



รายงานการวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้า
คอนเดนเซอร์โดยใช้น้ำควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน
ที่ติดตั้งแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

Performance Enhancement of Air Conditioning by Air Temperature
Reduction before Entering the Condenser by Condensed Water of
Evaporator Passing through Heat Exchanger with Square Fins

โดย

สิริสวัสดิ์ จิ่งเจริญนิรชร

สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ปีงบประมาณ 2559

หัวข้อวิจัย : การเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้น้ำควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบบนแผงฮีทแลมเบียมจัตุรัส

ชื่อผู้วิจัย : นายสิริสวัสดิ์ จีงเจริญนิรชร

คณะ : เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัย : ราชภัฏเทพสตรี

ปีงบประมาณ : 2559

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้น้ำควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบบนแผงฮีทแลมเบียมจัตุรัส ชุดทดลองประกอบไปด้วยระบบทำความเย็นแบบอัดไอขนาด 12,000 BTU/hr ซึ่งใช้สารทำความเย็น R-22 เป็นสารทำงาน คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทำด้วยท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.35 mm. ยาว 500 mm. ระยะห่างท่อ 50 mm. มีขดท่อจำนวน 9 โค้งเหลี่ยม และติดครีบบนแผงทองแดงแบบฮีทแลมเบียมจัตุรัส ขนาด 3X3 cm. หนา 1 mm. ระยะห่างระหว่างครีบบนแผง 13 mm. จากการทดลองพบว่าระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะมีค่า 4.20 มีอัตราการถ่ายเทความร้อนของอีวาพอเรเตอร์ 3.65 kW มีอัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์ 4.54 kW ใช้กำลังงานขับเคลื่อนเพรสเซอร์เท่ากับ 859.41 W และเมื่ออากาศไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนอากาศจะมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ย 2.6 °C

คำสำคัญ : ระบบปรับอากาศ/สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ/การถ่ายเทความร้อน/น้ำควบแน่น/ครีบบนแผงฮีทแลมเบียมจัตุรัส

Research title : Performance Enhancement of Air Conditioning by Air Temperature Reduction before Entering the Condenser by Condensed Water of Evaporator Passing through Heat Exchanger with Square Fins
Researcher : Mr. Sirisawat Juengjaroennirachon
Faculty : Industrial Technology
University : Thepsatri Rajabhat
year : 2016

Abstract

The aim of this research was to study the performance enhancement of air conditioning by air temperature reduction before entering the condenser by condensed water of evaporator passing through heat exchanger with square fins. The experimental unit consisted of a vapor compression of 12,000 BTU/hr capacity with R-22 refrigerant and air cooled condenser. The heat exchanger was made of a copper u-tern bend tube with an external diameter of 6.35 mm., a length of 500 mm. with 50 mm. spacing between each tube. This copper tube bent into the shape with 9 turns, and adhesion with square fins of 3X3 cm. which were made from 1 mm. thickness copper board with 13 mm. spacing between each fin. The results showed that the coefficient of performance was found to be 4.20, the heat transfer rate of evaporator and condenser were 3.65 and 4.54 kW, respectively. the power consumption of compressor of 859.41 W, and It also found that when the air flow passing through the heat exchanger, the average decrease of temperature was 2.6 °C.

Keywords : Air-Conditioning System/Coefficient of Performance/Heat Transfer/Condensation/Square Fins

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรีที่อนุมัติ
ทุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ทวีวัฒน์ สุภารส
ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ
จอมเกล้าธนบุรี ที่ให้คำแนะนำ อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ ขอขอบคุณ สาขาวิชาเทคโนโลยี
เครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่อำนวยความสะดวกในสถานที่ทำงานวิจัย และเอื้อเพื่อ
เครื่องมือ อุปกรณ์ในการเก็บผลทดลอง ขอขอบคุณคณาจารย์คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมทุกท่านที่
ได้ให้คำปรึกษา สุดท้ายขอขอบคุณนักศึกษาทุกท่านที่ให้ความร่วมมือจนการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วง
ด้วยดี

ศิริสวัสดิ์ จิ่งเจริญนิรร

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	2
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	7
2.5 อุปกรณ์หลักทางวงจรไฟฟ้า	8
2.6 สารทำความเย็น	9
2.7 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน	10
2.8 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนจากครีบบระบายความร้อน	14
2.9 ระบบทำความร้อนด้วยไฟฟ้า	18
2.10 ปริมาณและความเร็วของอากาศ	19
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	23
3.1 การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล	23
3.2 การออกแบบและสร้างระบบปรับอากาศ	24
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	25
3.4 วิธีการทดลอง	25
3.5 ศึกษาประสิทธิภาพ	26
3.6 สถานที่ในการทดลอง	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลของการวิจัย	27
4.1 ผลการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ	27
4.2 ผลการศึกษาการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้น้ำควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบบแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส	30
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	32
5.1 สรุปผลการวิจัย	32
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	32
5.3 ข้อเสนอแนะ	33
บรรณานุกรม	34
ภาคผนวก ก	37
ส่วนประกอบต่าง ๆ ของงานวิจัย เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้น้ำควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบบแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส	37
ประวัติผู้วิจัย	42

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าการนำความร้อนของวัสดุบางชนิดที่อุณหภูมิห้อง	12
2.2	ค่าโดยประมาณของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย	13
3.1	ระยะเวลาทำการวิจัยและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	26

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1	3
2.2	4
2.3	5
2.4	5
2.5	6
2.6	7
2.7	8
2.8	11
2.9	13
2.10	16
2.11	18
2.12	19
3.1	23
3.2	24
3.3	25
4.1	27
4.2	28
4.3	28
4.4	29
4.5	30
4.6	31
ก.1	38
ก.2	38
ก.3	39
ก.4	39
ก.5	40
ก.6	40
ก.7	41

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ชื่อโครงการวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ น้ำควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ปัจจุบันได้มีการใช้พลังงานในรูปแบบต่างๆ มากขึ้นทุกขณะ โดยเฉพาะพลังงานที่เกิดจากธรรมชาติ เช่น น้ำมันปิโตรเลียม ถ่านหิน เป็นต้น ซึ่งอาจก่อให้เกิดความขาดแคลนได้ในอนาคต พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียกับการทำงานของระบบปรับอากาศนั้นนับได้ว่าเป็นพลังงานที่มีอัตราที่มาก เพราะระบบปรับอากาศเป็นอีกระบบหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งภายในอาคาร บ้านเรือน และสำนักงาน พลังงานที่สูญเสียไปนี้เป็นพลังงานที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

ระบบปรับอากาศส่วนมากจะเป็นแบบแยกส่วน (Split type) [1-3] เพราะเป็นระบบปรับอากาศที่ ราคาไม่สูง ติดตั้งง่าย เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนใช้หลักการนำอากาศจากสิ่งแวดล้อมเป็นตัวถ่ายเทความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์ [4,5] แต่เนื่องด้วยปัจจุบันประเทศไทยมีอุณหภูมิอากาศสูงขึ้น และแนวโน้มจะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักขึ้น ใช้พลังงานมากขึ้น ส่งผลให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพลดลง เพราะคอนเดนเซอร์ถ่ายเทความร้อนได้ไม่ดี จากงานวิจัยที่ผ่านมา มีหลายวิธีการในการเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบปรับอากาศ เช่น การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ และระบายความร้อนด้วยอากาศ [6,7]. การศึกษาการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศให้มีความเหมาะสม [8,9] การลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ด้วยการติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิ [10-12] และการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ด้วยชุดท่อความร้อน [13] ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพ ลดการใช้พลังงานให้กับระบบปรับอากาศได้ และจากการทำงานของระบบปรับอากาศจะเห็นได้ว่า เมื่อเปิดระบบปรับอากาศจะเกิดน้ำควบแน่นขึ้นที่อีวาพอเรเตอร์ น้ำที่ควบแน่นนี้จะทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ และเมื่อนำหลักการทางด้านวิศวกรรมมาเกี่ยวข้องจะเห็นได้ว่า น้ำที่ควบแน่นออกจากอีวาพอเรเตอร์นี้จะเย็น และมีอุณหภูมิต่ำ [9,11] ถ้าสามารถนำน้ำที่ควบแน่นออกจากอีวาพอเรเตอร์มาลดอุณหภูมิอากาศก่อนจะเข้าไปถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ได้ก็จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพ และลดการใช้พลังงานในเครื่องปรับอากาศได้ นอกจากนี้การเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสามารถทำได้ด้วยการติดตั้งครีบบระบายความร้อนที่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน [14] ครีบบระบายความร้อนเป็นพื้นผิวส่วนที่เพิ่มขึ้น จากผิวผนังหรือท่อที่มีอยู่ เพื่อให้มีพื้นที่การถ่ายเทความร้อนได้มากขึ้น จากคุณสมบัติของครีบบจะเห็นได้ว่า การติดตั้งครีบบเป็นการเพิ่มพื้นที่ถ่ายเทความร้อน ช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อนให้ดีขึ้น ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าท่อผิวเรียบ [15-18]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้น้ำควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบบีบสี่เหลี่ยมจัตุรัส เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และลดการใช้พลังงาน อีกทั้งยังเป็นการใช้พลังงานให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด และเป็นการช่วยลดภาวะโลกร้อนอีกด้วย

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.3.1 เพื่อออกแบบ และสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบบีบสี่เหลี่ยมจัตุรัส
- 1.3.2 เพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์
- 1.3.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศที่ติดครีบบีบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.4.1 ออกแบบ และสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.35 mm . ติดครีบบีบสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด $3 \times 3 \text{ cm}$. หนา 1 mm .
- 1.4.2 การศึกษาการลดอุณหภูมิอากาศก่อนถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ โดยมีอุณหภูมิทางเข้าคอนเดนเซอร์ที่ $25-35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิในห้องทดลอง $23-27 \text{ }^{\circ}\text{C}$

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้ต้นแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนติดครีบบีบสี่เหลี่ยมจัตุรัสโดยใช้น้ำควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์
- 1.5.2 สามารถลดอุณหภูมิอากาศก่อนถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์
- 1.5.3 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพ และลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศได้
- 1.5.4 สามารถเผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการ หรือตีพิมพ์ในวารสารวิชาการได้

บทที่ 2

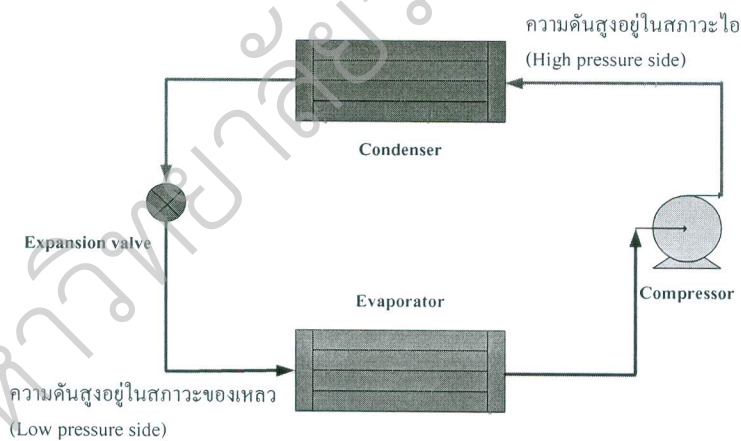
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการเบื้องต้นของระบบทำความเย็น

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

2.2 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับวัฏจักรการทำความเย็นระบบอัดไอ

มนตรี พิรุณเกษตร [19] กล่าวว่าวัฏจักรการทำความเย็นระบบอัดไอ (Vapor compression refrigeration cycle) มีลักษณะการทำงาน คือ เมื่อสารทำความเย็นไหลผ่านอีวาพอเรเตอร์จะระเหยตัวกลายเป็นไอ และถูกอัดตัวผ่านคอมเพรสเซอร์ในสถานะไอ ซึ่งเป็นไอที่มีความดันสูงที่จะได้ควบแน่นในคอนเดนเซอร์เป็นของเหลวที่มีความดันสูง และจะไหลผ่านวาล์วลดความดันในสถานะของเหลวความดันต่ำ พร้อมทั้งจะระเหยตัวในอีวาพอเรเตอร์ต่อไปอีกโดยพิจารณาในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงแผนภาพการทำงานของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ [1]

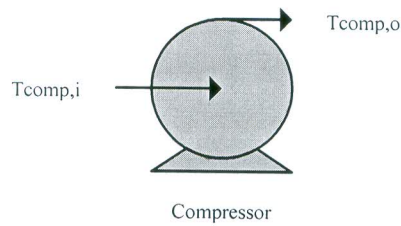
2.3 ระบบทำความเย็นคอมเพรสเซอร์แบบอัดไอ

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

เครื่องอัด (Compressor) ทำหน้าที่ในการดูด และอัดน้ำยาที่เป็นไอซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำจากเครื่องระเหยอัดให้มีความดันสูงจนถึงจุดที่ไอพร้อมที่จะควบแน่นเป็นของเหลวเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนออกจากร้าน้ำยา

สมการหางานคอมเพรสเซอร์

อัตราการไหลของสารทำความเย็นในระบบทำความเย็นแบบอัดไอ พิจารณาที่ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์เต็มพิกัด ซึ่งอัตราส่วนความดันด้านดูด และด้านอัดของคอมเพรสเซอร์นั้น จะสัมพันธ์กับอัตราการไหล และอุณหภูมิของสารทำความเย็นซึ่งความสัมพันธ์ของค่าดังกล่าวสามารถพิจารณาได้จากสมการต่อไปนี้ [1]



