รายงานการวิจัย

การศึกษาการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์
โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อน

A Study of Refrigerant Temperature Reduction before Entering
the Condenser using Heat Exchanger Storage Tank

โดย

สิริสวัสดิ์ จึงเจริญนิรชร
แขนงวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
ปีงบประมาณ 2560

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

หัวข้อวิจัย	:	การศึกษาการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อน
ชื่อผู้วิจัย	:	นายสิริสวัสดิ์ จึงเจริญนิรชร
คณะ	:	เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัย	:	ราชภัฏเทพสตรี
ปีงบประมาณ	:	2560

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อน ชุดทดลองประกอบไปด้วยระบบทำความเย็นแบบอัดไอขนาด 3.52 kW (12,000 BTU/hr) ซึ่งใช้สารทำความเย็น R-22 เป็นสารทำงาน คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ระบบ ได้แก่ ระบบปรับอากาศแบบไม่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน และระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน จากการทดลองพบว่าระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์เมื่อไหลผ่านถังแลกเปลี่ยนความร้อนจะมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ย 14.08 °C ในส่วนอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากอิวาพอเรเตอร์เมื่อไหลผ่านถังแลกเปลี่ยนความร้อนจะสูงขึ้นเฉลี่ย 6.82 °C อีกทั้งระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถถ่ายเทความร้อนได้เพิ่มขึ้น 13.14% ใช้กำลังไฟฟ้าลดลง 3.10% และมีค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของระบบปรับและอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศเพิ่มขึ้น 17.63% เมื่อเทียบกับระบบที่ไม่ได้ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน

คำสำคัญ : ระบบปรับอากาศ/อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศ/การลดอุณหภูมิ/ถังแลกเปลี่ยนความร้อน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

Research title	:	A Study of Refrigerant Temperature Reduction before Entering the Condenser using Heat Exchanger Storage Tank
Researcher	:	Mr.Sirisawat Juengjaroennirachon
Faculty		Industrial Technology
University		Thepsatri Rajabhat
year	:	2017

Abstract

The aim of this research was to study of refrigerant temperature reduction before entering the condenser using heat exchanger storage tank. The experimental unit consisted of a vapor compression of 3.52 kW (12,000 BTU/hr) capacity with R-22 refrigerant and air cooled condenser. This study was divided into two experimental systems, the system without the heat exchanger storage tank and the system with the heat exchanger storage tank. For considering the system with the heat exchanger storage tank, the results showed that when the refrigerant temperature at the compressor outlet passing through the heat exchanger storage tank decrease of 14.08 $^{\circ}$C as well the refrigerant temperature at the evaporator outlet passing through the heat exchanger storage tank increase of 6.82 $^{\circ}$C. Comparison of the system without the heat exchanger storage tank system and with the heat exchanger storage tank system shows that the heat transfer rate of condenser increase of 13.14%, reduced power consumption by up to 3.10%, and the highest coefficient of performance and energy efficiency ratio with an increase of 8.24%.

Keywords : Air-Conditioning System /Energy Efficiency Ratio/ Temperature Reduction/ Heat Exchanger Storage Tank

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่อนุมัติทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ทวีวัฒน์ สุภารส ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ ขอขอบคุณ แขนงวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่อำนวยความสะดวกในสถานที่ทำงานวิจัย และเอื้อเฟื้อเครื่องมือ อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลการทดลอง ขอขอบคุณคณาจารย์คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษา สุดท้ายขอขอบคุณนักศึกษาทุกท่านที่ให้ความร่วมมือจนการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สิริสวัสดิ์ จึงเจริญนิรชร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ชื่อโครงการวิจัย	1
1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.4 ขอบเขตการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 หลักการเบื้องต้นของระบบทำความเย็น	3
2.2 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับวัฏจักรการทำความเย็นระบบอัดไอ	3
2.3 ระบบทำความเย็นคอมเพรสเซอร์แบบอัดไอ	3
2.4 หลักการทำงานของวงจรทำความเย็น	6
2.5 อุปกรณ์หลักทางวงจรไฟฟ้า	7
2.6 สารทำความเย็น	8
2.7 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน	9
2.8 ปริมาณและความเร็วของอากาศ	13
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	17
3.1 การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล	17
3.2 การออกแบบและสร้าง	19
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	19
3.4 วิธีการทดลอง	20
3.5 ศึกษาประสิทธิภาพ	20
3.6 สถานที่ในการทดลอง	21
บทที่ 4 ผลของการวิจัย	22
4.1 ผลการศึกษาการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อน	22
4.2 ผลการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ	23

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	27
5.1 สรุปผลการวิจัย	27
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	28
5.3 ข้อเสนอแนะ	28
บรรณานุกรม	29
ภาคผนวก ก	31
ส่วนประกอบต่าง ๆ ของงานวิจัย เรื่อง การศึกษาการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อน	31
ประวัติผู้วิจัย	37

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าการนำความร้อนของวัสดุบางชนิดที่อุณหภูมิห้อง	10
2.1	ค่าการนำความร้อนของวัสดุบางชนิดที่อุณหภูมิห้อง (ต่อ)	11
2.2	ค่าโดยประมาณของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย	12
3.1	ระยะเวลาทำการวิจัยและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	21

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงแผนภาพการทำงานของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ	3
2.2	วงจรในระบบปรับอากาศที่ใช้หาค่า $W_{compressor}$	4
2.3	วงจรในระบบปรับอากาศที่ใช้หาค่า $Q_{condenser,r}$	5
2.4	วงจรในระบบปรับอากาศที่ใช้หาค่า $Q_{evaporator,r}$	5
2.5	หลักการทำงานของวงจรเครื่องทำความเย็น	7
2.6	กลไกในการถ่ายเทความร้อน	9
2.9	การพาความร้อนแบบบังคับและแบบอิสระ	11
3.1	ชุดถังแลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งกับระบบปรับอากาศ	19
3.2	ตำแหน่งวัดความดันและอุณหภูมิในระบบปรับอากาศ	18
3.3	ถังแลกเปลี่ยนความร้อน	20
4.1	อุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าและออกจากถังแลกเปลี่ยนความร้อนเทียบกับเวลา	22
4.2	อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์เทียบกับเวลา	23
4.3	กำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศเทียบกับเวลา	24
4.4	สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของระบบปรับอากาศเทียบกับเวลา	25
4.5	อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศเทียบกับเวลา	26
ก.1	ระบบปรับอากาศขนาด 3.52 kW (12,000 BTU/hr)	32
ก.2	คอมเพรสเซอร์	32
ก.3	ชุดคอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศ	33
ก.4	อิวาพอเรเตอร์	33
ก.5	ชุดควบคุมอุณหภูมิและเบรกเกอร์	34
ก.6	ชุดวัดอุณหภูมิและชุดวัดกำลังไฟฟ้า	34
ก.7	เกจวัดความดันต่ำ	35
ก.8	เกจวัดความดันสูง	35
ก.9	ถังแลกเปลี่ยนความร้อน	36

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ชื่อโครงการวิจัย

การศึกษาการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อน

1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ปัจจุบันระบบปรับอากาศเป็นอีกระบบหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในทุกภาคส่วนเช่น ภายในอาคาร บ้านเรือน และสำนักงาน เป็นต้น ระบบปรับอากาศส่วนมากที่ใช้จะเป็นแบบแยกส่วน (Split type) [1-3] เพราะเป็นระบบปรับอากาศที่ ราคาไม่สูง ติดตั้งง่าย ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนใช้หลักการถ่ายเทความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์ [4] แต่เนื่องด้วยปัจจุบันประเทศไทยมีอุณหภูมิอากาศที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ระบบปรับอากาศทำงานหนักขึ้น ใช้พลังงานมากขึ้น ส่งผลให้ระบบปรับอากาศมีประสิทธิภาพลดลง เพราะคอนเดนเซอร์ถ่ายเทความร้อนได้ไม่ดี เมื่อมีการใช้พลังงานมากขึ้นอาจทำให้เกิดการขาดแคลนพลังงานได้ในอนาคต ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมามีหลายวิธีการในการเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบปรับอากาศ เช่น การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ และระบายความร้อนด้วยอากาศ [5,6] การศึกษาการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศให้มีความเหมาะสมเพื่อลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ [7-10] การลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ด้วยการติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิ [11-15] การลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ด้วยชุดท่อความร้อน [16] อีกทั้งการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ด้วยถังกักเก็บพลังงาน [17] ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพ และลดการใช้พลังงานให้กับระบบปรับอากาศได้ ซึ่งการพัฒนาให้ระบบปรับอากาศมีการใช้พลังงานลดลง โดยที่สามารถให้ความเย็นได้เท่าเดิมหรือเพิ่มขึ้นจะส่งผลที่ดีกับทั้งผู้ใช้และประเทศชาติ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นก่อนเข้าไปถ่ายเทความร้อนที่คอนเดนเซอร์ และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ อีกทั้งยังเป็นการใช้พลังงานให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุดและเป็นการช่วยลดภาวะโลกร้อนอีกด้วย

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อออกแบบและสร้างถังแลกเปลี่ยนความร้อน

1.3.2 เพื่อลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์

1.3.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 3.52 kW (12,000 BTU/hr)

1.4.2 ออกแบบและสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.52 mm และ 15.87 mm

1.4.3 การศึกษาการลดอุณหภูมิอากาศก่อนถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ โดยมีอุณหภูมิทางเข้าคอนเดนเซอร์ที่ 25-35 $^{\circ}$C และอุณหภูมิในห้องทดลอง 23-27 $^{\circ}$C

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ชุดถังแลกเปลี่ยนความร้อน

1.5.2 สามารถลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ได้

1.5.3 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพ และลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศได้

1.5.4 สามารถเผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการ หรือตีพิมพ์ในวารสารวิชาการได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

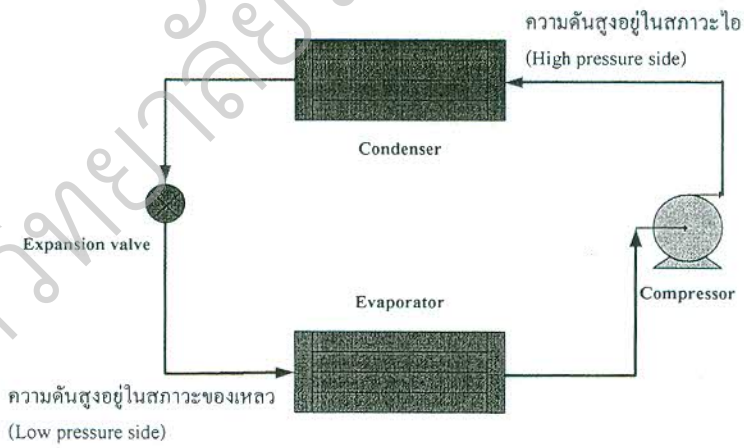
บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการเบื้องต้นของระบบทำความเย็น

สนอง อิ่มเอม [1] ได้กล่าวไว้ว่าเครื่องทำความเย็น และเครื่องปรับอากาศที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันนี้ ไม่ว่าจะเป็นตู้เย็น ตู้แช่ เครื่องปรับอากาศรถยนต์ เครื่องปรับอากาศตามบ้าน และในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปก็ตามจะมีหลักการทำความเย็นเหมือนกัน คือ การทำให้สารซึ่งเป็นตัวกลางในการทำความเย็น (Refrigerant) เปลี่ยนสถานะเพราะสารทุกชนิดต้องใช้ความร้อนแฝงเพื่อช่วยในการเปลี่ยนสถานะเสมอ ดังนั้นถ้าจะทำให้สารนี้เปลี่ยนสถานะมันจะดูดความร้อนจากบริเวณใกล้เคียงทำให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิลดลง จึงเกิดความเย็นได้ตามต้องการ

2.2 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับวัฏจักรการทำความเย็นระบบอัดไอ

มนตรี พิรุณเกษตร [18] กล่าวไว้ว่าวัฏจักรการทำความเย็นระบบอัดไอ (Vapor compression refrigeration cycle) มีลักษณะการทำงาน คือ เมื่อสารทำความเย็นไหลผ่านอิวาพอเรเตอร์จะระเหยตัวกลายเป็นไอ และถูกอัดตัวผ่านคอมเพรสเซอร์ในสถานะไอ ซึ่งเป็นไอที่มีความดันสูงที่จะได้ควบแน่นในคอนเดนเซอร์เป็นของเหลวที่มีความดันสูง และจะไหลผ่านวาล์วลดความดันในสถานะของเหลวความดันต่ำ พร้อมที่จะระเหยตัวในอิวาพอเรเตอร์ต่อไปอีกโดยพิจารณาในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงแผนภาพการทำงานของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ [1]

2.3 ระบบทำความเย็นคอมเพรสเซอร์แบบอัดไอ

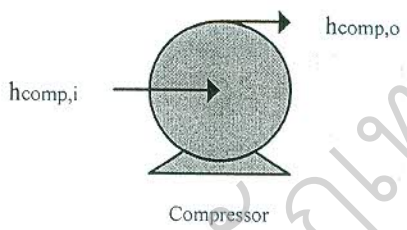
สนอง อิ่มเอม [1] ได้แบ่งวงจรเครื่องทำความเย็นระบบเครื่องอัดไอ (คอมเพรสเซอร์) (Vapor compression system) ประกอบด้วยอุปกรณ์สำคัญดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

