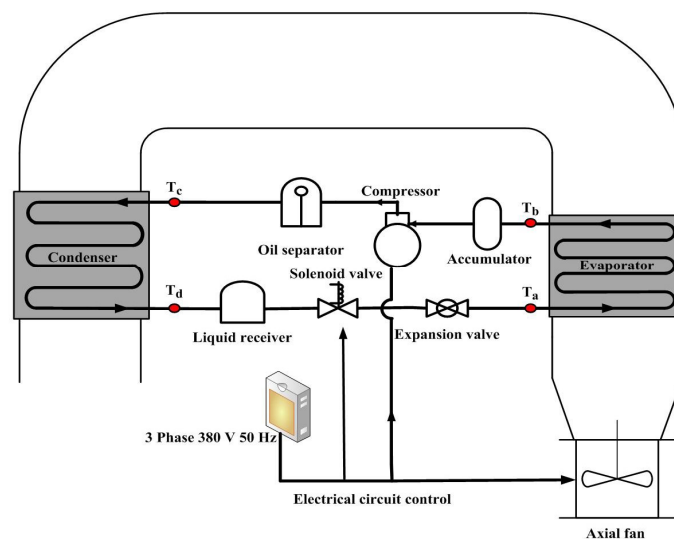


บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเพิ่มสมรรถนะทางความร้อนของท่อความร้อนแบบคอยล์คู่โดยใช้ของไหลนาโนเป็นสารทำงาน และเป็นการเปรียบเทียบระหว่างสมรรถนะของระบบปรับอากาศที่ไม่มีการติดตั้งท่อความร้อน และระบบปรับอากาศที่ติดตั้งท่อความร้อน ในส่วนของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งท่อความร้อนจะทำการเปรียบเทียบระหว่างสารทำงานของท่อความร้อนคือ สารทำความเย็นชนิด R22 กับสารทำงานที่เป็นของไหลนาโนที่เกิดจากสารทำความเย็นชนิด R22 ผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ความเข้มข้น 5 ppm, 10 ppm, 30 ppm และ 60 ppm ในงานวิจัยใช้คอมเพรสเซอร์ชนิดลูกสูบขนาด 6 แรงม้า มีสารทำความเย็นชนิด R22 เป็นสารทำงานในระบบการทำความเย็น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนคือ คอนเดนเซอร์ และอีวาพอเรเตอร์ มีขนาด 5 ตันทำความเย็น อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในระบบทำความเย็น ดังแสดงในรูปที่ 3.1