รูปที่ 2.2 วงจรในระบบปรับอากาศที่ใช้หาค่า $W_{compressor}$

$$W_{compressor} = \dot{m}_r c_{pr} (T_{comp,o} - T_{comp,i}) \quad (1)$$

$$= \dot{m}_r (h_{comp,o} - h_{comp,i}) \quad (2)$$

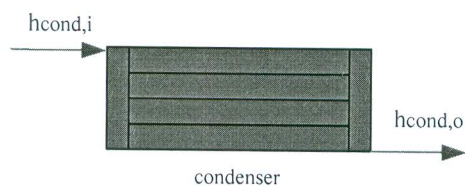
เมื่อ

$W_{compressor}$	=	งานคอมเพรสเซอร์ (kW)
\dot{m}_r	=	อัตราการไหลสารทำความเย็น (kg/s)
c_{pr}	=	ค่าความจุความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ของสารทำความเย็น (kJ/kg.°C)
$T_{comp,i}$	=	อุณหภูมิทางเข้าคอมเพรสเซอร์ (°C)
$T_{comp,o}$	=	อุณหภูมิทางออกคอมเพรสเซอร์ (°C)
$h_{comp,o}$	=	เอนทัลปีทางออกคอมเพรสเซอร์ (kJ/kg)
$h_{comp,i}$	=	เอนทัลปีทางเข้าคอมเพรสเซอร์ (kJ/kg)

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

สมการหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็นที่คอนเดนเซอร์

จากการทดลองสามารถคำนวณหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็นที่คอนเดนเซอร์ได้ดังนี้ [1]



รูปที่ 2.3 วงจรในระบบปรับอากาศที่ใช้หาค่า $Q_{condenser,r}$

$$Q_{condenser,r} = \dot{m}_r (h_{cond,i} - h_{cond,o}) \quad (3)$$

เมื่อ

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

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

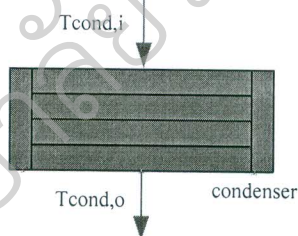
$h_{cond,i}$ = เอนทัลปีทางเข้าคอนเดนเซอร์ (kJ/kg)

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

สมการหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของอากาศที่คอนเดนเซอร์

จากการทดลองสามารถคำนวณหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของอากาศที่คอนเดนเซอร์ได้

ดังนี้ [1]



รูปที่ 2.4 วงจรในระบบปรับอากาศที่ใช้หาค่า $Q_{condenser,a}$

$$Q_{condenser,a} = \dot{m}_a c_a (T_{cond,i} - T_{cond,o}) \quad (4)$$

เมื่อ

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

\dot{m}_a = อัตราการไหลอากาศ (kg/s)

C_{pa} = ค่าความจุความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ของอากาศ ($kJ/kg \cdot ^\circ C$)

$T_{cond,i}$ = อุณหภูมิอากาศทางเข้าคอนเดนเซอร์ ($^{\circ}C$)

$T_{cond,o}$ = อุณหภูมิอากาศทางออกคอนเดนเซอร์ ($^{\circ}C$)

ท่อพักน้ำยาเหลว (Receiver tank) ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกออกจากน้ำยา และดูดความชื้นออกจากระบบทำความเย็น

วาล์วขยายตัว (Expansion valve) ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาเหลว ที่ผ่านเข้าไปยังเครื่องระเหยลดความดันของน้ำยาให้มีความดันต่ำลง จนสามารถระเหยกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่างๆ ในเครื่องระเหย

เครื่องระเหย (Evaporator) ทำหน้าที่ดูดซับปริมาณความร้อนจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็น ขณะที่น้ำยาทำความเย็นภายในระบบตรงบริเวณนี้ระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นไอ จะดูดซับปริมาณความร้อนผ่านผิวท่อทางเดินน้ำยาภายในระบบ ทำให้อุณหภูมิโดยรอบเครื่องระเหยลดลง

สมการหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็นที่อีวาพอเรเตอร์

จากการทดลองสามารถคำนวณหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็นที่อีวาพอเรเตอร์ได้ดังสมการต่อไปนี้ [1]



รูปที่ 2.5 วงจรในระบบปรับอากาศที่ใช้หาค่า $Q_{evaporator,r}$

$$Q_{evaporator,r} = \dot{m}_r (h_{evap,o} - h_{evap,i}) \quad (5)$$

เมื่อ

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

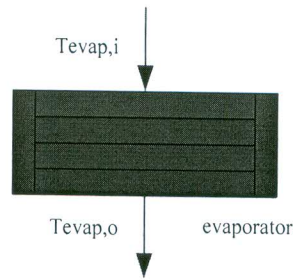
\dot{m}_r = อัตราการไหลสารทำความเย็น (kg/s)

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

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

สมการหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของอากาศที่อีวาพอเรเตอร์

จากการทดลองสามารถคำนวณหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของอากาศที่อีวาพอเรเตอร์ได้ดังนี้ [1]



รูปที่ 2.6 วงจรในระบบปรับอากาศที่ใช้หาค่า $Q_{evaporator,a}$

$$Q_{evaporator,a} = \dot{m}_r (h_{evap,o} - h_{evap,i}) \quad (6)$$

เมื่อ

- $Q_{evaporator,a}$ = อัตราความร้อนที่ระบายออกจากอีวาพอเรเตอร์ (kW)
 \dot{m}_a = อัตราการไหลสารทำความเย็น (kg/s)
 C_{pa} = ค่าความจุความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ของอากาศ ($kJ/kg \cdot ^\circ C$)
 $T_{evap,i}$ = อุณหภูมิอากาศทางเข้าอีวาพอเรเตอร์ ($^\circ C$)
 $T_{evap,o}$ = อุณหภูมิอากาศทางออกอีวาพอเรเตอร์ ($^\circ C$)

ดังนั้นสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ คือ

$$COP = \frac{Q_{evaporator,r}}{W_{compressor}} \quad (7)$$

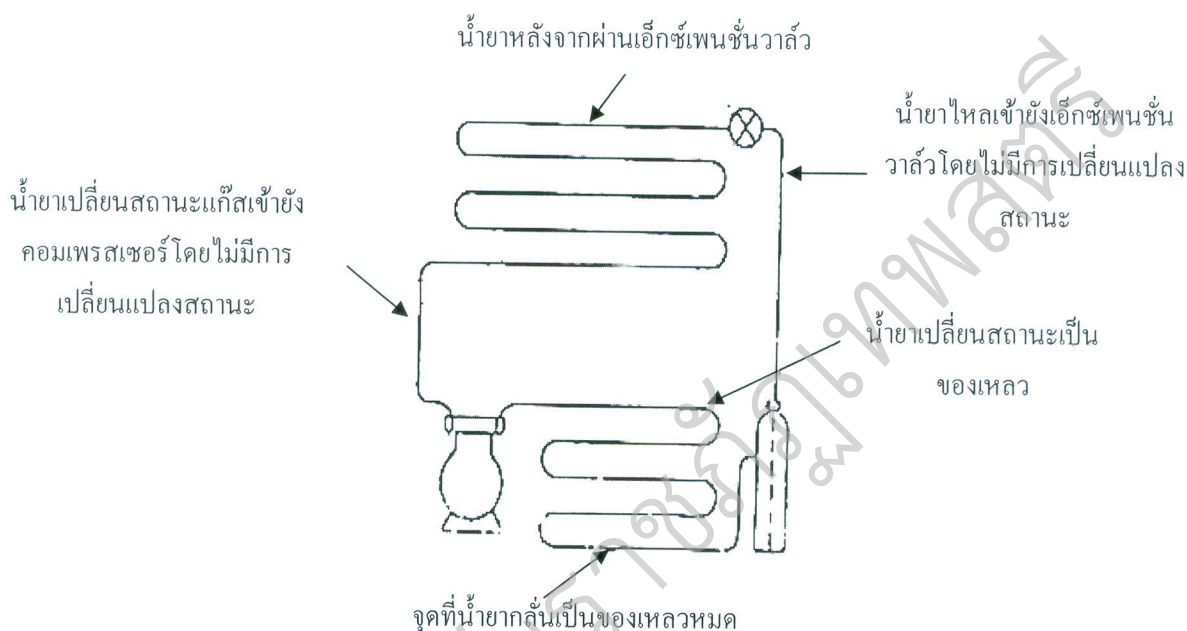
เมื่อ

- COP = สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะการทำความเย็น (kW)
 $Q_{evaporator,r}$ = อัตราการถ่ายเทความร้อนของอีวาพอเรเตอร์ (kW)

2.4 หลักการทำงานของวงจรทำความเย็น

สนอง อิมเมม [1] กล่าวว่าหลักการทำงานของวงจรทำความเย็นดังแสดงในรูปที่ 2.5 เริ่มที่ท่อพักน้ำยาเหลว น้ำยาในท่อพักมีสถานะเป็นของเหลวที่มีอุณหภูมิสูง และความดันสูง ถูกส่งเข้าไปยังวาล์วขยายตัวโดยผ่านทางท่อของเหลว ซึ่งวาล์วขยายตัวนี้จะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาที่ผ่านเข้ายังเครื่องระเหยลดความดันของน้ำยาเหลวให้มีความดันต่ำลง จนสามารถระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส และดูดซับปริมาณความร้อนได้ที่อุณหภูมิต่ำๆ ภายในเครื่องระเหย ขณะที่น้ำยาเหลวภายในเครื่องระเหย ระเหยตัวเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สจะดูดซับปริมาณความร้อนจากอากาศโดยรอบ ทำให้อากาศโดยรอบที่เครื่องระเหยมีอุณหภูมิลดต่ำลง และถ้านวนกั้นความร้อนโดยรอบเครื่องระเหยไว้ ความร้อนจากภายนอกไม่สามารถผ่านเข้าไปได้หรือผ่านได้น้อย ก็จะทำให้อุณหภูมิภายในบริเวณที่

ต้องการทำความเย็นลดต่ำลง แก๊สซึ่งมีอุณหภูมิ และความดันต่ำจากเครื่องระเหยจะถูกเครื่องอัดดูดผ่านเข้าทางท่อดูด และอัดส่งออกจากท่อจ่ายในลักษณะของแก๊สที่มีอุณหภูมิ และความดันสูงเพื่อส่งไปกลั่นตัวเป็นของเหลวในเครื่องควบแน่นโดยการระบายความร้อนออก แต่น้ำยาเหล่านี้จะยังคงมีความดัน และอุณหภูมิสูงอยู่ และถูกส่งเข้าไปพักน้ำยาเหลวก่อนที่จะถูกส่งไปยังวาล์วขยายตัวอีกครั้งหนึ่งอันเป็นการครบวงจร



รูปที่ 2.7 หลักการทำงานของวงจรเครื่องทำความเย็น [1]

2.5 อุปกรณ์หลักทางวงจรไฟฟ้า

สนอง อิมเมม [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) ซึ่งจะคอยป้องกันไม่ให้อัตอมอเตอร์เครื่องอัดเกิดความเสียหายอีกชั้นหนึ่ง

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานสัมพันธ์กับอุปกรณ์ช่วยสตาร์ทของมอเตอร์เครื่องอัด รีเลย์ที่ใช้สำหรับมอเตอร์เครื่องอัดของความถี่นั้น จะใช้ชนิดโพเทนเชียลรีเลย์ ซึ่งจะใช้ควบคู่กับคาปาซิเตอร์สตาร์ท และคาปาซิเตอร์รัน

เทอร์โมสแตท (Thermostat) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศให้อยู่ในช่วงที่ต้องการโดยอัตโนมัติ ในขณะที่อุณหภูมิภายในห้องยังสูงอยู่ หน้าสัมผัสของเทอร์โมสแตทที่อยู่ทำให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ทำงานดูดอัดน้ำยา R-22 ให้เกิดผลความเย็นที่ถือว่าพอเรเตอร์เมื่ออุณหภูมิในห้องปรับอากาศลดต่ำลง (เย็น) ถึงเกณฑ์ตามที่ต้องการ หน้าสัมผัสของเทอร์โมสแตทจะแยกจาก ทำให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์หยุดทำงาน จนกระทั่งอุณหภูมิในห้องสูงขึ้น หน้าสัมผัสของเทอร์โมสแตทจะต่ออีกครั้งหนึ่ง และมอเตอร์คอมเพรสเซอร์เริ่มทำงานใหม่ ซึ่งเป็นการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องโดยอัตโนมัติ เทอร์โมสแตทของเครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่างจะเป็นชนิดกระเปาะซึ่งปลายกระเปาะจะต้องวางทาบติดอยู่ที่ทางลมกลับ ด้านหน้าของเครื่องแต่อยู่ข้างในหน้าต่างอีกทีหนึ่ง

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

คาปาซิเตอร์ (Capacitor) ส่วนมากคาปาซิเตอร์ที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง (window air) จะมี 2 ชนิดคือ คาปาซิเตอร์สตาร์ท และคาปาซิเตอร์รัน คาปาซิเตอร์สตาร์ทจะเป็นตัวที่ขนาดเล็กกว่าแต่มีค่าประจุไฟฟ้ามากกว่า และทำหน้าที่ช่วยในการออกตัวของมอเตอร์เครื่องอัดสำหรับคาปาซิเตอร์จะมีค่าประจุไฟฟ้าน้อยกว่า ซึ่งจะทำหน้าที่ช่วยแก้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์เพื่อให้มอเตอร์เครื่องอัดกินกระแสขั้วน้อยลง มอเตอร์เครื่องอัดบางรุ่นจะออกแบบมาให้ใช้คาปาซิเตอร์รันเพียงตัวเดียว ดังนั้นก่อนที่จะต่อคาปาซิเตอร์เข้าในวงจร