เครื่องอัด (Compressor) ทำหน้าที่ในการดูด และอัดน้ำยาที่เป็นไอซึ่งมีอุณหภูมิ และมีความดันต่ำจากเครื่องระเหยอัดให้มีความดันสูงจนถึงจุดที่ไอพร้อมที่จะควบแน่นเป็นของเหลวเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนออกจากน้ำยา

สมการหางานคอมเพรสเซอร์

อัตราการไหลของสารทำความเย็นในระบบทำความเย็นแบบอัดไอ พิจารณาที่ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์เต็มพิกัด ซึ่งอัตราส่วนความดันด้านดูด และด้านอัดของคอมเพรสเซอร์นั้น จะสัมพันธ์กับอัตราการไหล และอุณหภูมิของสารทำความเย็นซึ่งความสัมพันธ์ของค่าดังกล่าวสามารถพิจารณาได้จากสมการต่อไปนี้ [1]



รูปที่ 2.2 วงจรในระบบปรับอากาศที่ใช้หาค่า $W_{compressor}$

$$W_{compressor} = \dot{m}_r \left(h_{comp,o} - h_{comp,i} \right) \quad (1)$$

เมื่อ

$W_{compressor}$ = งานคอมเพรสเซอร์ (kW)

$\dot{m}_r$ = อัตราการไหลสารทำความเย็น (kg/s)

$h_{comp,o}$ = เอนทัลปีทางออกคอมเพรสเซอร์ (kJ/kg)

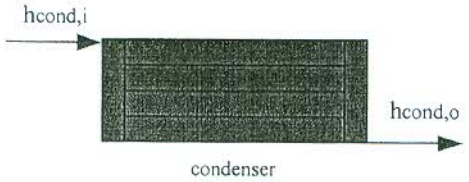
$h_{comp,i}$ = เอนทัลปีทางเข้าคอมเพรสเซอร์ (kJ/kg)

เครื่องควบแน่น (Condenser) ทำหน้าที่ให้น้ำยาในสถานะที่เป็นไอกลั่นตัวเป็นของเหลวด้วยการระบายความร้อนออกจากน้ำยานั้น กล่าวคือ น้ำยาในสถานะแก๊ส อุณหภูมิสูง ความดันสูง ซึ่งถูกอัดส่งมาจากเครื่องอัด เมื่อถูกระบายความร้อนแฝงออกจะกลั่นตัวเป็นของเหลว แต่ยังคงมีความดัน และอุณหภูมิสูงอยู่

สมการหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็นที่คอนเดนเซอร์

จากการทดลองสามารถคำนวณหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็นที่คอนเดนเซอร์ได้ดังนี้ [1]

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



รูปที่ 2.3 วงจรในระบบปรับอากาศที่ใช้หาค่า $Q_{condenser,r}$

$$Q_{condenser,r} = \dot{m}_r \left(h_{cond,i} - h_{cond,o} \right) \quad (2)$$

เมื่อ

$Q_{condenser,r}$ = อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์ (kW)

$\dot{m}_r$ = อัตราการไหลสารทำความเย็น (kg/s)

$h_{cond,i}$ = เอนทัลปีทางเข้าคอนเดนเซอร์ (kJ/kg)

$h_{cond,o}$ = เอนทัลปีทางออกคอนเดนเซอร์ (kJ/kg)

ท่อพักน้ำยาเหลว (Receiver tank) ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกออกจากน้ำยา และดูดความชื้นออกจากระบบทำความเย็น

วาล์วขยายตัว (Expansion valve) ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาเหลว ที่ผ่านเข้าไปยังเครื่องระเหยลดความดันของน้ำยาให้มีความดันต่ำลง จนสามารถระเหยกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำๆ ในเครื่องระเหย

เครื่องระเหย (Evaporator) ทำหน้าที่ดูดรับปริมาณความร้อนจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็น ขณะที่น้ำยาทำความเย็นภายในระบบตรงบริเวณนี้ระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นไอ จะดูดรับปริมาณความร้อนผ่านผิวท่อทางเดินน้ำยาภายในระบบ ทำให้อุณหภูมิโดยรอบเครื่องระเหยลดลง

สมการหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็นที่อิวาพอเรเตอร์

จากการทดลองสามารถคำนวณหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็นที่อิวาพอเรเตอร์ได้ดังสมการต่อไปนี้ [1]

รูปที่ 2.4 วงจรในระบบปรับอากาศที่ใช้หาค่า $Q_{evaporator,r}$

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

$$Q_{evaporator,r} = \dot{m}_r \left(h_{evap,o} - h_{evap,i} \right) \quad (3)$$

เมื่อ

$Q_{evaporator,r}$ = อัตราความร้อนที่ระบายออกจากอิวาพอเรเตอร์ (kW)

$\dot{m}_r$ = อัตราการไหลสารทำความเย็น (kg/s)

$h_{evap,i}$ = เอนทัลปีทางเข้าอิวาพอเรเตอร์ (kJ/kg)

$h_{evap,o}$ = เอนทัลปีทางออกอิวาพอเรเตอร์ (kJ/kg)

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของระบบปรับอากาศพิจารณาได้จากสมการที่ 4

$$COP = \frac{Q_{evaporator,r}}{W_{compressor}} \quad (4)$$

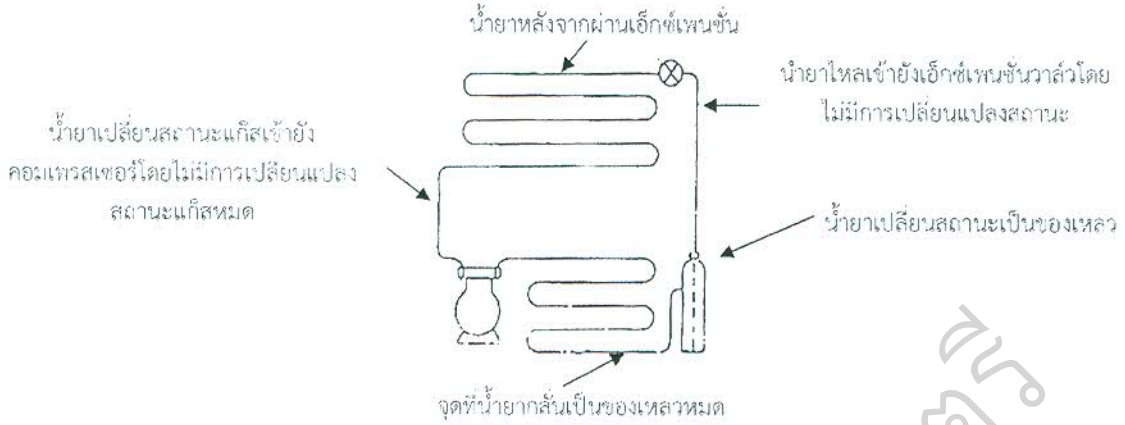
เมื่อ

COP = สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของระบบปรับอากาศ

2.4 หลักการทำงานของวงจรทำความเย็น

สนอง อิ่มเอม [1] กล่าวไว้ว่าหลักการทำงานของวงจรทำความเย็นดังแสดงในรูปที่ 2.5 เริ่มที่ท่อพักน้ำยาเหลว น้ำยาในท่อพักมีสถานะเป็นของเหลวที่มีอุณหภูมิสูง และความดันสูง ถูกส่งเข้าไปยังวาล์วขยายตัวโดยผ่านทางท่อของเหลว ซึ่งวาล์วขยายตัวนี้จะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาที่ผ่านเข้ายังเครื่องระเหยลดความดันของน้ำยาเหลวให้มีความดันต่ำลง จนสามารถระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส และดูดรับปริมาณความร้อนได้ที่อุณหภูมิต่ำๆ ภายในเครื่องระเหย ขณะที่น้ำยาเหลวภายในเครื่องระเหย ระเหยตัวเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สจะดูดรับปริมาณความร้อนจากอากาศโดยรอบ ทำให้อากาศโดยรอบที่เครื่องระเหยมีอุณหภูมิลดต่ำลง และถ้าฉนวนกั้นความร้อนโดยรอบเครื่องระเหยไว้ความร้อนจากภายนอกไม่สามารถผ่านเข้าไปได้หรือผ่านได้น้อย ก็จะทำให้อุณหภูมิภายในบริเวณที่ต้องการทำความเย็นลดต่ำลง แก๊สซึ่งมีอุณหภูมิ และความดันต่ำจากเครื่องระเหยจะถูกเครื่องอัดดูดผ่านเข้าทางท่อดูด และอัดส่งออกทางท่อจ่ายในลักษณะของแก๊สที่มีอุณหภูมิ และความดันสูงเพื่อส่งไปกลั่นตัวเป็นของเหลวในเครื่องควบแน่นโดยการระบายความร้อนออก แต่น้ำยาเหลวนี้จะยังคงมีความดัน และอุณหภูมิสูงอยู่ และถูกส่งเข้าไปพักน้ำยาเหลวก่อนที่จะถูกส่งไปยังวาล์วขยายตัวอีกครั้งหนึ่งอันเป็นการครบวงจร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของวงจรเครื่องทำความเย็น [1]

2.5 อุปกรณ์หลักทางวงจรไฟฟ้า

สนอง อิ่มเอม [1] กล่าวไว้ว่าอุปกรณ์หลักที่สำคัญทางวงจรไฟฟ้าประกอบด้วย

สวิตช์เครื่องปรับอากาศ ที่ใช้มากมี 2 แบบ คือแบบปุ่มกด และแบบหมุนเพื่อปรับเปลี่ยนตำแหน่งการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศ ตัวสวิตช์จะทำหน้าที่ ปิด-เปิดวงจรเครื่องควบคุมความเร็วของมอเตอร์พัดลม และควบคุมการทำงานของมอเตอร์เครื่องอัดซึ่งวงจรส่วนที่ควบคุมมอเตอร์เครื่องอัดนี้จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อ วงจรมอเตอร์พัดลมได้ทำงานแล้วเท่านั้น

โอเวอร์โหลด (Over load) เป็นอุปกรณ์ป้องกันความเสียหายซึ่งจะทำหน้าที่ตัดวงจรไฟฟ้าที่เข้าเลี้ยงมอเตอร์เครื่องอัดเมื่อเกิดความร้อน อันเนื่องมาจากมอเตอร์เครื่องอัดกินกระแสสูงผิดปกติ มอเตอร์เครื่องอัดของเครื่องปรับอากาศบางรุ่น ขนาดตั้งแต่ 2-3 แรงม้า จึงออกแบบมาให้มีโอเวอร์โหลดภายใน (Internal overload) ซึ่งจะคอยป้องกันไม่ให้มอเตอร์เครื่องอัดเกิดความเสียหายอีกชั้นหนึ่ง

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานสัมพันธ์กับอุปกรณ์ช่วยสตาร์ทของมอเตอร์เครื่องอัด รีเลย์ที่ใช้สำหรับมอเตอร์เครื่องอัดของความร้อนนั้น จะใช้ชนิดโพเทนเชียลรีเลย์ ซึ่งจะใช้ควบคู่กับคาพาซิเตอร์สตาร์ท และคาพาซิเตอร์รัน

เทอร์โมสตัท (Thermostat) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศให้อยู่ในช่วงที่ต้องการโดยอัตโนมัติ ในขณะที่อุณหภูมิภายในห้องยังสูงอยู่ หน้าสัมผัสของเทอร์โมสตัทต่ออยู่ทำให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ทำงานดูดอัดน้ำยา R-22 ให้เกิดผลความเย็นที่อีวาพอเรเตอร์เมื่ออุณหภูมิในห้องปรับอากาศลดต่ำลง (เย็น) ถึงเกณฑ์ตามที่ต้องการ หน้าสัมผัสของเทอร์โมสตัทจะแยกจาก ทำให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์หยุดทำงาน จนกระทั่งอุณหภูมิในห้องสูงขึ้น หน้าสัมผัสของเทอร์โมสตัทจะต่ออีกครั้งหนึ่ง และมอเตอร์คอมเพรสเซอร์เริ่มทำงานใหม่ ซึ่งเป็นการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องโดยอัตโนมัติ เทอร์โมสตัทของเครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่างจะเป็นชนิดกระเปาะซึ่งปลายกระเปาะจะต้องวางทาบดักอยู่ที่ทางลมกลับ ด้านหน้าของเครื่องแต่อยู่ข้างในหน้ากากอีกทีหนึ่ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

มอเตอร์พัดลม (Fan motor) มอเตอร์พัดลมของเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง (window air) จะเป็นมอเตอร์ชนิดอินดักชั่น มอเตอร์แบบ 2 แกน ยื่นออกทั้งสองด้าน ด้านหนึ่งไว้ใส่ใบพัดลมแบบธรรมดาสำหรับระบายความร้อนออกให้กับเครื่องควบแน่น และอีกด้านหนึ่งไว้ใส่ใบพัดแบบกรงกระรอกเป่าให้อากาศภายในห้องหมุนเวียนผ่านคอยล์โครงสร้างของมอเตอร์พัดลมนี้ จะประกอบไปด้วยส่วนที่ เรียกกันว่า สเตเตอร์ ซึ่งมีขดลวดพันอยู่ และส่วนที่เรียกว่า โรเตอร์ ซึ่งจะเป็นส่วนที่หมุนอยู่ในสเตเตอร์ มีฝาครอบหัวท้ายมอเตอร์ มอเตอร์นี้จะมี 2 หรือ 3 ระดับความเร็วแล้วแต่บริษัทผู้ผลิต