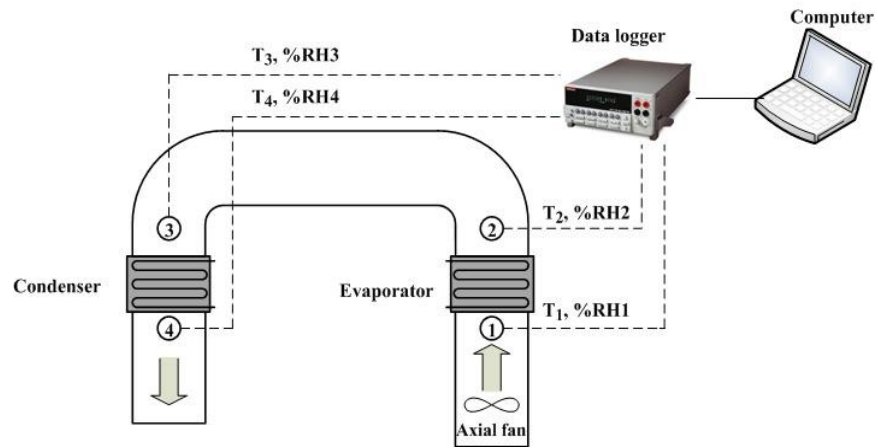


รูปที่ 3.1 วงจรระบบสารทำความเย็น

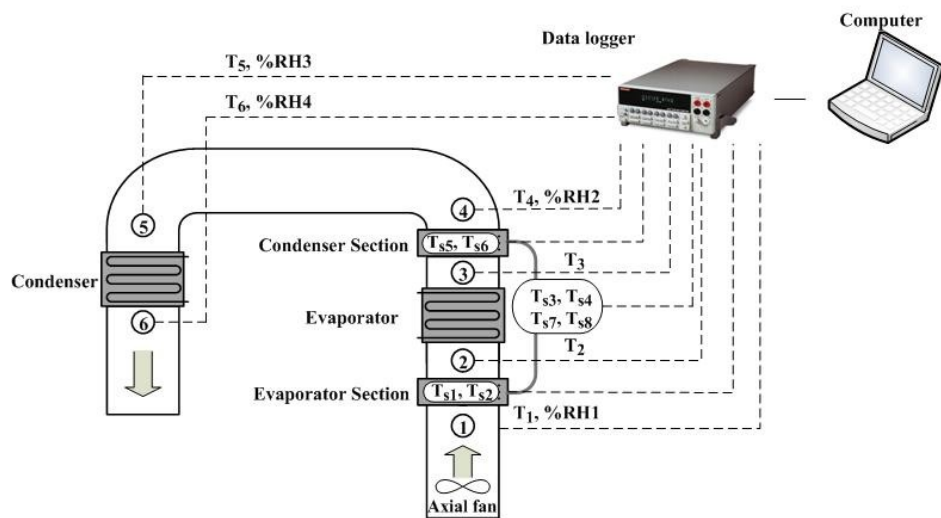
3.1 ระบบปรับอากาศ

งานวิจัยนี้จะการศึกษาถึงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศซึ่งจะมีผลต่อค่าสมรรถนะทางความร้อนของท่อความร้อน และสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศ โดยได้ทดสอบกับระบบปรับอากาศที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อนดังแสดงในรูปที่ 3.2 และทำการเปรียบเทียบกับระบบปรับอากาศที่ติดตั้งท่อความร้อนดังแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งตำแหน่งการวางส่วนระเหยของท่อความร้อน

จะวางอยู่ที่ด้านหน้าอีวาพอเรเตอร์ของระบบปรับอากาศ และวางส่วนควบแน่นของท่อความร้อนไว้ด้านหลัง อีวาพอเรเตอร์ของระบบปรับอากาศ



รูปที่ 3.2 ระบบปรับอากาศที่ไม่มีการติดตั้งท่อความร้อน



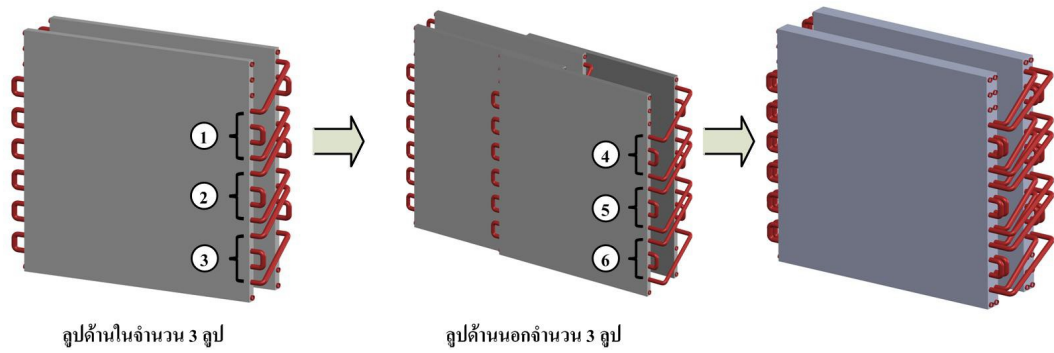
รูปที่ 3.3 ระบบปรับอากาศที่มีการติดตั้งท่อความร้อน