2.6 สารทำความเย็น (Refrigerant)

สุรพล พงษ์พานิช [2] กล่าวไว้ว่าน้ำยาเครื่องทำความเย็น หรือช่างซ่อมบริการเรียกกันสั้นๆ ว่า “น้ำยา” วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยได้บัญญัติคำศัพท์ทางวิชาการขึ้นเรียกว่า “สารทำความเย็น” และให้ความหมายของคำว่า สารทำความเย็นไว้ว่า “สารทำความเย็นหมายถึง สารที่ทำให้เกิดความเย็นโดยการดูดความร้อน เมื่อขยายตัวหรือเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นไอ สารนี้ในสภาพที่เป็นไอ ถ้าได้ระบายความร้อนออก จะคืนสภาพเป็นของเหลวอีก”

ชนิดและคุณสมบัติของน้ำยาที่ยังพบใช้ในเครื่องทำความเย็น

น้ำยา R-22 (CHClF₂) เป็นน้ำยาที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ มีจุดเดือดอยู่ที่ -40.8 องศาเซลเซียส (-41.4 องศาฟาเรนไฮต์) ที่ความดันบรรยากาศ และสามารถทำได้ถึง -87 องศาเซลเซียส (-125 องศาฟาเรนไฮต์) ใช้แรงม้าต่อตันเกือบเท่ากับเครื่องที่ใช้น้ำยา R-12 น้ำยา R-22 จะมีอุณหภูมิทางด้านจ่ายสูงฉะนั้นต้องระวังอย่าให้สูงเกินเกณฑ์ โดยเฉพาะในเครื่องอัดแบบเฮอริเมติกบางชนิดต้องระบายความร้อนด้วยพัดลม และสามารถละลายในน้ำมันที่อุณหภูมิสูง โดยเฉพาะในเครื่องอัด แต่ไม่ละลายในน้ำมันที่อุณหภูมิต่ำในเครื่องระเหย ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการไหลกลับของน้ำมัน ถ้าคำนวณท่อให้ถูกต้อง ถ้าใช้ในเครื่องอัดแบบเปียกจะต้องมีอุปกรณ์แยกน้ำมัน โดยเฉพาะเครื่องที่มีอุณหภูมิต่ำ

คือ ขนาดของเครื่องอัดเล็กกว่าเครื่องที่ใช้ไนยา R-12 ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ และปัญหาเกี่ยวกับระบบต้นน้ำแข็งน้อยกว่าไนยา R-22

คุณสมบัติของสารทำความเย็น

สารที่ใช้ทำความเย็นมีหลายชนิด ซึ่งเป็นก๊าซพิษ ก๊าซติดไฟได้ และบางอย่างมีคุณสมบัติในการกัดกร่อนหรือมีราคาแพง ดังนั้นคุณสมบัติที่สำคัญของสารทำความเย็นที่ต้องการดังต่อไปนี้

1. การทำความเย็นที่ได้รับจากการระเหยตัวของของเหลว สารทำความเย็นจะต้องระเหยตัวกลายเป็นไอได้ง่าย
2. การกลายเป็นไอหรือก๊าซต้องใช้ความร้อนแฝงมาก สารทำความเย็นที่ใช้หมุนเวียนจะน้อยลงดังนั้นสารทำความเย็นก็จะน้อยลงด้วย
3. อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ทำความเย็นต้องปลอดภัย ดังนั้นสารทำความเย็นจะต้องไม่ติดไฟหรือระเบิด
4. สารทำความเย็นจะต้องไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ และถ้ารั่วออกมาสามารถตรวจหาได้โดยการดมกลิ่น
5. มีความคงตัวสูงสามารถนำกลับไปใช้ได้อีกหลายๆ ครั้งโดยไม่เปลี่ยนแปลงสถานะหรือแยกตัว
6. จะต้องไม่เป็นอันตรายต่อชิ้นส่วนโลหะหรือประเก็นที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์หรือไม่เป็นอันตรายต่อน้ำมันหล่อลื่น และส่วนอื่นๆ
7. อุณหภูมิจุดวิกฤตควรจะต้องสูงกว่าอุณหภูมิการกลั่นตัว
8. ถ้าความดันการกลายเป็นไอลดต่ำกว่าความดันบรรยากาศซึ่งจะเปลี่ยนให้อากาศเข้าไปในระบบทำความเย็น ดังนั้นความดันในการกลายเป็นไอควรจะสูงกว่าความดันบรรยากาศ
9. ชิ้นส่วนต่างๆ ในระบบทำความเย็น เช่น คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ และโครงสร้างของท่อด้านความดันสูงจะต้องแข็งแรง ดังนั้นสารทำความเย็นที่มีความดันการกลั่นสูงมากจึงไม่เหมาะสม

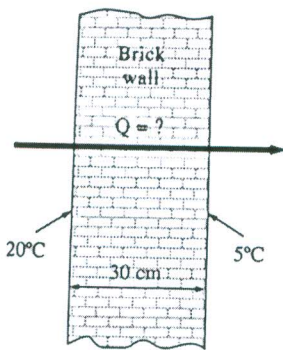
2.7 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน

การกำหนดเครื่องหมายของเครื่องหมายความร้อน

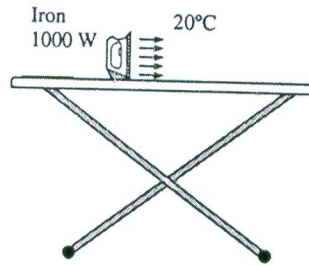
ในการศึกษาวิชาเทอร์โมไดนามิกส์ การกำหนดเครื่องหมายพลังงานเป็นสิ่งที่จำเป็นเพราะเครื่องหมายของพลังงานเป็นสิ่งที่ใช้ระบุทิศทางในการถ่ายโอนพลังงาน ซึ่งจะขึ้นประโยชน์สำหรับการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงพลังงานของระบบในระหว่างที่เกิดกระบวนการได้

สำหรับการกำหนดเครื่องหมายพลังงานในรูปความร้อนจะยึดหลักการว่าการถ่ายโอนความร้อนเข้าสู่ระบบ (ทำให้ระบบมีพลังงานเพิ่มขึ้น) มีเครื่องหมายเป็นบวก (+) ส่วนการถ่ายโอนความร้อนออกจากระบบ (ทำให้ระบบมีพลังงานลดลง) มีเครื่องหมายเป็นลบ (-) [20]

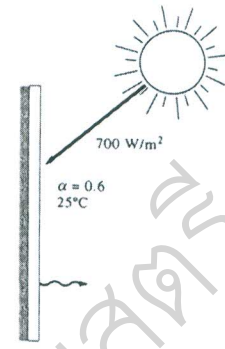
กลไกในการถ่ายโอนความร้อน มี 3 แบบ คือ การนำความร้อน (conduction) การพาความร้อน (convection) และการแผ่รังสีความร้อน (radiation)



(ก) การนำความร้อน



(ข) การพาความร้อน



(ค) การแผ่รังสีความร้อน

รูปที่ 2.8 กลไกในการถ่ายเทความร้อน [20]

การนำความร้อน

การนำความร้อนเป็นวิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำภายในตัวกลางเดียวกันหรือระหว่างตัวกลางต่างชนิดที่อยู่ติดกัน ซึ่งการถ่ายโอนความร้อนเกิดจากผลของการเคลื่อนที่ของโมเลกุลภายในตัวกลาง

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณการนำความร้อนถูกเสนอขึ้นในปี ค.ศ. 1822 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ โยเซฟ ฟูรีเยร์ (Joseph Fourier) โดยรูปของสมการเป็นดังนี้ [20]

$$\dot{Q}_{cond} = -kA \frac{dT}{dX} \quad (8)$$

เมื่อ

- \dot{Q}_{cond} = อัตราการนำความร้อน (W)
- k = ค่าการนำความร้อน (W/(m·K))
- A = พื้นที่ในการถ่ายโอนความร้อน (m²)
- T = อุณหภูมิ
- X = ระยะทางในการเคลื่อนที่ของความร้อน

เนื่องจากความร้อนจะเกิดการถ่ายโอนจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะทำให้ $\frac{dT}{dX}$ มีเครื่องหมายเป็นลบ ดังนั้นเพื่อให้อัตราการนำความร้อนทิศทาง X มีค่าเป็นบวกจึง

มีการเติมเครื่องหมายลบไว้ด้านขวามือในสมการนำความร้อน สำหรับค่าการนำความร้อนเป็นค่าเฉพาะตัวของวัสดุแต่ละชนิด โดยมีตัวอย่างของค่าการนำความร้อนวัสดุบางชนิดแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าการนำความร้อนของวัสดุบางชนิดที่อุณหภูมิห้อง

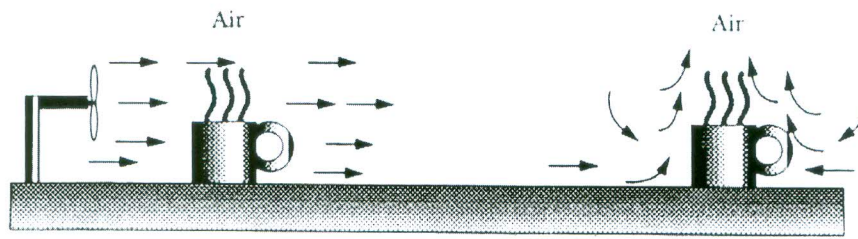
วัสดุ	ค่าการนำความร้อน (W/(m·K))
เพชร	2300
เงิน	429
ทองแดง	401
ทอง	317
อะลูมิเนียม	237
เหล็ก	80.2
ปรอท (ของเหลว)	8.54
แก้ว	1.4
อิฐ	0.72
น้ำ (ของเหลว)	0.613
ผิวหนังของคน	0.37
สารทำความเย็น R-12 (ของเหลว)	0.072
อากาศ (แก๊ส)	0.026

การพาความร้อน

การพาความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนระหว่างผิวของของแข็งกับของไหลที่มีการเคลื่อนที่ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการพาความร้อนเกิดขึ้นจากผลของการนำความร้อนรวมกับการเคลื่อนที่ของของไหล การพาความร้อนแบ่งออกได้ 2 ลักษณะคือ [20]

1. การพาความร้อนแบบบังคับ (forced convection) เกิดขึ้นเมื่อมีแรงภายนอกมาบังคับให้ของไหลเคลื่อนที่ผ่านผิววัตถุที่ร้อนกว่าหรือเย็นกว่า เช่น การใช้พัดลมเป่าอากาศให้เกิดการเคลื่อนที่ผ่านด้วยกาพร้อนดังแสดงในรูปที่ 2.9 (ก)

2. การพาความร้อนแบบอิสระ (free convection) เกิดขึ้นเมื่อของไหลเกิดการเคลื่อนที่เนื่องจากแรงลอยตัว (buoyancy force) ของของไหล และแรงลอยตัวนี้เกิดจากความแตกต่างของความหนาแน่นของของไหล อันเป็นผลจากความแตกต่างของอุณหภูมิในชั้นของของไหล ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.9 (ข) โดยความร้อนจากถ้วยกาแฟจะทำให้อากาศมีความหนาแน่นต่ำลง (เบา) จึงเกิดการเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนขณะเดียวกันอากาศที่เย็นกว่า (มีความหนาแน่นสูงกว่าหรือหนักกว่าจะเคลื่อนที่มาแทนที่)



(ก) การพาความร้อนแบบบังคับ

(ข) การพาความร้อนแบบอิสระ

รูปที่ 2.9 การพาความร้อนแบบบังคับและแบบอิสระ [20]

สมการสำหรับหาอัตราการพาความร้อนอยู่ในรูปกฎการเย็นตัวของนิวตัน (Newton's law of cooling) เป็นดังนี้

$$\dot{Q}_{cond} = hA(T_s - T_f) \quad (9)$$

เมื่อ

- \dot{Q}_{cond} = อัตราการพาความร้อน
 A = พื้นที่ผิวของวัตถุที่สัมผัสกับของไหล
 h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน
 T_s = อุณหภูมิของผิววัตถุ
 T_f = อุณหภูมิของของไหลที่อยู่ห่างออกไปจากผิวหรืออุณหภูมิส่วนต้นของของไหล

สำหรับสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเป็นสมบัติที่ได้จากการทดลอง 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 เป็นไปตามกฎของสเตฟาน-โบลทซ์มันน์ (Stefan-Boltzmann law) ดังนี้ [20]

$$\dot{Q}_{emitt,max} = \sigma AT_s^4 \quad (10)$$

เมื่อ

- σ = ค่าคงที่สเตฟาน-โบลทซ์มันน์ (Stefan-Boltzmann constant) มีค่าเท่ากับ $5.67 \times 10^{-8} \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{K}^4))$
- A = พื้นที่ผิวของวัตถุที่แผ่รังสีความร้อน (m^2)
- T_s = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของวัตถุแผ่รังสีความร้อน (K)

