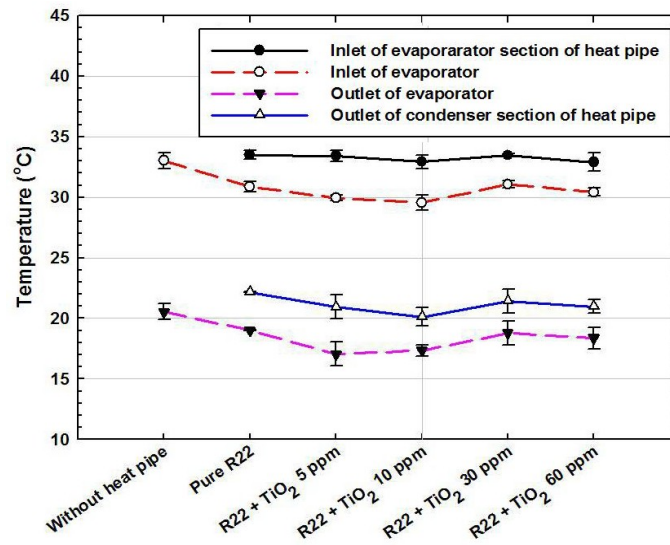


บทที่ 4 ผลการทดลอง

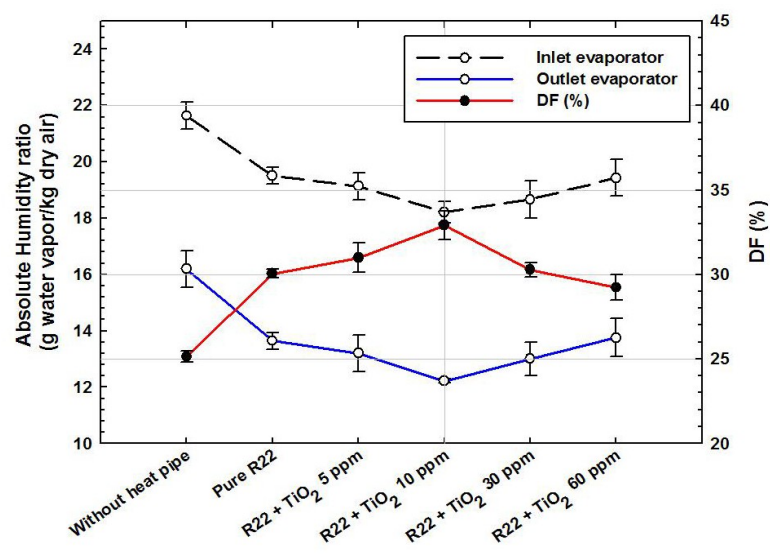
ผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบระบบปรับอากาศจำลองโดยทำการทดสอบ 3 แบบ ดังต่อไปนี้ ทดสอบโดยใช้เครื่องปรับอากาศที่ไม่มีการติดตั้งท่อความร้อน ทดสอบโดยใช้เครื่องปรับอากาศที่มีการติดตั้งท่อความร้อนชนิดคอยล์รูปที่มีสารทำความเย็นชนิด R22 เป็นสารทำงาน และทดสอบโดยใช้เครื่องปรับอากาศที่มีการติดตั้งท่อความร้อนชนิดคอยล์รูปที่มีสารทำความเย็นชนิด R22 ผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เป็นสารทำงาน ที่ความเข้มข้น 5 ppm, 10 ppm, 30 ppm และ 60 ppm และทำการเปรียบเทียบค่าสมรรถนะของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งท่อความร้อน ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ อุณหภูมิและความชื้นสัมบูรณ์ในระบบปรับอากาศ การประหยัดพลังงาน ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะในการทำความเย็นและการทำความร้อน ค่าความต้านทางความร้อนของท่อความร้อน และอิทธิพลของอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ

4.1 อุณหภูมิและความชื้นสัมบูรณ์ในระบบปรับอากาศ

ผลการทดสอบเมื่อทำการการติดตั้งท่อความร้อน ที่ส่วนการระเหยของท่อความร้อนจะลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าอีวาพอเรเตอร์ ทำให้อีวาพอเรเตอร์ของระบบปรับอากาศสามารถลดอุณหภูมิได้มากกว่าระบบที่ไม่ติดตั้งท่อความร้อน และเมื่อเปลี่ยนสารทำงานของท่อความร้อนเป็นของไหลนาโน จะพบว่าอีวาพอเรเตอร์ของระบบปรับอากาศสามารถลดอุณหภูมิได้ต่ำกว่าแบบท่อความร้อนที่มีสารทำความเย็นชนิด R22 เป็นสารทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ในส่วนของความชื้นสัมบูรณ์ การที่ท่อความร้อนลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าอีวาพอเรเตอร์ได้มากขึ้น ส่งผลให้อีวาพอเรเตอร์สามารถลดความชื้นสัมบูรณ์ได้มากขึ้นด้วย ทำให้สัดส่วนการลดความชื้นสัมบูรณ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.2 โดยที่ความเข้มข้นของของไหลนาโน 10 ppm จะพบว่าอีวาพอเรเตอร์สามารถลดความชื้นสัมบูรณ์ได้ถึง 12.22 g/kg จาก 18.21 g/kg และมีสัดส่วนการลดความชื้นมากที่สุด คือ 32.91%



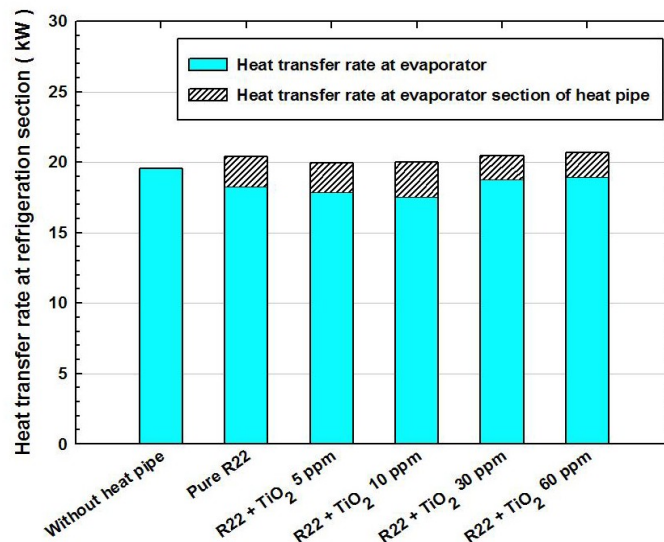
รูปที่ 4.1 อุณหภูมิของอากาศที่ตำแหน่งต่างๆ ของระบบปรับอากาศที่ไม่มี
และมีการติดตั้งท่อความร้อน



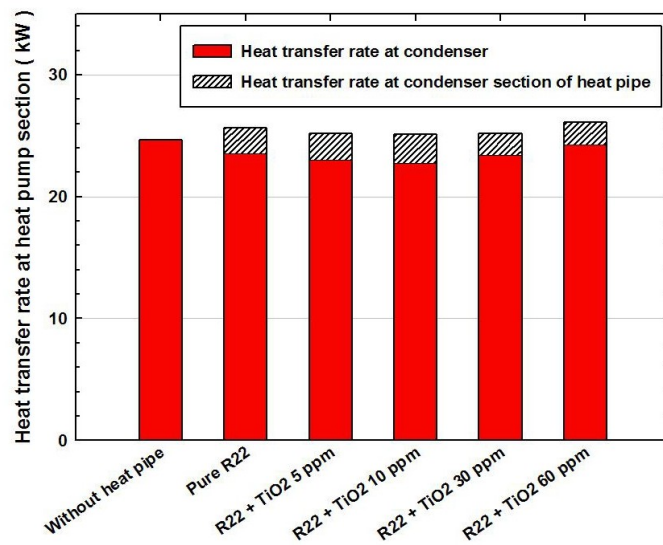
รูปที่ 4.2 ความชื้นสัมบูรณ์และค่าสัดส่วนในการลดความชื้นในระบบปรับ
อากาศที่ไม่มีและมีการติดตั้งท่อความร้อน