คาพาซิเตอร์ (Capacitor) ส่วนมากคาพาซิเตอร์ที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง (window air) จะมี 2 ชนิดคือ คาพาซิเตอร์สตาร์ท และคาพาซิเตอร์รัน คาพาซิเตอร์สตาร์ทจะเป็นตัวที่ขนาดเล็กกว่าแต่มีค่าประจุไฟฟ้ามากกว่า และทำหน้าที่ช่วยในการออกตัวของมอเตอร์เครื่องอัด สำหรับคาพาซิเตอร์จะมีค่าประจุไฟฟ้าน้อยกว่า ซึ่งจะทำหน้าที่ช่วยแก้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์เพื่อให้มอเตอร์เครื่องอัดกินกระแสน้อยลง มอเตอร์เครื่องอัดบางรุ่นจะออกแบบมาให้ใช้คาพาซิเตอร์รันเพียงตัวเดียว ดังนั้นก่อนที่จะต่อคาพาซิเตอร์เข้าในวงจร

2.6 สารทำความเย็น (Refrigerant)

สุรพล พฤกษพานิช [2] กล่าวไว้ว่าน้ำยาเครื่องทำความเย็น หรือช่างซ่อมบริการเรียกกันสั้นๆ ว่า "น้ำยา" วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยได้บัญญัติศัพท์ทางวิชาการขึ้นเรียกว่า "สารทำความเย็น" และให้ความหมายของคำว่า สารทำความเย็นไว้ว่า "สารทำความเย็นหมายถึง สารที่ทำให้เกิดความเย็นโดยการดูดความร้อน เมื่อขยายตัวหรือเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นไอ สารนี้ในสภาพที่เป็นไอ ถ้าได้ระบายความร้อนออก จะคืนสภาพเป็นของเหลวอีก"

ชนิดและคุณสมบัติของน้ำยาที่ยังพบใช้ในเครื่องทำความเย็น

น้ำยา R-22 ($CHClF_2$) เป็นน้ำยาที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ มีจุดเดือดอยู่ที่ -40.8 °C (-41.4 °F) ที่ความดันบรรยากาศ มีค่า ความร้อนแฝงกลายเป็นไอเท่ากับ 232 kJ/kg ใช้แรงม้าต่อตันเกือบเท่ากับเครื่องที่ใช้น้ำยา R-12น้ำยา R-22 จะมีอุณหภูมิทางด้านจ่ายสูงฉะนั้นต้องระวังอย่าให้สูงเกินเกณฑ์ โดยเฉพาะในเครื่องอัดแบบเฮอร์เมติกบางชนิดต้องระบายความร้อนด้วยพัดลม และสามารถละลายในน้ำมันที่อุณหภูมิสูงโดยเฉพาะในเครื่องอัด แต่ไม่ละลายในน้ำมันที่อุณหภูมิต่ำในเครื่องระเหย ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการไหลกลับของน้ำมัน ถ้าคำนวณท่อให้ถูกต้อง ถ้าใช้ในเครื่องอัดแบบเปียกจะต้องมีอุปกรณ์แยกน้ำมัน โดยเฉพาะเครื่องที่มีอุณหภูมิต่ำ คือ ขนาดของเครื่องอัดเล็กกว่าเครื่องที่ใช้น้ำยา R-12ประมาณ 60% และปัญหาเกี่ยวกับระบบตันน้ำแข็งน้อยกว่าน้ำยา R-22

คุณสมบัติของสารทำความเย็น

สารที่ใช้ทำความเย็นมีหลายชนิด ซึ่งเป็นก๊าซพิษ ก๊าซติดไฟได้ และบางอย่างมีคุณสมบัติในการกัดกร่อนหรือมีราคาแพง ดังนั้นคุณสมบัติที่สำคัญของสารทำความเย็นที่ต้องการดังต่อไปนี้

1. การทำความเย็นที่ได้รับจากการระเหยตัวของของเหลว สารทำความเย็นจะต้องระเหยตัวกลายเป็นไอได้ง่าย

2. การกลายเป็นไอหรือก๊าซต้องใช้ความร้อนแฝงมาก สารทำความเย็นที่ใช้หมุนเวียนจะน้อยลงดังนั้นสารทำความเย็นก็จะน้อยลงด้วย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3. อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ทำความเย็นต้องปลอดภัย ดังนั้นสารทำความเย็นจะต้องไม่ติดไฟหรือระเบิด

4. สารทำความเย็นจะต้องไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ และถ้ารั่วออกมาสามารถตรวจหาได้โดยการดมกลิ่น

5. มีความคงตัวสูงสามารถนำกลับไปใช้ได้อีกหลายๆ ครั้งโดยไม่เปลี่ยนแปลงสถานะหรือแยกตัว

6. จะต้องไม่เป็นอันตรายต่อชิ้นส่วนโลหะหรือประเก็นที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์หรือไม่เป็นอันตรายต่อน้ำมันหล่อลื่น และส่วนอื่นๆ

7. อุณหภูมิจุดวิกฤตควรจะต้องสูงกว่าอุณหภูมิการกลั่นตัว

8. ถ้าความดันการกลายเป็นไอต่ำกว่าความดันบรรยากาศซึ่งจะเปลี่ยนให้อากาศเข้าไปในระบบทำความเย็น ดังนั้นความดันในการกลายเป็นไอควรจะสูงกว่าความดันบรรยากาศ

9. ชิ้นส่วนต่างๆ ในระบบทำความเย็น เช่น คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ และโครงสร้างของท่อด้านความดันสูงจะต้องแข็งแรง ดังนั้นสารทำความเย็นที่มีความดันการกลั่นสูงมากจึงไม่เหมาะสม

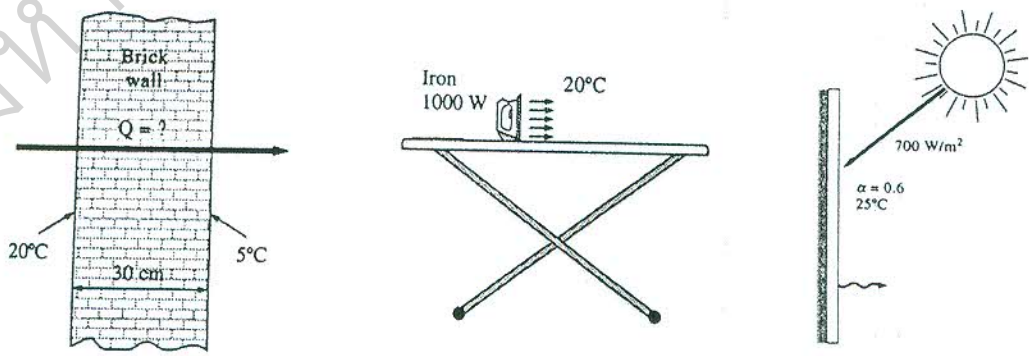
2.7 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน

การกำหนดเครื่องหมายของความร้อน

ในการศึกษาวิชาเทอร์โมไดนามิกส์ การกำหนดเครื่องหมายพลังงานเป็นสิ่งที่จำเป็นเพราะเครื่องหมายของพลังงานเป็นสิ่งที่ใช้ระบุทิศทางในการถ่ายโอนพลังงาน ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงพลังงานของระบบในระหว่างที่เกิดกระบวนการได้

สำหรับการกำหนดเครื่องหมายพลังงานในรูปความร้อนจะยึดหลักการว่าการถ่ายโอนความร้อนเข้าสู่ระบบ (ทำให้ระบบมีพลังงานเพิ่มขึ้น) มีเครื่องหมายเป็นบวก (+) ส่วนการถ่ายเทความร้อนออกจากระบบ (ทำให้ระบบมีพลังงานลดลง) มีเครื่องหมายเป็นลบ (-) [19-21]

กลไกในการถ่ายโอนความร้อน มี 3 แบบ คือ การนำความร้อน (conduction) การพาความร้อน (convection) และการแผ่รังสีความร้อน (radiation)



(ก) การนำความร้อน (ข) การพาความร้อน (ค) การแผ่รังสีความร้อน

รูปที่ 2.6 กลไกในการถ่ายเทความร้อน [20]

การนำความร้อน

การนำความร้อนเป็นวิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำภายในตัวกลางเดียวกันหรือระหว่างตัวกลางต่างชนิดที่อยู่ติดกัน ซึ่งการถ่ายโอนความร้อนเกิดจากผลของการเคลื่อนที่ของโมเลกุลภายในตัวกลาง

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณการนำความร้อนถูกเสนอขึ้นในปี ค.ศ. 1822 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ โจเซฟ ฟูเรียร์ (Joseph Fourier) โดยรูปของสมการเป็นดังนี้ [20]

$$\dot{Q}_{cond} = -kA\frac{dT}{dX} \quad (5)$$

เมื่อ

$\dot{Q}_{cond}$ = อัตราการนำความร้อน (W)

k = ค่าการนำความร้อน (W/(m.K)

A = พื้นที่ในการถ่ายโอนความร้อน (m^2)

T = อุณหภูมิ

X = ระยะทางในการเคลื่อนที่ของความร้อน

เนื่องจากความร้อนจะเกิดการถ่ายโอนจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะทำให้ $\frac{dT}{dX}$ มีเครื่องหมายเป็นลบ ดังนั้นเพื่อทำให้อัตราการนำความร้อนทิศทาง X มีค่าเป็นบวกจึงมีการเติมเครื่องหมายลบไว้ด้านขวามือในสมการนำความร้อน สำหรับค่าการนำความร้อนเป็นค่าเฉพาะตัวของวัสดุแต่ละชนิด โดยมีตัวอย่างของค่าการนำความร้อนวัสดุบางชนิดแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าการนำความร้อนของวัสดุบางชนิดที่อุณหภูมิห้อง

วัสดุ	ค่าการนำความร้อน (W/(m.K))
เพชร	2300
เงิน	429
ทองแดง	401
ทอง	317
อะลูมินั่ม	237
เหล็ก	80.2
ปรอท (ของเหลว)	8.54
แก้ว	1.4
อิฐ	0.72
น้ำ (ของเหลว)	0.613
ผิวหนังของคน	0.37

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ตารางที่ 2.1 ค่าการนำความร้อนของวัสดุบางชนิดที่อุณหภูมิห้อง (ต่อ)

วัสดุ	ค่าการนำความร้อน (W/(m.K))
สารทำความเย็น R-12 (ของเหลว)	0.072
อากาศ (แก๊ส)	0.026

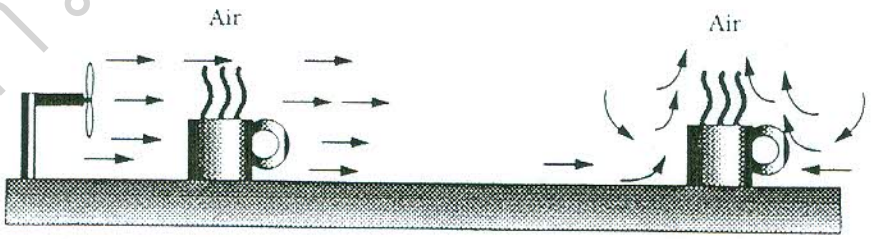
การพาความร้อน

การพาความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการเคลื่อนพาของของไหล โดยเฉพาะอย่างยิ่งการถ่ายเทความร้อนระหว่างพื้นผิวของแข็งกับของไหลที่พัดผ่านไปบนพื้นผิวของแข็งนั้น การถ่ายเทความร้อนระหว่างพื้นผิวของแข็งของไหลอาจจะเป็นการนำความร้อนอย่างเดียวในกรณีที่ไม่มีการเคลื่อนที่ของของไหลเทียบกับพื้นผิวของแข็ง [19-21]

การพาความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนระหว่างผิวของของแข็งกับของไหลที่มีการเคลื่อนที่ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการพาความร้อนเกิดขึ้นจากผลของการนำความร้อนรวมกับการเคลื่อนที่ของของไหล การพาความร้อนแบ่งออกได้ 2 ลักษณะคือ

1. การพาความร้อนแบบบังคับ (forced convection) เกิดขึ้นเมื่อมีแรงภายนอกมาบังคับให้ของไหลเคลื่อนที่ผ่านผิววัตถุที่ร้อนกว่าหรือเย็นกว่า เช่น การใช้พัดลมเป่าอากาศให้เกิดการเคลื่อนที่ผ่านถ้วยกาแฟร้อนดังแสดงในรูปที่ 2.7 (ก)

2. การพาความร้อนแบบอิสระ (free convection) เกิดขึ้นเมื่อของไหลเกิดการเคลื่อนที่เนื่องจากแรงลอยตัว (buoyancy force) ของของไหล และแรงลอยตัวนี้เกิดจากความแตกต่างของความหนาแน่นของของไหล อันเป็นผลจากความแตกต่างของอุณหภูมิในชั้นของของไหล ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.7 (ข) โดยความร้อนจากถ้วยกาแฟจะทำให้อากาศมีความหนาแน่นต่ำลง (เบา) จึงเกิดการเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนขณะเดียวกันอากาศที่เย็นกว่า (มีความหนาแน่นสูงกว่าหรือหนักกว่าจะเคลื่อนที่มาแทนที่)