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

$$\dot{Q}_{rad} = \epsilon \sigma AT_s^4 \quad (11)$$

เมื่อ ϵ = ค่าการแผ่รังสี (emissivity) ซึ่งเป็นปริมาณที่แสดงถึงประสิทธิภาพการแผ่รังสีความร้อนของวัตถุเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุที่สามารถแผ่รังสีความร้อนได้สูงสุด (วัตถุอุดมคติ),

$$0 \leq \epsilon \leq 1$$

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

$$\dot{Q}_{rad} = \epsilon \sigma A(T_s^4 - T_{surr}^4) \quad (12)$$

2.8 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนจากครีบบระบายความร้อน

สุนันท์ ศรีนนิตย์ [21] ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัตถุที่เป็นของแข็งโดยการนำมักจะถูกระบายออกจากวัตถุที่เป็นของแข็งโดยการพาความร้อนแต่เพียงอย่างเดียว แต่เนื่องจากอัตราการพาความร้อนนี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่ของผิว ดังนั้นจึงสามารถเพิ่มอัตราการระบายความร้อนที่ผิวนี้ได้

ด้วยการยึดผิวออกไปจากวัตถุ ส่วนของวัตถุที่ยึดออกมาจากผิวของวัตถุตัวแม่นี้เรียกว่า ครีบบระบายความร้อน

ประสิทธิภาพในการระบายความร้อนของครีบบสามารถคำนวณได้จากสมการ 13

$$\eta = \frac{q_{act}}{q_{ideal}} \quad (13)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} q_{act} &= \text{อัตราการถ่ายเทความร้อนจริง} \\ q_{ideal} &= \text{อัตราการถ่ายเทความร้อนอุดมคติซึ่งหาได้จากสมการที่ 14} \end{aligned}$$

$$q_{ideal} = \bar{h}_c A_s (T_b - T_\infty) \quad (14)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} A_s &= \text{พื้นที่ผิวครีบบที่สัมผัสกับของไหล} \\ T_\infty &= \text{อุณหภูมิของของไหล} \\ T_b &= \text{อุณหภูมิผิวครีบบระบายความร้อน} \end{aligned}$$

ดังนั้น อัตราการถ่ายเทความร้อนจริงจากครีบบจะมีค่าเป็น

$$q_{act} = \eta \cdot q_{ideal} = \eta \cdot \bar{h}_c A_s (T_b - T_\infty) \quad (15)$$

ถ้าหากประสิทธิภาพของครีบบต่ำมาก ผิวของผนังที่ไม่มีครีบบก็อาจจะสามารถระบายความร้อนได้ดีกว่าผิวที่มีครีบบ ครีบบที่มีค่าการนำความร้อนที่ไม่ดีก็จะไปปิดพื้นที่ที่สามารถถ่ายเทความร้อนด้วยการพาที่ดีไป ทำให้ครีบบที่ติดอยู่นั้นไปกีดขวางอัตราการระบายความร้อนจากผนังให้น้อยลง

ทฤษฎีการหาประสิทธิภาพ (η) ของครีบบระบายความร้อน

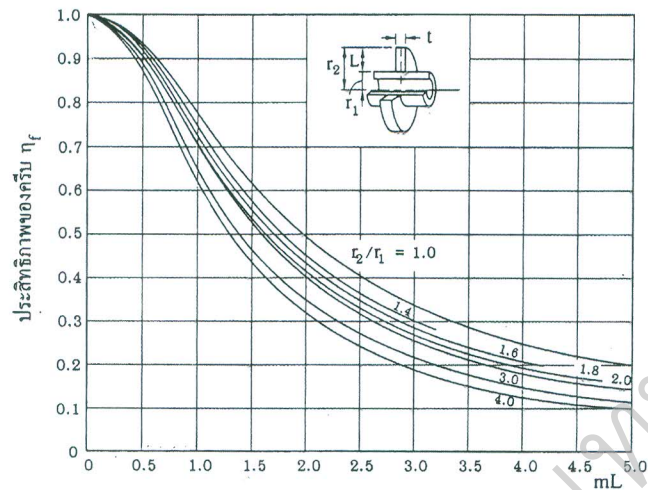
การหาประสิทธิภาพ (η) ของครีบบระบายความร้อน หาได้จากสมการ 16

$$mL = \sqrt{\frac{2hL^2}{tk}}, \frac{r_2}{r_1} \quad (16)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} h &= \text{สัมประสิทธิ์การนำความร้อนโดยการพา (Coefficient)} \\ L &= \text{ความสูงของครีบบจากฐานครีบบ} \\ t &= \text{ความหนาของครีบบ} \\ k &= \text{ค่าการนำความร้อนของครีบบ} \\ r_1 &= \text{รัศมีท่อ} \\ r_2 &= \text{รัศมีครีบบวัดจากจุดศูนย์กลางท่อ} \end{aligned}$$

เมื่อคำนวณหาค่า mL และ $\frac{r_2}{r_1}$ ได้แล้ว นำไปเปรียบเทียบกับตารางประสิทธิภาพของครีบนว่งกลมที่มีความหนาคงที่ จะได้ค่าประสิทธิภาพของครีบนว่ง (η)



รูปที่ 2.10 ตารางประสิทธิภาพของครีบนว่งกลมที่มีความหนาคงที่

พื้นที่ของผิวสัมผัสของกลุ่มท่อ หาได้จากสมการ 17

$$A = \pi DL \cdot n \quad (17)$$

เมื่อ

- A = พื้นที่ของผิวสัมผัสของกลุ่มท่อ
- D = เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ
- L = ความยาวท่อ
- n = จำนวนท่อ

ทฤษฎีการหาประสิทธิภาพ (η) ของครีบบระบายความร้อนจากการคำนวณ [4]

ทฤษฎีการคำนวณหาประสิทธิภาพของครีบกมติดตามขวางจากสมการที่ 18

$$mL = \left[\left(\frac{B_f}{D_o} \right)^a - b \right] D_o \sqrt{\frac{h}{2k\delta}} \quad (18)$$

เมื่อ

- B_f = ความกว้างของครีบนว่ง
- L_f = ความยาวของครีบนว่ง

- D_o = เส้นผ่าศูนย์กลางกลางภายนอกของท่อ
 h = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนโดยการพา (Coefficient)
 k = ค่าการนำความร้อนของโลหะที่ใช้ทำครีบ
 2δ = ความหนาของครีบ

สำหรับครีบบาง (เมื่อ $0 < \frac{B_f}{D_o} < 3.5$)

$$\begin{aligned}
 a &= 1.17 \\
 b &= 1.0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= 1.17 \\
 b &= 1.0
 \end{aligned}$$

สำหรับครีบบาง (เมื่อ $0 < \frac{B_f}{D_o} < 4$)

L_f / B_f	1.0	1.2	1.5
a	1.3	1.4	1.53
b	0.8	0.6	0.3

การคำนวณหาประสิทธิภาพของครีบแผ่นติดตามยาวหาได้จากสมการที่ 19

$$mL = \sqrt{\frac{h}{k\delta}} \quad (19)$$

เมื่อ

- L = ความสูงจากฐานครีบถึงปลายครีบ
 h = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนโดยการพา (Coefficient)
 k = ค่าการนำความร้อนของโลหะที่ใช้ทำครีบ
 δ = ความหนาของครีบ

ประสิทธิภาพของครีบ (η_f) หาได้จากสมการที่ 20

$$\eta_f = \frac{\tanh(mL)}{mL} \quad (20)$$

2.9 ระบบทำความร้อนด้วยไฟฟ้า (Electrical Heating System)

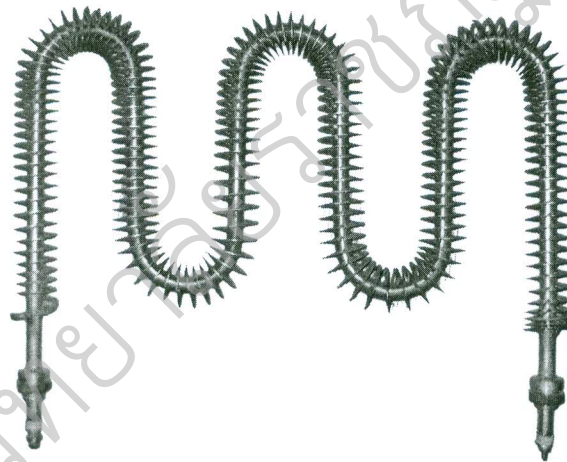
องค์ประกอบในการทำความร้อนโดยไฟฟ้ามีดังนี้

- ระบบไฟฟ้าเฟสเดียว หรือไฟฟ้าสามเฟส
- ประเภทการชำระค่าไฟฟ้า อัตราปกติ อัตรา TOD หรืออัตรา TOU
- ปริมาณความร้อน (KW) ที่ต้องการ
- เวลาการใช้งานฮีตเตอร์
- คุณภาพของผลิตภัณฑ์
- ความเป็นฉนวนของฮีตเตอร์

การแบ่งประเภทของฮีตเตอร์

ฮีตเตอร์ครีป (Finned Heater) และฮีตเตอร์ท่อกลม (Tubular Heater)

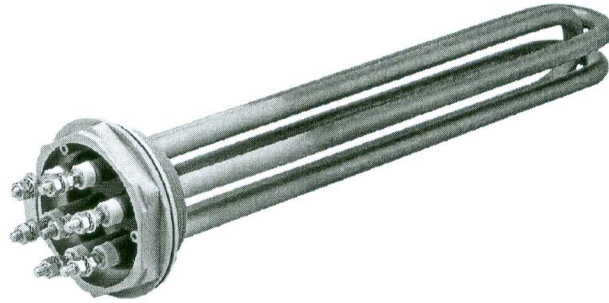
ฮีตเตอร์ครีป (Finned Heater) ทำจาก Tubular Heater ที่ตัดเป็นรูปต่าง ๆ และเพิ่มแผ่นครีปม้วนติดกับฮีตเตอร์อย่างต่อเนื่องจากปลายด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง ส่วนของแผ่นครีปที่เพิ่มขึ้นทำให้ถ่ายเทความร้อนได้เร็วขึ้น ส่วนฮีตเตอร์ท่อกลม คือ Tubular Heater ที่ใช้ให้ความร้อนโดยตรงโดยไม่ติดครีป



รูปที่ 2.11 ฮีตเตอร์ครีป [22]

ฮีตเตอร์จุ่ม หรือ Immersion Heater หรือบางที่เรียกว่า ฮีตเตอร์ต้มน้ำใช้ให้ความร้อนกับของเหลวทุกชนิด สามารถทำความร้อนตั้งแต่ 1000 ถึง 4000 W ใช้สำหรับต้มน้ำ ต้มน้ำมัน งานผสมสารทำจาก Tubular Heater ที่ตัดเป็นรูปตัวยู และเชื่อมติดกับเกลียว ซึ่งมีขนาดเกลียวตั้งแต่ 1", 1 ¼", 1 ½", 2" และ 2 ½" ขนาดเกลียวจะขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นของฮีตเตอร์ ซึ่งมีตั้งแต่ 1U, 2U, 3U, 6U ตามความเหมาะสมของกำลังวัตต์ และความยาวของตัวฮีตเตอร์ ฮีตเตอร์แบบจุ่ม เหมาะสำหรับใช้กับของเหลว เช่น ต้มน้ำหรืออุ่นน้ำมัน การติดตั้งสามารถทำได้โดยเชื่อมเกลียวตัวเมียติดกับถังแล้วใส่ฮีตเตอร์แบบเกลียวเข้าไป โดยฮีตเตอร์ขนานกับพื้นถังควรระวังไม่ให้ส่วนของฮีตเตอร์โผล่พ้น

ของเหลว เนื่องจากจะทำให้ส่วนที่อยู่เหนือของเหลวร้อนจัดเกินไป ทำให้อายุการใช้งานสั้น และเพื่อให้ความร้อนกระจายทั่วถึง ควรติดตั้งใบพัดกวน ของเหลวด้วย



รูปที่ 2.12 ฮีตเตอร์จุ่ม [23]

2.10 ปริมาณและความเร็วของอากาศ (Air quantity and Velocity)

สำหรับเครื่องควบคุมแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ มีความสัมพันธ์ระหว่างขนาด (พื้นที่ผิว) ของเครื่องควบคุมกับปริมาณอากาศที่ไหลวน ขณะความเร็วหนึ่งๆ การออกแบบเครื่องควบคุมที่ดีจะต้องทำให้อากาศไหลแบบปั่นป่วน (Tubulent) ด้วยความเร็วต่ำที่สุด และมีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูงความเร็วของอากาศที่เพิ่มขึ้นจะทำให้สูญเสียความดันมากในขณะที่ผ่านเครื่องควบคุม และเป็นผลทำให้พลังงานที่ใช้ขับพัดลมเพิ่มขึ้น ความเร็วของอากาศที่ผ่านเครื่องควบคุมแบบระบายความร้อนด้วยอากาศเป็นฟังก์ชันของพื้นที่ผิวของเครื่องควบคุม และปริมาณของอากาศที่ไหลเวียน ดังสมการ [21]

$$\text{ความเร็วของอากาศ (m/s)} = \frac{\text{ปริมาตรอากาศ (m}^3\text{/s)}}{\text{พื้นที่ผิว (m}^2\text{)}} \quad (21)$$

โดยปกติความเร็วของอากาศที่ใช้ระบายความร้อนเครื่องควบคุมอยู่ระหว่าง 2.5 และ 6 เมตร/วินาที อย่างไรก็ตามความเร็วของอากาศที่เหมาะสมกับเครื่องควบแน่นนั้นใช้การทดลองจะดีที่สุด ด้วยเหตุนี้เครื่องควบแน่นที่ผลิตออกมาจะติดตั้งพัดลมมาเสร็จจากโรงงาน

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

N. Yamtraipat [8] ได้ศึกษาการหาค่ากำหนดการปรับอากาศในอาคารสำหรับประเทศไทย โดยการใช้การสำรวจทางด้านความสบายเชิงความร้อนกับคนไทยตัวอย่างจำนวน 1,520 คน ซึ่งมาจากเขตภูมิอากาศที่แตกต่างกัน และประเภทของอาคารปรับอากาศที่แตกต่างกัน ได้แก่ ภาคธุรกิจเอกชน และภาคหน่วยงานรัฐบาล สำหรับตัวแปรทางด้านความสบายเชิงความร้อนที่ต้องศึกษา นอกจากอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมแล้ว ยังมีตัวแปรที่ไม่สามารถวัดค่าได้ 3 ประเภท ได้แก่ ความ

เคยชินต่อการใช้เครื่องปรับอากาศที่บ้าน เพศ และระดับการศึกษาซึ่งมีระดับสูงกว่าปริญญาตรี ปริญญาตรี และต่ำกว่าปริญญาตรี ข้อมูลเหล่านี้ได้ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อสร้างมาตรฐานทางด้านความสบายเชิงความร้อนสำหรับเขตภูมิอากาศที่แตกต่างกันของประเทศไทย ผลการวิเคราะห์พบว่าที่ 26°C และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-60% มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับใช้เป็นค่ากำหนดปรับอากาศอาคารในประเทศ ผลการทดลองนี้ช่วยให้เราได้แนวคิดอย่างง่ายในการปรับสภาพอากาศภายในอาคารปรับอากาศโดยใช้ข้อมูลการทดลองที่มาจากอาคารที่ไม่มีการปรับอากาศได้ด้วย สำหรับการประเมินศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และการรักษาสีสิ่งแวดล้อม โดยการสมมติฐานให้อาคารทั่วประเทศปรับอุณหภูมิภายในค่ามาตรฐานที่กำหนดคือ 26°C พบว่าสามารถประหยัดการใช้ไฟฟ้าได้ 804.60 GWh/ปี และสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากโรงไฟฟ้าได้ 579.31×10^3 ตัน/ปี

E. Hajidavalloo [10] ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ทำความเย็นแบบระเหยในคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง โดยพบว่าการลดการใช้พลังงานเป็นข้อสำคัญ ในวัฏจักรการทำงานทำความเย็นแบบอัดไอ โดยเฉพาะในบริเวณที่มีสภาพอากาศที่ร้อน 50°C ปกติระบบปรับอากาศที่ใช้ในบ้านจะเป็นแบบหน้าต่าง โดยในสภาพอากาศแบบนี้จะส่งผลให้คอนเดนเซอร์ทำงานหนัก และใช้กระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นมาก ปัญหาที่เกิดขึ้นได้มีการวิจัยเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของระบบปรับอากาศแบบหน้าต่าง โดยเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ ในงานวิจัยนี้ได้มีการออกแบบ และผสมผสานการทำงานทำความเย็นแบบระเหยในคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง โดยการตรวจสอบผลจากการทดลองในสภาวะจริง ในการทดสอบได้ปรับปรุงโดยการใส่แผ่นระบายความร้อน 2 แผ่น ในทั้งสองด้านของเครื่องปรับอากาศ และฉีดน้ำก่อนที่อากาศจะไหลผ่านไปยังคอนเดนเซอร์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ระบบใหม่จะถูกปรับปรุงให้ดีขึ้น และการใช้พลังงานจะลดลงประมาณ 16% และสัมประสิทธิ์ของการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้นประมาณ 55%

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

P. Naphon [13] ได้ศึกษาประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศที่มีการใช้ท่อความร้อนสำหรับคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ พบว่าการปรับปรุงสมรรถนะของระบบปรับอากาศโดย

ใช้ท่อความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ โดยท่อความร้อนที่ใช้ในการทดสอบเป็นวัสดุทำจากวัสดุท่อทองแดง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10 mm. และความยาวเท่ากับ 600 mm. การจัดเตรียมชุดท่อความร้อนเป็นการจัดเรียงในรูปแบบแถวคือ 1, 2, 3, แถว ใช้สารทำความเย็น R134a เป็นสารทำงานในชุดท่อความร้อนสำหรับการศึกษานี้ เป็นการเปรียบเทียบกันระหว่างระบบปรับอากาศแบบเดิม และระบบปรับอากาศที่ใช้ท่อความร้อน ซึ่งระบบปรับอากาศที่ใช้ท่อความร้อน 3 แถว ให้ค่า COP และ EER ที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 6.4% และ 17.5% ตามลำดับ ในภาวะโลกร้อน และปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม ผลของการศึกษานี้คาดว่าจะ เป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ และการลดการใช้พลังงาน

ธีรพงศ์ บริรักษ์ และพงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ [24] งานวิจัยนี้ทำการศึกษาสมรรถนะและการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ทำการติดตั้ง อุปกรณ์ลดอุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ซึ่งทำจากกระดาษเซลลูโลสเปรียบเทียบกับการใช้ PVC filling โดยใช้น้ำจากอีแวพพอเรเตอร์ในการหล่อเย็น พารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (EER) กำลังงานที่ใช้ของระบบ และพลังงานไฟฟ้าจากการทดลองใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนยี่ห้อ FUJIBISHI แบบตั้งแขวน ขนาดการทำความเย็น 12,000 Btu/hr ใช้สารทำความเย็น R22 เป็นสารทำงานในระบบการทำความเย็น เครื่องปรับอากาศติดตั้งในห้องขนาด 13.4 ตารางเมตร สูง 3 เมตร เปิดใช้งาน 8 ชั่วโมง (08:00-16:00 น.) ผลการทดลองพบว่าการติดตั้งชุดลดอุณหภูมิ ก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้กระดาษเซลลูโลส เครื่องปรับอากาศสามารถระบายความร้อนได้ดี สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของระบบปรับอากาศเท่ากับ 5.28 และมีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (EER) 14.59 กำลังงานที่ใช้ของระบบ 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 ทดแทนการใช้กระดาษเซลลูโลสจะมีข้อดีคือสามารถล้างทำความสะอาดได้มากกว่า และมีอายุการใช้งาน ได้นานกว่าแผ่นเซลลูโลส

รงค์ไชย เดิมดา และนุภาพ แยมไตรพัฒน์ [25] งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิ (Cooling pad) และ อินเวอร์เตอร์ (Inverter) โดยให้แผ่นลดอุณหภูมิ ลดอุณหภูมิของอากาศก่อนระบายที่คอนเดนเซอร์ และใช้อินเวอร์เตอร์ ควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ แผ่นลดอุณหภูมิที่ใช้ขนาด 15x83x65 (cm.) ออกแบบเป็นรูปตัว L ติดตั้งห่างจาก คอยล์ร้อนที่ 5 cm. ใช้ปั๊มน้ำขนาด 1600 ลิตรต่อชั่วโมง ในการทำให้แผ่นเปียกโดยทดลองกับเครื่องปรับอากาศขนาด 18000 บีทียูต่อชั่วโมงแบบแขวน ทำการศึกษาเครื่องปรับอากาศแบบใช้แผ่นลดอุณหภูมิร่วมกับอินเวอร์เตอร์ เปรียบเทียบกับแบบใช้ อินเวอร์เตอร์อย่างเดียว แบบใช้แผ่นลดอุณหภูมิอย่างเดียว และแบบปกติ จากการศึกษาพบว่าแบบใช้แผ่นลดอุณหภูมิร่วมกับ อินเวอร์เตอร์ สามารถทำค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP ได้สูง 5.9 และใช้กำลังงานไฟฟ้าต่ำที่ 0.96 kW แผ่นลดอุณหภูมิให้ ประสิทธิภาพสูงสุดที่ 96.5% อัตราการระเหยสูงสุดที่ 0.00437 kg/s อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดที่ 6.3 kW

อนุเมติ ศิริเจริญพานิชย์, สัมพันธ์ ฤทธิเดช และบพิท บุปโซติ [26] งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผล การปรับปรุงสมรรถนะของระบบปรับอากาศ โดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อน ชนิดสั้น วงรอบที่ติดตั้งวาล์วกลับ (CLOHP/CV) ในการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นที่ทางออกคอมเพรสเซอร์กับเครื่องปรับอากาศ แบบแยกส่วนขนาด 13,000 Btu/hr ท่อความร้อนทำจากท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.03 mm ประกอบเป็น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ในการทดลองใช้สาร R134a, R123 และ Ethanol เป็นสารทำงาน ตัวแปรหลักที่ทำการศึกษาคือ มุ่งเน้นไปที่ สัมประสิทธิ์สมรรถนะ การใช้กำลังไฟฟ้า และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน และนำไปเปรียบเทียบกับกรณีก่อน การปรับปรุง จากการทดลองพบว่าเครื่องปรับอากาศที่ปรับปรุงโดยใช้ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ (CLOHP/CV) ที่ใช้สาร ทำงาน R134a มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เพิ่มขึ้น 21.98%, 20.72% ตามลำดับ และมีการใช้กำลังไฟฟ้าลดลง 5.6% ซึ่งผลของการศึกษานี้คาดว่าจะ เป็นแนวทาง ที่ช่วย ในการพัฒนาระบบปรับอากาศได้

เกรียงไกร อัครมาศบันลือ, รัชภัทร เจริญมหารชัย และรัชต นาคสมบัติ [27] งานวิจัยนี้มี วัตถุประสงค์ในการปรับปรุงระบบระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศซึ่งเดิมเป็นแบบระบายความร้อน ด้วยอากาศให้กลายเป็นระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยการประยุกต์ใช้หลักการของEvaporative Condenser ในการระบายความร้อนจากน้ำหล่อเย็นให้กับสิ่งแวดล้อมภายนอกอีกครั้งหนึ่งเพื่อลด ปริมาณการใช้น้ำ นอกจากนี้แล้วเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง และดัดแปลงเครื่อง เดิม อุปกรณ์ที่ใช้จะเป็นอุปกรณ์เดิมที่มีอยู่ในเครื่องยกเว้นปั้มน้ำ ระบบท่อ และโครงซึ่งจะต้องทำการ ดัดแปลงให้สามารถรองรับน้ำได้ ปั้มน้ำจะเป็นแบบธรรมดาที่ความดันสูงไม่สูงมากเพื่อลดค่าใช้จ่าย ใน การออกแบบได้คำนึงถึงความสะดวกในการติดตั้ง และการใช้งานจริงอุปกรณ์จะถูกบรรจุอยู่ในโครง เดียวกันกับชุด Evaporative Condenserในการตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานก่อน และหลัง ปรับปรุงอาศัยหลักการตามข้อตกลงนานาชาติในการตรวจวัด และพิสูจน์ทราบผลประหยัดพลังงาน (IPMVP) จากการทดสอบในสภาพการใช้งานจริงพบว่าเมื่อปรับปรุงแล้วเครื่องปรับอากาศมีแนวโน้ม ว่าจะสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานลงได้ แต่เนื่องจากคอยล์ร้อนเดิมที่ใช้มีระยะห่างของครีบ ระบายความร้อนค่อนข้างถี่มาก ทำให้น้ำที่รดลงบนผิวครีบบิดกั้นการไหลของอากาศ ส่งผลให้การ แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำ และอากาศลดลง อุณหภูมิของน้ำไม่สามารถลดลงได้ใกล้เคียงกับ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ จึงทำ ให้บางช่วงเวลาเครื่องปรับอากาศที่ปรับปรุงใหม่มีการใช้ พลังงานมากกว่าของเดิมโดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงที่อากาศภายนอกมีอุณหภูมิต่ำ ขนาดของชุด Evaporative Condenser จะใหญ่ขึ้นประมาณ 1.5-2 เท่าของขนาดเดิมทำให้ต้องการ พื้นที่ในการ ติดตั้งมากขึ้น

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

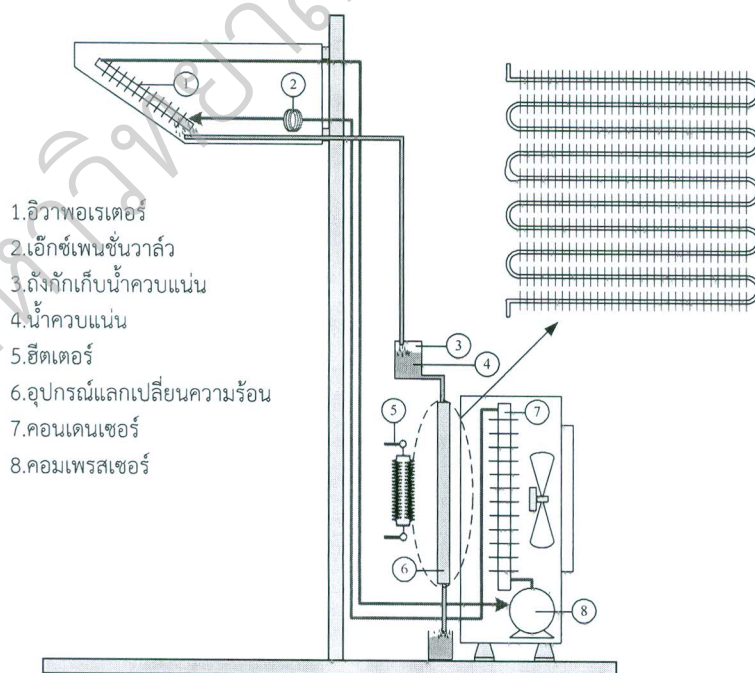
ในการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้น้ำควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบบนสื่ห่ล่ยมจัตุรัส มีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

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

3.1 การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล

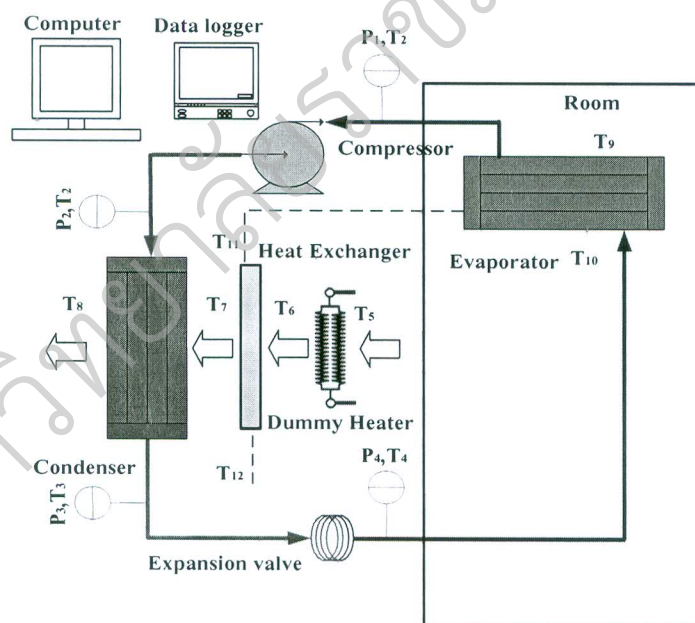
3.1.1 ศึกษาทฤษฎี และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้น้ำควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบบนสื่ห่ล่ยมจัตุรัส

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบบนสื่ห่ล่ยมจัตุรัส ติดตั้งกับระบบปรับอากาศแบบอัดไอขนาด 12,000 BTU/hr โดยใช้สารทำความเย็น R-22 เป็นสารตัวกลาง แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งกับระบบปรับอากาศ

จากรูป 3.1 เมื่อเปิดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์จะดูดสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นแก๊สจากอีวาพอเรเตอร์แล้วอัดสารทำความเย็นให้มีอุณหภูมิสูง และแรงดันสูงไปที่คอนเดนเซอร์ เพื่อควบแน่นเป็นของเหลว และมีการถ่ายเทความร้อนออกจากน้ำยา ก่อนที่จะไปลดแรงดันที่เอ็กซ์เพนชันวาล์ว และสารทำความเย็นก็จะไหลไปยังอีวาพอเรเตอร์ ขณะที่น้ำยาเหลวภายในอีวาพอเรเตอร์ระเหยตัวเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สจะดูดซับปริมาณความร้อนจากอากาศโดยรอบ ทำให้อากาศโดยรอบอีวาพอเรเตอร์ มีอุณหภูมิลดต่ำลง เครื่องระเหยลดความดันของน้ำยาเหลวให้มีความดันต่ำลงจนสามารถระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส และดูดซับปริมาณความร้อนได้ที่อุณหภูมิต่ำๆภายในอีวาพอเรเตอร์ ขณะที่น้ำยาเหลวภายในเครื่องระเหย ระเหยตัวเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สจะดูดซับปริมาณความร้อนจากอากาศโดยรอบ ทำให้อากาศโดยรอบที่เครื่องระเหยมีอุณหภูมิลดต่ำลง และจะเกิดน้ำควบแน่นที่อีวาพอเรเตอร์ วัดอุณหภูมิของอากาศ และน้ำควบแน่นของระบบด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด Type K วัดความดันในระบบโดยใช้บูตรองเกจ วัดอัตราการไหลของอากาศโดยเอาโนมิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และน้ำควบแน่นที่อีวาพอเรเตอร์จะไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งบริเวณทางเข้าอากาศของคอนเดนเซอร์ เมื่ออากาศไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งบริเวณทางเข้าอากาศของคอนเดนเซอร์ อากาศจะมีอุณหภูมิลดลงก่อนที่จะเข้าไปถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์



รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งวัดอุณหภูมิและความดันของระบบปรับอากาศ

3.2 การออกแบบและสร้างระบบปรับอากาศ

3.2.1 ออกแบบและสร้างระบบปรับอากาศ

3.2.2 ออกแบบและสร้างชุดฮีตเตอร์

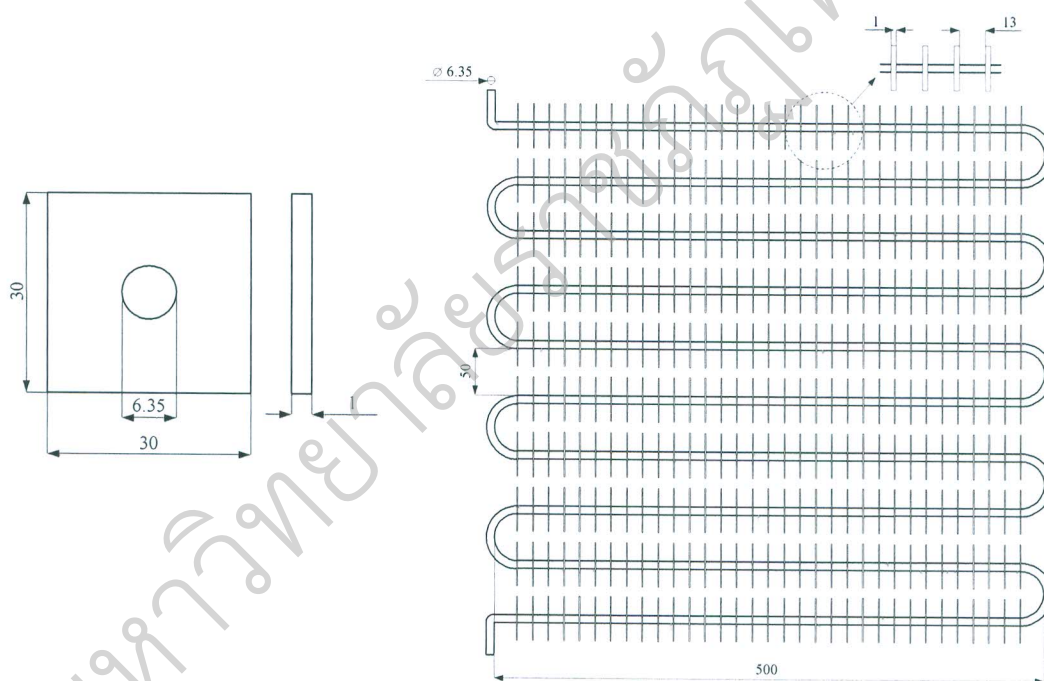
3.2.3 ตรวจสอบรอยรั่วของระบบปรับอากาศ และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

- 3.2.4 ติดตั้งจุดตรวจสอบอุณหภูมิ โดยใช้สายเทอร์โมคัปเปิลชนิด Type K
- 3.2.5 ติดตั้งจุดตรวจสอบความดัน โดยใช้เกจ ชนิด Bourdon gauge
- 3.2.6 หุ้มฉนวนชุดให้ความร้อน
- 3.2.7 หุ้มฉนวนถึงกักเก็บน้ำควบแน่น
- 3.2.8 ตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนทำการทดลอง
- 3.2.9 ดำเนินการทดลอง และเก็บผลการทดลอง

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทำด้วยท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.35 mm . ยาว 500 mm . ระยะห่างท่อ 50 mm . มีขดท่อจำนวน 9 โค้งเหลี่ยม และติดครีบนั่นทองแดงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด $3 \times 3 \text{ cm}$. หนา 1 mm . ระยะห่างระหว่างครีบ 13 mm . ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

3.4 วิธีการทดลอง

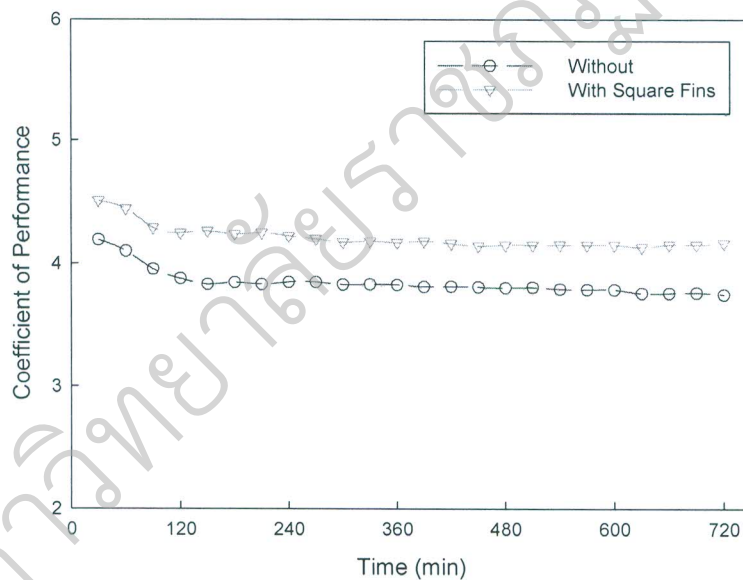
- 3.4.1 เปิดระบบปรับอากาศ
- 3.4.2 ปรับตั้งอุณหภูมิฮีตเตอร์
- 3.4.3 บันทึกอุณหภูมิ ทุกๆ 30 นาที ขณะทำการทดลอง
- 3.4.4 บันทึกการใช้กำลังไฟฟ้า ทุกๆ 30 นาที ขณะทำการทดลอง
- 3.4.5 บันทึกข้อมูลเป็นเวลา 12 ชั่วโมง

บทที่ 4

ผลของการวิจัย

การวิจัยเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้น้ำควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบบนสปีเลียมจัตุรัส เพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ และเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ การวิเคราะห์ที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,000 BTU/hr เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ, งานคอมเพรสเซอร์, อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์, อัตราการถ่ายเทความร้อนอีวาพอเรเตอร์, อุณหภูมิของอากาศที่แลกเปลี่ยนออกมาจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และอุณหภูมิของน้ำควบแน่นที่แลกเปลี่ยนออกมาจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน สามารถวิเคราะห์ และวิจารณ์ผลการทดลองได้ดังนี้

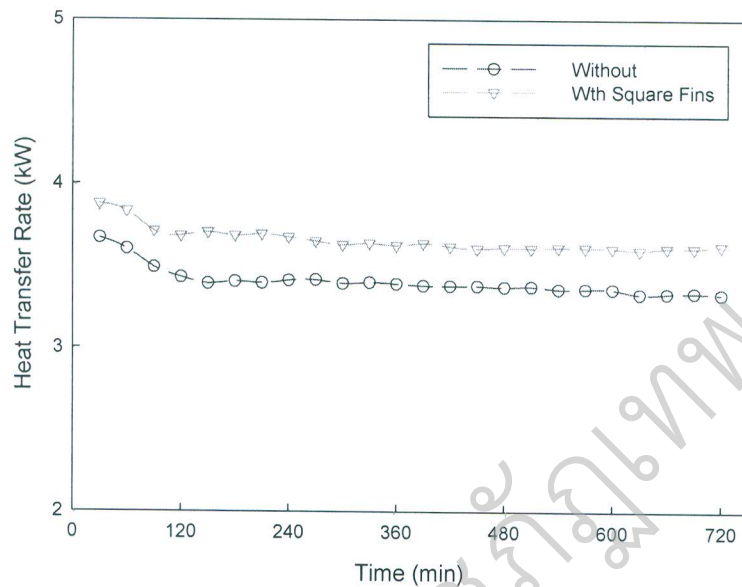
4.1 ผลการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ



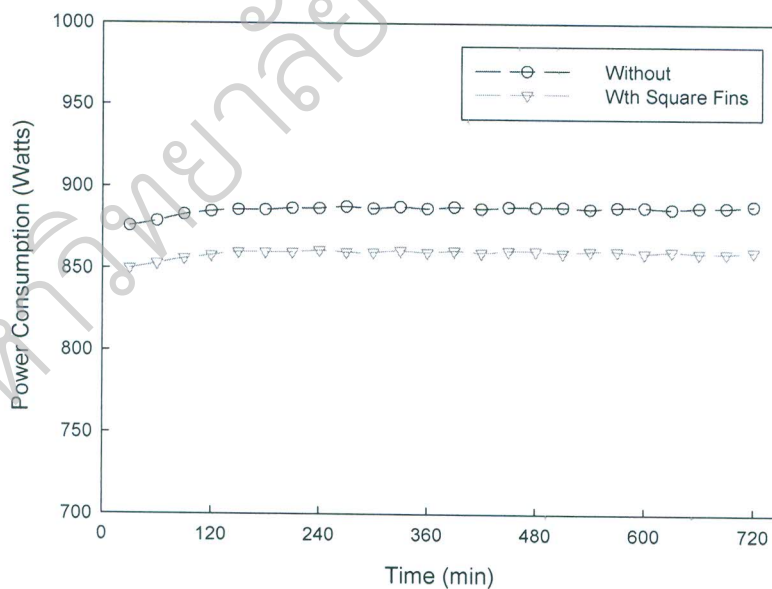
รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศเทียบกับเวลา

จากรูปที่ 4.1 เป็นการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบบนสปีเลียมจัตุรัส และไม่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน พบว่า COP เท่ากับ 4.20 และ 3.88 ตามลำดับ ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าสูงกว่าระบบปรับอากาศที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เนื่องจากสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์มีสถานะเป็น Subcool มากกว่า ส่งผลให้ปริมาณของสารทำความเย็นที่เข้าสู่อีวาพอเรเตอร์มีปริมาณมากกว่า และแตกตัวเป็นฝอยละอองได้ดีกว่า ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ระบายออกจากอีวาพอเรเตอร์มีค่าสูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4.2 คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน

ของอีวาพอเรเตอร์เท่ากับ 3.65 kW และ 3.40 kW ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ดังนั้นระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจึงมีค่า COP สูงกว่าระบบปรับอากาศที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน



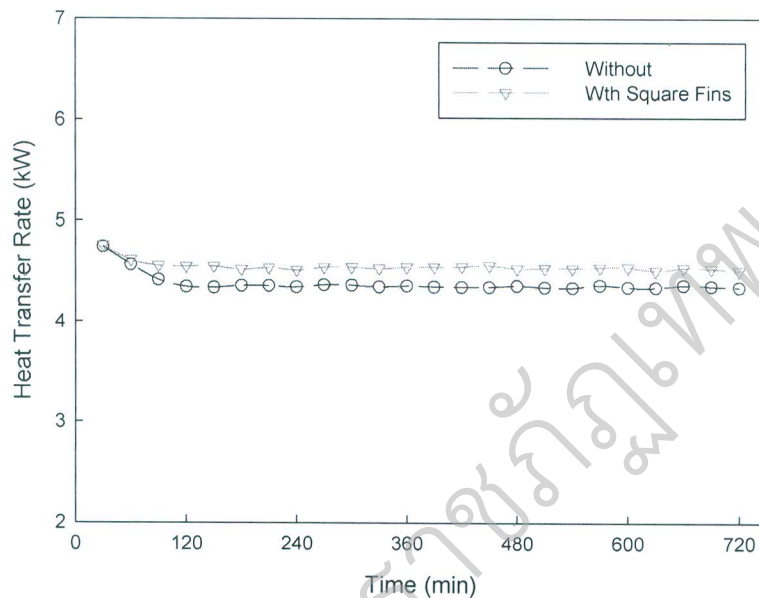
รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนของอีวาพอเรเตอร์เทียบกับเวลา



รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบกำลังงานขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์เทียบกับเวลา

จากรูปที่ 4.3 เป็นการเปรียบเทียบกำลังงานขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส และไม่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน พบว่ากำลังงานที่ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์เท่ากับ 859.41 W และ 888.75 W ตามลำดับ ระบบปรับ

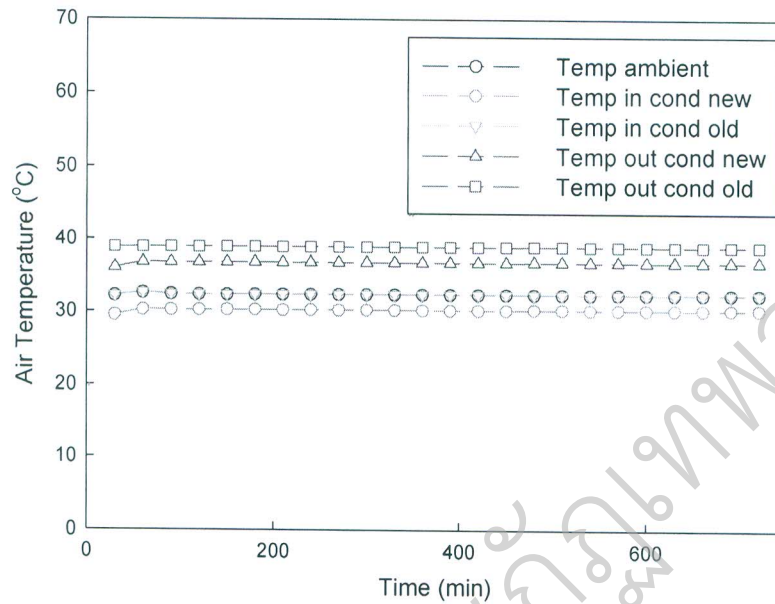
อากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนใช้กำลังงานขับเคลื่อนเซอร์ต่ำกว่า เนื่องจากคอนเดนเซอร์ของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถถ่ายเทความร้อนให้กับสารทำความเย็นที่ไหลภายในคอนเดนเซอร์ได้มากกว่า จึงส่งผลให้ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนใช้กำลังงานขับเคลื่อนเซอร์ต่ำกว่าระบบปรับอากาศที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์เทียบกับเวลา

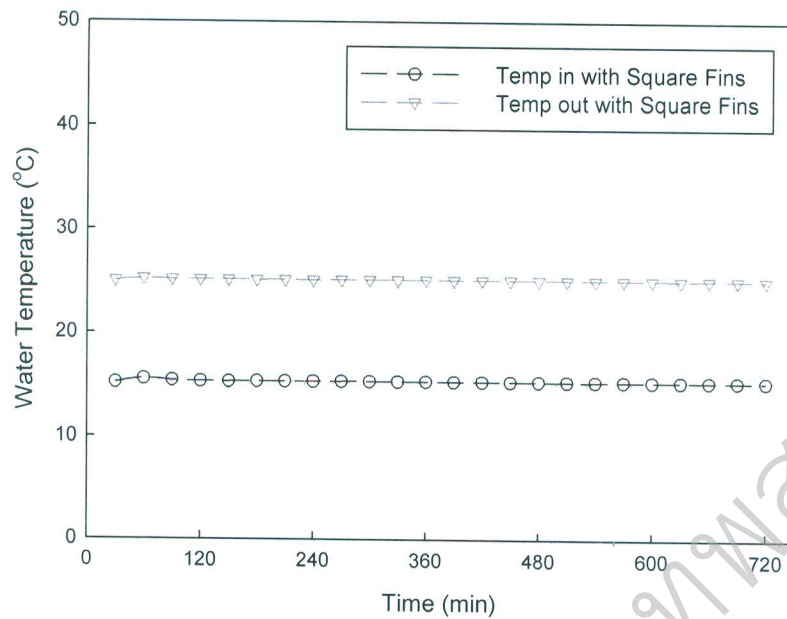
จากรูปที่ 4.4 เป็นการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์ของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส และไม่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์เท่ากับ 4.54 kW และ 4.34 kW ตามลำดับ ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงกว่า เนื่องจากได้มีการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้ามาระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ ส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4.5 และ 4.6

4.2 ผลการศึกษาการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้น้ำควบแน่นจากอิวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส



รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเทียบกับเวลา

จากรูปที่ 4.5 เป็นการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส และไม่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าอากาศก่อนไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ย 32.2°C เมื่ออากาศไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อากาศจะมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ย 2.6°C เนื่องจากน้ำที่ไหลภายในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นตัวดูดซับความร้อนของอากาศก่อนที่จะเข้าไปถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ และครีปที่ติดกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะช่วยเพิ่มพื้นที่การถ่ายเทความร้อนอีกด้วย อีกทั้งอากาศที่ถ่ายเทออกจากคอนเดนเซอร์ที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ย 1.9°C



รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำควบแน่นเทียบกับเวลา

จากรูปที่ 4.6 เป็นการเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำควบแน่นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบบนสเปคส์เหล็กมัจจุรัส และไม่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนพบว่า น้ำควบแน่นที่อีวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิเฉลี่ย $15.24\text{ }^{\circ}\text{C}$ และเมื่อน้ำไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน น้ำจะดูดซับปริมาณความร้อนของอากาศก่อนเข้าไปถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ ดังนั้นน้ำที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นที่ $25.8\text{ }^{\circ}\text{C}$

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยประยุกต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งสเปกตรัม
2. เพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งสเปกตรัม

ชุดทดลองประกอบไปด้วยระบบทำความเย็นแบบอัดไอขนาด 12,000 BTU/hr ซึ่งใช้สารทำความเย็น R-22 เป็นสารทำงาน อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้น้ำควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งสเปกตรัม เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ, งานคอมเพรสเซอร์, อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์, อัตราการถ่ายเทความร้อนอีวาพอเรเตอร์, อุณหภูมิของอากาศที่แลกเปลี่ยนออกมาจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และอุณหภูมิของน้ำควบแน่นที่แลกเปลี่ยนออกมาจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้น้ำควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งสเปกตรัมสามารถสรุปผลได้ดังนี้

สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเท่ากับ 4.20 และ 3.88 ตามลำดับ

อัตราการถ่ายเทความร้อนของอีวาพอเรเตอร์ของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเท่ากับ 3.65 และ 3.40 kW ตามลำดับ

กำลังงานขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเท่ากับ 859.41 W และ 888.75 W ตามลำดับ

อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์ของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเท่ากับ 4.54 kW และ 4.34 kW ตามลำดับ

อากาศไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อากาศจะมีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ย 2.6°C

5.2 อภิปรายผล

จากการวิจัยเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้น้ำควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งสเปกตรัมสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าสูงกว่า เนื่องจากสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์มีสถานะเป็น Subcool มากกว่า ส่งผลให้ปริมาณของสารทำความเย็นที่เข้าสู่อีวาพอเรเตอร์มีปริมาณมากกว่า และแตกตัวเป็นฝอยละอองได้ดีกว่า ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ระบายออกจากอีวาพอเรเตอร์มีค่าสูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการถ่ายเทความร้อนของอีวาพอเรเตอร์ที่มีค่าสูงกว่าระบบปรับอากาศที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อีกทั้งกำลังงานขับเคลื่อนเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนใช้ต่ำกว่าระบบปรับอากาศที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนด้วย เนื่องจากได้มีการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้ามาระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ ด้วยน้ำที่ไหลภายในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน น้ำจะเป็นตัวดูดซับความร้อนของอากาศก่อนที่จะเข้าไปถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ อีกทั้งครีบบีบอัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ติดกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนยังช่วยเพิ่มพื้นที่ดูดซับความร้อนของอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ ส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์เพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการถ่ายเทความร้อนที่ระบายออกจากคอนเดนเซอร์มีค่าสูง จึงส่งผลให้ใช้กำลังงานขับเคลื่อนเพรสเซอร์ลดลง

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาลักษณะของครีบบีบอัดในรูปแบบอื่นๆ
2. ศึกษาความหนาของครีบบีบอัด
3. ควรล้างระบบปรับอากาศทุกๆ 6 เดือน หรือขึ้นอยู่กับการใช้งาน

บรรณานุกรม

- [1] สอนง อีมเอม, เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศรถยนต์, บริษัท อมรินทร์พรีนติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด, 2540.
- [2] สุรพล พุกษพานิช, การปรับอากาศ, กรุงเทพมหานคร, 2529.
- [3] สมศักดิ์ สุโมตยกุล, เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
- [4] W. F. Stoecker and J. W. Jones, **Refrigeration & Air Conditioning**, 2nd International edition. McGraw-Hill, Singapore, 1982.
- [5] Whitman, William C., William M. Johnson and A. Tomzyk. "Refrigeration & Air Conditioning Technology". 4th edition. Albany Thomson Learning, 2000.
- [6] สิริสวัสดิ์ จิ่งเจริญนิรชร, อนุศิษฐ์ อ้นมานะตระกูล และ ทวีวัฒน์ สุภารส "การศึกษาเปรียบเทียบค่า COP ของระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำและอากาศ" งานประชุมวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรมแห่งชาติครั้งที่ 1 วันที่ 7-8 ธันวาคม พ.ศ. 2549
- [7] อนันต์ เจริญถาวรสุข, 2533, การศึกษาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน, ปริญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] E. Hajidavalloo, 2007 "Application of evaporative cooling on the condenser of window-air-conditioner", Applied Thermal Engineering, Vol.27, pp.1937-1943.
- [11] 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.
- [12] ชงไชย เดิมตา และอนุภาพ แยมไตรพัฒน์ "การศึกษาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิร่วมกับอินเวอร์เตอร์" วิศวกรรมลาดกระบัง ปีที่ 27 ฉบับที่ 4 ธันวาคม 2553 หน้า 49-54
- [13] 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.

- [14] สิทธิพร ใหญ่ธนายศ, การวิเคราะห์และเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนกับพื้นที่ผิวและ น้ำหนักของท่อติดแถวครีบ,วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ปีที่ 2 ฉบับพิเศษ (ฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี) สิงหาคม 2549
- [15] ภาณุวัฒน์ หุ่นพงษ์, สมพล สกกุลหลง และพงษ์เจต พรหมวงค์, การเพิ่มการถ่ายเทความร้อนใน ท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสโดยใช้ครีบเอียงทำมุม, ใน: การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเครื่องกล แห่งประเทศไทยครั้งที่ 13; 4-5 เมษายน 2555; มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. จังหวัดเชียงใหม่; 2555.
- [16] ธีรพัฒน์ ชมภูคา, สิริสวัสดิ์ จีงเจริญนิรชร และพงษ์เจต พรหมวงค์, คุณลักษณะทางความร้อน ของท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสโดยใช้แผ่นติดครีบรูปทรง W. ใน: การประชุมวิชาการเครือข่าย พลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9; 8-10 พฤษภาคม 2556; มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร. จังหวัดนครนายก; 2556.
- [17] Panuwat Hoonpong, Narongsak Arkamanont, Supattarachai Suwannapan, Sirisawat Juengjaroennirachon and Pongjet Promvongse, **Effects of Inclined Baffles on Thermal Characteristics in a Square Duct**, The 5th TSME International Conference on Mechanical Engineering, 17-19th December 2014, The Empress, Chiang Mai
- [18] สิริสวัสดิ์ จีงเจริญนิรชร, นรา บุรีพันธ์, สุรียา โชคเพิ่มพูน และ พงษ์เจต พรหมวงค์, ศึกษาการ เพิ่มการถ่ายเทความร้อนในท่อกลมที่มีการใส่ใบบิดเกลียวเว้นช่วง, การประชุมวิชาการ เครื่องกลวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28 15-17 ตุลาคม 2557 จังหวัด ขอนแก่น
- [19] มนตรี พิรุณเกษตร, อุณหพลศาสตร์ 1, ซี.เอ็ดยูเคชั่น บริษัทมหาชน จำกัด.
- [20] สมชัย อัครทิวา, ขวัญจิต วงษ์ชาติ, เทอร์โมไดนามิกส์, บริษัท สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด.
- [21] สุนันท์ ศรีณนิตย์, การถ่ายเทความร้อน, กรุงเทพฯ : ส.ส.ท., 2545.
- [22] ฮีตเตอร์ครีบ, (22 เมษายน 2559) [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก:
<http://www.meecharoen.com/index.php?lay=show&ac=article&id=538977698>
- [23] ฮีตเตอร์จุ่ม, (22 เมษายน 2559) [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก:
<http://www.heater-heater.com/14412429/ฮีตเตอร์สแตนเลส-แบบตัว>
- [24] ธีรพงศ์ บริรักษ์ และพงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ “การลดอุณหภูมิก่อนเข้าคอนกรีตเพื่อเพิ่ม สมรรถนะระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยการใช้ PVC Filling” วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย หน้า 147-155.
- [25] ธงไชย เดิมดา และนุภาพ แยมไทรพัฒน์ “การศึกษาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้ง แผ่นลดอุณหภูมิร่วมกับอินเวอร์เตอร์” วิศวกรรมลาดกระบัง ปีที่ 27 ฉบับที่ 4 ธันวาคม 2553 หน้า 49-54.
- [26] อนุเมติ ศิริเจริญพานิชย์, สัมพันธ์ ฤทธิเดช และบพิศ บุปผโชติ “การเพิ่มประสิทธิภาพ เครื่องปรับอากาศโดยใช้ท่อความร้อนชนิดสั้นวงจรที่ติดตั้งวาล์วกันกลับ” J Sci Technol MSU, Vol 33. No 3, May-June 2014 หน้า 294-299.

- [27] เกรียงไกร อัครมาศบันลือ, รพีภัทร เจริญมรรชัย และรัชต นาคสมบัติ “การประยุกต์ใช้ Evaporative Condenser ในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงาน” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 21 วันที่ 17-19 ตุลาคม 2550, จังหวัดชลบุรี หน้า 366-369.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาคผนวก ก.

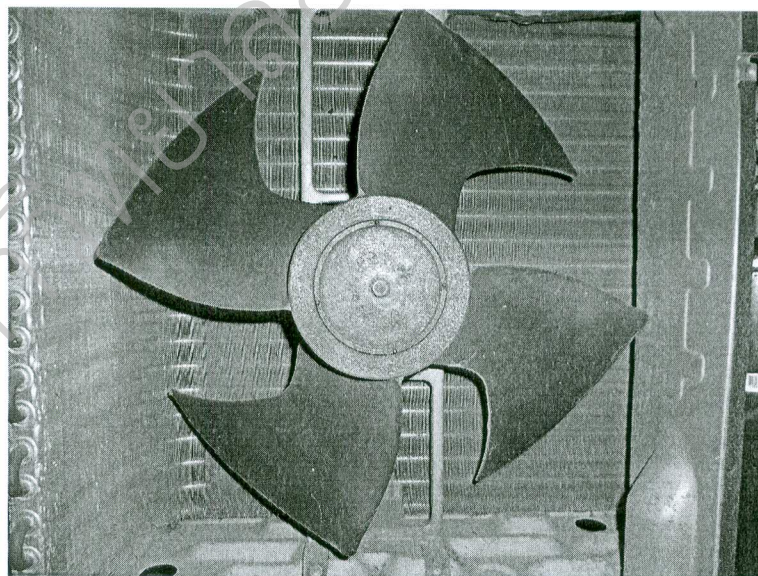
ส่วนประกอบต่าง ๆ ของงานวิจัย

เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้น้ำ
ควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

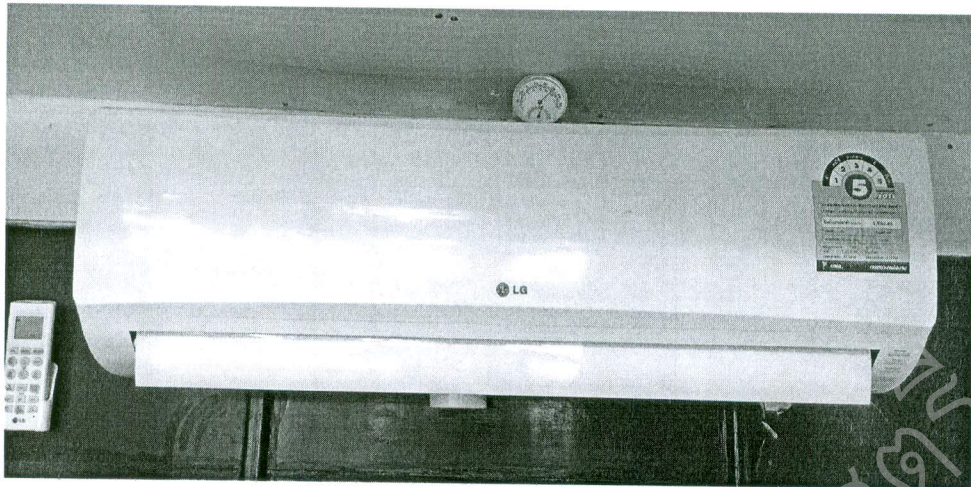
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



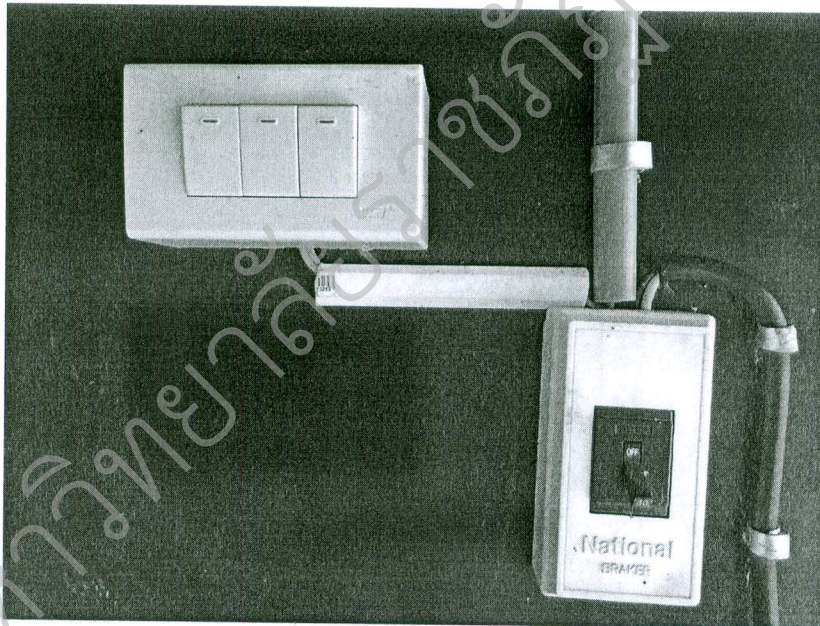
รูปที่ ก.1 ระบบปรับอากาศขนาด 12,000 BTU/hr



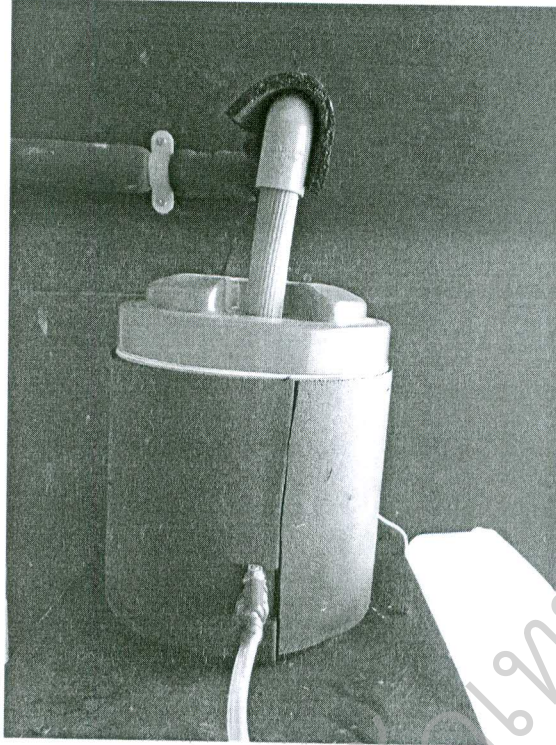
รูปที่ ก.2 ชุดคอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศ



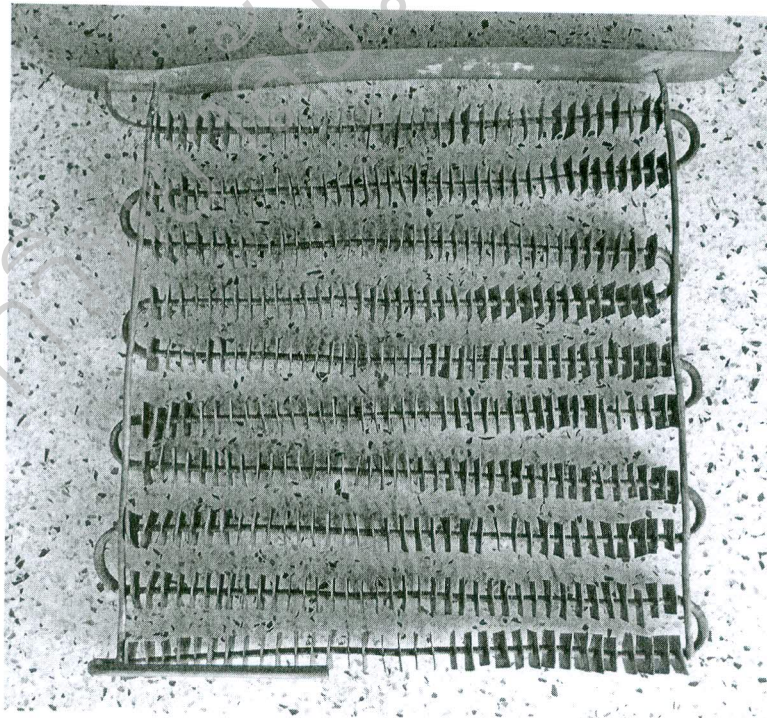
รูปที่ ก.3 ชุดอีวาพอเรเตอร์



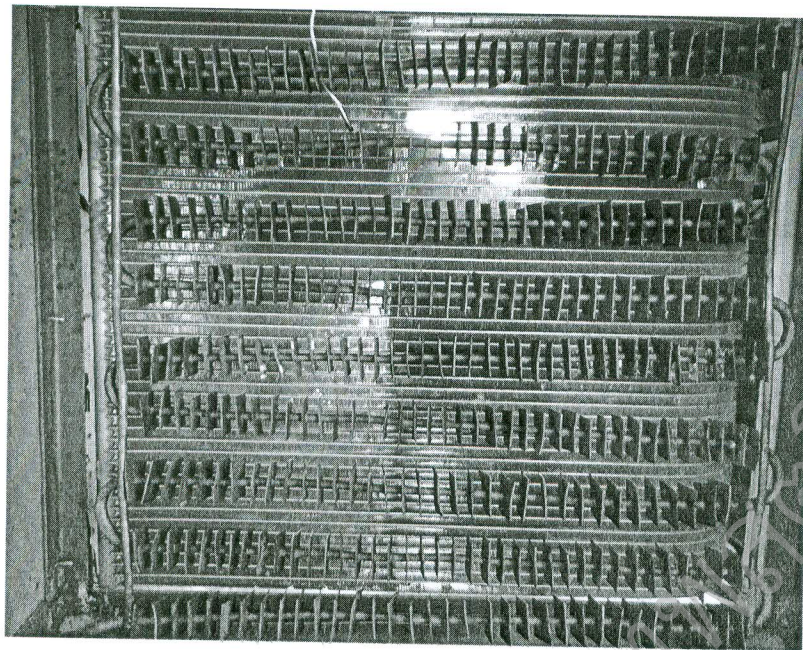
รูปที่ ก.4 สวิตช์ควบคุมระบบไฟฟ้า



รูปที่ ก.5 ถังเก็บน้ำควบแน่น



รูปที่ ก.6 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบลีมหิวมจัสดุรัส



รูปที่ ก.7 ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบลีทึมจัสตุรัสเข้ากับระบบปรับอากาศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรสุพรรณบุรี

ประวัติผู้วิจัย

- ชื่อ : นายสิริสวัสดิ์ จิ่งเจริญนิรชร
 อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล
 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
- ชื่อโครงการ : การเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้า
 คอนเดนเซอร์โดยใช้น้ำควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยน
 ความร้อนที่ติดตั้งแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส
 Performance Enhancement of Air Conditioning by Air
 Temperature Reduction before Entering the Condenser by
 Condensed Water of Evaporator Passing through Heat Exchanger
 with Square Fins
- ประเภทงานวิจัย : การพัฒนาทดลอง
- ประวัติการศึกษา :
 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีการศึกษา
 2547
 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีการศึกษา
 2550