3.2 ท่อความร้อนชนิดคอยล์รูป

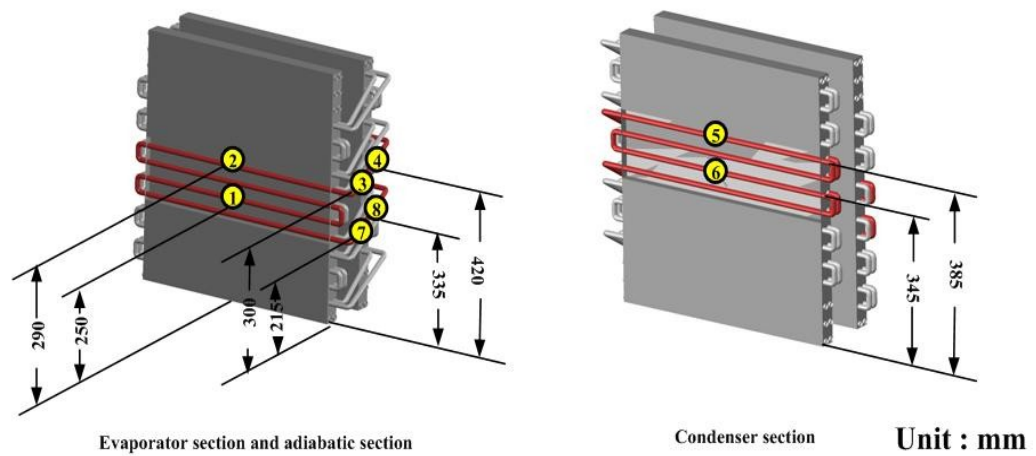
ท่อความร้อนที่ใช้ทดสอบเป็นท่อความร้อนที่ทำจากทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 mm โดยมีทั้งสิ้น 6 ลูป ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ซึ่งจะมีลูปที่อยู่ด้านใน 3 ลูป ลูปที่อยู่ด้านนอก 3 ลูป ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ซึ่งในแต่ละลูปของท่อความร้อนจะมีวงจรมีเหมือนกันแต่จะต่างกันที่มุมของท่อความร้อนด้านนอกและด้านใน โดยลูปที่อยู่ด้านนอกจะทำมุม 27.58° และลูปที่อยู่ด้านในจะทำมุม 38.70° ในการบรรจุสารทำงานของท่อความร้อนจะพิจารณาโดยอัตราส่วนการเติมของสารทำงานเท่ากับ 50% โดยปริมาตรของส่วนการระเหยของท่อความร้อน สำหรับการทดสอบสมรรถนะของท่อความร้อนนั้นจะทำการวัดอุณหภูมิผิวที่ส่วนต่างๆ ของท่อความร้อนเพียง 1 ลูป โดยใช้เทอร์โมคัปเปิล (thermocouple) ชนิด T จำนวน 8 ตำแหน่ง โดยตำแหน่งของเทอร์โมคัปเปิลที่ 1 และ 2 จะติดตั้งที่ส่วนระเหย ตำแหน่งที่ 3 และ 4 จะติดตั้งที่ส่วนอะเดียแบติก (adiabatic) จากส่วนระเหยไปส่วนควบแน่น ตำแหน่งที่ 5 และ 6 จะติดตั้งที่ส่วนควบแน่น ตำแหน่งที่ 7 และ 8 จะติดตั้งที่ส่วนอะเดียแบติกจากส่วนควบแน่นไปส่วนระเหย ดังแสดงในรูปที่ 3.6 สารทำงานที่ใช้ในท่อความร้อนมีดังต่อไปนี้ สารทำความเย็นชนิด R22 และของไหลนาโนที่เกิดจากสารทำความเย็นชนิด R22 ผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (nanoparticles of TiO_2) ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ความเข้มข้นของอนุภาคนาโนที่เติมในท่อความร้อนคือ 5 ppm, 10 ppm, 30 ppm และ 60 ppm ตามลำดับ



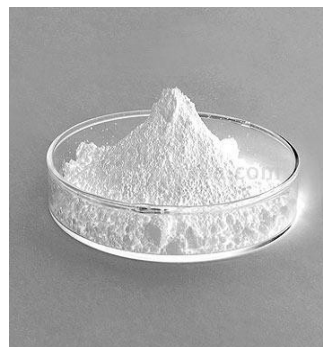
รูปที่ 3.4 ท่อความร้อนแบบคอยล์รูปที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ 3.5 จำนวนลูปของท่อความร้อนแบบคอยล์ลูป



รูปที่ 3.6 ตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลที่ผิวท่อความร้อน



รูปที่ 3.7 อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์

3.3 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์สำหรับเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดสัญญาณทางไฟฟ้าของเซนเซอร์ต่างๆในงานวิจัยนี้ คือ ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (Digital Multimeter) Model No. 2700 และ โมดูลตัดต่อสัญญาณจำนวน 40 ช่องสัญญาณ (40 Channel Switching Module) Model No. 7700 ผลิตโดยบริษัท KEITHLEY ประเทศสหรัฐอเมริกา ดังแสดงในรูปที่ 3.8 สำหรับสัญญาณที่ใช้วัดในการทดลองนี้ มี 2 ชนิดได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)



รูปที่ 3.8 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์สำหรับเก็บข้อมูล

3.4 แหล่งจ่ายกระแสไฟตรง

แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงในการทดลองนี้เป็น DC Voltage Regulator ยี่ห้อ COMMUE รุ่น HY 3020 ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

3.5 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

Humidity/Temperature Transmitter (Model RHT-D1) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความชื้นและอุณหภูมิของอากาศที่ไหลในท่อลม ดังแสดงในรูปที่ 3.10 โดยจะส่งสัญญาณเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เข้าสู่ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (Digital Multimeter)