4.2 การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ

เมื่อทำการติดตั้งท่อความร้อน ที่อีวาพอเรเตอร์ของระบบปรับอากาศมีภาระการทำความเย็นลดลง แต่เมื่อนำการถ่ายเทความร้อนที่ส่วนระเหยของท่อความร้อน รวมกับภาระการทำความเย็นของอีวาพอเรเตอร์ จะพบว่าระบบที่ทำการติดตั้งท่อความร้อนจะมีภาระการทำความเย็นโดยรวมมากกว่าหรือใกล้เคียงระบบที่ไม่ติดตั้งท่อความร้อน และที่ส่วนควบแน่นของท่อความร้อนจะทำหน้าที่อุ่นอากาศที่ออกมาจากอีวาพอเรเตอร์ให้สูงขึ้น เมื่อเปลี่ยนสารทำงานเป็นของไหลนาโนที่ความเข้มข้นต่างๆ จะพบว่าท่อความร้อนมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น ภาระโดยรวมของระบบปรับอากาศมีค่ามากขึ้นทั้งในส่วนการทำความเย็นและในส่วนการทำความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4

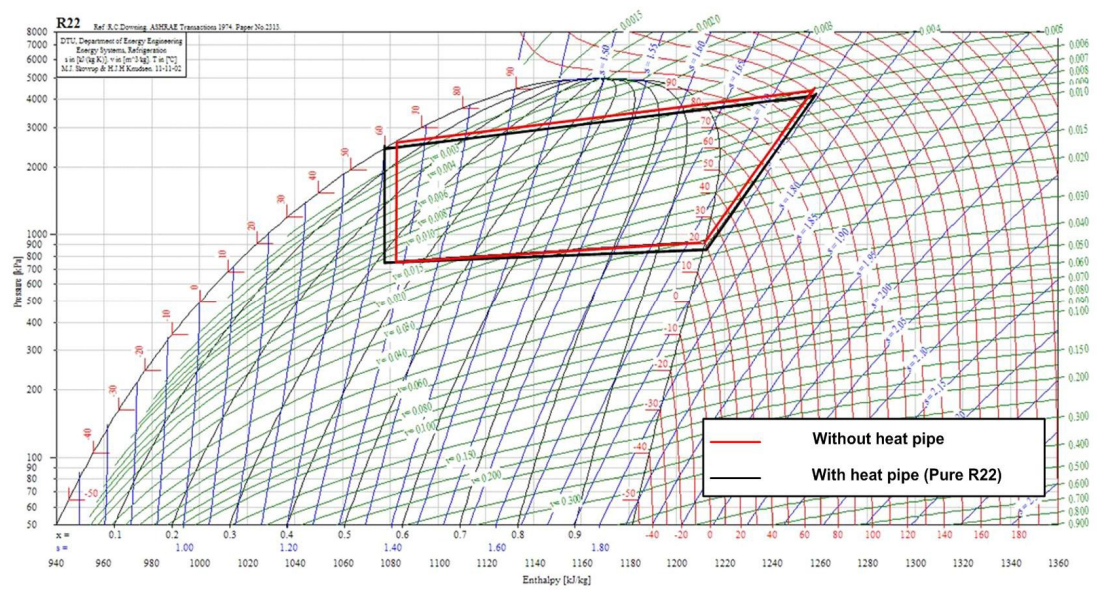


รูปที่ 4.3 อัตราการถ่ายเทความร้อนในส่วนของการทำความเย็นของระบบปรับอากาศที่ไม่มีและมีการติดตั้งท่อความร้อน