(ก)การพาความร้อนแบบบังคับ (ข) การพาความร้อนแบบอิสระ

รูปที่ 2.7 การพาความร้อนแบบบังคับและแบบอิสระ [20]

สมการสำหรับหาอัตราการพาความร้อนอยู่ในรูปกฎการเย็นตัวของนิวตัน (Newton's law of cooling) เป็นดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

$$\dot{Q}_{cond} = hA(T_s - T_f) \quad (6)$$

เมื่อ

$\dot{Q}_{cond}$ = อัตราการพาความร้อน

A = พื้นที่ผิวของวัตถุที่สัมผัสกับของไหล

h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน

T_s = อุณหภูมิของผิววัตถุ

T_f = อุณหภูมิของของไหลที่อยู่ห่างออกไปจากผิวหรืออุณหภูมิส่วนต้นของของไหล

สำหรับสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเป็นสมบัติที่ได้จากการทำลอง ปัจจัยที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนมีหลายอย่าง เช่น รูปร่างของวัตถุ ลักษณะการไหลของของไหล และสมบัติของของไหล เป็นต้น

ตารางที่ 2.2 ค่าโดยประมาณของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย

ประเภทการพาความร้อนและชนิดของของไหล	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (W/(m.K)
การพาความร้อนแบบอิสระ, อากาศ	5 - 25
การพาความร้อนแบบอิสระ, น้ำ	20 - 100
การพาความร้อนแบบบังคับ, อากาศ	10 - 200
การพาความร้อนแบบบังคับ, น้ำ	50 - 10,000
น้ำในระหว่างการระเหย	3,000 - 100,000
น้ำในระหว่างการควบแน่น	5,000 - 100,000

การแผ่รังสีความร้อน

การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง ความร้อนจากการแผ่รังสีจะเคลื่อนที่ไปในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic wave) การแผ่รังสีความร้อนจะเกิดได้ดีในบริเวณที่เป็นสุญญากาศ เช่น การถ่ายโอนความร้อนจากดวงอาทิตย์มายังโลก

อัตราการแผ่รังสีความร้อนจากผิวของวัตถุที่อุณหภูมิสัมบูรณ์เท่ากับ T_s เป็นไปตามกฎของสตีฟาน-โบลทซ์มันน์ (Stefan-Boltzmann law) ดังนี้ [20]

$$\dot{Q}_{emitt,\max} = \sigma A T_s^4 \quad (7)$$

เมื่อ

σ = ค่าคงที่สตีฟาน-โบลทซ์มันน์ (Stefan-Boltzmann constant) มีค่าเท่ากับ 5.67×10^{-8} (W/(m^2.K^4)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพลิงศรี

A = พื้นที่ผิวของวัตถุที่แผ่รังสีความร้อน (m^2)

T_s = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของวัตถุแผ่รังสีความร้อน (K)

พื้นผิวของวัตถุอุดมคติ (idealized surface) ที่สามารถแผ่รังสีได้สูงสุดซึ่งเป็นไปตามสมการ (10) เรียกว่าวัตถุดำ (blackbody) สำหรับวัตถุที่มีอยู่ทั่วไปจะแผ่รังสีได้น้อยกว่าวัตถุอุดมคติ โดยมีอัตราการแผ่รังสีความร้อนเป็นไปตามสมการดังนี้

$$\dot{Q}_{rad} = \in \sigma A T_s^4 \qquad (8)$$

เมื่อ $\in$ = ค่าการแผ่รังสี (emissivity) ซึ่งเป็นปริมาตรที่แสดงถึงประสิทธิภาพการแผ่รังสีความร้อนของวัตถุเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุที่สามารถแผ่รังสีความร้อนได้สูงสุด (วัตถุอุดมคติ),
$0 \leq \varepsilon \leq 1$

เมื่อพิจารณาการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างวัตถุใด ๆ ที่มีพื้นผิว A และมีค่าการแผ่รังสีเท่ากับ ε กับวัตถุที่ครอบคลุม (enclosure) วัตถุที่แผ่รังสีอยู่ เมื่อวัตถุที่แผ่รังสีมีอุณหภูมิ T_s และวัตถุที่ครอบคลุมมีอุณหภูมิ T_{surr} เราสามารถเขียนสมการแลกเปลี่ยนความร้อนสุทธิของวัตถุทั้งสองได้ดังนี้

$$\dot{Q}_{rad} = \in \sigma A (T_s^4 - T_{surr}^4) \qquad (9)$$

2.8 ปริมาณและความเร็วของอากาศ (Air quantity and Velocity)

สำหรับเครื่องควบแน่นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ มีความสัมพันธ์ระหว่างขนาด (พื้นที่ผิว) ของเครื่องควบแน่นกับปริมาณอากาศที่ไหลวน ขณะความเร็วหนึ่งๆ การออกแบบเครื่องควบแน่นที่ดีจะต้องทำให้อากาศไหลแบบปั่นป่วน (Tubulent) ด้วยความเร็วต่ำที่สุด และมีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูงความเร็วของอากาศที่เพิ่มขึ้นจะทำให้สูญเสียความดันมากในขณะที่ผ่านเครื่องควบแน่น และเป็นผลทำให้พลังงานที่ใช้ขับพัดลมเพิ่มขึ้น

ความเร็วของอากาศที่ผ่านเครื่องควบแน่นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศเป็นฟังชั่นของพื้นที่ผิวของเครื่องควบแน่น และปริมาณของอากาศที่ไหลเวียน ดังสมการที่ [10]

$$\text{ความเร็วของอากาศ (m/s)} = \frac{\text{ปริมาตรอากาศ } (m^3/s)}{\text{พื้นที่ผิว } (m^2)} \qquad (10)$$

โดยปกติความเร็วของอากาศที่ใช้ระบายความร้อนเครื่องควบแน่นอยู่ระหว่าง 2.5 และ 6 เมตร/วินาที อย่างไรก็ตามความเร็วของอากาศที่เหมาะสมกับเครื่องควบแน่นนั้นใช้การทดลองจะดีที่สุด ด้วยเหตุนี้เครื่องควบแน่นที่ผลิตออกมาจะติดตั้งพัดลมมาเสร็จจากโรงงาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

N. Yamtraipat [7] ได้ศึกษาการหาค่ากำหนดการปรับอากาศในอาคารสำหรับประเทศไทย โดยใช้การสำรวจทางด้านความสบายเชิงความร้อนกับคนไทยตัวอย่างจำนวน 1,520 คน ซึ่งมาจากเขตภูมิอากาศที่แตกต่างกัน และประเภทของอาคารปรับอากาศที่แตกต่างกัน ได้แก่ ภาคธุรกิจเอกชน และภาคหน่วยงานรัฐบาล สำหรับตัวแปรทางด้านความสบายเชิงความร้อนที่ต้องศึกษา นอกจากอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมแล้ว ยังมีตัวแปรที่ไม่สามารถวัดค่าได้ 3 ประเภท ได้แก่ ความเคยชินต่อการใช้เครื่องปรับอากาศที่บ้าน เพศ และระดับการศึกษาซึ่งมีระดับสูงกว่าปริญญาตรี ปริญญาตรี และต่ำกว่าปริญญาตรี ข้อมูลเหล่านี้ได้ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อสร้างมาตรฐานทางด้านความสบายเชิงความร้อนสำหรับเขตภูมิอากาศที่แตกต่างกันของประเทศไทย ผลการวิเคราะห์พบว่า ที่ 26 $^{\circ}$C และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-60% มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับใช้เป็นค่ากำหนดปรับอากาศในอาคารประเทศ ผลการทดลองนี้ช่วยให้เราได้แนวคิดอย่างง่ายในการปรับสภาพอากาศภายในอาคารปรับอากาศโดยใช้ข้อมูลการทดลองที่มาจากอาคารที่ไม่มีการปรับอากาศได้ด้วย สำหรับการประเมินศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และการรักษาสิ่งแวดล้อม โดยการสมมติฐานให้อาคารทั่วประเทศปรับอุณหภูมิภายในค่ามาตรฐานที่กำหนดคือ 26 $^{\circ}$C พบว่าสามารถประหยัดการใช้ไฟฟ้าได้ 804.60 GWh/ปี และสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากโรงไฟฟ้าได้ 579.31 X 10^3 ตัน/ปี

E. Hajidavalloo [11] ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ทำความเย็นแบบระเหยในคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง โดยพบว่าการลดการใช้พลังงานเป็นข้อสำคัญ ในวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ โดยเฉพาะในบริเวณที่มีสภาพอากาศที่ร้อน 50 $^{\circ}$C ปกติระบบปรับอากาศที่ใช้ในบ้านจะเป็นแบบ window-air-conditioners โดยในสภาพอากาศแบบนี้จะส่งผลให้คอนเดนเซอร์ทำงานหนัก และใช้กระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นมาก ปัญหาที่เกิดขึ้นได้มีการวิจัยเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของ ระบบปรับอากาศแบบ window-air-conditioners โดยเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ ในงานวิจัยนี้ได้มีการออกแบบ และผสมผสานการทำความเย็นแบบระเหยในคอนเดนเซอร์ ของ window-air-conditioners โดยการตรวจสอบผลจากการทดลองในสภาวะจริง ในการทดสอบได้ปรับปรุงโดยการใส่แผ่นระบายความร้อน 2 แผ่น ในทั้งสองด้านของเครื่องปรับอากาศและฉีดน้ำก่อนที่อากาศจะไหลผ่านไปยังคอนเดนเซอร์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบใหม่จะถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นและการใช้พลังงานจะลดลงประมาณ 16% และสัมประสิทธิ์ของการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้นประมาณ 55%

E. Hajidavalloo and H. Eghtedari [12] ได้ศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการทำความเย็นให้อากาศโดยใช้การทำความเย็นแบบการระเหยในคอนเดนเซอร์ พบว่าการเพิ่มขึ้นของสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศด้วยการทำความเย็นจากคอนเดนเซอร์ เป็นปัญหาที่ท้าทาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีอากาศร้อนจัด การประยุกต์ใช้คอนเดนเซอร์แบบที่มีการระเหยจึงนำมาใช้ในการศึกษานี้ เพราะเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหานี้ การทำความเย็นแบบระเหยได้มีการสร้างและประกอบขึ้นที่ส่วนของคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยมีการวัดผลประสิทธิภาพเมื่อมีการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิอากาศโดยรอบที่มากกว่า 49 $^{\circ}$C ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้คอนเดนเซอร์นี้ที่มีผลต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพ และอัตรา

การปรับปรุงที่เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิอากาศโดยรอบสูงขึ้น ซึ่งพบว่า การใช้คอนเดนเซอร์รูปแบบนี้ในสภาวะอากาศร้อน การใช้กำลังไฟสามารถลดได้ 20% และค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพสามารถปรับปรุงได้ประมาณ 50% ผลการปรับปรุงที่ได้นี้คาดว่าจะมากขึ้นอีกหากมีการใช้ตัวทำความเย็นโดยการระเหยที่มีประสิทธิภาพสูงกว่านี้

W.L. Lee , Hua Chen and F.W.H. Yik [13] ได้ศึกษาการสร้างแบบจำลองการทำงานของระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ พบว่าระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (WACS) มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ในธุรกิจต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน แต่ไม่อยู่ในส่วนที่ใช้งานภายในบ้าน และระบบทำงานดังกล่าวได้ จำลองการใช้พลังงานที่จะทำให้สามารถตรวจสอบรายละเอียดการใช้พลังงาน และหาประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงและประยุกต์ใช้เครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำภายในบ้าน การพัฒนาแบบจำลองเป็นการคาดคะเนใน การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการใช้พลังงานเป็นสิ่งจำเป็น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายผลการทำงาน และการใช้พลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ การพิจารณาการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ ต้นแบบถูกสร้างขึ้นและผ่านการทดสอบในห้องทางสิ่งแวดล้อมพบว่าเมื่อระบบทำงานที่ 90% COP ของระบบมีค่ามากกว่า 3 และแบบจำลองมีค่า error 11 % เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลอง

ธงไชย เดิมดา และนุภาพ แย้มไตรพัฒน์ [14] งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิ (Cooling pad) และ อินเวอร์เตอร์ (Inverter) โดยให้แผ่นลดอุณหภูมิ ลดอุณหภูมิของอากาศก่อนระบายที่คอนเดนเซอร์ และใช้อินเวอร์เตอร์ ควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ แผ่นลดอุณหภูมิที่ใช้ขนาด 15x83x65(cm.) ออกแบบเป็นรูปตัว L ติดตั้งห่างจาก คอยล์รอนที่ 5 cm. ใช้ปั๊มน้ำขนาด 1600 ลิตรต่อชั่วโมง ในการทำให้แผ่นเปียกโดยทดลองกับเครื่องปรับอากาศขนาด 18000 บีทียูต่อชั่วโมงแบบแขวน ทำการศึกษาเครื่องปรับอากาศแบบใช้แผ่นลดอุณหภูมิร่วมอินเวอร์เตอร์ เปรียบเทียบกับแบบใช้ อินเวอร์เตอร์อย่างเดียว แบบใช้แผ่นลดอุณหภูมิอย่างเดียว และแบบปกติ จากการศึกษาพบว่าแบบใช้แผ่นลดอุณหภูมิร่วม อินเวอร์เตอร์ สามารถทำค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP ได้สูง 5.9 และใช้กำลังงานไฟฟ้าต่ำที่ 0.96 kW แผ่นลดอุณหภูมิให้ ประสิทธิภาพสูงสุดที่ 96.5% อัตราการระเหยสูงสุดที่ 0.00437 kg/s อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดที่ 6.3 kW