รูปที่ 3.10 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

3.6 เครื่องวัดความเร็วลม

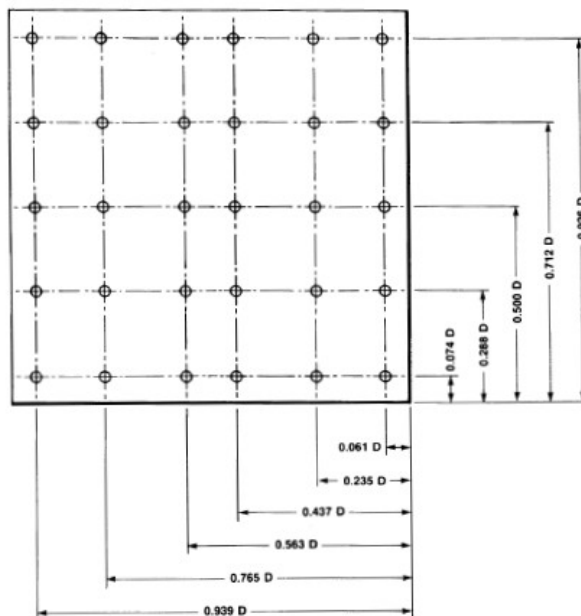
เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) ดังแสดงในรูปที่ 3.11 ใช้ในการวัดปริมาณความเร็วลม เครื่องวัดความเร็วลมที่ใช้คือรุ่น DT - 318 มีคุณสมบัติดังนี้

- ช่วงการวัด 0.6 - 30 m/s, 119 - 5900 ft/min, 2.2 - 108 km/hr
- ความละเอียดในการวัด 0.01 m/s, 1 ft/min, 2.2 - 108 km/hr
- ความแม่นยำในการวัด $\pm 3\%$ m/s, $\pm 3\%$ ft/min, $\pm 3\%$ km/hr



รูปที่ 3.11 เครื่องวัดความเร็วลม

โดยในการวัดความเร็วลมที่ออกมาจากท่อลมจะทำการวัดที่หน้าตัดของท่อลมโดยใช้วิธีการวัดพื้นที่หน้าตัดท่อลมแบบ Log-Tchebycheff rule ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การวัดพื้นที่หน้าตัดท่อลมแบบ Log-Tchebycheff rule [22]

3.7 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power & Harmonics Analyzer)

อุปกรณ์ที่ใช้บันทึกการวัดกำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ยี่ห้อ Prova รุ่น 6830 โดยสามารถเก็บค่าต่างๆ และแสดงผลออกมาเป็นกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า

3.8 วิธีการทดลอง

1. ทำการทดสอบระบบปรับอากาศที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน เปิดชุดเป่าอากาศ ปรับอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศไว้ที่ 0.482 kg/s จากนั้นเปิดคอมเพรสเซอร์เพื่อให้ระบบปรับอากาศทำงาน
2. ทำการบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของระบบปรับอากาศทั้งหมด 4 ตำแหน่ง คือ
 - ตำแหน่ง 1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนเข้าอีวาพอเรเตอร์ T_1 (°C), %RH1
 - ตำแหน่ง 2 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ออกจากอีวาพอเรเตอร์ T_2 (°C), %RH2
 - ตำแหน่ง 3 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ T_3 (°C), %RH3
 - ตำแหน่ง 4 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ออกจากคอนเดนเซอร์ T_4 (°C), %RH4
3. ทำการบันทึกอุณหภูมิผิวท่อของสารทำความเย็นทั้งหมด 4 ตำแหน่ง คือ
 - ตำแหน่ง 1 อุณหภูมิผิวท่อของสารทำความเย็นก่อนเข้าอีวาพอเรเตอร์ T_a (°C)
 - ตำแหน่ง 2 อุณหภูมิผิวท่อของสารทำความเย็นที่ออกจากอีวาพอเรเตอร์ T_b (°C)

- ตำแหน่ง 3 อุณหภูมิผิวท่อของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ $T_c (^{\circ}\text{C})$
- ตำแหน่ง 4 อุณหภูมิผิวท่อของสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์ $T_d (^{\circ}\text{C})$
4. รอจนระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady state)
 5. ทำการบันทึกค่าความดันด้านต่ำ ที่ทางเข้าอีวาพอเรเตอร์ (Low pressure) และความดันด้านสูง ที่ทางออกคอนเดนเซอร์ (High pressure) โดยอ่านค่าจาก Pressure gauge
 6. ทำการบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศโดยใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า
 7. ทดลองตามข้อที่ 1. - 6. โดยปรับค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศไว้ที่ 0.594 kg/s, 0.698 kg/s และ 0.785 kg/s ตามลำดับ
 8. ทดสอบระบบปรับอากาศที่ได้ติดตั้งท่อความร้อนชนิดคอยล์รูปที่บรรจุสารทำความเย็นชนิด R22 ที่ 50% โดยปริมาตรส่วนระเหยของท่อความร้อน แล้วทำการเปิดชุดเป่าอากาศโดยปรับอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศไว้ที่ 0.482 kg/s จากนั้นเปิดให้คอมเพรสเซอร์ทำงาน
 9. ทำการบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของระบบปรับอากาศทั้งหมด 6 ตำแหน่ง คือ

ตำแหน่ง 1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนเข้าส่วนการระเหย $T_1 (^{\circ}\text{C})$, %RH1

ตำแหน่ง 2 อุณหภูมิของอากาศหลังผ่านส่วนการระเหย $T_2 (^{\circ}\text{C})$

ตำแหน่ง 3 อุณหภูมิของอากาศหลังผ่านอีวาพอเรเตอร์ $T_3 (^{\circ}\text{C})$

ตำแหน่ง 4 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์หลังผ่านส่วนการควบแน่น $T_4 (^{\circ}\text{C})$, %RH2

ตำแหน่ง 5 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ $T_5 (^{\circ}\text{C})$, %RH3

ตำแหน่ง 6 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศหลังผ่านคอนเดนเซอร์ $T_6 (^{\circ}\text{C})$, %RH4
 10. ทำการบันทึกอุณหภูมิผิวท่อของสารทำความเย็นทั้งหมด 4 ตำแหน่ง คือ

ตำแหน่ง 1 อุณหภูมิผิวท่อของสารทำความเย็นก่อนเข้าอีวาพอเรเตอร์ $T_a (^{\circ}\text{C})$

ตำแหน่ง 2 อุณหภูมิผิวท่อของสารทำความเย็นที่ออกจากอีวาพอเรเตอร์ $T_b (^{\circ}\text{C})$

ตำแหน่ง 3 อุณหภูมิผิวท่อของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ $T_c (^{\circ}\text{C})$

ตำแหน่ง 4 อุณหภูมิผิวท่อของสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์ $T_d (^{\circ}\text{C})$
 11. ทำการบันทึกอุณหภูมิผิวท่อความร้อนทั้งหมด 8 ตำแหน่ง คือ

ตำแหน่ง 1 อุณหภูมิผิวท่อความร้อนส่วนระเหย $T_{s1} (^{\circ}\text{C})$

ตำแหน่ง 2 อุณหภูมิผิวท่อความร้อนส่วนระเหย $T_{s2} (^{\circ}\text{C})$

ตำแหน่ง 3 อุณหภูมิผิวท่อความร้อนส่วนอะเดียแบติก $T_{s3} (^{\circ}\text{C})$

ตำแหน่ง 4 อุณหภูมิผิวท่อความร้อนส่วนอะเดียแบติก $T_{s4} (^{\circ}\text{C})$

ตำแหน่ง 5 อุณหภูมิผิวท่อความร้อนส่วนควบแน่น $T_{s5} (^{\circ}\text{C})$

ตำแหน่ง 6 อุณหภูมิผิวต่อความร้อนส่วนควบแน่น T_{s6} ($^{\circ}\text{C}$)

ตำแหน่ง 7 อุณหภูมิผิวต่อความร้อนส่วนอะเดียแบติก T_{s7} ($^{\circ}\text{C}$)

ตำแหน่ง 8 อุณหภูมิผิวต่อความร้อนส่วนอะเดียแบติก T_{s8} ($^{\circ}\text{C}$)

12. รวบรวมระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว
13. ทำการบันทึกค่าความดันด้านต่ำ ที่ทางเข้าอีวาพอเรเตอร์ (Low pressure) และความดันด้านสูง ที่ทางออกคอนเดนเซอร์ (High pressure) โดยอ่านค่าจาก Pressure gauge
14. ทำการบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศโดยใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า
15. ทดลองตามข้อที่ 8. - 14. โดยปรับค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศไว้ที่ 0.594 kg/s, 0.698 kg/s และ 0.785 kg/s ตามลำดับ
16. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อที่ 8. – 15. โดยเปลี่ยนสารทำงานของท่อความร้อนเป็นของไหลนาโนที่ความเข้มข้น 5 ppm, 10 ppm, 30 และ 60 ppm ตามลำดับ
17. ในการทดลองแต่ละกรณี จะทำการทดลองทั้งหมดจำนวน 3 ครั้ง เพื่อนำมาหาค่าความคลาดเคลื่อนในการทดลอง