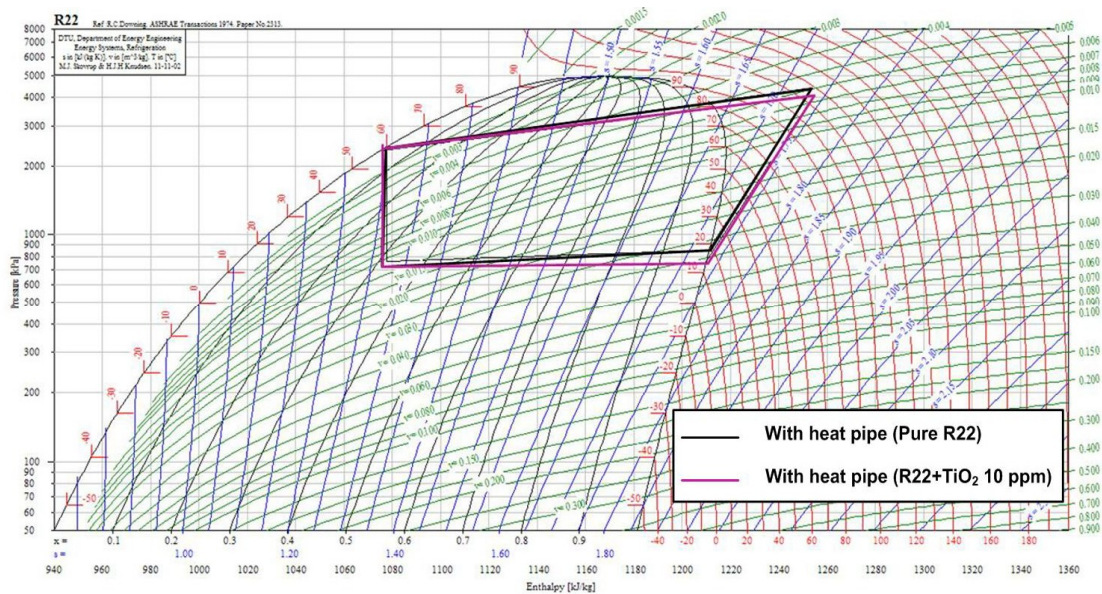


รูปที่ 4.4 อัตราการถ่ายเทความร้อนในส่วนของการทำความร้อนของระบบปรับอากาศที่ไม่มีและมีการติดตั้งท่อความร้อน

สาเหตุที่ภาระการทำความเย็นและการทำความร้อนของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งท่อความร้อนมีค่าลดลง สามารถแสดงเป็นแผนภาพมอลเลียร์ (mollier diagram) หรือแผนภาพความดัน-เอนทาลปี ดังแสดงในรูปที่ 4.5 จะเห็นว่าอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ใช้ในระบบปรับอากาศมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ไม่ติดตั้งท่อความร้อน ซึ่งผลจากการที่อุณหภูมิสารทำความเย็นลดลง ส่งผลให้ความดันของสารทำความเย็นลดลง แต่ปริมาณจำเพาะของสารทำความเย็นจะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีผลต่ออัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็นทำให้มีค่าลดลง เมื่ออัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็นมีค่าลดลง ภาระการทำความเย็นและการทำความร้อนของระบบปรับอากาศจะมีค่าลดลง และจะมีค่าลดลงมากขึ้นเมื่อเปลี่ยนสารทำงานในท่อความร้อนเป็นของไหลนาโน โดยที่ของไหลนาโนความเข้มข้น 10 ppm มีภาระการทำความเย็นและภาระการทำความร้อนต่ำที่สุด ดังแสดงในรูป 4.6

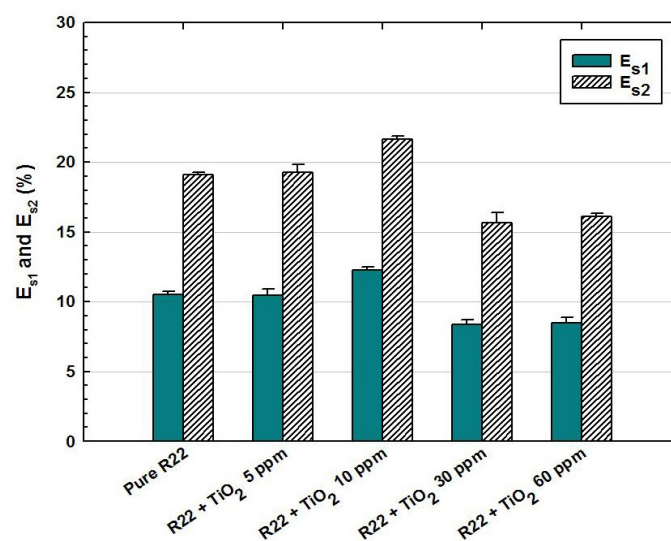


รูปที่ 4.5 แผนภาพมอลเลียร์เปรียบเทียบระหว่างระบบปรับอากาศที่ไม่มีและมียุทความร้อนที่มีสารทำความเย็นชนิด R22 เป็นสารทำงาน