ธีรพงศ์ บริรักษ์ และพงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ [15] งานวิจัยนี้ทำการศึกษาสมรรถนะและการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ทำการติดตั้ง อุปกรณ์ลดอุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการระบายความร้อนของคอนเซอร์ซึ่งทำจากกระดาษเซลลูโลสเปรียบเทียบกับการใช้ PVC filling โดยใช้น้ำจากกอีแวพพอเรเตอร์ในการหล่อเย็น พารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (EER) กำลังงานที่ใช้ของระบบ และพลังงานไฟฟ้าจากการทดลองใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนยี่ห้อ FUJIBISHI แบบตั้งแขวน ขนาดการทำความเย็น 12,000 Btu/hrใช้สารทำความเย็น R22 เป็นสารทำงานในระบบการทำความเย็น เครื่องปรับอากาศติดตั้งในห้องขนาด 13.4 ตารางเมตร สูง 3 เมตร เปิดใช้งาน 8 ชั่วโมง (08:00-16:00 น.) ผลการทดลองพบว่าการติดตั้งชุดลดอุณหภูมิ ก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้กระดาษเซลูโลส

เครื่องปรับอากาศสามารถระบายความร้อนได้ดี สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของระบบปรับอากาศเท่ากับ 5.28 และมีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (EER) 14.59 กำลังงานที่ใช้ของ ระบบ 6.00 (kW-hr) การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงจากเครื่องปรับอากาศปกติร้อยละ 28.39 ส่วนการใช้ PVC filling สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของระบบปรับอากาศเท่ากับ 5.13 และมีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (EER) 18.01 กำลังงานที่ใช้ของระบบ 6.60 (kW-hr) การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงจากเครื่องปรับอากาศปกติร้อยละ 21.18 การใช้ PVC filling ทดแทนการใช้กระดาษเซลลูโลสจะมีข้อดีคือสามารถล้างทำความสะอาดได้มากครั้งกว่าและมีอายุการใช้งาน ได้นานกว่าแผ่นเซลลูโลส

P. Naphon [16] ได้ศึกษาประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศที่มีการใช้ท่อความร้อนสำหรับคอน เดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ พบว่าการปรับปรุงสมรรถนะของระบบปรับอากาศโดยใช้ท่อความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ โดยท่อความร้อนที่ใช้ในการทดสอบเป็นวัสดุทำจากวัสดุท่อทองแดง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10 mm. และความยาวเท่ากับ 600 mm. การจัดเตรียมชุดท่อความร้อนเป็นการจัดเรียงในรูปแบบแถวคือ 1, 2, 3, แถว ใช้สารทำความเย็น R134a เป็นสารทำงานในชุดท่อความร้อนสำหรับการศึกษานี้ เป็นการเปรียบเทียบกันระหว่างระบบปรับอากาศแบบเดิม และ ระบบปรับอากาศที่ใช้ท่อความร้อน ซึ่งระบบปรับอากาศที่ใช้ท่อความร้อน 3 แถว ให้ค่า COP และ EER ที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 6.4% และ17.5% ตามลำดับ ในภาวะโลกร้อนและ ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม ผลของการศึกษานี้คาดว่าจะเป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ และการลดการใช้พลังงาน

M-J. Hsiao, C-H. Cheng, M-C. Huang and S-L. Chen [17] ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในการจัดเก็บอากาศเย็นในระบบปรับอากาศ พบว่าการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ ระบบเก็บความเย็นใช้หน่วยเป็นsubcooler ซึ่งตัวเก็บความเย็นประกอบด้วยถังเก็บพลังงาน ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนด้านที่เป็นของเหลว ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนด้านที่เป็นด้านรับความร้อน และวัตถุที่เก็บสะสมพลังงาน(ESM) ,น้ำ เมื่อภาระการทำความเย็นต่ำกว่าความสามารถในการทำความเย็นของระบบ หน่วยเก็บความเย็นสามารถเก็บพลังงานเย็นเสริมของระบบเพื่อsubcool คอนเดนเซอร์ในระบบทำความเย็น ดังนั้นทั้งความสามารถในการทำความเย็นและประสิทธิภาพ (COP) ของระบบจะเพิ่มขึ้น การทดสอบนี้จะทดสอบการทำงานสองโหมด : โหมด subcooled กับการเก็บรักษาพลังงานและโหมดที่ไม่ใช่ subcooled โดยไม่เก็บสะสมพลังงาน ผลการศึกษาพบว่าการโหลดความเย็นคงที่ 3.05 kW, 3.5 kW และ 3.95 kW, COP ของโหมดที่ใช้ subcooled มีค่า 16.0%, 15.6% และ 14.1% สูงกว่าโหมดที่ไม่ใช่ subcooled ตามลำดับ ในการทดลองภาระการทำความเย็นที่แตกต่างกันจะมีสมรรถนะของการจัดเก็บอากาศเย็นซึ่งสูงกว่าระบบเดิม 15.3%

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

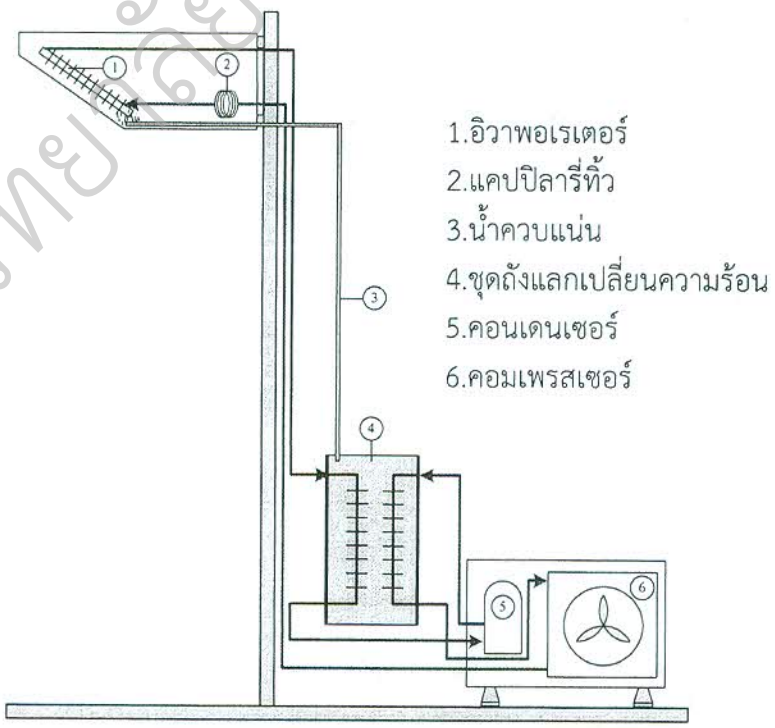
ในการศึกษาการศึกษาการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อนท่อมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล
2. การออกแบบและสร้างระบบปรับอากาศ
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. วิธีการทดลอง
5. ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ
6. สถานที่ในการทดลอง

3.1 การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1.1 ศึกษาทฤษฎี และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อน

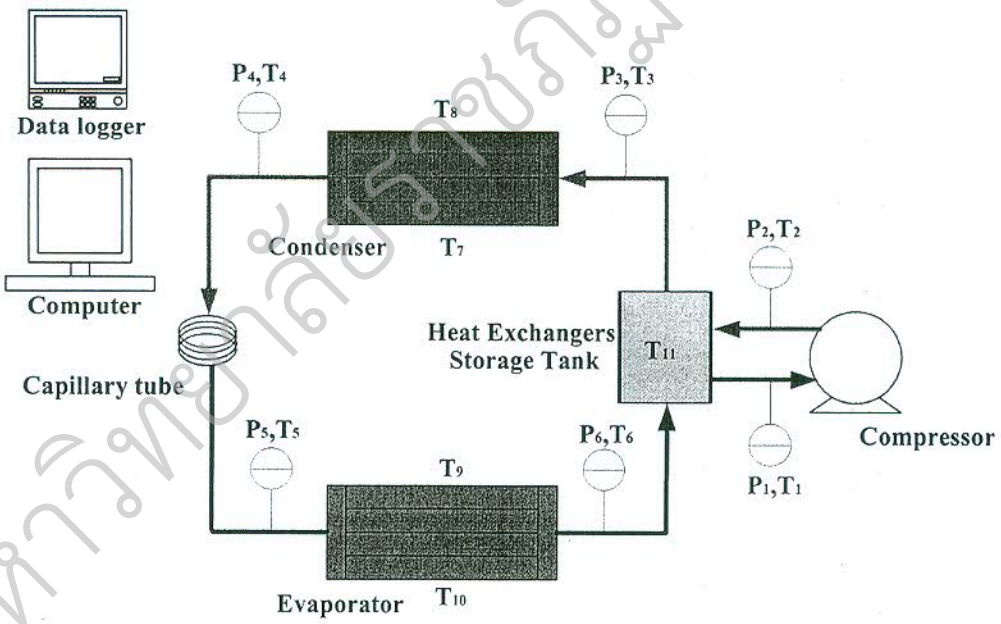
อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ติดตั้งกับระบบปรับอากาศแบบอัดไอขนาด 3.52 kW (12,000 BTU/hr) โดยใช้สารทำความเย็น R-22 เป็นสารตัวกลาง แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ชุดถังแลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งกับระบบปรับอากาศ

มหาวิทยาลัยรังสิต

จากรูป 3.1 เมื่อเปิดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์จะดูดสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำ แรงดันต่ำ สถานะเป็นแก๊สจากอิวาพอเรเตอร์แล้วอัดสารทำความเย็นให้มีอุณหภูมิสูง และแรงดันสูง ไปที่ชุดถังแลกเปลี่ยนความร้อน สารทำความเย็นจะถูกน้ำที่บรรจุภายในถังดูดซับความร้อนไว้ส่วน หนึ่งก่อนที่สารทำความเย็นจะไหลเข้าสู่คอนเดนเซอร์ เพื่อควบแน่นเป็นของเหลว และมีการถ่ายเท ความร้อนออกจากสารทำความเย็นก่อนที่จะไปลดแรงดันที่แคปปิลารี่ทิ้ว และสารทำความเย็นจะไหล เข้าสู่อิวาพอเรเตอร์ ขณะที่สารทำความเย็นสถานะของเหลวภายในอิวาพอเรเตอร์ระเหยตัวเปลี่ยน สถานะเป็นแก๊ส จะดูดรับปริมาณความร้อนจากอากาศโดยรอบ ทำให้อากาศโดยรอบอิวาพอเรเตอร์ มีอุณหภูมิลดต่ำลง และจะเกิดน้ำควบแน่นที่อิวาพอเรเตอร์ สารทำความเย็นที่ออกจากอิวาพอเรเตอร์ จะมีอุณหภูมิที่ต่ำ และไหลเข้าชุดถังแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อช่วยควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่บรรจุ ภายในถัง ก่อนที่สารทำความเย็นจะถูกคอมเพรสเซอร์ดูดแล้วอัดสารทำความเย็นให้มีอุณหภูมิสูงและ แรงดันสูงเป็นวัฏจักรต่อไป ในการทดลองวัดอุณหภูมิของอากาศ น้ำ และสารทำความเย็นด้วย เทอร์โมคับเปิ้ลชนิด Type K วัดความดันในระบบโดยใช้บูดรองเกจ และวัดอัตราการไหลของอากาศ โดยเอนาโมมิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ตำแหน่งวัดความดันและอุณหภูมิในระบบปรับอากาศ

เมื่อ

$P_1 - P_6$ = ความดันของสารทำความเย็น (Mpa)

$T_1 - T_6$ = อุณหภูมิของสารทำความเย็น ($^{\circ}$C)

$T_7 - T_{10}$ = อุณหภูมิของอากาศ ($^{\circ}$C)

T_{11} = อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}$C)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3.2 การออกแบบและสร้าง

3.2.1 ออกแบบและสร้างระบบปรับอากาศ

3.2.2 ออกแบบและสร้างชุดถังแลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.52 mm. และ 15.87 mm.

