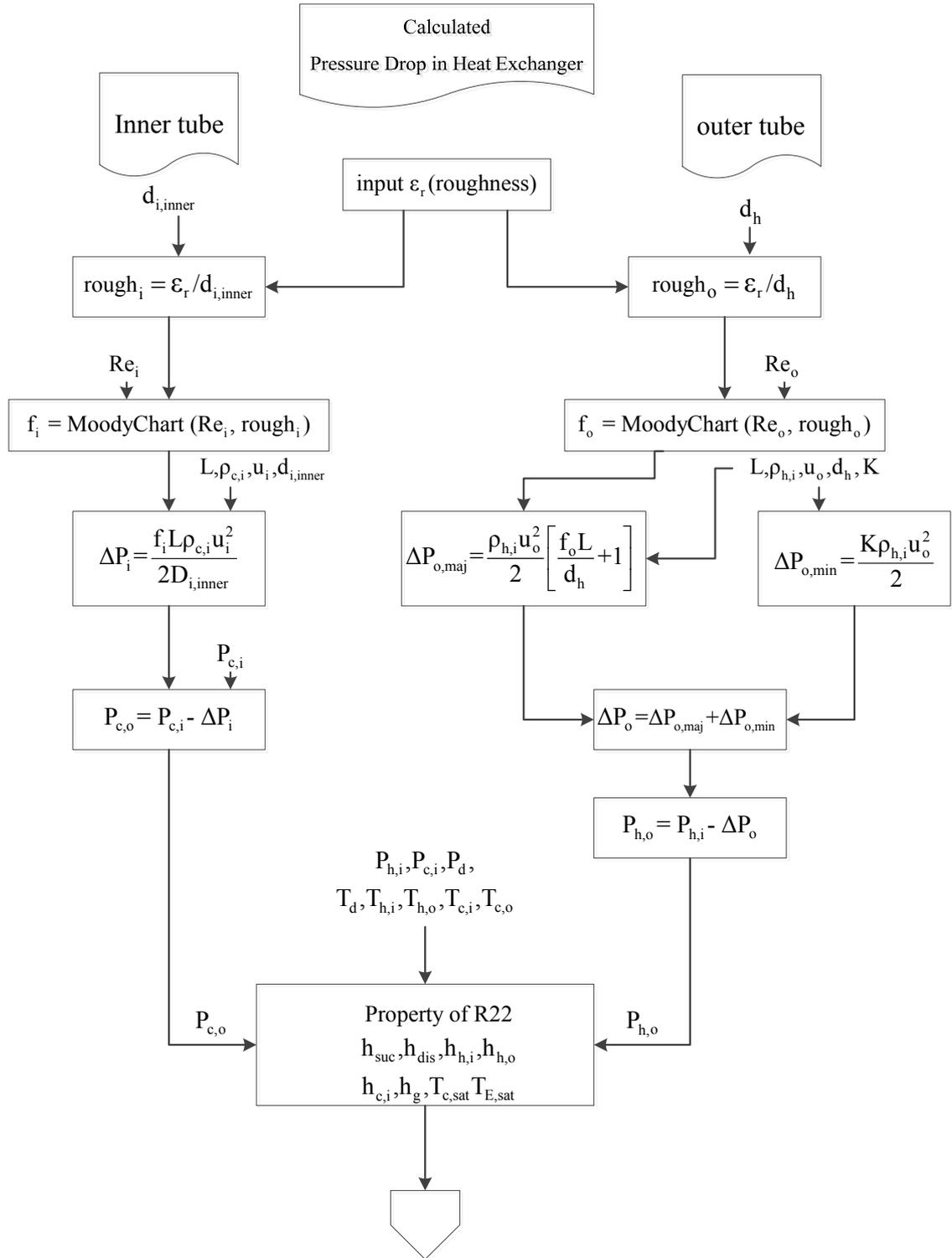


รูปที่ 3.34 ฟังก์ชันโปรแกรมการคำนวณหาขนาดความยาวของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

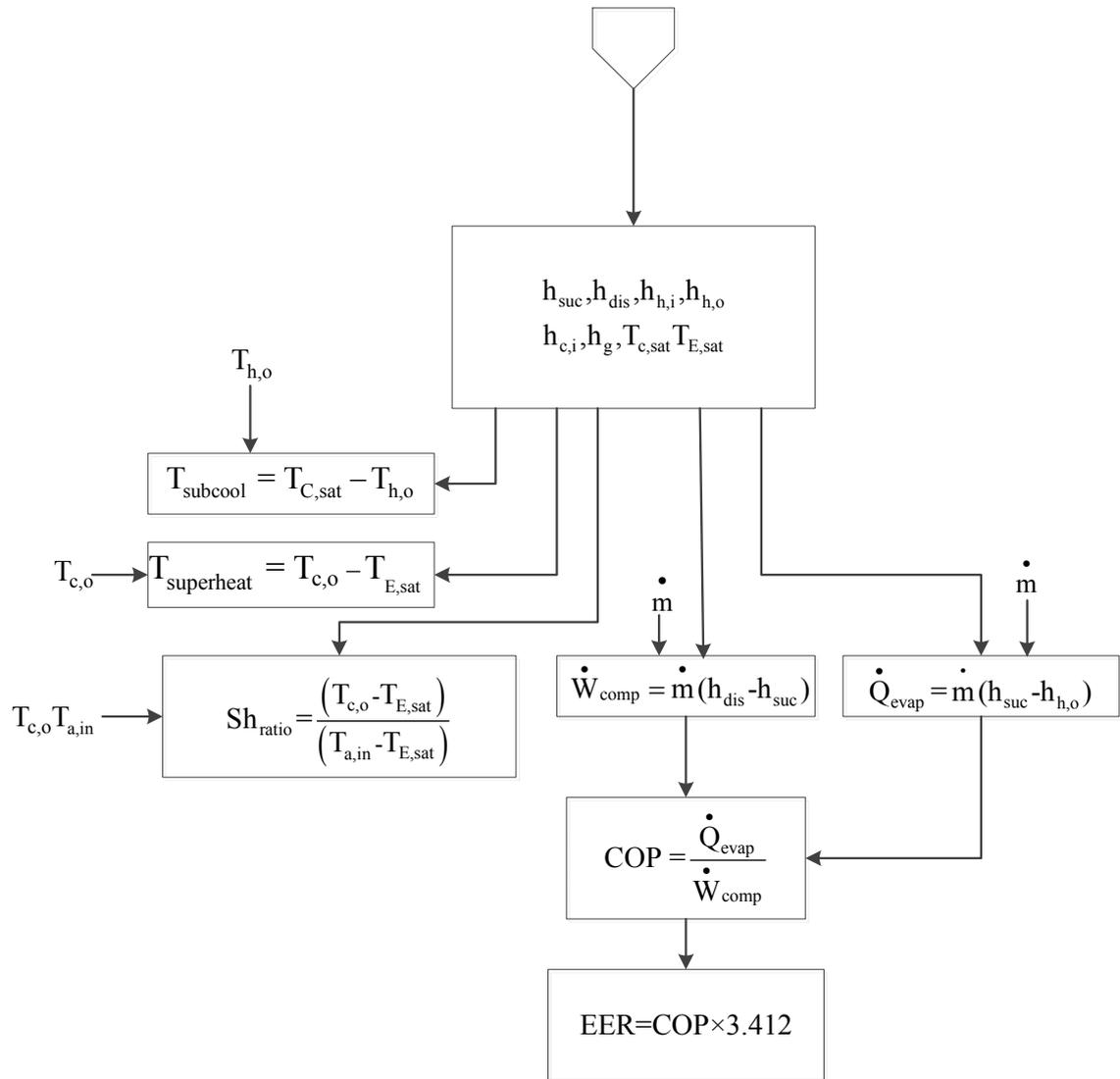


รูปที่ 3.34 ฟังก์ชันโปรแกรมการคำนวณหาขนาดความยาวของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน(ต่อ)

3) คำนวณหาค่า COP ,EER ของระบบเครื่องปรับอากาศหลังปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 3.35 ฟังก์ชันโปรแกรมคำนวณหาค่า COP ,EER ของระบบเครื่องปรับอากาศหลังปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 3.35 ฟังก์ชันโปรแกรมคำนวณหาค่า COP ,EER ของระบบเครื่องปรับอากาศหลังปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (ต่อ)