รูปที่ 4.6 แผนภาพมอลเลียร์เปรียบเทียบระหว่างระบบปรับอากาศที่มีอุทความร้อนโดยมีสารทำงานเป็นสารทำความเย็นชนิด R22 กับของไหลนาโนความเข้มข้น 10 ppm

เนื่องจากท่อความร้อนที่มีของไหลนาโนเป็นสารทำงาน สามารถทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนในส่วนการระเหยและส่วนการควบแน่นเพิ่มขึ้น สัดส่วนการประหยัดพลังงานสำหรับการทำความเย็น (E_{s1}) และสัดส่วนการประหยัดพลังงานโดยรวมของระบบปรับอากาศ (E_{s2}) จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อมีของไหลนาโนเป็นสารทำงาน โดยที่ความเข้มข้นของไหลนาโน 10 ppm จะมีค่า E_{s1} และค่า E_{s2} มากที่สุด คือ 12.29% และ 21.66% ตามลำดับ เนื่องจากภาระการทำความเย็นที่อีวาพอเรเตอร์ลดลงมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.7

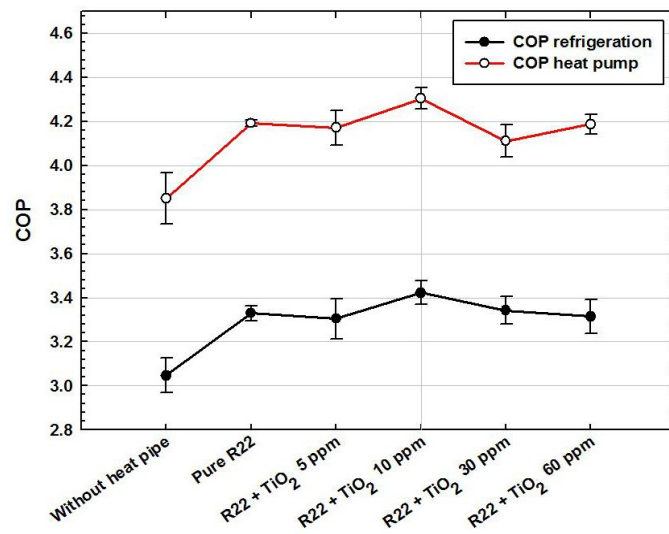


รูปที่ 4.7 สัดส่วนการประหยัดพลังงานสำหรับการทำความเย็น (E_{s1})

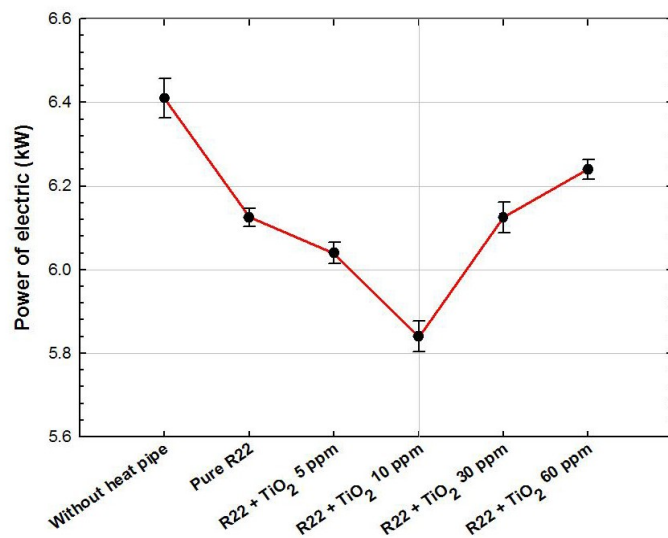
และสัดส่วนการประหยัดพลังงานโดยรวมของระบบปรับอากาศ (E_{s2})

4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะในการทำความเย็นและการทำความร้อน

จากผลการทดลองจะพบว่า เมื่อทำการติดตั้งชุดท่อความร้อน ค่า COP_R และ COP_H มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ไม่ติดตั้งท่อความร้อน และเมื่อเปลี่ยนสารทำงานภายในท่อความร้อนเป็นของไหลนาโนจะพบว่าค่า COP_R และ COP_H จะมีค่ามากกว่าท่อความร้อนที่มีสารทำความเย็นชนิด R22 เป็นสารทำงาน โดยที่ความเข้มข้น 10 ppm จะมีค่า COP_R และ COP_H มากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.8 ในส่วนของการใช้กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศ ท่อความร้อนที่มีของไหลนาโนเป็นสารทำงานที่ความเข้มข้น 10 ppm จะมีการใช้กำลังไฟฟ้าต่ำสุด คือ 5.84 kW เนื่องจากมีภาระการทำความเย็นที่อีวาพอเรเตอร์ต่ำที่สุด ดังแสดงในรูป 4.9



รูปที่ 4.8 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะในการทำความเย็นและการทำความร้อนของระบบปรับอากาศที่ไม่มีและมีการติดตั้งท่อความร้อน

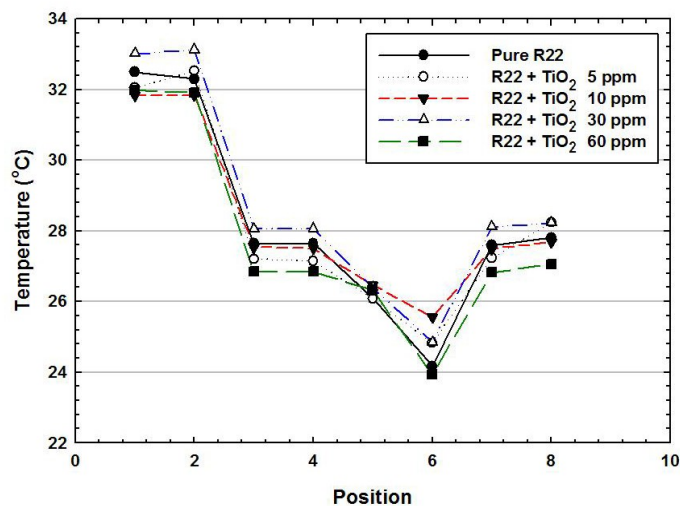


รูปที่ 4.9 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศที่ไม่มีและมีการติดตั้งท่อความร้อน

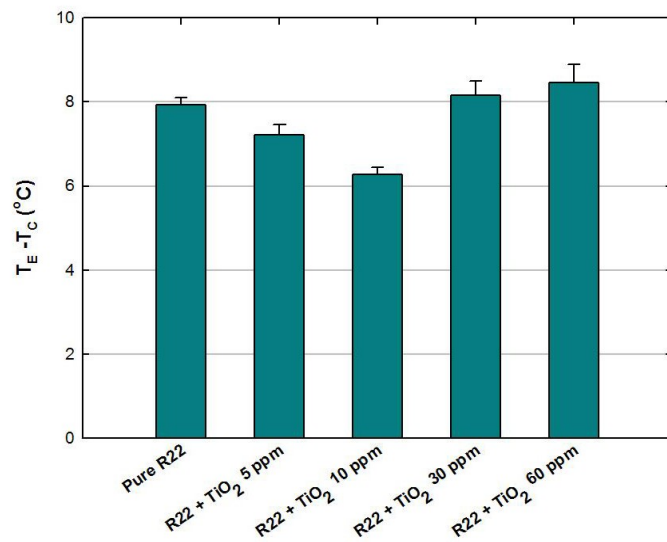
4.4 ความต้านทานทางความร้อนของท่อความร้อน

จากผลการวัดอุณหภูมิผิวที่ส่วนต่างๆ ของท่อความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 4.10 จะพบว่าเมื่อเปลี่ยนสารทำงานเป็นของไหลนาโนจะส่งผลให้ผลต่างระหว่างอุณหภูมิส่วนระเหยและส่วนควบแน่นลดลงดังแสดงในรูปที่ 4.11 ซึ่งผลจากอุณหภูมิที่ส่วนต่างๆ ลดลง จะส่งผลให้ค่า R_{th} มีค่าลดลงด้วยเช่นกัน

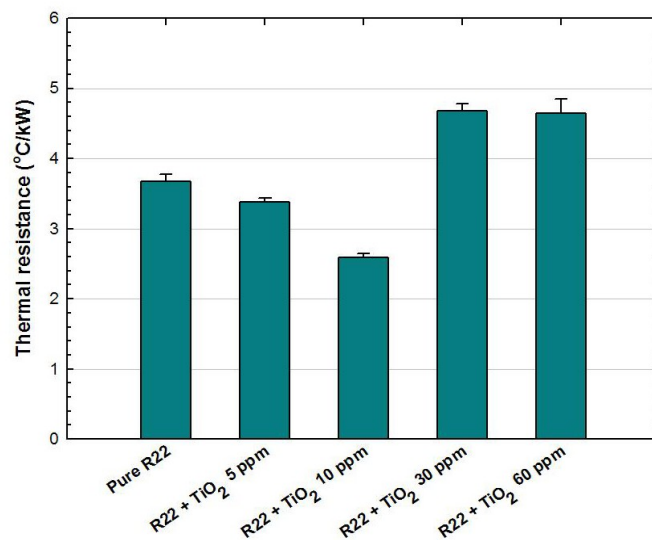
ดังแสดงในรูปที่ 4.12 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสารทำงานในท่อความร้อนจะพบว่า ท่อความร้อนที่มีความเข้มข้นของของไหลนาโน 10 ppm จะมีค่า R_{th} ต่ำที่สุดคือ $2.59\text{ }^{\circ}\text{C/kW}$ เนื่องจากการเติมอนุภาคนาโนจะช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนได้มากขึ้น ทำให้ผลต่างระหว่างอุณหภูมิส่วนระเหยและส่วนควบแน่นลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.11 แต่ก็ต้องเดิมที่ความเข้มข้นและในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับสภาวะการใช้งานและขนาดของท่อความร้อน หากเพิ่มค่าความเข้มข้นของอนุภาคนาโนที่มากเกินไปจะทำให้เพิ่มความหนืดให้กับสารทำงานทำให้ความสามารถของการถ่ายเทความร้อนลดลง



รูปที่ 4.10 อุณหภูมิที่ส่วนต่างๆ ของผิวท่อความร้อน



รูปที่ 4.11 ผลต่างระหว่างอุณหภูมิส่วนระเหยและส่วนควบแน่นของท่อความร้อน

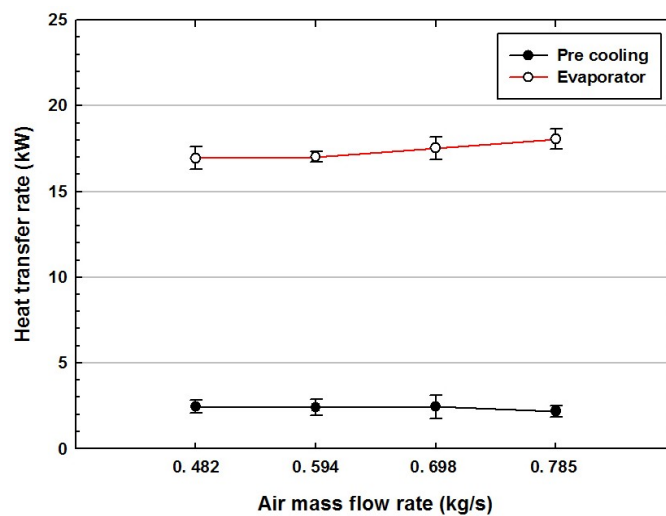


รูปที่ 4.12 ค่าความต้านทานทางความร้อนของท่อความร้อนที่สารทำงานต่าง ๆ

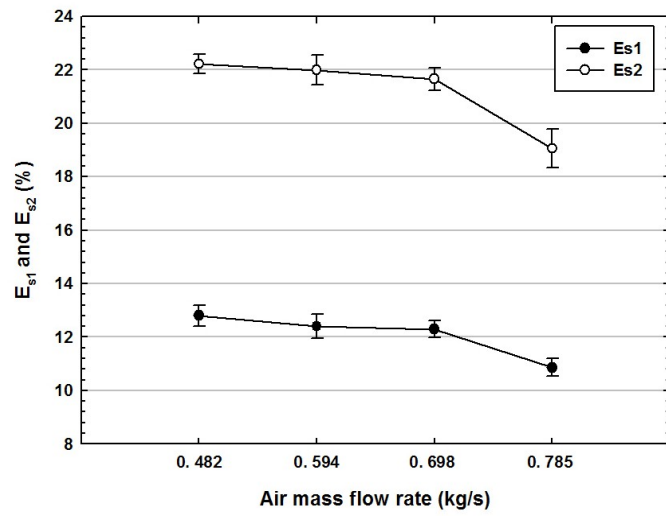
4.5 อิทธิพลของอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ

ผลการทดลองเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งท่อความร้อนที่ผสมอนุภาคนาโนที่มีความเข้มข้น 10 ppm พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศส่งผลให้อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าอีวาพอเรเตอร์มีค่าสูงขึ้นทำให้อีวาพอเรเตอร์มีภาระการทำความเย็นเพิ่ม

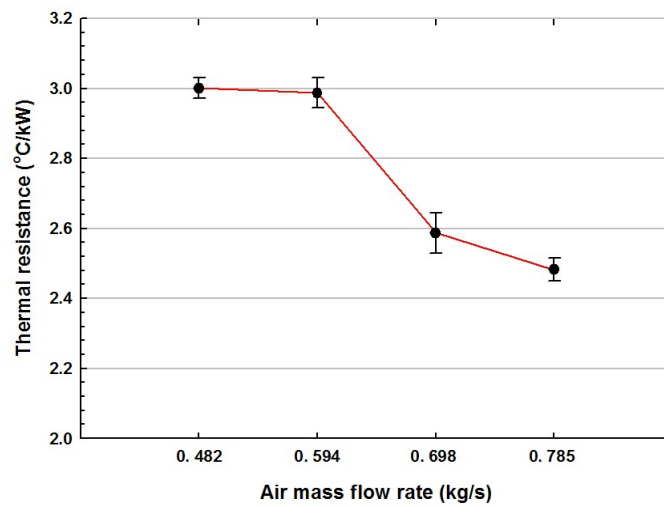
ส่วนอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนจะมีค่าคงที่จึงส่งผลให้สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้น้อยลง ดังแสดงในรูปที่ 4.13 ดังนั้นค่าสัดส่วนการประหยัดพลังงานสำหรับภาระการทำความเย็น (E_{s1}) และสัดส่วนการประหยัดพลังงานโดยรวมของระบบปรับอากาศ (E_{s2}) จะมีค่าลดลงเนื่องจากอีวาพอเรเตอร์ของระบบปรับอากาศมีภาระการทำความเย็นเพิ่มขึ้น ในขณะที่อัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.14 และค่าความต้านทานทางความร้อนของท่อความร้อนจะมีค่าลดลง เมื่ออัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเพิ่มขึ้นเนื่องจากผลต่างระหว่างอุณหภูมิผิวของท่อความร้อนส่วนควบแน่นและส่วนระเหยมีค่าลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.13 อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ส่วนการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ
ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศต่าง ๆ



รูปที่ 4.14 สัดส่วนการประหยัดพลังงานสำหรับภาระการทำความเย็น (E_{s1})
และสัดส่วนการประหยัดพลังงานโดยรวมของระบบปรับอากาศ (E_{s2})
ที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศต่าง ๆ



รูปที่ 4.15 ค่าความต้านทานทางความร้อนที่อัตราการไหลเชิงมวลต่าง ๆ