3.2.3 ตรวจสอบรอยรั่วของระบบปรับอากาศ และชุดถังแลกเปลี่ยนความร้อน

3.2.4 ติดตั้งจุดตรวจสอบอุณหภูมิ โดยใช้สายเทอร์โมคับเปิ้ลชนิด Type K

3.2.5 ติดตั้งจุดตรวจสอบความดัน โดยใช้เกจ ชนิด Bourdon gauge

3.2.6 หุ้มฉนวนชุดถังแลกเปลี่ยนความร้อน

3.2.7 ตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนทำการทดลอง

3.2.8 ดำเนินการทดลอง และเก็บผล

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

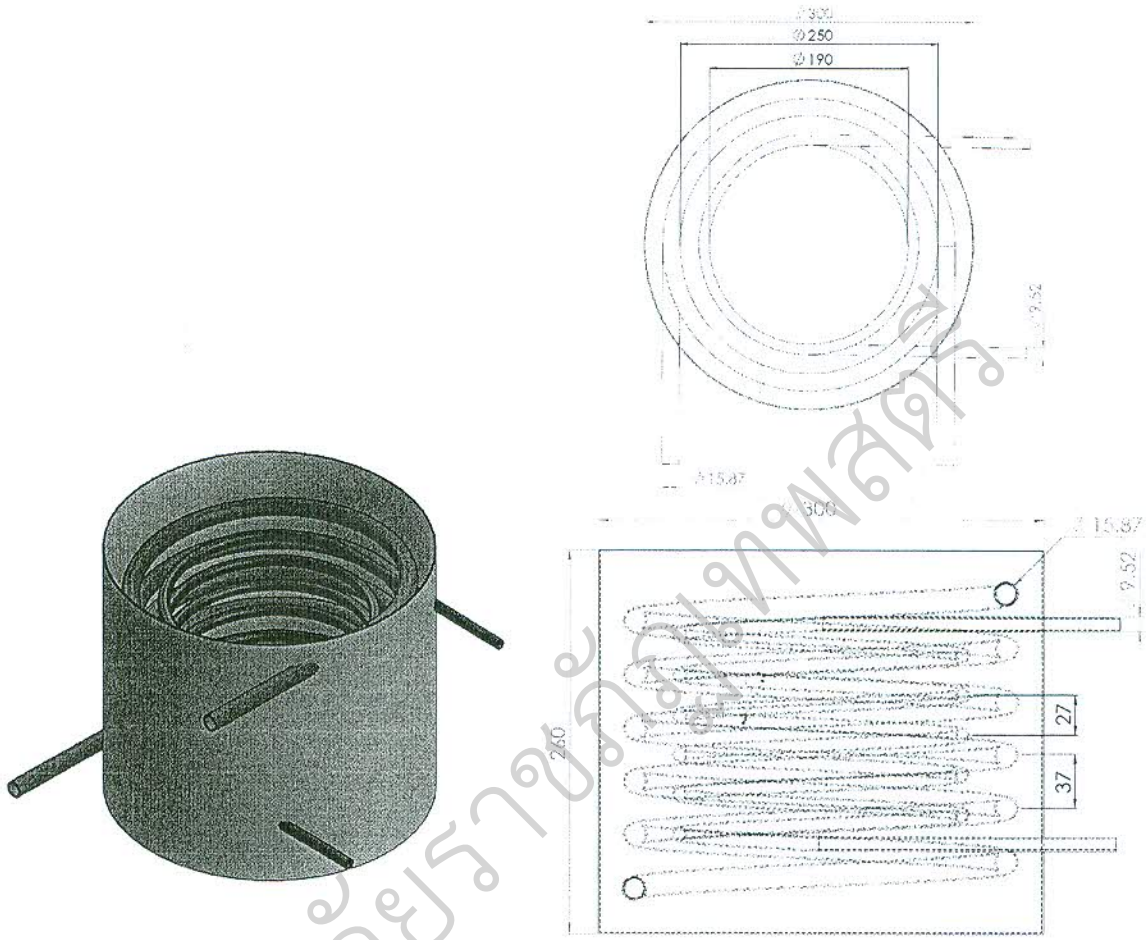
3.3.1 ชุดถังแลกเปลี่ยนความร้อน

ออกแบบและสร้างถังแลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้ถังสแตนเลสทรงกระบอก ด้านในมีท่อทองแดงขดอยู่มีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3.3

รายละเอียดถังแลกเปลี่ยนความร้อน

วัสดุที่ใช้สร้างถังแลกเปลี่ยนความร้อน	สแตนเลส
ความสูงของถังแลกเปลี่ยนความร้อน	260 mm
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของถังแลกเปลี่ยนความร้อน	300 mm
วัสดุที่ใช้สร้างขดท่อ	ท่อทองแดง
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อทองแดงชุดที่ 1	9.52 mm
เส้นผ่านศูนย์กลางภายในขดท่อทองแดงชุดที่ 1	190 mm
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อทองแดงชุดที่ 2	15.87 mm
เส้นผ่านศูนย์กลางภายในขดท่อทองแดงชุดที่ 2	250 mm
ระยะพิตช์ขดท่อทองแดงชุดที่ 1	27 mm
ระยะพิตช์ขดท่อทองแดงชุดที่ 2	37 mm
ปริมาตรในการบรรจุน้ำขณะมีขดท่อทองแดงภายใน	17,000 mL
ความหนาของฉนวน	12.7 mm

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



รูปที่ 3.3 ถังแลกเปลี่ยนความร้อน

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 เปิดระบบปรับอากาศ

3.4.2 บันทึกความดัน ทุกๆ 30 นาที ขณะทำการทดลอง

3.4.3 บันทึกอุณหภูมิ ทุกๆ 30 นาที ขณะทำการทดลอง

3.4.4 บันทึกการใช้กำลังไฟฟ้า ทุกๆ 30 นาที ขณะทำการทดลอง

3.4.5 บันทึกข้อมูลเป็นเวลา 12 ชั่วโมง

3.5 ศึกษาประสิทธิภาพ

3.5.1 ศึกษาประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ

3.5.2 ศึกษาการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ

3.5.3 ศึกษาการลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์

3.5.4 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์

3.5.5 สรุปผลการทดลอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3.6 สถานที่ในการทดลอง

3.6.1 แขนงวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาทำการวิจัยและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

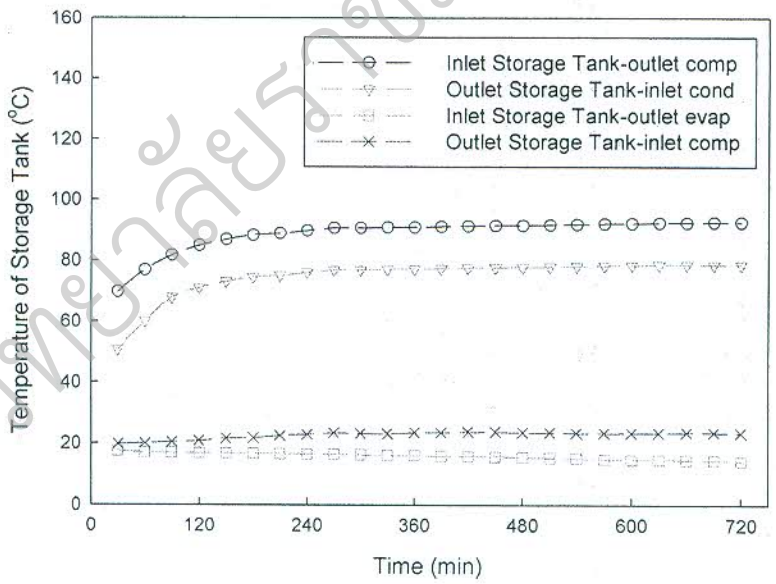
กิจกรรม	2559-2560											
	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←	→										
2. ออกแบบโครงสร้างชุดถังแลกเปลี่ยนความร้อน			←	→								
3. เลือกและจัดหาวัสดุที่ใช้ในการสร้างชุดถังแลกเปลี่ยนความร้อน					←	→						
4. ดำเนินการสร้างชุดถังแลกเปลี่ยนความร้อน							←	→				
5. ศึกษาประสิทธิภาพ และการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ									←	→		
6. วิเคราะห์ สรุปผลโครงการวิจัย										←	→	
7. เขียนรายงานและจัดทำรูปเล่มรายงาน												↔

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทที่ 4
ผลของการวิจัย

การวิจัยการศึกษาการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อน โดยมีการออกแบบระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน ในการทดลองใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 3.52 kW (12,000 BTU/hr) ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ระบบ ได้แก่ ระบบปรับอากาศแบบไม่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน และระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบ และตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์, อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์, กำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศและอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการศึกษาการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อน



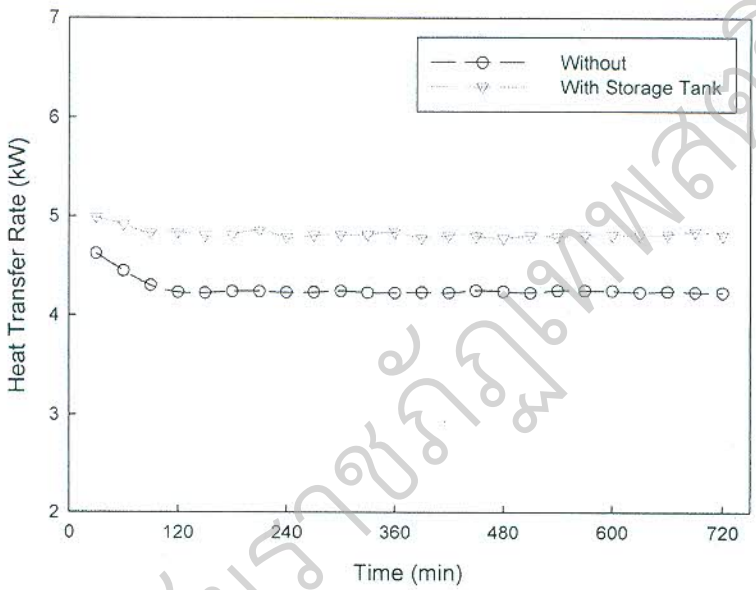
รูปที่ 4.1 อุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าและออกจากถังแลกเปลี่ยนความร้อนเทียบกับเวลา

จากรูปที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าและออกจากถังแลกเปลี่ยนความร้อนเทียบกับเวลา พบว่าสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 88.85 °C และเมื่อไหลผ่านถังแลกเปลี่ยนความร้อน น้ำที่บรรจุอยู่ในถังจะดูดซับอุณหภูมิของสารทำความเย็นซึ่งอุณหภูมิของสารทำความเย็นจะลดลงเฉลี่ย 14.08 °C ก่อนที่จะไหลเข้าสู่คอนเดนเซอร์ ส่งผลให้ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถถ่ายเทความร้อนออกจากสารทำความเย็นได้เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4.2 ในส่วนอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากอิวาพอเรเตอร์จะมีอุณหภูมิ

มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต

เฉลี่ยเท่ากับ 15.08 °C และเมื่อไหลผ่านถังแลกเปลี่ยนความร้อน สารทำความเย็นก็จะดูดซับความร้อนของน้ำในถัง อุณหภูมิของสารทำความเย็นก่อนไหลเข้าสู่คอมเพรสเซอร์จะสูงขึ้นเฉลี่ย 6.82 °C ส่งผลให้คอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานในการขับลดลงซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4.3

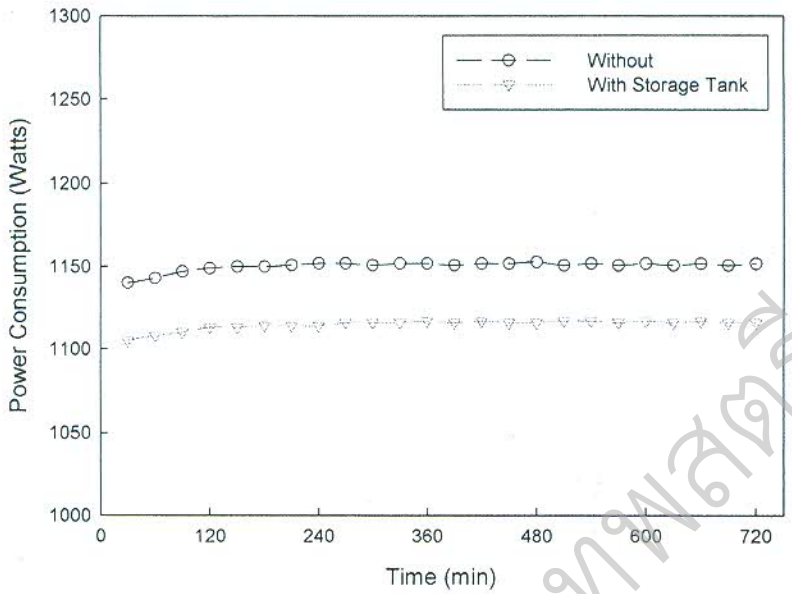
4.2 ผลการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ



รูปที่ 4.2 อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์เทียบกับเวลา

จากรูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์ในระบบปรับอากาศที่ไม่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน และระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์เฉลี่ยเท่ากับ 4.26 kW และ 4.82 kW ตามลำดับ เนื่องมาจากถังแลกเปลี่ยนความร้อน สามารถช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อนให้กับสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศได้ดี จึงส่งผลให้สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ออกมาจากคอนเดนเซอร์จะมีสถานะ subcooled ดังนั้นอัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์ในระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อนจึงสูงกว่าระบบปรับอากาศที่ไม่ได้ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน

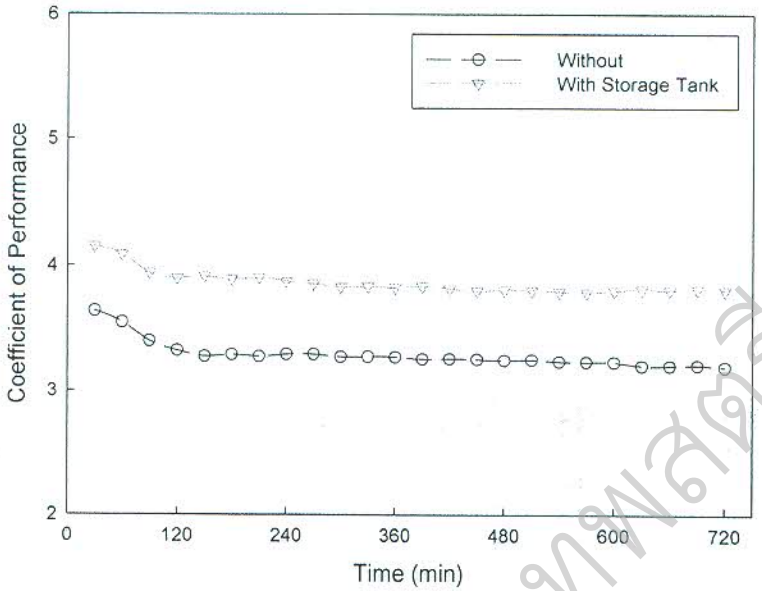
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี



รูปที่ 4.3 กำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศเทียบกับเวลา

จากรูปที่ 4.3 แสดงกำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศที่ไม่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน และระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1,150.38 W และ 1,114.71 W ตามลำดับ ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศได้มากกว่า เนื่องมาจากระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถเพิ่มการระบายความร้อนและลดแรงดันของสารทำความเย็นทางเข้าคอนเดนเซอร์ในระบบปรับอากาศ ได้ดีกว่าระบบที่ไม่ได้ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน อีกทั้งสารทำความเย็นที่ออกจากถังแลกเปลี่ยนความร้อนก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและสถานะเป็นไอเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้คอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานในการขับลดลง

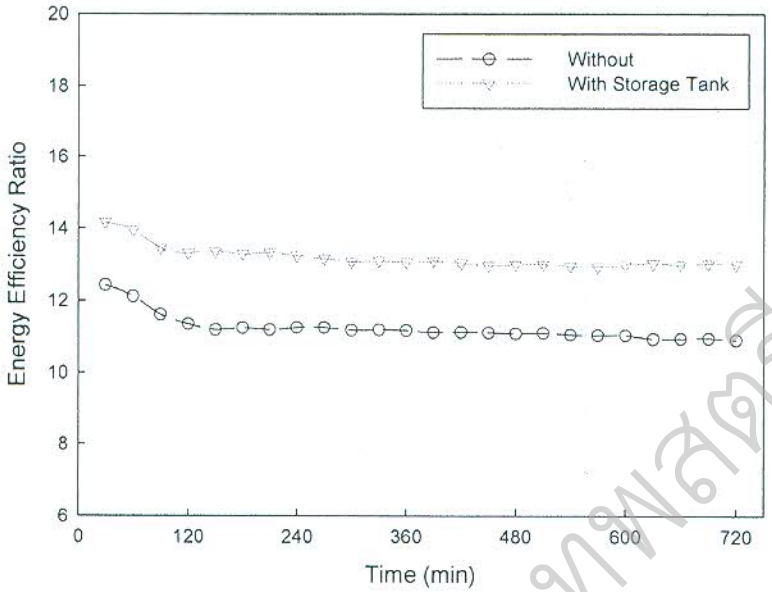
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



รูปที่ 4.4 สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของระบบปรับอากาศเทียบกับเวลา

จากรูปที่ 4.4 แสดงสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของระบบปรับอากาศที่ไม่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน และระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของระบบปรับอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.29 และ 3.87 ตามลำดับ ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าสูงกว่า เนื่องจากสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์มีสถานะเป็น Subcool มากกว่า ทำให้ปริมาณของสารทำความเย็นที่เข้าสู่อิวาพอเรเตอร์มีปริมาณมากกว่า และแตกตัวเป็นฝอยละอองได้ดีกว่า จึงทำให้สามารถแลกเปลี่ยนกับภาวะในการปรับอากาศได้ปริมาณความร้อนที่สูง จึงส่งผลให้สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของระบบปรับอากาศมีค่าสูงซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4.5 โดยในรูปแสดงอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศ ที่ไม่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน และระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.24 และ 13.19 ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



รูปที่ 4.5 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศเทียบกับเวลา

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เพื่อออกแบบและสร้างถังแลกเปลี่ยนความร้อน
2. เพื่อลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ

ชุดทดลองประกอบไปด้วยระบบทำความเย็นแบบอัดไอขนาด 3.52 kW (12,000 BTU/hr) ซึ่งใช้สารทำความเย็น R-22 เป็นสารทำงาน

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยเรื่องการศึกษาการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบ และตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์, อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์, กำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศและอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยเรื่องการศึกษาการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถสรุปผลได้ดังนี้

สารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 88.85 °C และเมื่อไหลผ่านถังแลกเปลี่ยนความร้อน สารทำความเย็นจะมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ย 14.08 °C ในส่วนอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากอิวาพอเรเตอร์จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 15.08 °C และเมื่อไหลผ่านถังแลกเปลี่ยนความร้อน สารทำความเย็นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเฉลี่ย 6.82 °C

อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์ในระบบปรับอากาศที่ไม่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน และระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์เฉลี่ยเท่ากับ 4.26 kW และ 4.82 kW ตามลำดับ

กำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศที่ไม่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน และระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1,150.38 W และ 1,114.71 W ตามลำดับ

สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของระบบปรับอากาศที่ไม่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน และระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของระบบปรับอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.29 และ 3.87 ตามลำดับ และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.24 และ 13.19 ตามลำดับ

5.2 อภิปรายผล

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

จากการวิจัยเรื่องการศึกษาการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถอภิปลายผลได้ดังนี้

ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าสูงกว่าระบบปรับอากาศที่ไม่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน เนื่องจากสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์มีสถานะเป็น Subcool มากกว่า ทำให้ปริมาณของสารทำความเย็นที่เข้าสู่อิวาพอเรเตอร์มีปริมาณมากกว่าและแตกตัวเป็นฝอยละอองได้ดีกว่า จึงทำให้สามารถแลกเปลี่ยนกับภาวะในการปรับอากาศได้ปริมาณความร้อนที่สูง ส่วนกำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อนใช้ต่ำกว่าระบบปรับอากาศที่ไม่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน เนื่องมาจากระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถเพิ่มการระบายความร้อนและลดแรงดันของสารทำความเย็นทางเข้าคอนเดนเซอร์ในระบบปรับอากาศ ได้ดีกว่าระบบที่ไม่ได้ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน อีกทั้งสารทำความเย็นที่ออกจากถังแลกเปลี่ยนความร้อนก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและสถานะเป็นไอเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้คอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานในการขับลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ E. Hajidavalloo [11] ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ทำความเย็นแบบระเหยในคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง โดยพบว่าใช้พลังงานลดลง 16% และสัมประสิทธิ์ของการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้นประมาณ 55% และ E. Hajidavalloo and H. Eghtedari [12] ได้ศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการทำความเย็นให้อากาศโดยใช้การทำความเย็นแบบการระเหยในคอนเดนเซอร์ พบว่า การใช้กำลังไฟสามารถลดได้ 20% และค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพสามารถปรับปรุงได้ประมาณ 50% ส่วนงานวิจัยของ P. Naphon [16] ได้ศึกษาประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศที่มีการใช้ท่อความร้อนสำหรับคอน เดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ พบว่าสามารถให้ค่า COP และ EER ที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 6.4% และ17.5% ตามลำดับ อีกทั้งงานวิจัยของ M-J. Hsiao, C-H. Cheng, M-C. Huang and S-L. Chen [17] ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในการจัดเก็บอากาศเย็นในระบบปรับอากาศ พบว่าผลการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศของการให้โหลดความเย็นคงที่ 3.05 kW, 3.5 kW และ 3.95 kW, COP ของโหมดที่ใช้ subcooled มีค่า 16.0%, 15.6% และ 14.1% สูงกว่าโหมดที่ไม่ใช่ subcooled ตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดลองผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าการศึกษาการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบปรับอากาศและลดการใช้พลังงานลงได้ ซึ่งมีความเหมาะสม และมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ติดตั้งกับเครื่องปรับอากาศทั้งเก่าและใหม่ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาการเพิ่มพื้นที่การถ่ายเทความร้อนให้กับท่อภายในถังแลกเปลี่ยนความร้อน
2. ศึกษาในส่วนของเหลวที่บรรจุในถังแลกเปลี่ยนความร้อน

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

บรรณานุกรม

[1] สนอง อิ่มเอม, **เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศรถยนต์**, บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด, 2540.

[2] สุรพล พฤกษพานิช, **การปรับอากาศ**, กรุงเทพมหานคร, 2529.

[3] สมศักดิ์ สุโมตยกุล, **เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ,** บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

[4] W. F. Stoecker and J. W. Jones, **Refrigeration & Air Conditioning**, 2nd International edition. McGraw-Hill, Singapore, 1982.

[5] สิริสวัสดิ์ จึงเจริญนิรชร อนุศิษฏ์ อันมานะตระกูล และทวีวัฒน์ สุภารส **"การศึกษาเปรียบเทียบค่า COP ของระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำและอากาศ"** งานประชุมครุศาสตร์อุตสาหกรรมแห่งชาติครั้งที่ 1 วันที่ 7-8 ธันวาคม พ.ศ. 2549

[6] อนันต์ เจริญถาวรสุข, 2533, **การศึกษาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน**, ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[7] N. Yamtraipat, J. Khedari, J. Hirunlabh and J. Kunchornrat, 2006 "**Assessment of Thailand indoor set-point impact on energy consumption and environment**", Energy Policy, Vol.34, pp.765-770.

[8] S. Juengjaroennirachon, P. Namprakai, N. Pratinthong, T. Suparos and N. Roonprasang, **A study of the amount of condensed water coming out of evaporator under different air temperature conditions affecting energy savings in air-conditioning system**, The International conference 13th of the Thai Society of Agricultural Engineering 2012, 1081-1087.

[9] N. Yamtraipat, 2004 "**Devolopment of Thailand Indoor Set-Point of Air-conditioned Buildings**",Dotor of Philosophy ,Energy Technology,School of Energy Materials,King Mongkut's University Technologt Thonburi

[10] F.W.H.a. Yik, J.a. Burnett and I.b. Prescott, 2001 "**Predicting air-conditioning energy consumption of a group of buildings using different heat rejection methods**",Energy and Buildings, Vol.33,pp. 151-166.

[11] E. Hajidavalloo, 2007 "**Application of evaporative cooling on the condenser of window-air-conditioner**", Applied Thermal Engineering, Vol.27, pp.1937–1943.

[12] E. Hajidavalloo and H. Eghtedari, 2010 "**Performance improvement of air-cooled refrigeration system by using evaporatively cooled air condenser**", International Journal of Refrigeration, Vol.33, pp.982-988.

[13] W.L. Lee , Hua Chen and F.W.H. Yik, 2008 "**Modeling the performance characteristics of water-cooled air-conditioners Water-cooled air-conditioning systems",** Energy and Buildings, Vol.40, pp.1456–1465.

[14] ธงไชย เดิมดา และนุภาพ แย้มไตรพัฒน์ **"การศึกษาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิร่วมกับอินเวอร์เตอร์"** วิศวสารลาดกระบัง ปีที่ 27 ฉบับที่ 4 ธันวาคม 2553 หน้า 49-54.

[15] ธีรพงศ์ บริรักษ์ และพงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ **"การลดอุณหภูมิก่อนเข้าคอนเดนเซอร์เพื่อเพิ่มสมรรถนะระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยการใช้ PVC Filling"** วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย หน้า 147-155.

[16] P. Naphon, 2010 **"On the performance of air conditioner with heat pipe for cooling air in the condenser"**, Energy Conversion and Management, Vol.51, pp.2362–2366.

[17] M-J. Hsiao, C-H. Cheng, M-C. Huang and S-L. Chen, 2009 **"Performance enhancement of a subcooled cold storage air conditioning system"** , Energy Conversion and Management, Vol.50 pp.2992–2998.

[18] มนตรี พิรุณเกษตร, **อุณหพลศาสตร์1**, ซีเอ็ดยูเคชั่น บริษัทมหาชน จำกัด.

[19] Yunus A.Cengel, Michael A.Boles, **Thermodynamics An Engineering Approach**, WCB/Mc Graw-Hill.

[20] สมชัย อัครทิวา, ขวัญจิต วงษ์ชาลี, **เทอร์โมไดนามิกส์**,บริษัท สำนักพิมพ์ท้อป จำกัด.

[21] สุนันท์ ศรัณยนิตย์, **การถ่ายเทความร้อน**,กรุงเทพฯ : ส.ส.ท., 2545.

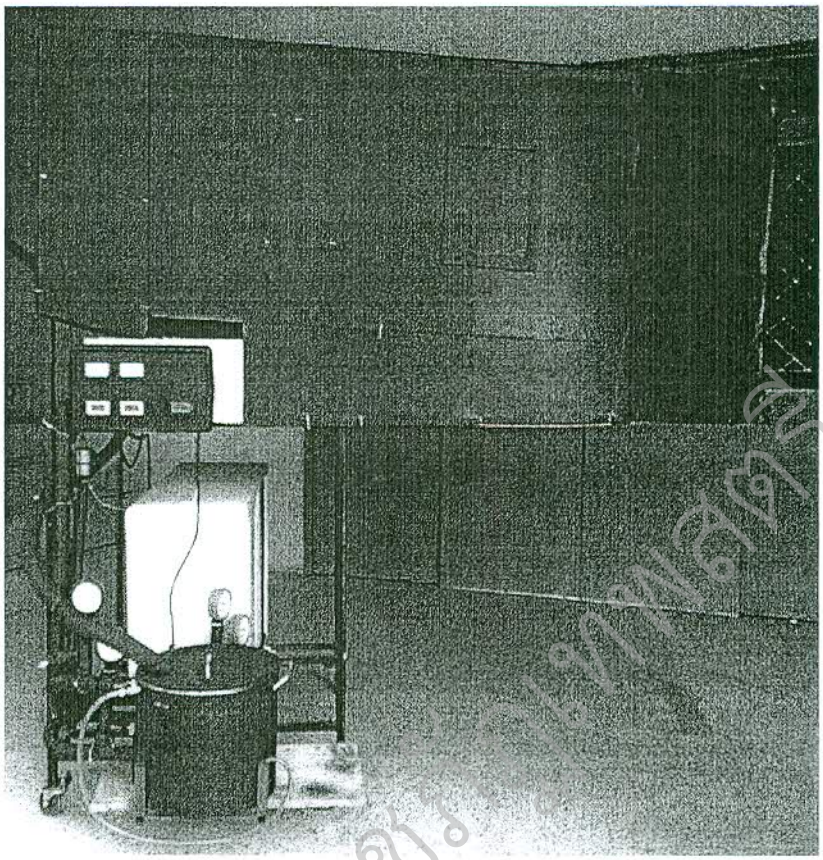
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ภาคผนวก ก.

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของงานวิจัย

เรื่อง การศึกษาการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อน

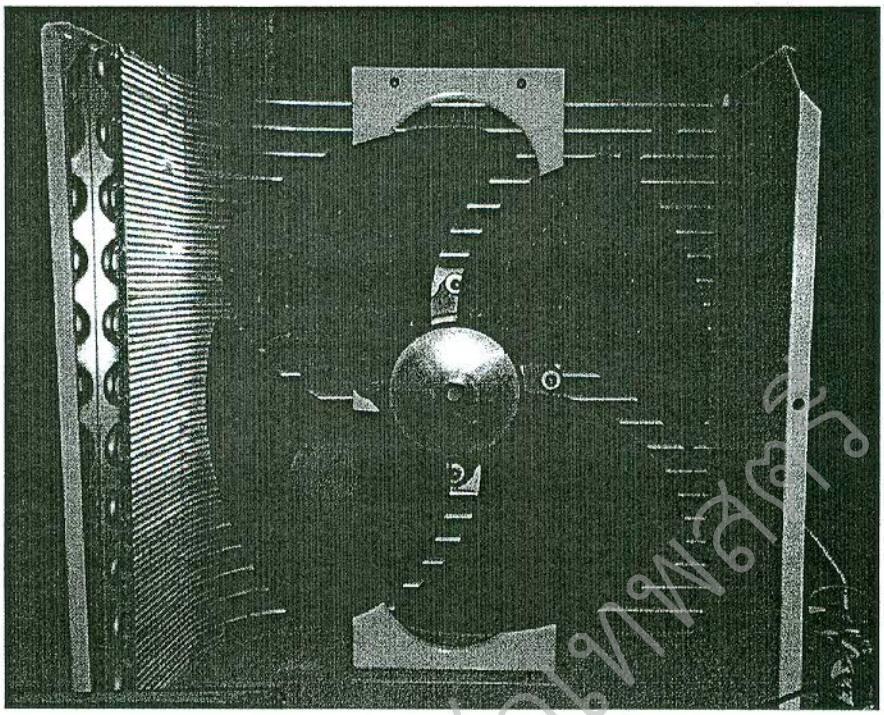
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



รูปที่ ก.1 ระบบปรับอากาศขนาด 3.52 kW (12,000 BTU/hr)

รูปที่ ก.2 คอมเพรสเซอร์

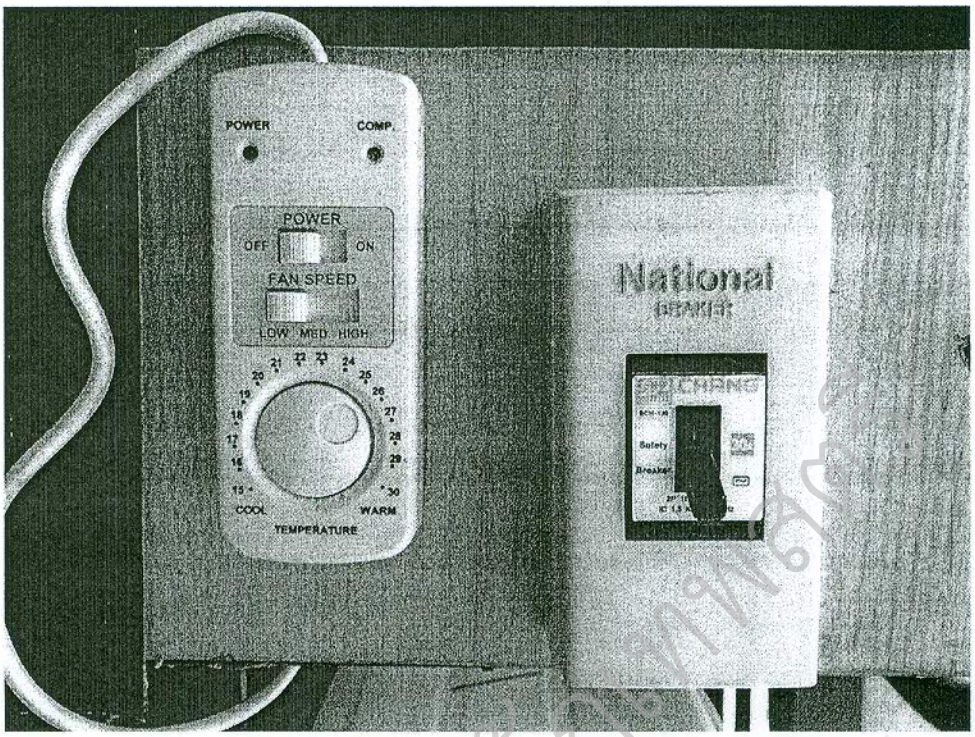
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี



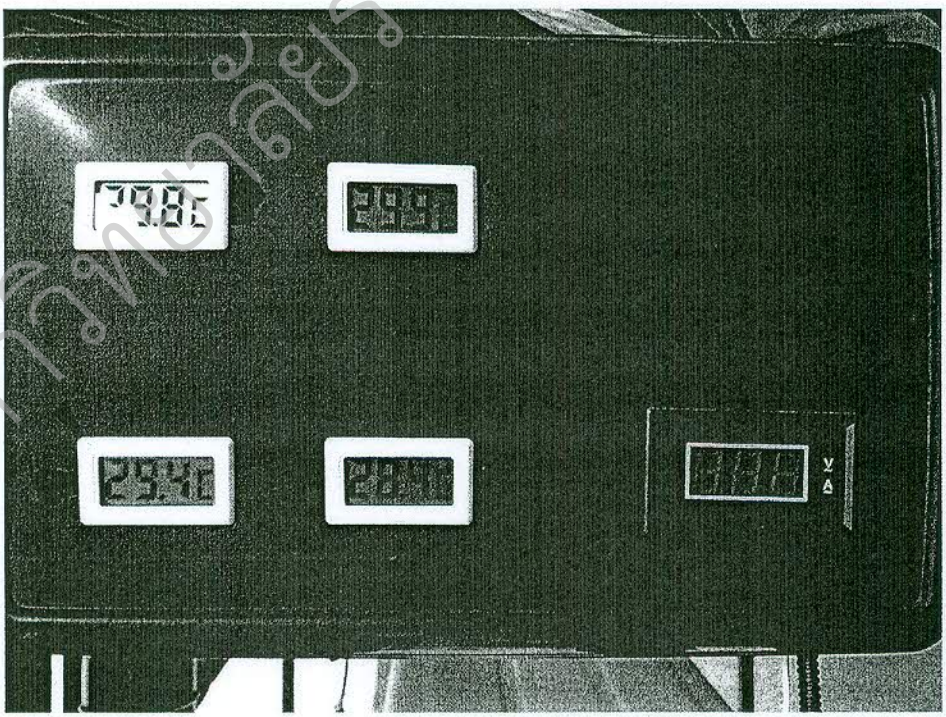
รูปที่ ก.3 ชุดคอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศ

รูปที่ ก.4 อิวาพอเรเตอร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

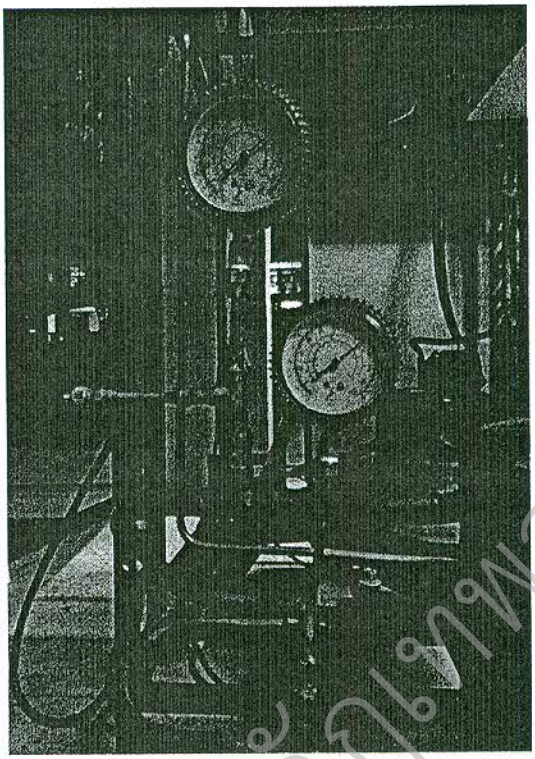


รูปที่ ก.5 ชุดควบคุมอุณหภูมิและเบรกเกอร์

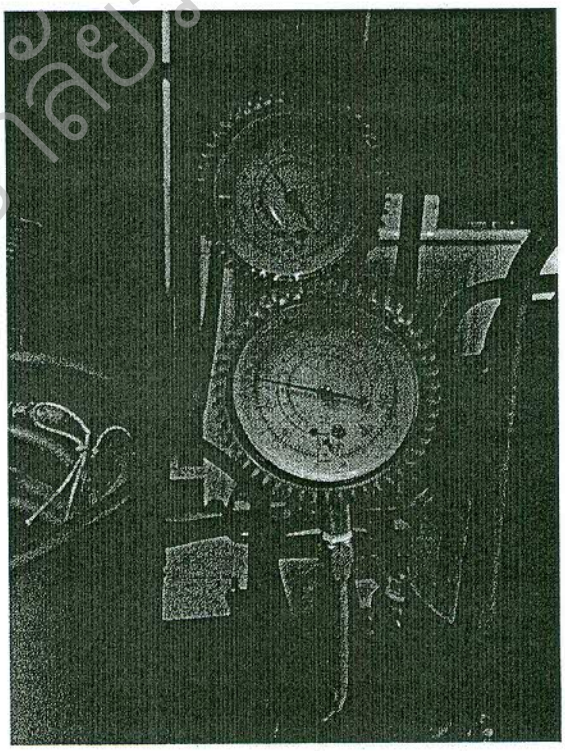


รูปที่ ก.6 ชุดวัดอุณหภูมิและชุดวัดกำลังไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

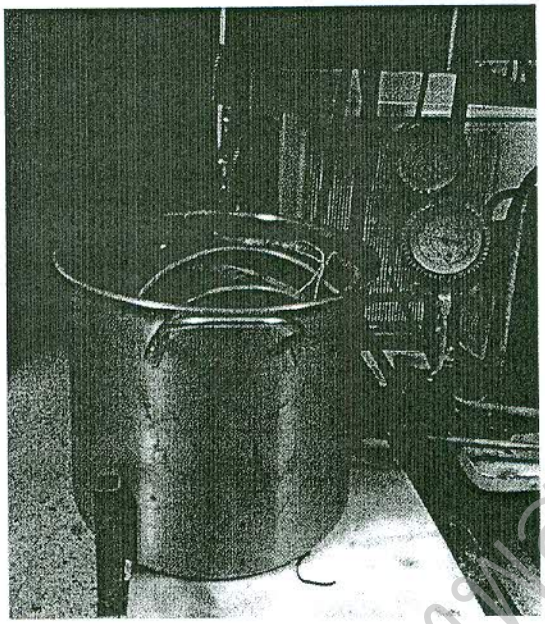


รูปที่ ก.7 เกจวัดความดันต่ำ



รูปที่ ก.8 เกจวัดความดันสูง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



รูปที่ ก.9 ถังแลกเปลี่ยนความร้อน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายสิริสวัสดิ์ จึงเจริญนิรชร
อาจารย์ประจำแขนงวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ชื่อโครงการ : การศึกษาการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อน
A Study of Refrigerant Temperature Reduction before Entering the Condenser using Heat Exchanger Storage Tank

ประเภทงานวิจัย
: การวิจัยและพัฒนา

ประวัติการศึกษา :

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีการศึกษา 2547

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีการศึกษา 2550

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีการศึกษา 2559

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี