ม่านน้ำประหยัดพลังงาน
Pre-Cooling Energy Saver

โดย

นายฐนันดร	อุ่นเจริญ
นายธนกฤต	อ่อนประสงค์
นายปัถย์	สุทธิพงษ์
นายสกุลชัย	กองตา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pre-Cooling Energy Saver

Thanundorn Aunjaroen
Thanakit On-prasong
Pat Suttipong
Sakulchai Kongta

THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2559

ม่านน้ำประหยัดพลังงาน
Pre-cooling energy saver

โดย

นายฐนันดร	อุ่นเจริญ
นายธนกฤต	อ่อนประสงค์
นายปัถย์	สุทธิพงษ์
นายสกุลชัย	กองตา

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ม่านน้ำประหยัดพลังงาน

ผู้จัดทำ

1. นายฐนันดร อุ่นเจริญ
2. นายธนกฤต อ่อนประสงค์
3. นายปัถย์ สุทธิพงษ์
4. นายสกุลชัย กองตา

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ม่านน้ำประหยัดพลังงาน

นายฐนันดร อุ่นเจริญ
นายธนกฤต อ่อนประสงค์
นายปัถย์ สุทธิพงษ์
นายสกุลชัย กองตา
รศ.ดร.อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการออกแบบม่านน้ำประหยัดพลังงานเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ โดยการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนของคอยล์ร้อนในระบบปรับอากาศโดยขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้มีขนาด 18,000 BTU/hr. และขนาดห้องมีขนาดพื้นที่ 40 ตารางเมตร ทำงาน 24 ชั่วโมงโดยตั้งอุณหภูมิทำงาน 25 องศาเซลเซียส หลังการติดตั้งส่งผลให้สารทำความเย็นสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนที่คอยล์ร้อนได้เพิ่มขึ้นประมาณ 3 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้ระบบปรับอากาศที่มีขนาดเท่าเดิมสามารถรับภาระทางความร้อนได้มากขึ้น และจากผลการทดลองจะทำให้พลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศลดลงประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์จากพลังงานที่เครื่องปรับอากาศต้องใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pre-Cooling Energy Saver

Thanundorn Aunjaroen
Thanakit On-prasong
Pat Suttipong
Sakulchai Kongta
Assoc.Prof.Dr.Anuwat Jangwanitlert Advisor
Year 2016

Abstract

This project presents construction of Pre-cooling energy saver. Effective water cooling system for reducing a consuming energy in air conditioning system, by enhances heat transfer efficiency of condensing unit.Air conditioning uses a 18,000 BTU/hr. The room has an area 40 m^2, air conditioning works 24 hours at 25°C. After pre-cooling system was installed, heat exchange by refrigerant increase by 3°C. As a result, water pre-cooling system extend heat duty of air-conditioning system and reduce energy consumption by 9%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VII
กิตติกรรมประกาศ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 การจัดการโครงสร้างของเนื้อหาภายในงานวิจัย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 เทอร์โมไดนามิกส์ และพลังงาน	4
2.1.1 เทอร์โมไดนามิกส์	4
2.1.2 พลังงาน	4
2.2 อุณหภูมิ (Temperature)	4
2.3 กฎข้อที่ศูนย์ของเทอร์โมไดนามิกส์ (Laws of Thermodynamics)	4
2.4 ทฤษฎีการทำความเย็น	5
2.4.1 การทำความเย็น (Refrigeration)	5
2.4.2 สารทำความเย็นที่เป็นของเหลว (Liquid Refrigerant)	5
2.5 หน่วยของการทำความเย็น (Standard Rating of Refrigeration)	5
2.6 ประเภทของระบบการทำความเย็น	6
2.7 ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ (Vapor Compression Refrigeration System)	6
2.8 วัฏจักรการทำความเย็นชนิดอัดไอ	7
2.8.1 อุปกรณ์ของระบบทำความเย็น	7
2.8.2 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ	9
2.9 สารทำความเย็น (Refrigerant)	11
2.9.1 คุณสมบัติทั่วไปของสารทำความเย็น	11
2.9.2 ชนิดของสารทำความเย็น	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.9.3 สารทำความเย็น R-22 ($CHCLF_2$)	13
2.10 P-h Diagram	13
2.11 วัฏจักรทางปฏิบัติของการทำความเย็น	15
2.12 สมการที่ใช้ในการคำนวณ	17
2.13 อุณหภูมิพลศาสตร์	18
2.13.1 ระบบ (System)	18
2.13.2 กฎข้อที่ 1 ของอุณหภูมิพลศาสตร์	19
2.14 คุณสมบัติของอากาศเปียก	20
2.14.1 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	20
2.14.2 อุณหภูมิกระเปาะเปียก	20
2.14.3 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง	20
2.15 ตัวแปรเสริมพื้นฐาน	20
2.16 แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychometric Chart)	22
2.17 กระบวนการปรับอากาศ (Air conditioning Process)	23
2.17.1 อัตราส่วนความร้อนสัมผัส	23
2.17.2 กระบวนการทำความร้อน หรือทำความเย็นของอากาศ	23
2.17.3 กระบวนการทำความเย็นและลดความชื้นของอากาศ	23
2.17.4 กระบวนการทำความร้อน และเพิ่มความชื้น	25
2.18 การสมดุลพลังงาน (Balance Energy)	25
2.19 ทฤษฎีการคำนวณ	26
บทที่ 3 การออกแบบและการประกอบสร้าง	28
3.1 บทนำ	28
3.2 วัฏจักรการทำงานของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน	28
3.3 อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำงานของระบบ	29
3.3.1 วงจรสวิตช์ตั้งเวลาเปิด-ปิดระบบดิจิตอล	29
3.3.2 LED Power supply	31
3.3.3 ปั๊มน้ำดีซี	31
บทที่ 4 การทดสอบและประเมินผล	33
4.1 ปริมาณน้ำคอนเดนเสทจากระบบปรับอากาศ	33
4.2 อัตราการใช้น้ำของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน	34
4.3 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่างๆ	35
4.3.1 วัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่างๆ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.4 การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ	36
4.4.1 ก่อนการติดตั้ง	36
4.4.2 หลังการติดตั้ง	36
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	37
5.1 สรุปผลการทดลอง	37
5.2 ข้อเสนอแนะและวิจารณ์ผลการทดลอง	38
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก	40
ภาคผนวก ก บทความวิชาการ	41
ภาคผนวก ข ข้อมูลอุปกรณ์	46
ประวัติผู้เขียน	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ลักษณะการทำงานของวงจร	2
2.1 อุปกรณ์เครื่องทำความเย็น	7
2.2 วัฏจักรการทำความเย็นในทางทฤษฎี	7
2.3 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ	9
2.4 สารทำงานส่วนความดันสูง และความดันต่ำในวัฏจักรการทำความเย็น	10
2.5 โครงสร้างทางเคมีของ R-22	13
2.6 โครงสร้าง P-h Diagram	14
2.7 โครงสร้าง P-h Diagram แสดงเส้นความดันคงที่ อุณหภูมิคงที่ ปริมาตรคงที่ และเอนทาลปี	15
2.8 แผนภาพความดันและเอนทาลปีเปรียบเทียบวัฏจักรของเหลวอิ่มตัวกับต่ำกว่าของเหลวอิ่มตัว	17
2.9 แผนภูมิไซโคเมตริก(Psychometric chart)	22
3.1 วัฏจักรการทำงานของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน	28
3.2 ส่วนประกอบม่านน้ำประหยัดพลังงาน	29
3.3 วงจรสวิตซ์ตั้งเวลาเปิด-ปิดระบบดิจิตอล	30
3.4 สวิตซ์ตั้งเวลาเปิด-ปิดระบบดิจิตอล	30
3.5 LED Power supply	31
3.6 ปั๊มน้ำดีซี	31
3.7 ม่านน้ำประหยัดพลังงาน	32
3.8 ติดตั้งม่านน้ำประหยัดพลังงาน	32
4.1 ปริมาณน้ำคอนเดนเสทจากระบบทำความเย็น	33
4.2 อัตราการใช้น้ำคอนเดนเสทของม่านน้ำประหยัดพลังงาน	35
4.3 การใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศก่อนการติดตั้ง	36
4.4 การใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศหลังการติดตั้ง	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ชนิดของสารทำความเย็นที่นิยมใช้	12
4.1 ปริมาณน้ำคอนเดนเสทจากระบบทำความเย็น	33
4.2 ปริมาณน้ำคอนเดนเสทที่คงเหลือ	34
4.3 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่างๆ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยการช่วยจากหลายท่านโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้ข้อแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงานมาด้วยดีตลอด และได้กรุณาตรวจแก้ไขปริญญานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณนครศักดิ์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้เบิกใช้เครื่องมือ ตลอดจนคุณกมลวรรณ เจ้าหน้าที่ห้องธุรการที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเบิกใบเสร็จของโครงงาน

นอกจากนั้นผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา และครอบครัวซึ่งให้การสนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจอีกทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการจัดหาอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำโครงงานครั้งนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายที่สุด คณะผู้จัดทำโครงงานหวังว่าโครงงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจไม่มากก็น้อย

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

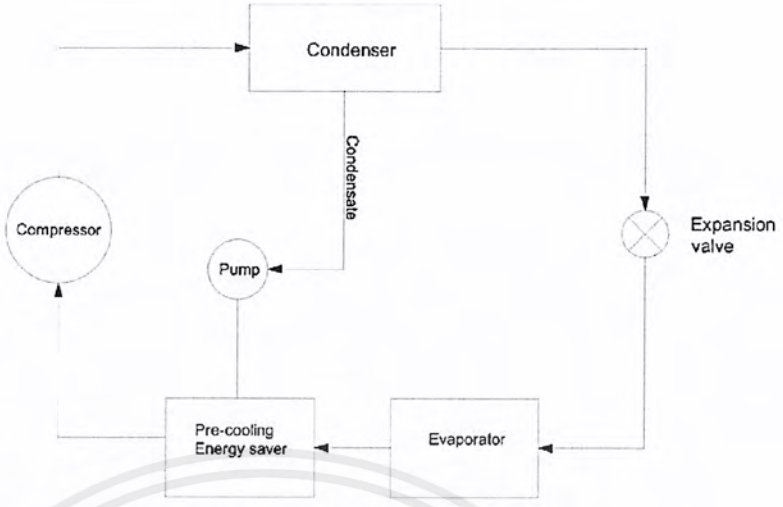
ในปัจจุบัน พลังงานไฟฟ้าถือเป็นปัจจัยหลักในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ทั้งทางด้านอุสาหกรรม ด้านธุรกิจ และด้านที่อยู่อาศัยของประเทศ ซึ่งการที่เราได้พลังงานไฟฟ้ามานั้นจำเป็นต้องมีการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติเพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานไฟฟ้า อาทิเช่น ก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน ถ่านหิน เป็นต้น โดยทรัพยากรธรรมชาติที่กล่าวมานั้น มีข้อจำกัดหลายประการ เช่น มีปริมาณจำกัด ราคาผันผวน และมีราคาสูง อีกทั้งยังก่อให้เกิดมลภาวะที่เป็นภัยต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดผลเสียต่อการดำรงชีวิตทั้งทางร่างกาย และจิตใจของมนุษย์ ประกอบกับทางภาครัฐมีแผนพัฒนาอนุรักษ์พลังงาน (Energy Efficiency Plan: EEP 2015) เพื่อลดความเข้มการใช้พลังงาน (Energy Intensity) ลงร้อยละ 30% ในปี 2579 และแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (Alternative Energy Development Plan: AEDP 2015) เพื่อให้ความสำคัญในการส่งเสริมการผลิตพลังงานจากวัตถุดิบพลังงานทดแทนที่มีอยู่ภายในประเทศให้ได้เต็มตามศักยภาพ ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นความสำคัญของการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศภายในอาคารสำนักงาน ซึ่งถือว่าเครื่องปรับอากาศเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดในอาคารสำนักงาน หรือบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ถ้าลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศดังกล่าวแล้ว จะเป็นการประหยัดค่าไฟฟ้าในอาคาร หรือบ้านเรือนที่อยู่อาศัยได้ค่อนข้างมาก

ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ประดิษฐ์เครื่องม่านน้ำประหยัดพลังงานแล้วเห็นว่างานวิจัยชิ้นนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อระบบปรับอากาศในอาคารสำนักงานได้ เนื่องจากเป็นการช่วยให้คอยล์ร้อนที่คอนเดนเซอร์ยูนิตระบายความร้อนได้มากขึ้น อีกทั้งทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลงจึงประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศได้ซึ่งดำเนินการตามแผนพัฒนาพลังงานของทางภาครัฐที่ต้องประหยัดพลังงาน และใช้พลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เพราะในอาคารสำนักงานอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 40-60% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสำนักงานทั้งหมด คือ ระบบปรับอากาศ

ซึ่งจากวัฏจักรระบบทำความเย็นทางคณะผู้วิจัยได้ทำการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความเย็น และเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ยูนิต เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดด้วยม่านน้ำประหยัดพลังงาน โดยติดตั้งม่านน้ำประหยัดพลังงานที่ด้านหลังตัวคอนเดนเซอร์ยูนิตที่อยู่ภายนอกอาคารสำนักงาน ซึ่งอาศัยหลักการการเพิ่มความสามารถในการระบายความร้อนของน้ำยาสารทำความเย็นในคอยล์ร้อน เป็นข้อได้เปรียบมากกว่าระบบปรับอากาศโดยทั่วไปที่ไม่ได้ติดตั้งม่านน้ำประหยัดพลังงาน

ด้วยเหตุนี้ จึงได้ทำงานวิจัยนี้ขึ้นมาเพื่อนำไปใช้ในอาคารสำนักงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยระบบปรับอากาศแบบทั่วไป จะมีน้ำทิ้ง (คอนเดนเสท) ที่มีอุณหภูมิค่อยข้างต่ำประมาณ 20^{0} C (ไหลทิ้งโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์) เพื่อที่จะนำน้ำทิ้ง (คอนเดนเสท) ดังกล่าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการนำเสนอม่านน้ำประหยัดพลังงานโดยการนำน้ำทิ้ง (คอนเดนเสท) มาใช้โดยใช้ระบบท่อ และปั๊ม ดังรูปที่ 1.1 ซึ่งจะนำมาประยุกต์ใช้งานกับระบบปรับอากาศ ทั้งนี้เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ม่านน้ำประหยัดพลังงานจะทำงานพร้อมกับพัดลมระบายอากาศในคอนเดนซิ่งยูนิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่1.1 ลักษณะการทำงานของวงจร

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ลดการใช้พลังงานระบบปรับอากาศและลดค่าไฟฟ้า
2. นำน้ำทิ้ง (คอนเดนเซ็ท) จากระบบปรับอากาศกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์
3. เพิ่มประสิทธิภาพคอยล์เย็นหรือเพื่อเป็นการทำให้อุณหภูมิภายในห้องเย็นเร็วขึ้น
4. สามารถนำไปติดตั้งกับคอนเดนซิ่งยูนิตได้ง่าย
5. เพิ่มประสิทธิภาพคอยล์ร้อน ให้มีการระบายความร้อนที่ดีขึ้น

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของงานวิจัย

ขอบเขตในการศึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คือ การศึกษา และทดลองการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศโดยนำอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน ซึ่งใช้น้ำทิ้ง (คอนเดนเสท) จากอีแวปเปอเรเตอร์มาทำการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิที่คอนเดนซิ่งยูนิต เพื่อเพิ่มความสามารถให้คอยล์ร้อนระบายความร้อนได้ดียิ่งขึ้นโดยใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 BTU/hr. และขนาดของห้องมีขนาด 40 m^2 เครื่องปรับอากาศทำงาน 24 ชั่วโมงโดยตั้งอุณหภูมิทำงาน 25 องศาเซลเซียส

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน
2. เก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการศึกษา
3. ออกแบบวงจรและอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานด้วยโปรแกรม Autocad
4. ศึกษาและทำการทดลองใช้อุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้สามารถประหยัดพลังงานจากการใช้เครื่องปรับอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ทำให้สามารถใช้โปรแกรมออกแบบ วิเคราะห์ และคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นได้
3. ได้เรียนรู้การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงานได้
4. ทำให้เข้าใจหลักการทำงานของวงจรปรับอากาศและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆมากยิ่งขึ้น
5. โครงงานนี้สามารถเป็นแนวทางในการนำเทคโนโลยีม่านน้ำประหยัดพลังงานนี้ ไปประยุกต์ใช้ตามบ้านเรือนและอาคารพานิช เพื่อช่วยในการประหยัดค่าไฟฟ้าได้

1.6 การจัดการโครงสร้างของเนื้อหาภายในงานวิจัย

1. บทที่ 1 บทนำกล่าวถึงวัตถุประสงค์ ขอบเขตของโครงงาน และแผนดำเนินงาน
2. บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกล่าวถึงทฤษฎีของอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทำโครงงาน
3. บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ
4. บทที่ 4 ผลการทดสอบเครื่องม่านน้ำประหยัดพลังงาน
5. บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทอร์โมไดนามิกส์ และพลังงาน

2.1.1 เทอร์โมไดนามิกส์ (Thermodynamics) เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ว่าด้วยเรื่องของพลังงาน โดยมีเนื้อหาครอบคลุมถึงเรื่องของพลังงานในรูปต่างๆ การเปลี่ยนรูปของพลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน รวมทั้งสมบัติต่างๆ ของสารที่ใช้เป็นตัวกลางในการเปลี่ยนแปลงนั้นๆ

2.1.2 พลังงาน (Energy) คือความสามารถที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยพลังงานสามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่ง และสามารถถ่ายโอนจากบริเวณหนึ่งไปสู่อีกบริเวณหนึ่งได้ ในการเปลี่ยนรูปหรือการถ่ายโอนพลังงานจะเป็นไปตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน หรือกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ กล่าวคือ พลังงานรวมจะมีค่าคงที่ เนื่องจากพลังงานไม่สามารถถูกทำลายหรือถูกสร้างขึ้นมาได้

หลักการของเทอร์โมไดนามิกส์มีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวันของเรา กล่าวคือเราสามารถใช้ทฤษฎีของเทอร์โมไดนามิกส์ในการวิเคราะห์ระบบต่างๆได้ เช่น ระบบร่างกายของมนุษย์ เครื่องทำความเย็น ระบบรถยนต์ เป็นต้น

2.2 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิ คือ คุณสมบัติ หรือตัวแปรหนึ่งที่มีความสำคัญมาก ทางเทอร์โมไดนามิกส์ เพราะว่าเป็นตัวแปรที่บ่งบอกถึงปริมาณพลังงานของระบบ รวมไปทั้งบอกทิศทางการไหลของพลังงาน ซึ่งจะไหลจากระบบที่มีพลังงานสูงไปสู่พลังงานต่ำนั่นเอง ในช่วงแรกของการใช้เทอมอุณหภูมินั้น ได้กำหนดให้จุดหลอมเหลวของน้ำเท่ากับ ศูนย์ และจุดเดือดของน้ำเท่ากับ 100 (ระบบนี้คือ สเกลแบบ Celsius) แล้วก็กำหนดให้การขยายตัวของเหลวที่ใช้ในหลอด capillary ของเทอร์โมมิเตอร์ที่เกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมินี้เท่ากับ 100 องศาเซลเซียส แล้วก็ทำการแบ่งสเกลของการขยายตัวออกเป็น 100 ช่วงสเกล แต่ว่าข้อเสียของระบบนี้คือ การขยายตัวของของเหลวแต่ละชนิด เช่น ปรอท กับ แอลกอฮอล์ ที่พลังงานเท่ากันอาจแตกต่างกันเล็กน้อย ทำให้ค่าอุณหภูมิที่วัดได้เกิดการคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นสเกลที่มีความถูกต้องมากกว่า คือ สเกลแบบ Kelvin,K (thermodynamic temperature scale) ซึ่งพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงความดันของแก๊สสมบูรณ์แบบ (perfect gas) ต่อไปนี้อุณหภูมิที่จะกล่าวถึงในบทเรียนทั้งหมดจะอยู่ในสเกลแบบ Kelvin ซึ่งมีความสัมพันธ์กับสเกล Celsius ดังนี้

$$T\,(K) = T\,(^{\circ}C) + 273.15$$

2.3 กฎข้อที่ศูนย์ของเทอร์โมไดนามิกส์ (Laws of Thermodynamics)

กฎข้อที่ศูนย์ของเทอร์โมไดนามิกส์ กล่าวไว้ว่าเมื่อวัตถุ 2 ชิ้นอยู่ในสมดุลความร้อนกับวัตถุชิ้นที่สาม แสดงว่าวัตถุ 2 ชิ้นแรก จะอยู่ในสมดุลความร้อนต่อกันด้วย กฎข้อนี้เป็นกฎที่ได้จากการทดลอง และเป็นหลักการในการวัดอุณหภูมิของวัตถุต่างๆ ด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิหรือเทอร์โมมิเตอร์ โดยการแทนวัตถุชิ้นที่สามเป็นเทอร์โมมิเตอร์ กล่าวคือ เมื่อใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดระดับอุณหภูมิของวัตถุ 2 ชิ้นนั้นแล้วพบว่ามีค่าเท่ากัน เราสามารถใช้หลักการในกฎข้อที่ศูนย์ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์โมไดนามิกส์สรุปได้ว่าวัตถุ 2 ชิ้นอยู่ในสมดุลความร้อนต่อกัน แม้วัตถุ 2 ชิ้นนั้นไม่ได้สัมผัสกันโดยตรงก็ตาม

2.4 ทฤษฎีการทำความเย็น

2.4.1 การทำความเย็น (Refrigeration)

การทำความเย็นเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่กล่าวถึงวิธีในการลด และรักษาระดับของอุณหภูมิของเนื้อที่ว่าง หรือของเทหวัตถุให้ต่ำกว่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปสามารถนิยามการทำความเย็นอย่างสั้นๆว่าเป็นกระบวนการการเคลื่อนย้ายความร้อนออกจากสถานที่หนึ่งทำให้อุณหภูมิของสถานที่นั้นๆ เพื่อลดอุณหภูมิลง หรือรักษาระดับอุณหภูมิที่ต้องการไว้จะเรียกว่า ความร้อนที่คิดเป็นภาระ (Heat Load) จะเป็นผลรวมของแหล่งความร้อนต่างๆ เช่น ความร้อนที่เกิดจากการรั่วซึม, ความร้อนจากร่างกายคน, ความร้อนจากผลิตภัณฑ์, ความร้อนจากมอเตอร์, ความร้อนจากหลอดไฟ หรือความร้อนจากอุปกรณ์ต่างๆ และสิ่งเหล่านี้จะมีผลในการคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์ทำความเย็น

2.4.2 สารทำความเย็นที่เป็นของเหลว (Liquid Refrigerant)

ขณะที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ มันสามารถดูดความร้อนแฝงไว้ได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งได้นำมาใช้เป็นหลักการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นในยุคปัจจุบัน การกลายเป็นไอของของเหลวในลักษณะเป็นตัวทำความเย็นจะมีข้อดีกว่าการหลอมละลายของของแข็ง และการกลายเป็นไอสามารถควบคุมได้ง่ายกว่า ผลของความเย็นที่ได้จากการกลายเป็นไอของสารทำความเย็นสามารถที่จะเริ่มต้น หรือหยุดขณะใดขณะหนึ่งได้ สามารถที่จะกำหนดความเย็นล่วงหน้าได้ และอุณหภูมิการกลายเป็นไอของของเหลวสามารถควบคุมได้โดยการปรับความดัน และของเหลวที่กลายเป็นไอแล้วสามารถเก็บรวบรวมไว้ และพร้อมที่จะทำให้เป็นของเหลวนำกลับมาใช้ได้อีก ในปัจจุบันของเหลวที่นิยมนำมาเป็นสารทำความเย็นที่แพร่หลาย ก็คือ Fluorinated hydrocarbon of methane series ใช้ชื่อทางเคมีว่า Monochlorodifluoromethane ($CHCLF_2$) ใช้ชื่อทางการค้าว่า ฟรีออน โดยมีชื่อทางเคมีทั่วไปว่า Refirgetant – 22(R-22) หรือฟรีออน – 22

2.5 หน่วยของการทำความเย็น (Standard Rating of Refrigeration)

หน่วยที่ใช้วัดอัตราการทำความเย็นใช้หน่วยที่เรียกว่า “ตันของการทำความเย็น” (Ton of Refrigeration) หนึ่งตันของการทำความเย็น หมายถึงปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำแข็งบริสุทธิ์ 1 ตัน(2,000 ปอนด์) ที่อุณหภูมิ 32 °F กลายเป็นน้ำบริสุทธิ์อุณหภูมิ 32 °F ภายใน 24 ชั่วโมง

จาก $$Q = mL \quad (2.1)$$

เมื่อ Q = ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำแข็งจำนวน 1 ตันละลายเป็นน้ำ

m = มวลของน้ำแข็ง (1b)

L = ความร้อนแฝงของน้ำแข็ง = 144 Btu/lb

ดังนั้น 1 ตันของการทำความเย็นจึงมีค่าเท่ากับ 12,000 Btu/hr หรือ 200 Btu/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ประเภทของระบบการทำความเย็น

ในการทำให้อุณหภูมิลดลงจากปกติ (Ambient Air Temperature) ลงมาถึงอุณหภูมิที่ต้องการนั้นสามารถใช้ระบบทำความได้หลายแบบ ซึ่งมีทั้งชนิดที่เป็นแบบทางกลและไม่ใช่ทางกล ดังนี้

1. ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ (Vapor Compression Refrigeration System)
2. ระบบทำความเย็นชนิดดูดละลาย (Absorption Refrigeration System)
3. ระบบทำความเย็นด้วยอากาศ (ระบบปิด) (Air Refrigeration System Closed)
4. ระบบทำความเย็นแบบใช้หัวฉีด – ไอน้ำ (Steam Jet Refrigeration System)
5. ระบบทำความเย็นแบบเทอร์โมอิเลคทริค (Thermoelectric Refrigeration System)
6. ระบบแม่เหล็กที่ใช้ในการอุณหภูมิต่ำ (Magnetic System of Producing Low Temperature)

ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะระบบทำความเย็นชนิดอัดไอเท่านั้น

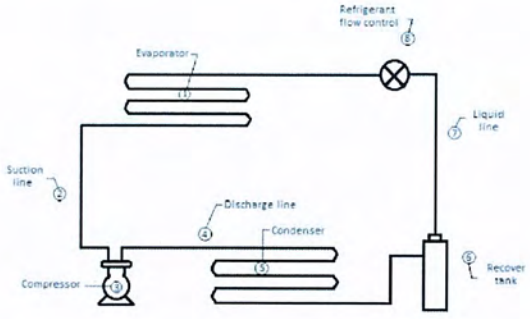
2.7 ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ (Vapor Compression Refrigeration System)

ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นโดนอาศัยหลักการพื้นฐานทางเทอร์โมไดนามิกส์ ดังนี้

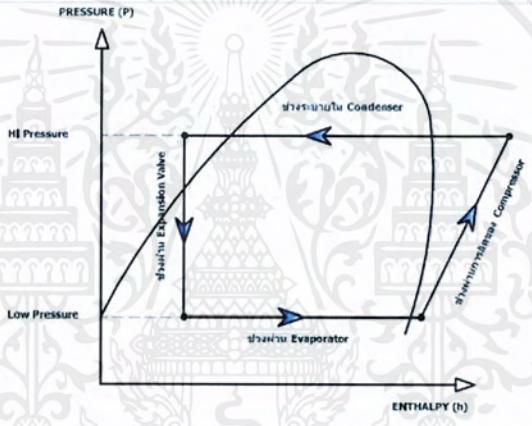
1. ของไหลดูดความร้อน ในขณะที่เปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ และยอมให้ความร้อนขณะที่เปลี่ยนสถานะจากไอเป็นของเหลว
2. ในระหว่างที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะอุณหภูมิคงที่ แต่อุณหภูมินี้จะเปลี่ยนแปลงกับความดันที่ความคงที่จุดหนึ่ง การกลายเป็นไอจะเกิดขึ้น ณ จุดที่อุณหภูมิมีความสัมพันธ์กันเท่านั้นอย่างไรก็ตามอุณหภูมิของการกลายเป็นไอที่ความดันอันหนึ่งย่อมแตกต่างกันสำหรับของเหลวที่ต่างกัน
3. ความร้อนจะไหลจากแหล่งอุณหภูมิสูงไปยังแหล่งอุณหภูมิต่ำ
4. การเลือกโลหะที่ใช้ทำเครื่องควบแน่นจะต้องเป็นโลหะที่มีการนำความร้อนสูง
5. พลังงานความร้อน และพลังงานในรูปแบบอื่นๆสามารถที่จะนำมาใช้ประโยชน์ โดยกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 วัฏจักรการทำความเย็นชนิดอัดไอ



รูปที่ 2.1 อุปกรณ์เครื่องทำความเย็น



รูปที่ 2.2 วัฏจักรการทำความเย็นในทางทฤษฎี

2.8.1 อุปกรณ์ของระบบทำความเย็น

ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอจะปรากอบด้วยอุปกรณ์หลักดังนี้

1. อีแวปโพเรเตอร์ (Evaporator) ทำหน้าที่ดูดรับความร้อนจากบริเวณ หรือเนื้อที่ที่ต้องการทำความเย็น ขณะที่น้ำยาทำความเย็นภายในระบบตรงบริเวณนี้ระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นไอจะดูดปริมาณความร้อนผ่านผิวท่อทางเดินน้ำยาเข้าไปยังน้ำยาภายในระบบ ทำให้อุณหภูมิโดยรอบ อีแวปโพเรเตอร์ลดลง
2. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่ในการดูด และอัดน้ำยาในสถานะที่เป็นไอ โดยดูดไอที่มีอุณหภูมิ และความดันต่ำจากอีแวปโพเรเตอร์ และอัดให้มีความดันและอุณหภูมิสูง จนถึงจุดที่ไอ พร้อมจะควบแน่นเป็นของเหลวเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนออกจากน้ำยา
3. คอนเดนเซอร์ (Condenser) ทำหน้าให้น้ำยาในสถานะที่เป็นไอควบแน่น เป็นของเหลวด้วย การระบายความร้อนออกจากน้ำยา กล่าวคือน้ำยาในสถานะไออุณหภูมิ และความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดันสูงมากซึ่งถูกอัดส่งมาจากคอมเพรสเซอร์ เมื่อถูกระบายด้วยความร้อนแฝงจากออกจะควบแน่นเป็นของเหลว แต่จะมีอุณหภูมิ และความดันสูงอยู่

4. ถังเก็บน้ำยาเหลว (Receiver) สารความเย็นที่ควบแน่นโดนคอนเดนเซอร์กลายเป็นของเหลวจะถูกนำมาเก็บที่นี่ก่อนส่งไปยังวาล์วควบคุมการไหล
5. วาล์วควบคุมการไหล (Flow Control Valve) ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาเหลวที่ผ่านเข้าไปยังอีแวปโพเรเตอร์ ลดความดันของน้ำยาให้มีความดันต่ำลง จนสามารถระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นไอได้ที่อุณหภูมิในอีแวปโพเรเตอร์
6. ท่อดูด (Suction Line) ท่อสารทำความเย็นในสถานะไอที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ไปยังคอนเดนเซอร์
7. ท่อส่ง (Discharge Line) ท่อสารความเย็นในสถานะไอที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ไปยังคอนเดนเซอร์
8. ท่อของเหลว (Liquid Line) ท่อสารความเย็นในสถานะของเหลวที่ต่อออกจากถังพักน้ำยาเหลวกับวาล์วควบคุมการไหล

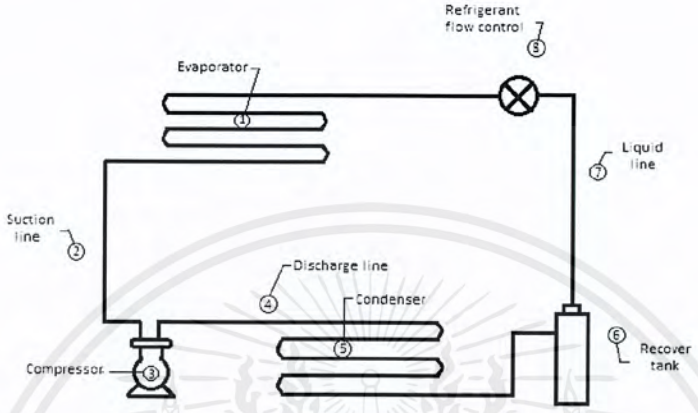
นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์เสริม เพื่อประสิทธิภาพการทำงาน ซึ่งอาจมีความจำเป็นที่ต้องติดตั้งในระบบทำความเย็นบางระบบ แต่อาจไม่มีความจำเป็นสำหรับอีกระบบหนึ่งดังนี้

9. ฟิลเตอร์ดรายเออร์ (Filter Drier) จะยอมให้สารทำความเย็นผ่านได้ แต่จะป้องกันสารดูดความชื้น, ฝุ่นผง หรือสิ่งสกปรกอื่นๆที่ถูกปะปนมากับสารทำความเย็นในระบบไม่ให้ผ่านไปได้ ดรายเออร์ หรือสารดูดรับความชื้นที่นิยมใช้กันทั่วไปมี ซิลิกาเจล (Silica Gel), แคลเซียมซัลเฟต (Calcium Sulfate), อะลูมินาเจล (Alumina Gel) เป็นต้น จะติดตั้งอยู่ที่ท่อของเหลวใกล้กับทางเข้าวาล์วควบคุมการไหล และที่ที่ติดตั้งต้องอยู่ในบริเวณที่ไม่ถูกปะทะด้วยลมร้อนเพราะสารดูดความชื้นจะลดลง ทำให้ความชื้นในระบบที่ดูดรับไว้ถูกคายออกมาบางส่วนและจะไปอุดตันที่วาล์วควบคุมการไหล
10. กระจกมองน้ำยา (Sight Glasses) สำหรับใช้มองดูสารความเย็นภายในระบบว่ามีเพียงพอหรือไม่
11. แอกคิวมูเลเตอร์ (Accumulator) จะติดตั้งอยู่ระหว่างอีแวปโพเรเตอร์ และทางดูดของคอมเพรสเซอร์ คอยกันไม่ให้สารความเย็นเหลวจากอีแวปโพเรเตอร์ถูกดูดเข้าคอมเพรสเซอร์โดนตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ

ในวัฏจักรการทำความเย็นประกอบด้วยการระเหย การควบแน่น และการหมุนเวียนของสารทำความเย็น (Refrigerant) ในระบบอย่างสม่ำเสมอ การระเหยกลายเป็นไอเกิดขึ้นเมื่อมีความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ การควบแน่นจากไอเป็นของเหลวเกิดขึ้นเมื่อมีความดันสูง และอุณหภูมิต่ำ



รูปที่ 2.3 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ

พิจารณาบทบาทแต่ละจุดของเครื่องทำความเย็นในรอบๆวัฏจักรโดยเริ่มที่ทางเข้าทางอีแวปโพเรเตอร์ (Evaporator)

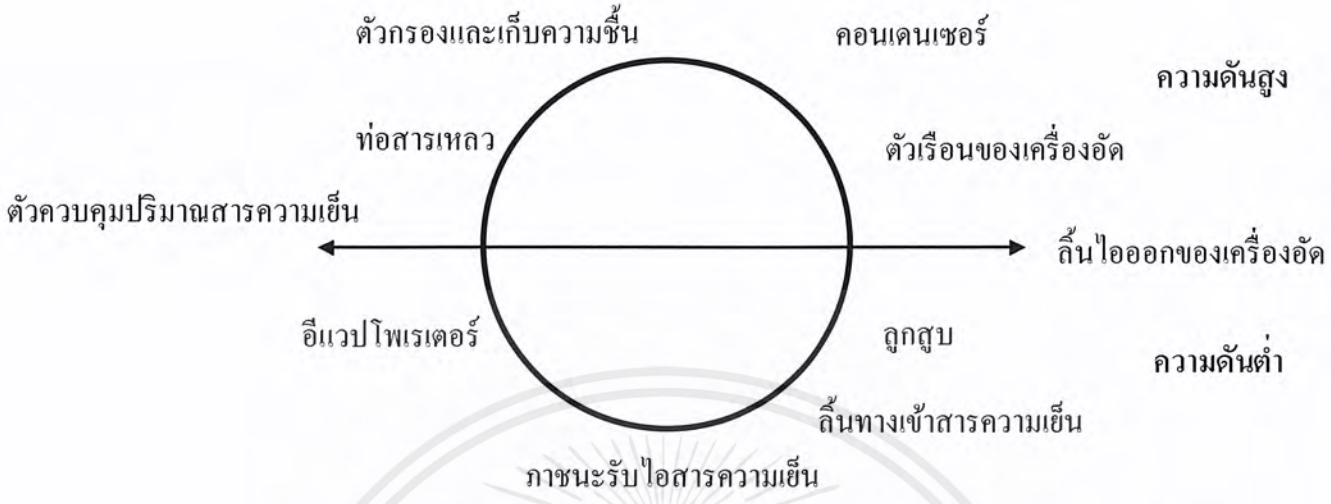
สารทำความเย็น (Refrigerant) จะผ่านตัวควบคุมปริมาณสารทำความเย็น (Flow Control Valve) ซึ่งจะคอยควบคุมปริมาณสารทำความเย็นที่จะเข้าไปในอีแวปโพเรเตอ์ และในเวลาเดียวกันจะเป็นตัวลดความดัน และอุณหภูมิของสารทำความเย็นด้วย เมื่อสารทำความเย็นที่มีสถานะความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำไหลเข้าไปในอีแวปโพเรเตอร์ที่วางอยู่ท่ามกลางภาระ (Load) ที่มีอุณหภูมิสูง ความร้อนจากภาระจะถ่านทอดมาสู่อีแวปโพเรเตอร์ทำให้สถานะของสารทำความเย็นเปลี่ยนไปจากของเหลวกลายเป็นไอ

เมื่อสารทำความเย็นที่ไหลผ่านอีแวปโพเรเตอร์เปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้ว ที่ปลายของอีแวปโพเรเตอร์จะต่อผ่านท่อดูด (Suction Line) ไปต่อกับด้านดูดของคอมเพรสเซอร์ด้านดูดของเครื่องคอมเพรสเซอร์จะดูดไอของสารทำความเย็นเข้าไปแล้วอัดไอของสารทำความเย็นจนมีอุณหภูมิสูง และความดันสูง แต่ยังมีสถานะเป็นไออยู่ ไอที่ผ่านท่อจ่าย (Discharge Line) จะเข้าสู้คอนเดนเซอร์เพื่อถ่ายเทความร้อนที่สารทำความเย็นรับมาจากภาระถ่ายสู่อากาศหรือน้ำอีกทอดหนึ่ง และสารทำความเย็นจะเปลี่ยนสถานะไปเป็นของเหลวซึ่งหมายความว่าสารทำความเย็นอยู่ในสภาพที่พร้อมจะใช้งานได้แล้วจะถูกส่งไปจัดเก็บในถังน้ำยาเหลว

แต่เนื่องด้วยการประกอบระบบท่อของเครื่องทำความเย็น การดูด – อัดสารทำความเย็นของเครื่องคอมเพรสเซอร์ อาจมีความชื้นหรือสิ่งสกปรกชิ้นเล็กๆแปลกปลอมเข้าไปในระบบท่อ จึงให้มีที่กรอง และเก็บความชื้น (filter Drier) สารทำความเย็นเหลวที่ผ่านออกมาจะอยู่ในสภาพอุณหภูมิปานกลาง และความดันสูง จากนั้นจะผ่านไปสู่ตัวควบคุมปริมาณสารทำความเย็น และจะวนเวียนอย่างนี้ต่อไปเรื่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาวัฏจักรของเครื่องทำความเย็นอาจจะแบ่งได้เป็นสองส่วนคือ ด้านที่มีความดันสูง และด้านที่มีความดันต่ำ



รูปที่ 2.4 สารทำงานส่วนความดันสูง และความดันต่ำในวัฏจักรการทำความเย็น

ด้านที่มีความดันสูง (High Side) ประกอบด้วย ท่อทางส่งของคอมเพรสเซอร์, ท่อส่ง, คอนเดนเซอร์, ถุงพักน้ำยาเหลว, ท่อของเหลว และทางเข้าของวาล์วควบคุมการไหล ความดันของน้ำยาด้านความดันสูงนี้บางครั้งเรียกว่า ความดันทางคอนเดนเซอร์ (Condensing Pressure) หรือความดันของด้านอัด (Discharge Pressure)

ด้านที่มีความดันต่ำ (Low Side) ประกอบด้วย ทางออกของวาล์วควบคุมการไหล, อีแวปโพเรเตอร์, ท่อดูด และทางดูดของคอมเพรสเซอร์ ความดันด้านต่ำนี้บางครั้งเรียกว่า ความดันทางอีแวปโพเรเตอร์ หรือ ความดันด้านดูด (Back Pressure)

โดยสรุปในระบบทำความเย็นจะประกอบด้วยกระบวนการต่างๆคือ

1. ไอระเหยของสารทำความเย็นถูกดูดผ่านท่อดูดเข้าคอมเพรสเซอร์ และอัดจนเป็นไอหรือแก๊สมีอุณหภูมิสูง ความดันสูงแล้วส่งออกทางท่อจ่ายไปสู่คอนเดนเซอร์
2. ไอของสารทำความเย็นที่ถูกอัดแล้ว และถูกส่งมายังคอนเดนเซอร์ จะได้รับการถ่ายเทความร้อนออกจนไอสารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวที่ยังมีความร้อนปานกลาง และความดันสูง ณ ที่นี้ความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกจะเป็นความร้อนแฝงเป็นส่วนมาก อุณหภูมิจึงไม่ค่อยลดลงมากนัก
3. สารทำความเย็นที่อยู่ในสภาพของของเหลวจะถูกส่งไปตาม ท่อของเหลวผ่านตัวควบคุมปริมาณสารทำความเย็น เข้าสู่อีแวปโพเรเตอร์
4. ด้วยเหตุที่สารทำความเย็นที่ผ่านตัวควบคุมปริมาณสารทำความเย็นแล้ว ความดันจะลดลง หมายถึงอุณหภูมิจะลดลงด้วย และเมื่อสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำผ่านอีแวปโพเรเตอร์ ซึ่งวางอยู่ในตำแหน่งที่จะรับความร้อนจากภาระความร้อนนี้จะทำให้สารทำความเย็นเดือดกลายเป็นไอที่ด้านปลายของอีแวปโพเรเตอร์อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ไอของสารทำความเย็นที่เกิดขึ้นเนื่องจาก สารทำความเย็นได้รับความร้อนขณะผ่านอีแวปโพเรเตอร์จะถูกดูดให้ผ่านท่อดูดเข้าเครื่องอัดอีก

2.9 สารทำความเย็น (Refrigerant)

ในกรณีทั่วๆไป สารทำความเย็นก็คือ วัตถุ หรือสารที่เป็นตัวรับความร้อนจากวัตถุ หรือสารอื่น สำหรับระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ สารทำความเย็นซึ่งเป็นตำทำงานอยู่ในรูปของการไหล (Working Fluid) ซึ่งจะดูดความร้อนในช่วงของการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ และคายความร้อนในช่วงเปลี่ยนสถานะจากไอควบแน่นเป็นของเหลว ในการเลือกว่าสารใดจะใช้เป็นสารทำความเย็นนั้นจะต้องพิจารณาคุณสมบัติทางเคมี, ฟิสิกส์, และเทอร์โมไดนามิกส์ ให้เหมาะสมกับระบบที่ใช้งาน

2.9.1 คุณสมบัติทั่วไปของสารทำความเย็น

สารทำความเย็นที่ใช้ในระบบเครื่องทำความเย็นมีหลายชนิดแล้วแต่ลักษณะของการใช้งาน คุณสมบัติของสารที่กล่าวถึงมิได้หมายความว่า สารทำความเย็นที่มีจำหน่ายจะมีคุณสมบัติครบทุกข้อ มีเพียงบางข้อที่น่าจะให้ความสำคัญสำหรับงานแต่ละประเภท แต่ที่สำคัญที่สุดคือความปลอดภัยของผู้ใช้ คุณสมบัติของสารทำความเย็นมีประเด็นที่ควรพิจารณาดังนี้

1. ไม่เป็นพิษ
2. ไม่เป็นวัตถุระเบิด
3. ไม่กะดกร่อนโลหะ
4. ไม่ติดไฟ
5. หากมีรอยรั่วสามารถตรวจพบได้ง่าย
6. สามารถหาตำแหน่งรั่วได้ง่าย
7. ใช้งานความดันไม่สูงนัก
8. ขณะอยู่ในสภาพแก๊สต้องมีเสถียรภาพคงที่
9. ขณะอยู่ในสภาพของเหลวต้องไหลง่าย
10. ไม่มีพิษเป็นอันตรายกับระบบหายใจและผิวหนังมนุษย์
11. มีความหนาแน่นน้อย เพื่อให้สะดวกกับการควบคุมปริมาณใช้งาน
12. มีค่าความร้อนแฝงต่อน้ำหนักสูง

2.9.2 ชนิดของสารทำความเย็น

ด้วยเหตุที่สารทำความเย็นเป็นสารผสมจากสารหลายชนิด การเรียกชื่อโดยตรงจึงไม่สะดวก สมาคมวิศวกรเครื่องทำความร้อน เครื่องทำความเย็นและการปรับอากาศ (The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers – ASHRAE) ได้กำหนดสารทำความเย็นแต่ละชนิดไว้เป็นตัวเลข โดยให้เป็น R-11, R-12, R-22 เป็นต้น R หมายถึง Refrigerant และตัวเลขที่ตามมาหมายถึง ชนิดของสารทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ชนิดของสารทำความเย็นที่นิยมใช้

หมายเลขสารทำความเย็น	
R-11	Trichloromonofluoromethane CCl_2F
R-12	Dichkorodifluoromethane CCl_2F_2
R-22	Monochlorodifluoromethane $CHClF_2$
R-500	Azeotropic mixture of 78.3% of (R-12) and 26.2% of (R-152a)
R-502	Azeotropic mixture of 48.8% of (R-22) and 51.2% of (R-115)
R-503	Azeotropic mixture of 40.1% of (R-23) and 59.9% of (R-13)
R-504	Azeotropic mixture of 48.2% of (R-32) and 51.8% of (R-115)
R-717	Ammonia NH3

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยได้แบ่งประเภทเครื่องทำความเย็น และประเภทของสารทำความเย็นไว้ดังนี้

ประเภทของระบบทำความเย็น แบ่งตามน้ำหนักของสารทำความเย็นที่บรรจุในระบบดังนี้

ประเภท ก ระบบที่บรรจุสารทำความเย็นหนัก 500 กก. หรือมากกว่า

ประเภท ข ระบบที่บรรจุสารทำความเย็นมากกว่า 50 กก. แต่น้อยกว่า 500 กก.

ประเภท ค ระบบที่บรรจุสารทำความเย็นมากกว่า 10 กก. แต่น้อยกว่า 50 กก.

ประเภท ง ระบบที่บรรจุสารทำความเย็นมากกว่า 3 กก. แต่น้อยกว่า 10 กก.

ประเภท จ ระบบที่บรรจุสารทำความเย็นน้อยกว่า 3 กก.

สารทำความเย็นมีหลายประเภทแต่สารทำความเย็นที่ใช้ในปัจจุบันแบ่งเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. ชนิดไม่ระคายเคืองและไม่ติดไฟ

   ประเภท 1 R-774

   ประเภท 2 R-11, R-12, R-30, R-113, R-114, R-115, R-152a, R-500, R-502

2. ชนิดติดไฟ

   ประเภท 1 R-40, R-1130

   ประเภท 2 R-160, R-170, R-290, R-600, R-601, R-611

3. ชนิดระคายเคือง

   ไม่แบ่งประเภท R-764, R-717

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในโครงงานนี้จะใช้สารทำความเย็น R-22 ในการศึกษา

2.9.3 สารทำความเย็น R-22 ($CHCLF_2$)

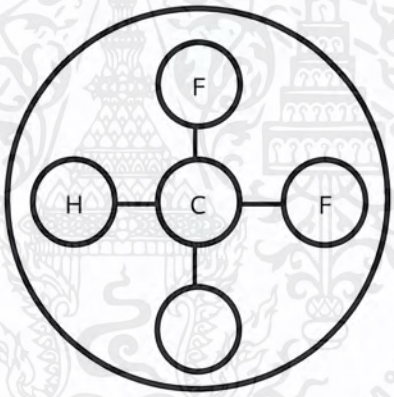
สารทำความเย็น R-22 เหมาะจะใช้กับระบบทำความเย็นที่อุณหภูมิต่ำที่ความดันบรรยากาศ มีจุดเดือด -40.8 องศาเซลเซียส ในปัจจุบันใช้กับเครื่องปรับอากาศเพราะเครื่องปรับอากาศเพราะเครื่องอัดที่ใช้กับระบบนี้มีขนาดเล็กมาก

เมื่อเทียบกับสารทำความเย็น R-12 แล้ว สารทำความเย็น R-22 จะทำงานที่ความดันสูงกว่า และได้ความดันที่ลิ้นทางออกสูงกว่าในขณะที่ใช้กำลังขับเครื่องอัดเท่ากัน

ข้อดีที่เหนือกว่าก็คือ สารทำความเย็น R-12 คือ ใช้เครื่องอัดที่เล็กกว่าเนื่องจากมีปริมาตรจำเพาะน้อยกว่า

ส่วนข้อที่ด้อยกว่าก็คือ สารทำความเย็น R-12 มีราคาต่ำกว่า และความดันในเครื่องอัดต่ำและแนวโน้มในการรั่วไหลจะมีน้อยกว่า รวมถึงอุณหภูมิที่ทางออกของเครื่องอัดต่ำกว่าด้วย

สารทำความเย็น R-22 สามารถรวมกับน้ำมันได้ซึ่งพบในส่วนควบแน่นของระบบแต่จะแยกออกจากกันในอีแวปโพเรเตอร์ อุณหภูมิสำหรับการแยกตัวนั้นขึ้นอยู่กับชนิด และปริมาณน้ำมันที่ผสมอยู่ในสารทำความเย็น



รูปที่ 2.5 โครงสร้างทางเคมีของ R-22

2.10 P-h Diagram

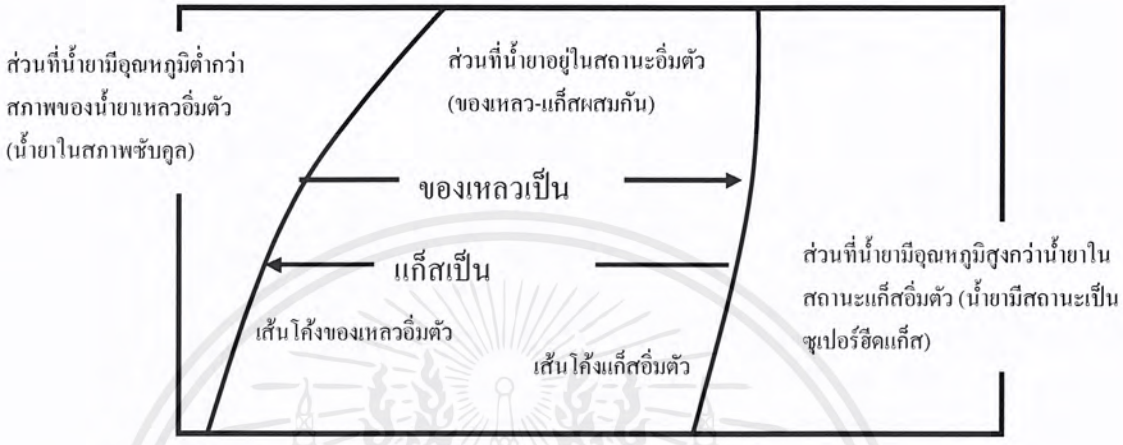
โดยปกติรูปแบบโครงสร้างของ P-h Diagram ของสารทำความเย็นจะคล้ายกัน แต่จะใช้แทนกันไม่ได้เพราะค่าตัวเลขต่างกัน P-h Diagram ของสารทำความเย็นชนิดไหนก็จะใช้ได้เฉพาะกับสารทำความเย็นชนิดนั้น จะใช้กับระบบทำความเย็นที่ใช้สารทำความเย็นชนิดอื่นไม่ได้

โครงสร้างของ P-h Diagram ได้แสดงดังรูปที่ YY ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. ส่วนที่น้ำยามีสภาพอิ่มตัว ซึ่งอยู่ตรงกลาง ส่วนนี้น้ำยาที่มีสภาพเป็นของเหลวพร้อมที่จะระเหยหรือเดือดเปลี่ยนสถานะเป็นไอ ในทางกลับกันน้ำยาที่มีลักษณะเป็นไอพร้อมที่จะกลั่นตัวเป็นของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าสภาพของน้ำยาเหลวอิ่มตัวซึ่งอยู่ทางด้านซ้ายมือ น้ำยามีสถานะเป็นของเหลวอัดตัว (Subcooled)
3. ส่วนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าสภาพของน้ำยาในสถานะไออิ่มตัว ซึ่งอยู่ทางด้านขวาของน้ำยา มีสถานะเป็นไอ (Superheated)



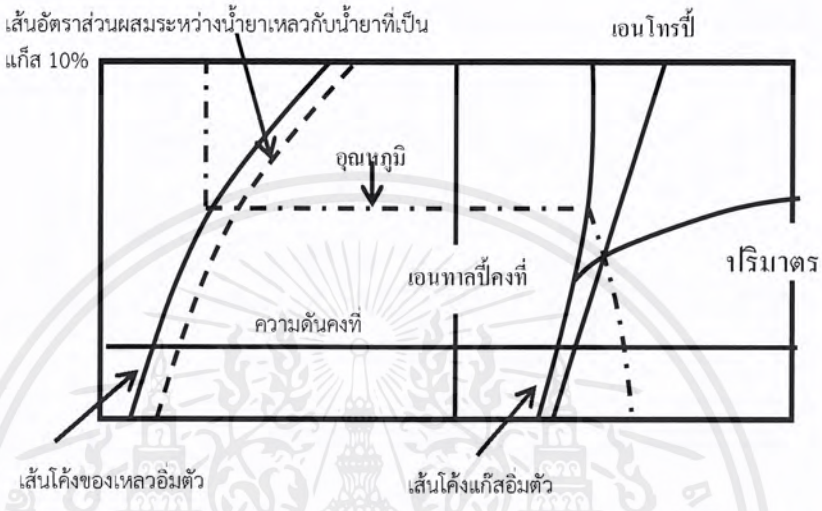
รูปที่ 2.6 โครงสร้าง P-h Diagram

รายละเดียดโครงสร้าง P-h Diagram แสดงโดยรูปที่ 2.7

1. เส้นความดันสัมบูรณ์หน่วยเป็น psia เป็นเส้นที่อยู่ในแนวนอนตลอด
2. เส้นอัตราส่วนระหว่างน้ำยาเหลวกับน้ำยาที่เป็นไอ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์เป็นเส้นโค้งในแนวตั้งซึ่งอยู่ในส่วนกลาง (เส้นประ) แต่ละเส้นจะบอกถึงจำนวนเปอร์เซนต์ของน้ำยาอิ่มตัวที่มีสภาพเป็นของเหลวพร้อมที่จะระเหยหรือเดือดเป็นไอ ในทางกลับกันไอที่จะกลั่นตัวเป็นของเหลวเส้นซ้ายมือสุดเป็นเส้นของเหลวอิ่มตัว ส่วนเส้นที่อยู่ขวาสุดเป็นเส้นไออิ่มตัว
3. เส้นอุณหภูมิมีหน่วยเป็นฟาเรนไฮต์ เป็นเส้นประ เส้นอุณหภูมินี้จะอยู่ในแนวนอนเฉพาะที่น้ำยามีสภาพอิ่มตัวเท่านั้นเพราะอุณหภูมิจะสัมพันธ์กับความดัน และจะสูงขึ้นเมื่อน้ำยามีสภาพเป็นของเหลวอิ่มตัวหรือมีอุณหภูมิน้อยกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว และจะต่ำลงเมื่อน้ำยามีสภาพเป็นไอดงหรือมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว
4. เส้นเอนทาลปีคงที่ (Constant Enthalpy) มีหน่วยเป็น Btu/lb เป็นเส้นที่อยู่ในแนวตั้ง
5. เส้นปริมาตรจำเพาะ (Constant Volume) มีหน่วยเป็น lb/ft^3 เป็นเส้นโค้งในแนวนอนเอียงขึ้นเล็กน้อยอยู่ทางขวามือ ซึ่งอยู่ในส่วนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำยาที่มีสภาพเป็นไออิ่มตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เส้นเอนโทรปีคงที่ (Constant Entropy) มีหน่วยเป็น Btu/lb-R เป็นเส้นทแยงมุมในแนวดิ่งแยกขึ้นจากเส้นไออิ่มตัว ซึ่งอยู่ในส่วนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไออิ่มตัว เส้นนี้แสดงการอัดตัวของน้ำยาที่มีสภาพเป็นไอให้มีความดันสูงขึ้น ซึ่ง
7. เป็นผลให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยไม่มีการถ่ายเทความร้อน และความเสียดทาน



รูปที่ 2.7 โครงสร้าง P-h Diagram แสดงเส้นความดันคงที่ อุณหภูมิคงที่ ปริมาตรคงที่ และเอนทาลปี

2.11 วัฏจักรทางปฏิบัติของการทำความเย็น (Actual Vapor Compression Refrigerating Cycle)

ในระบบท่อสารทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นจะมีความดันตก เนื่องจากความฝืดตามจุดต่างๆของระบบท่อซึ่งจะต้องลด หรือขจัดให้ได้เพื่อให้การไหลของสารความเย็นเป็นไปได้โดยสะดวกการสูญเสียของความดันนี้มีทั้งที่อีแวปโพเรเตอร์ที่คอนเดนเซอร์ หรือตามข้อต่อต่างๆ จึงจะพิจารณาแต่ละจุดดังนี้

1. ความดันตกในท่อดูด (Suction Line) สภาพของสารทำความเย็นที่ผ่านพ้นอีแวปโพเรเตอร์จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆภายในของอีแวปโพเรเตอร์ และสภาพของสารทำความเย็นก่อนเข้าอีแวปโพเรเตอร์ ทำนองเดียวกัน ความดันตกในท่อดูดในช่วงระหว่างอีแวปโพเรเตอร์ และคอมเพรสเซอร์มีส่วนช่วยให้สารความเย็นที่เข้าคอมเพรสเซอร์อยู่ในสภาพของไอ แต่มีข้อจำกัดอยู่โดยในหลักปฏิบัติขนาดของท่อสารทำความเย็นมีผลต่อความดัน หากท่อเล็กความดันสูญเสีย หรือความดันตกคร่อมจะมาก ถ้าหากใช้ท่อโตความดันสูญเสียจะน้อย แต่มีปัจจัยอื่นที่ควรพิจารณาคือ หากใช้ท่อโตค่าใช้จ่ายจะมาก โดยหลักการเศรษฐศาสตร์ทางการค้าจะต้องใช้สมดุลระหว่างความดันสูญเสียเปรียบเทียบกับราคาท่อ ในงานเครื่องทำความเย็นความดันสูญเสีย หรือความดันตกคร่อมเปรียบเทียบกับการลดลงของอุณหภูมิ ความดันตกในท่อดูดเทียบกับการลดลง

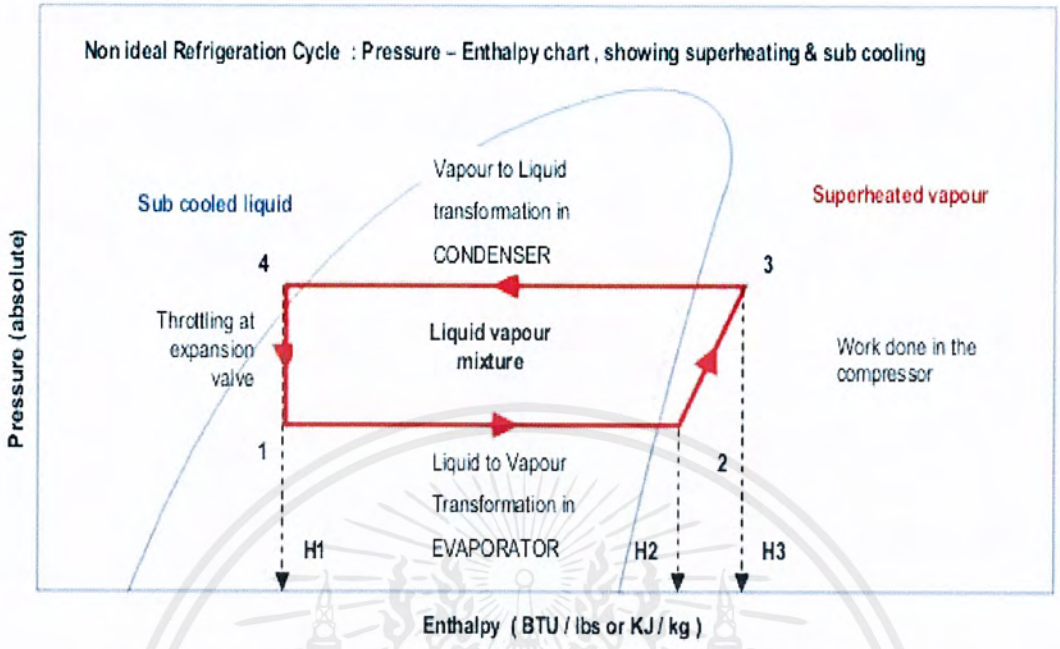
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของอุณหภูมิไม่เกิน 2 องศาฟาเรนไฮต์ถือว่าเป็นการออกแบบที่เหมาะสม จาก P-h Diagram ความดันตกในท่อดูดเกิดในลักษณะตามเส้นเอนทาลปีคงที่ ซึ่งปกติท่อดูดจะมีฉนวนหุ้มเพื่อจำกัดความร้อนที่มาจากภายนอกรอบท่อดูดมาเพิ่มให้กับสารทำความเย็นที่กำลังจะเข้าเครื่องอัด

2. ความดันตกในท่อจ่าย (Discharge Line) ความดันตกที่เกิดกับไอสารความเย็นร้อนหลังจากสารทำความเย็นถูกอัดแล้ว และจ่ายออกมาตามท่อจ่าย จาก P-h Diagram จุดที่ความดันตกลงมาเป็นทางเข้าคอมเดนเซอร์ การเกิดความดันตกที่ท่อจ่ายมีผลคือความดันของการควบแน่น (Condensing Pressure) ต่ำ
3. ความดันตกในท่อของเหลว (Liquid Lind) โดยหลักหารแล้วความดันตกในท่อของเหลวคือจากทางออกของสารทำความเย็นเหลวที่ส่วนท้ายของคอนเดนเซอร์ถึงตัวควบคุมปริมาณสารทำความเย็น ความดันนี้จะไม่มีผลต่อพลังงานความร้อนของระบบทำความเย็น แต่ถึงแม้จะไม่มีผลเสียหากมองข้ามไปอาจทำให้ระบบเครื่องทำความเย็นนั้นหย่อนประสิทธิภาพลง เพราะความดันในท่อของเหลวที่ลดลงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดไอขยายตัว (Flash Gas) ของสารทำความเย็นที่จะเข้าตัวควบคุมปริมาณสารทำความเย็นด้วยเหตุที่ตัวควบคุมสารทำความเย็นออกแบบมาสำหรับเฉพาะสารทำความเย็นเหลว ถ้ามีไอขยายตัวปนอยู่ในสารทำความเย็น จะทำให้ปริมาณสาร ทำความเย็นที่ส่งผ่านตัวควบคุมปริมาณสารทำความเย็นมีจำนวนไม่ถูกต้องโดนต่ำกว่าปริมาณใช้งานของระบบด้วยเหตุนี้การให้ระบบทำความเย็นมีอุณหภูมิขงสารทำความเย็นในคอนเดนเซอร์ต่ำกว่าอุณหภูมิของเหลวอิ่มตัว (Subcooled Liquid) จึงเป็นสิ่งจำเป็น
4. ความดันตกในอีแวปโพเรเตอร์และคอนเดนเซอร์ การตกลงของความดันมีผลให้สถานะการถ่ายเทความร้อนที่อีแวปโพเรเตอร์และที่คอนเดนเซอร์เปลี่ยนไป รวมถึงอัตราส่วนการควบคุมปริมาณสารทำความเย็นอาจไม่มากพอที่จะทำให้ตัวควบคุมทำงานตามปกติได้
5. อุณหภูมิของสารทำความเย็นในคอนเดนเซอร์ถูกทำให้ต่ำกว่าอุณหภูมิของเหลวอิ่มตัว (Subcooled Liquid) ก่อนที่จ่ายเข้าไปในวาล์วขยายตัว (Expansion Valve) เพื่อทำให้ค่าการทำความเย็น (Refrigerating Effect, R.E.) ต่อหน่วยมวลของสารทำความเย็นเพิ่มขึ้น
6. ไอของสารทำความเย็นจะเป็นไอร้อนยิ่งยวดก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์เป็นการทำให้ค่าการทำความเย็นต่อหน่วยมวลสารทำความเย็นเพิ่มขึ้นอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 สมการที่ใช้ในการคำนวณ



รูปที่ 2.8 แผนภาพความดันและเอนทาลปีเปรียบเทียบวัฏจักรของเหลวอิ่มตัวกับต่ำกว่าของเหลวอิ่มตัว

คอมเพรสเซอร์ (Compressor) กำลังงานที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์สามารถหาได้จาก

$$\dot{w}_c = (h_2 - h_1) \qquad (2.2)$$

เมื่อ $\dot{w}_c$ คือ กำลังงานที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์ มีหน่วยเป็น Btu/min

h_1 คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นก่อนที่จะเข้าคอมเพรสเซอร์ มีหน่วยเป็น Btu/lb

h_2 คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ มีหน่วยเป็น Btu/lb

คอนเดนเซอร์ (Condenser) ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทออกที่คอนเดนเซอร์หาได้จาก

$$q_c = m(h_2 - h_5) \qquad (2.3)$$

เมื่อ q_c คือ ความร้อนที่ไอของสารทำความเย็นคายให้กับตัวกลางหล่อเย็นในเครื่องคอมเพรสเซอร์ มีหน่วยเป็น Btu/min

h_5 คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์ มีหน่วยเป็น Btu/lb

m คือ มวลของสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์ มีหน่วยเป็น lb/min

อีเวปโพเรเตอร์ (Evaporator) ค่าทำความเย็นที่อีเวปโพเรเตอร์หาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R.E. = m(h_1 - h_6) \quad (2.4)$$

เมื่อ Refrigeration Effect (R.E.) คือ ค่าการทำความเย็น มีหน่วยเป็น Btu/hr

m คือ มวลของสารทำความเย็น มีหน่วยเป็น lb/hr

h_1 คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากอีเวปโพเรเตอร์ มีหน่วยเป็น Btu/lb

h_6 คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าอีเวปโพเรเตอร์ มีหน่วยเป็น Btu/lb

ประสิทธิภาพของการทำความเย็น

C.O.P. (Coefficient of Performance) คือ ค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการทำความเย็นของฮีทปั๊ม (Heat Pump)

$$C.O.P. = \frac{R.E.(Btu/hr)}{w_c(Btu/hr)} \quad (2.5)$$

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio)

EER = ปริมาณความเย็นที่ทำได้ / กำลังไฟฟ้าที่เครื่องอัด

$$EER = \frac{R.E.(Btu/hr)}{Watt} \quad (2.6)$$

หลักการเปลี่ยน C.O.P. เป็น EER

1 Watt = 0.293 Btu/hr

เพราะฉะนั้น 1 Btu/hr = 3.412 Watt

ดังนั้น $EER = C.O.P.(3.412)$ (2.7)

2.13 อุณหภูมิพลศาสตร์ (Thermodynamics)

หมายถึงปรากฏการณ์ของพลังงานหลายๆอย่างโดยเฉพาะปรากฏการณ์ของการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานอย่างอื่น หรือเปลี่ยนพลังงานอื่นๆเป็นพลังงานความร้อน

2.13.1 ระบบ(System)

ในที่นี้หมายถึงสิ่งที่มีขอบเขตจินตนาการ ซึ่งการกำหนดขอบเขตจะกำหนดที่ไหนก็ได้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ว่าจะศึกษาคุณสมบัติใดที่จุดไหน

1.ระบบปิด คือระบบที่ไม่มีการไหลของมวล หมายถึง ในขณะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปของพลังงานเราสนใจเฉพาะตัวกลางที่อยู่ในขอบเขตของระบบเท่านั้น ซึ่งอาจจะมีพลังงานเคลื่อนที่เข้าหรือออกจากระบบก็ได้ แต่มวลในระบบต้องคงที่ เราอาจจะเรียกระบบนี้ว่า Control Mass System

2.ระบบเปิด คือระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปของพลังงาน มวลสารของตัวกลางจะมีการเคลื่อนที่ผ่านขอเขตของระบบด้วยอัตราคงที่ หรือไม่คงที่ก็ได้ และพลังงานอาจมีการเคลื่อนที่ผ่านขอบเขตของระบบก็ได้ เราอาจเรียกระบบนี้ว่า ระบบควบคุมปริมาตร (Control Volume System)

-ระบบที่มาการไหลสม่ำเสมอ (Steady Flow System) หมายถึง ระบบเปิดชนิดที่มีมวลของสารตัวกลางที่เข้า และออกระบบในช่วงเวลาหนึ่งเท่ากัน และในระบบนี้พลังงานที่สะสมอยู่ภายในระบบไม่เปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ระบบที่มีการไหลไม่สม่ำเสมอ (Unsteady Flow System) หมายถึง ระบบเปิดชนิดที่มีมวลของสารตัวกลางที่เข้า และออกระบบในช่วงเวลาหนึ่งไม่เท่ากัน และในระบบนี้มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่สะสมอยู่ภายในระบบ

2.13.2 กฎข้อที่ 1 ของอุณหภูมิพลศาสตร์ (The first law of Thermodynamics)

ก่อนหน้านี้เราได้รู้จักกับความร้อน (Heat) และงาน (Work) และพลังงานความร้อน (Total Energy)กันมาแล้ว ต่อจากนี้เราจะพูดถึงความสัมพันธ์กันของค่าทั้งสาม กฎข้อที่ 1 ของอุณหภูมิพลศาสตร์ (The first law of Thermodynamics) หรือเรียกง่ายๆ ว่ากฎทรงมวล (Conservation of Energy) ซึ่งกล่าวว่าพลังงานไม่สามารถสร้าง หรือทำลาย แต่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปได้

สำหรับระบบปิด หรือควบคุมมวลจะได้ว่า
ผลรวมสุทธิของพลังงานที่ถ่ายเทสู่ระบบในรูปของความร้อน และพลังงานเท่ากับค่าที่เพิ่มขึ้นสุทธิหรือ(ลดลง)ของพลังงานรวมของระบบ

หรือ $$Q - W = \Delta E \qquad (2.8)$$

Q = การถ่ายเทความร้อนผ่านขอบเขต
W = งานสุทธิที่ป้อนให้ระบบ(ทุกรูปแบบ)
ΔE = การเปลี่ยนแปลงสุทธิของพลังงานรวมของระบบ

จากสมการข้างต้น เมื่อพิจารณารูปของปริมาณต่อมวล แล้วจะได้ว่า

$$q - w = \Delta e \quad [kJ/Kg] \qquad (2.9)$$

จากสมการข้างต้น เมื่อพิจารณารูปของปริมาณต่อเวลา แล้วจะได้ว่า

$$Q - W = \frac{dE}{dt} \quad [kW] \qquad (2.10)$$

จากความรู้เบื้องต้นทำให้เราทราบว่า พลังงานรวมของระบบ (E) สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ พลังงานภายใน (Internal Energy : U), พลังงานจลน์ (Kinetic Energy : KE) และพลังงานศักย์(Potential Energy : PE) ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงพลังงานของระบบสามารถแสดงด้วยสมการ

$$\Delta E = \Delta U + \Delta KE + \Delta PE \qquad (2.11)$$

แทนสมการ (2.11) ลงในสมการ (2.8) จะได้

$$Q - W = \Delta U + \Delta KE + \Delta PE \qquad (2.12)$$

ซึ่ง
$$\Delta U = \dot{m}(u_2 - u_1)$$
$$\Delta KE = \frac{1}{2}\dot{m}(V_2^2 - V_1^2)$$
$$\Delta PE = \dot{m}(z_2 - z_1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบปิดส่วนใหญ่จะเป็นระบบที่อยู่กับที่ (Stationary) จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วและระดับความสูง ซึ่งจะได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของพลังงานศักย์ และพลังงานจลน์มีค่าน้อยมากจนถือว่าตัดออกได้ และทำให้กฎข้อที่1ลดรูปเหลือ

$$Q - W = \Delta U \tag{2.13}$$

2.14 คุณสมบัติของอากาศเปียก (Moist Air Properties)

อากาศในบรรยากาศทั่วไปจะเป็นการผสมกันระหว่างอากาศแห้ง (Dry Air) รวมตัวเข้ากับไอน้ำในส่วนของอากาศแห้งจะเกิดการรวมตัวกันของก๊าซต่างๆ เช่น ไนโตรเจน ออกซิเจน อาร์กอน และคาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับในส่วนของไอน้ำในอากาศสามารถมีจำนวนไอน้ำได้ตั้งแต่ศูนย์ไปจนกระทั่งมากที่สุดที่อากาศสามารถมีได้ ณ อุณหภูมิ และความดันของอากาศจุดต่างๆที่ทำการพิจารณา ซึ่งในกรณีหลังนี้อาจเรียกว่า อากาศอิ่มตัว (Saturated Air)

2.14.1 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry bulb temperature, DB)

หมายถึงอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง ในการวัดจะต้องให้กระเปาะอยู่ในที่อากาศถ่ายเทสะดวกเพื่อให้ค่าที่อ่านได้ และป้องกันค่าที่ผิดพลาดจากการแผ่รังสี

2.14.2 อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet bulb temperature, WB)

หมายถึงอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะหุ้มด้วยผ้าที่ชื้น โดยมีกระแสลมที่มีความเร็วระหว่าง 5 ถึง 10 เมตรต่อวินาทีพัดผ่านกระเปาะ

2.14.3 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point temperature)

คืออุณหภูมิแรกเมื่อมีการกลั่นตัวเกิดขึ้นหลังจากอากาศถูกให้ความเย็น ณ ความดัน และความชื้นคงที่

2.15 ตัวแปรเสริมพื้นฐาน (Fundamental Parameters)

ความดันของอากาศเปียก (Total Pressure of Moist Air) คือผลรวมความดันส่วนที่เป็นอากาศแห้ง และส่วนที่เป็นไอน้ำ

$$P = P_a + P_v \tag{2.17}$$

ความชื้นสมบูรณ์ (Absolute Humidity : ω) หรือในบางครั้งเรียกว่า ความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity) คืออัตราส่วนโดยมวลของไอน้ำ (m_v) ต่ออากาศแห้ง (m_a)

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} \tag{2.18}$$

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity : ϕ) คืออัตราส่วนโดยมวล (Mole fraction) ของไอน้ำในอากาศเปียก (x_v) ต่อมวลของไอน้ำในอากาศอิ่มตัว (x_g) ที่อุณหภูมิ และความดันเดียวกัน

$$\phi = \left| \frac{x_v}{x_g} \right|_{t,p} \tag{2.19}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสำหรับก๊าซในอุดมคติ โมลจะเท่ากับอัตราส่วนความดันย่อยของแต่ละองค์ประกอบ นั่นคือ

$$x_v = \frac{P_v}{P} \tag{2.19a}$$

$$x_g = \frac{P_g}{P} \tag{2.19b}$$

ดังนั้นความชื้นสัมพัทธ์สามารถจัดให้อยู่ในรูป

$$\phi = \left|\frac{P_v}{P_g}\right|_{t,p} \tag{2.20}$$

โดยกฎก๊าซอุดมคติ (Perfect Gas Law) สามารถหาความชื้นสัมพัทธ์ และความชื้นสัมบูรณ์ได้

$$m_v = \frac{P_v V}{R_v T} = \frac{P_v V M_v}{R\,T} \tag{2.21}$$

และ

$$m_a = \frac{P_a V}{R_a T} = \frac{P_a V M_a}{R\,T} \tag{2.22}$$

ดังนั้น

$$\omega = \frac{m_v P_v}{m_a P_a} \tag{2.23}$$

ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ

$$\omega = 0.6219\frac{P_v}{P_a} \tag{2.23a}$$

$$\omega = 0.6219\frac{P_v}{P - P_v} \tag{2.23b}$$

รวมสมการ (2.19) และ (2.13b) จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นสัมบูรณ์

$$\phi = \frac{\omega P}{(0.6219 + \omega)P_g} \tag{2.24}$$

เอนทาลปีของอากาศเปียก เป็นผลรวมของเอนทาลปีของไอน้ำ และอากาศแห้ง เทียบกับมวลของอากาศแห้ง

$$h = h_a + \omega h_v \tag{2.25}$$

ซึ่งค่าเอนทาลปีจะเป็นฟังชั่นของอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว ทำให้สามารถจัดรูปของเอนทาลปีของอากาศเปียกใหม่เป็น

$$h = C_p T + \omega h_g \tag{2.26}$$

โดยที่ C_p คือค่าความร้อนจำเพาะ (Specific heat) สำหรับอากาศจะมีค่า 1.005 $kJ/kg\cdot C$

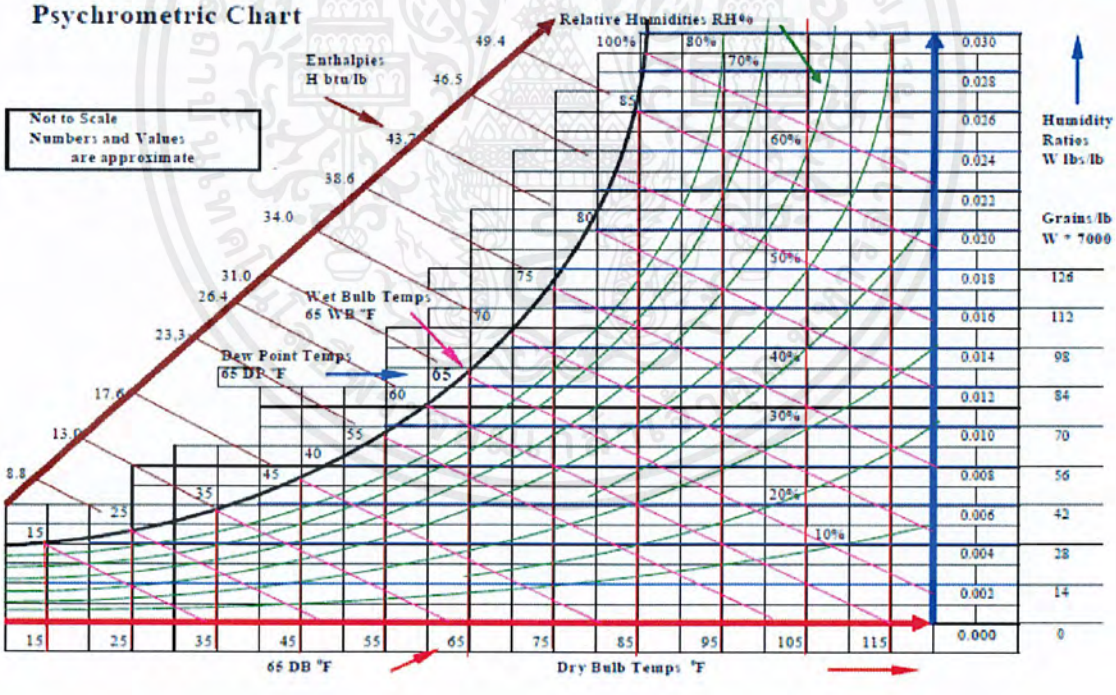
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16 แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychometric Chart)

แผนภูมิไซโคเมตริคเป็นกราฟซึ่งแสดงคุณสมบัติของอากาศ แสดงในรูปที่ 2.9 ค่าที่กำหนดในแผนภูมิเป็นค่าที่ได้จากอากาศมาตรฐาน และที่ความดันของบรรยากาศ

รูปที่ 2.9 เป็นการแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างทั่วๆไปของแผนภูมิไซโครเมตริก และคุณสมบัติพื้นฐานบางอย่างของอากาศ

1. เส้นในแนวดิ่งของแผนภูมิเป็นเส้นอุณหภูมิ DB คงที่
2. เส้นในแนวราบเป็นเส้นอุณหภูมิ DP คงที่ และอัตราส่วนความชื้น
3. เส้นที่ลากทแยงมุม เป็นเส้นอุณหภูมิ WB คงที่
4. เส้นที่ลาดในแนวดิ่งแต่เฉียงมาทางขวาเป็นเส้นปริมาตรจำเพาะคงที่
5. เส้นโค้งที่ลากจากด้านล่างซ้ายมือไปยังด้านขวามือบนแผนภูมิเป็นเส้นความชื้นสัมพัทธ์ (RH) และเส้นโค้งทางซ้ายสุดของแผนภูมิเป็นส่วน 100% RH และเป็นที่รู้กันเป็นเส้นอิ่มตัวอากาศที่สภาวะเช่นนี้
6. เส้นโค้งหักเห (Deviation curve) เป็นเส้นของเอนทาลปีที่ผิดไปจากเอนทาลปีเฉพาะ



รูปที่ 2.9 แผนภูมิไซโคเมตริก (Psychometric chart)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.17 กระบวนการปรับอากาศ (Air conditioning Process)

2.17.1 อัตราส่วนความร้อนสัมผัส (Sensible Heat Factor : SHF)

หมายถึง สมรรถนะของอีแวปอเรเตอร์ในการลดความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) เมื่อเปรียบเทียบกับสมรรถนะในการทำความเย็นของอีแวปอเรเตอร์ทั้งตัว โดยการลดอุณหภูมิลงของอากาศที่อยู่ในบริเวณที่จะปรับอากาศสัมพัทธ์กับความชื้นในอากาศ ด้วยเหตุที่งานปรับอากาศเป็นงานปรับทางอุณหภูมิ และความชื้นเพื่อให้เหมาะสมกับผู้ที่อยู่ในห้องปรับอากาศ ดังนั้นความร้อนที่ถ่ายเทออกจากห้องจึงต้องมีความร้อนสัมพัทธ์และความร้อนแฝง โดยหากให้อุณหภูมิของอากาศลดลงแต่เม็ดน้ำในอากาศยังมีเท่าเดิม เป็นการลดความร้อนสัมพัทธ์ (Sensible Heat) แต่ด้วยเหตุที่อุณหภูมิของอากาศมีผลต่อจำนวนเม็ดน้ำในอากาศ ถ้าอุณหภูมิลดลงจนถึงจุดน้ำค้าง (Dew Point) เม็ดน้ำในอากาศจะรวมตัวเป็นหยดน้ำ ความร้อนในอากาศจะถูกถ่ายเท ในช่วงนี้จะเป็นความร้อนแฝง (Latent Heat) กล่าวโดยสรุป อากาศที่ลดลงด้วยอุณหภูมิอย่างเดียวเป็นการถ่ายเทความร้อนสัมผัส หากเป็นการลดความชื้นในอากาศโดยอุณหภูมิยังคงเดิมเป็นการถ่ายเทความร้อนแฝง ดังนั้นหากอีแวปอเรเตอร์มีสมรรถนะในการทำความเย็น 1 ตัน (12,000 Btu/hr) และมีอัตราส่วนความร้อนสัมผัส 0.85 หมายความว่า อีแวปอเรเตอร์มีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนสัมผัส 10,200 Btu/hr (12,000 – 10,200) ปกติการกำหนดอัตราส่วนของความร้อนสัมผัสอยู่กับสภาพ และคุณภาพอากาศ

2.17.2 กระบวนการทำความร้อน หรือทำความเย็นของอากาศ (Heating or Cooling of Moist Air)

เมื่ออากาศถูกเพิ่มความร้อน หรือทำให้เย็นลง โดยไม่มีการสูญเสีย หรือเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นในอากาศ ในแผนภูมิไซโครเมตริก กระบวนการจะดำเนินเป็นเส้นตรงตามแนวนอน เนื่องจากความชื้นสัมบูรณ์คงที่ตลอดกระบวนการ กระบวนการเช่นนี้สมารถเกิดขึ้นเมื่ออากาศเปียกไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)

ในการเพิ่มความเย็น ถ้าอุณหภูมิที่ผิว (Surface Temperature) มีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิที่จุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature) ของอากาศเปียกแล้ว การลดความชื้น (Dehumidification) จะเกิดขึ้นโดยปริมาณความร้อนที่เพิ่ม หรือลดลงของกระบวนการหาได้จากสมการ

$$q = mC_p(T_1 - T_2) \tag{2.27}$$

สำหรับในห้องวัดความร้อน กระบวนการทำความร้อนจะเกิดขึ้นที่ชุดควบคุมอุณหภูมิอากาศเพื่อต้องการให้ความร้อนเพิ่มอุณหภูมิให้กับระบบ

2.17.3 กระบวนการทำความเย็นและลดความชื้นของอากาศ
(Cooling and Dehumidifying of Moist Air)

จากรูปที่ 2.4 และ 2.5 แสดงอุปกรณ์สำหรับทำความเย็นและความชื้นของอากาศ และกระบวนการที่เกิดขึ้นบนไซโคเมตริก ถึงแม้ว่าระหว่างกระบวนการที่เกิดขึ้นจริงจะเกิดการแปรผันของคุณสมบัติต่างๆของอากาศตามชนิดของพื้นที่ผิว อุณหภูมิที่ผิว และอัตราการไหลแต่ในส่วนของการถ่ายเทมวล และพลังงานสามารถพิจารณาคุณสมบัติต่างๆของอากาศได้ ณ จุดอ้างอิง นั้นคือจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่ออากาศถูกทำให้เย็นลง จนอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature) ไอน้ำบางส่วนจะกลั่นตัวออกไปจากอากาศเปียก ซึ่งส่วนของความชื้นในอากาศจะลดลง

ความร้อนที่ใช้ในกระบวนการนี้ เป็นผลรวมของส่วนการถ่ายเทความร้อนสัมผัส (Sensible Heat : q_s) และความร้อนแฝง(Latent Heat : q_l) ที่ซึ่งการถ่ายเทความร้อนสัมผัสนั้นเกี่ยวข้องกับการลด อุณหภูมิลงของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และการถ่ายเทความร้อนแฝงจะเกี่ยวข้องกับการลดลงของความชื้นสัมบูรณ์ สามารถกำหนดโดย

$$\dot{q}_s = \dot{m}_a C_p (T_1 - T_2) \tag{2.28}$$

$$\dot{q}_l = \dot{m}_a (T_1 - T_2) h_{fg} \tag{2.29}$$

นอกจากนั้นแล้ว ยังสามารถกำหนดค่าของความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงได้จากการพิจารณาจากรูปที่ 3 และจัดรูปได้ใหม่เป็น

$$\dot{q}_s = \dot{m}_a C_p (h_a - h_2) \tag{2.30}$$

$$\dot{q}_l = \dot{m}_a C_p (h_1 - h_a) \tag{2.31}$$

ซึ่งผลรวมของความร้อนทั้งมดหาได้จาก

$$\begin{aligned} q &= q_s + q_l \\ &= \dot{m}_a C_p (h_1 - h_2) \end{aligned} \tag{2.32}$$

ค่าอัตราส่วนภาระ(Sensible Heat Factor : SHF) คืออัตราส่วนความร้อนสัมผัสต่อความร้อนรวมทั้งหมด

$$SHF = \frac{q_s}{q_s + q_1} \tag{2.33}$$

จากสมการ(2.19) และ(2.22)

$$SHF = \frac{C_p (T_1 - T_2)}{h_1 + h_2} \tag{2.34}$$

สำหรับกระบนการทำความเย็น และลดความชื้นนี้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นขดท่อทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศนั่นเอง และอัตราการไหลของมวลอากาศแห้งที่ไหลผ่านกระบวนการนี้หาได้จาก

$$\dot{m}_a = \frac{q_{total}}{h_1 - h_2} \tag{2.35}$$

จากการพิจารณาการสมดุลมวลที่บริเวณทางเข้าและทางออกจากระบบ สามารถพิจารณาหามวลในส่วนที่เป็นไอน้ำ และอากาศได้คือ

$$\dot{m}_w = \dot{m}_a (\omega_1 - \omega_2) \tag{2.36}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.17.4 กระบวนการทำความร้อน และเพิ่มความชื้น (Heating and Humidifying of Moist Air)

อากาศจะถูกเพิ่มทั้งความร้อน และความชื้นสัมพัทธ์ ทำให้อุณหภูมิกระเปาะเปียก และกระเปาะแห้งสูงขึ้น เนื่องจากความร้อนที่เพิ่มให้ระบบจะเพิ่มทั้งความร้อนสัมพัทธ์ และความร้อนแฝง

จากสมการมวล และการสมดุลพลังงาน สามารถพิจารณาหาความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่ชุดควบคุมความชื้น ด้วยสมการ

$$\dot{Q} = \dot{m}_a\left[(h_2 - h_1) + h_{fg}(\omega_2 - \omega_1)\right]$$

$$\dot{Q} = \dot{m}_a\left[C_p(T_2 - T_1) + \omega_2 h_{fg} + \omega_1(h_{f2} - h_{f1})\right] \qquad (2.37)$$

2.18 การสมดุลพลังงาน (Balance Energy)

จากคุณสมบัติของการถ่ายเทความร้อนที่กล่าวว่า เมื่ออุณหภูมิระหว่างผิวทั้ง 2 ด้านของระบบมีค่าเท่ากันแล้วจะไม่เกิดการถ่ายเทความร้อน จากคุณสมบัติดังกล่าวเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับห้องทดสอบที่ได้สร้างขึ้นจึงจะสามารถตั้งสมมติฐานได้ว่าจะไม่มีการถ่ายเทความร้อนจากห้องชั้นในสู่ห้องชั้นนอก ซึ่งจะเหลือเพียงการถ่ายเทความร้อนระหว่างห้องชุดอีแวปอเรติ้งผ่านผนังกั้นกลางไปสู่ห้องชุดคอนเดนซิ่งเพียงค่าเดียว ($Q_{loss} = 0$)

จากการทำงานของห้องชุดอีแวปอเรติ้ง จะพบว่าสภาพอากาศภายในห้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขของสภาวะสม่ำเสมอ (Steady State) ซึ่งจะทำให้ค่าพลังงานภายในของระบบไม่เปลี่ยนแปลง ($\Delta U = 0$) ซึ่งจะทำให้กฎข้อที่หนึ่งของอุณหภูมิศาสตร์ลดรูปเหลือ

$$Q - W = 0$$

และ $$\dot{Q} - \dot{W} = 0 \qquad 2.38)$$

พิจารณาที่ชุดควบคุมความชื้นจะพบว่าสามารถจ่ายความร้อนให้กับระบบในจำนวน

$$q_h = C_p \Delta T$$

หรือ $$\dot{Q}_h = \dot{m} C_p \Delta T$$

ซึ่ง $$\Delta h = C_p \Delta T$$

จะได้ว่า $$\dot{Q}_h = \dot{m}\,\Delta h \qquad (2.39)$$

ซึ่งค่า Δh คือผลต่างเอนทาลปีของน้ำในชุดควบคุมความชื้น และเอนทาลปีของน้ำที่ไหลออกจากห้องซึ่งเกิดจากการควบแน่นที่อีแวปอเรเตอร์ ซึ่งค่าเอนทาลปีจะได้มาจากการนำอุณหภูมิที่วัดได้จากทั้ง 2 จุดมาเปิดตารางทางอุณหพลศาสตร์

สำหรับห้องชุดคอนเดนซิ่งจะมีเงื่อนไขเหมือนกับห้องชุดอีแวปอเรติ่ง แต่จะมีเพิ่มบางส่วนคือการหาอัตราการถ่ายเทความร้อนออกจากระบบโดยชุดทำน้ำเย็น ซึ่งจะมีการคำนวณคล้ายกับชุดควบคุมความชื้น ซึ่งจะได้การถ่ายเทความร้อนของชุดทำน้ำเย็นคือ

$$\dot{Q}_{ch} = \dot{m}_{ch}\,\Delta h_{ch} \qquad (2.40)$$

ซึ่งค่า Δh_{ch} คือผลต่างระหว่างเอนทาลปีของน้ำที่เข้าชุดน้ำเย็น และน้ำที่ออกจากชุดทำน้ำเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.19 ทฤษฎีการคำนวณ

จากสมการ (2.13) $Q-W=\Delta U+\Delta KE+\Delta PE$

จากเงื่อนไขข้างต้น $\Delta U=\Delta KE=\Delta PE=0$

จะได้ $Q-W=0$

หรือ $\dot{Q}-\dot{W}=0$

สำหรับห้องชุดอีแวปอเรติ้ง ความร้อนในห้องชุดอีแวปอเรติ้งประกอบด้วย

-อัตราความร้อนที่ผ่านออกทางอีแวปอเรเตอร์ ($\dot{Q}_e$)

-อัตราความร้อนที่รั่วไหลจากห้องชุดคอนเดนซิ่งผ่านผนังเข้าห้องอีแวปอเรติ้ง ($\dot{Q}_p$)

-อัตราความร้อนที่ให้กับน้ำในชุดควบคุมความชื้น ($\dot{Q}_{hu,e}$)

งานที่ให้กับห้องนี้เป็นงานทางไฟฟ้า (Electric Work) ทั้งหมดซึ่งจะทำให้

$$W=\Sigma W_E$$

สำหรับกำลังไฟฟ้าในห้องชุดอีแวปอเรติ้งประกอบด้วย

-กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ชุดอีแวปอเรติ้ง ($W_{E,e}$)

-กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้พัดลม ($W_{E,fa,e}$)

-กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ฮีทเตอร์ ($W_{E,he,e}$)

-กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ชุดควบคุมความชื้น ($W_{E,hu,e}$)

นำคุณสมบัติทั้งหมดแทนในสมการ (2.38) จะได้

$$Q-\Sigma W_E=0$$

$$\left(-\dot{Q}_e+\dot{Q}_p+\dot{Q}_{hu,e}\right)-\left(-\left(W_{E,e}+W_{E,fa,e}+W_{E,he,e}+W_{E,hu,e}\right)\right)=0 \quad (2.41)$$

จากสมการ(2.39)แทนค่าในสมการ(2.41)

จะได้ $$\dot{Q}_e=\dot{Q}_p+\dot{m}_e(h_{e,i}-h_{e,o})+W_{E,e}+W_{E,fa,e}+W_{E,he,e}+W_{E,hu,e} \quad (2.42)$$

สำหรับห้องชุดคอนเดนซิ่ง ความร้อนในห้องชุดคอนเดนซิ่งประกอบไปด้วย

- อัตราความร้อนที่ผ่านออกมาทางคอนเดนเซอร์ ($\dot{Q}_c$)
- อัตราความร้อนที่รั่วไหลจากห้องชุดตอนเดนซิ่งผ่านผนังเข้าห้องชุดอีเวปอเรติ้ง ($\dot{Q}_p$)
- อัตราความร้อนที่ให้กับน้ำในชุดควบคุมความชื้น ($\dot{Q}_{hu,c}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานที่ให้กับห้องนี้เป็นงานทางไฟฟ้า (Electrical Work) ทั้งหมดซึ่งจะทำให้

$$\dot{W} = \sum W_E$$

สำหรับกำลังไฟฟ้าในห้องชุดคอนเดนซิ่งประกอบด้วย

- กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ชุดคอนเดนเซอร์ ($W_{E,c}$)
- กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้พัดลม ($W_{E,fa,c}$)
- กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ฮีตเตอร์ ($W_{E,he,c}$)
- กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ชุดควบคุมความชื้น ($W_{E,hu,c}$)

นำคุณสมบัติทั้งหมดแทนในสมการ (2.39) จะได้

$$Q - \Sigma W_E = 0$$

$$\left(\dot{Q}_c - \dot{Q}_p + \dot{Q}_{hu,c} - \dot{Q}_{ch}\right) - \left(-\left(W_{E,e} + W_{E,fa,e} + W_{E,he,e} + W_{E,hu,e}\right)\right) = 0 \quad (2.43)$$

จากสมการ(2.40)แทนค่าในสมการ(2.43)จะได้

$$\dot{Q}_c = \dot{Q}_p - \dot{m}_c(h_{c,i} - h_{c,o}) + \dot{m}_{ch}(h_{ch,o} + h_{ch,i}) - W_{E,c} - W_{E,fa,c} - W_{E,he,c} - W_{E,hu,c}$$

(2.44)

จากอัตราการถ่ายเทความร้อนที่คำนวณได้จากห้องทั้งสองนั้น สามารถนำมาคำนวณหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio : EER) โดยค่า EER มีหน่วยเป็น Btu/hr/W

$$EER = \frac{\dot{Q}}{W_{aircond}} \times 3.412 \quad \text{[Btu/hr W]} \qquad (2.45)$$

ซึ่ง $W_{aircond} = W_{E,e} + W_{E,c}$

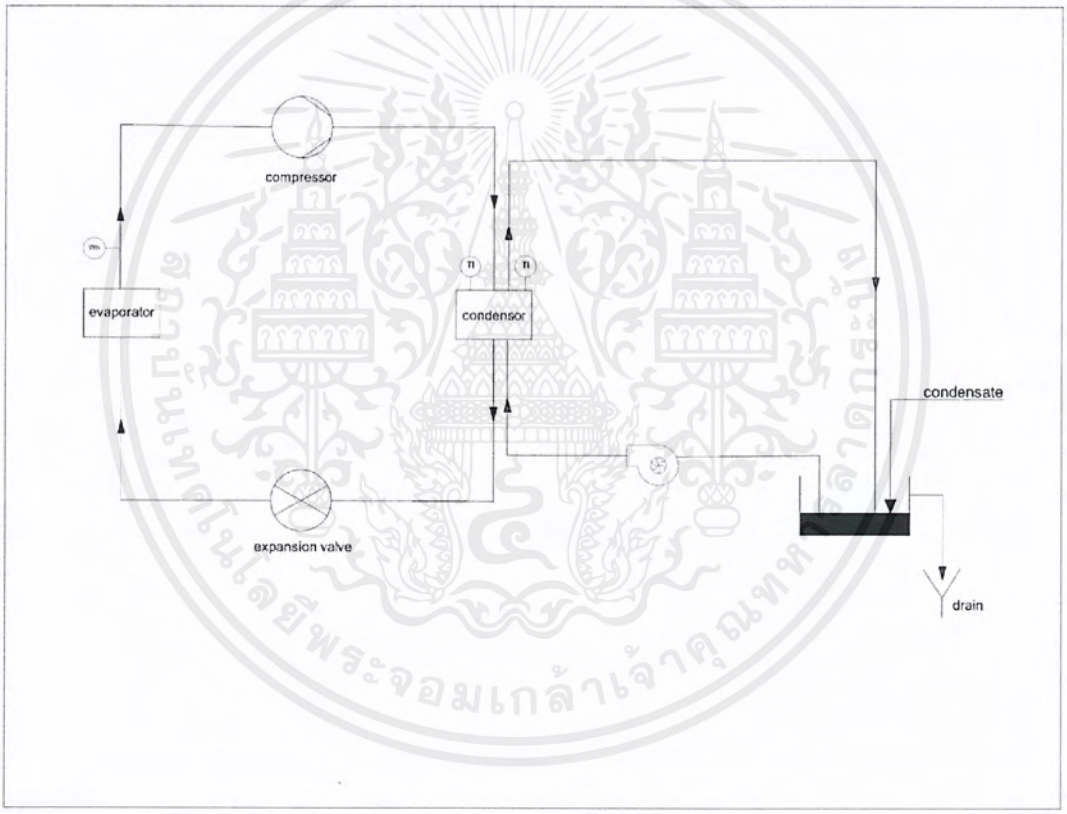
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการประกอบสร้าง

3.1 บทนำ

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงหลักการทำงาน และการออกแบบเพื่อสร้างอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน โดยอุปกรณ์นี้ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อช่วยให้ห้องคอนเดนซิ่ง ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง เนื่องจากการใช้อุปกรณ์นี้ จะเป็นการช่วยให้อุณหภูมิของลมที่เข้าไปยังห้องคอนเดนซิ่งต่ำลง โดยการฉีดละอองน้ำเย็นเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับลม

3.2 วัฏจักรการทำงานของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน



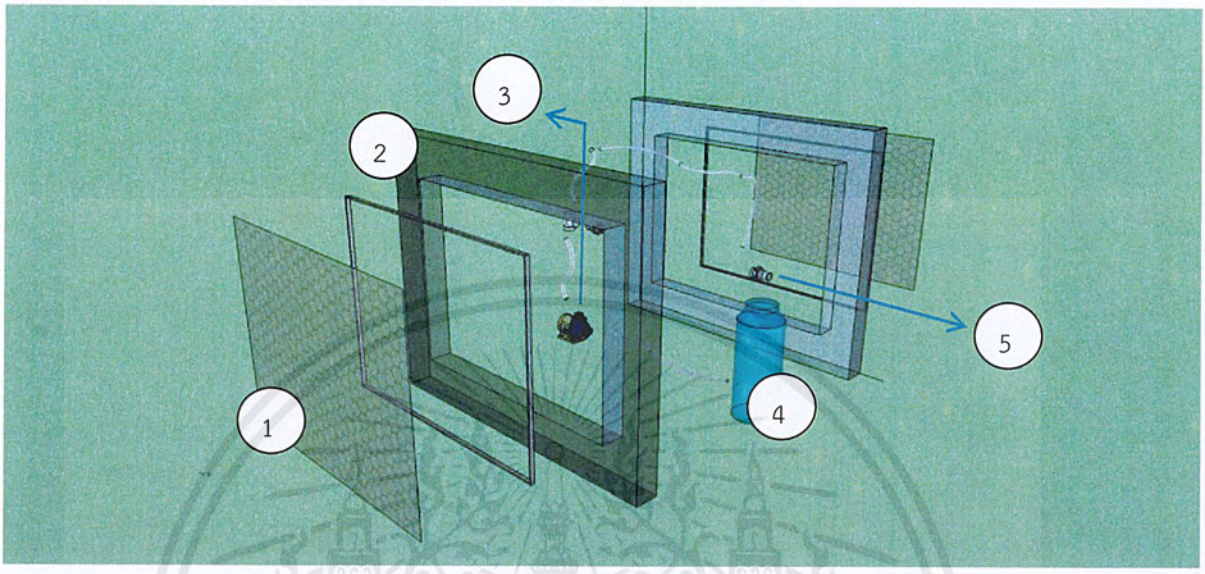
รูปที่ 3.1 วัฏจักรการทำงานของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน

จากรูปที่ 3.1 แสดงอุปกรณ์ และหลักการทำความเย็นของวัฏจักรทำความเย็น (Refrigeration Cycle) โดยมีการเพิ่มประสิทธิภาพการทำความเย็นด้วยอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน โดยอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานจะถูกติดตั้งบริเวณด้านหลังคอนเดนซิ่งยูนิต(Condensing Unit) ซึ่งจะเป็นการลดอุณหภูมิของอากาศขาเข้าคอนเดนซิ่งยูนิตหรืออากาศด้านหลังคอนเดนซิ่งยูนิต ซึ่งน้ำที่ใช้พ่นเพื่อลดอุณหภูมิจะมาจากถังเก็บน้ำ และเมื่อน้ำในถังเก็บน้ำถูกพ่นออกไปจะถูกทดแทนด้วยน้ำคอนเดนเสท (Condensate) ซึ่งเหลือทิ้งจากกระบวนการทำความเย็น และน้ำคอนเดนเสทนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำจึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน

3.3 อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำงานของระบบ



รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบม่านน้ำประหยัดพลังงาน

อุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน ประกอบด้วย

1. ตาข่ายกันฝุ่น
2. โครงอะลูมิเนียม
3. ปั๊มน้ำ
4. ถังเก็บน้ำ
5. หัวฉีด

3.3.1 วงจรสวิตซ์ตั้งเวลาเปิด-ปิดระบบดิจิตอล

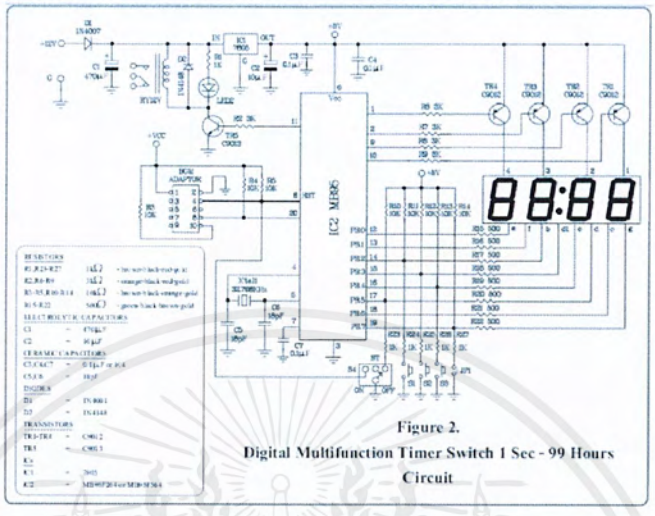
ข้อมูลทางเทคนิค

- ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ดีซี
- กินกระแสไฟฟ้าสูงสุด 90 มิลลิแอมป์
- สามารถตั้งเวลาเปิด และปิดได้ตั้งแต่ 1 วินาทีถึง 99 ชั่วโมง
- สามารถตั้งเวลาได้ 4 รูปแบบ ได้แก่ ตั้งเวลาเปิด, ตั้งเวลาปิด, ตั้งเวลาสลับเปิด-สลับปิด และตั้งเวลาเปิด-ปิดอัตโนมัติ
- สามารถต่อโหลดได้สูงสุด 1 แอมป์
- ขนาดแผ่นวงจรพิมพ์ 3.57x2.40 นิ้ว

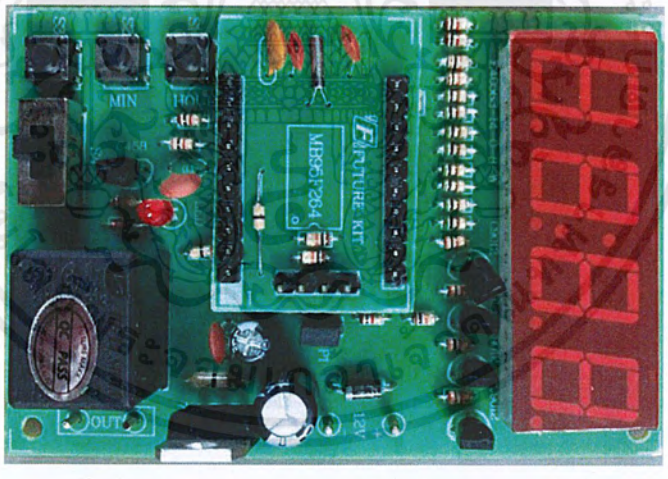
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงาน

มีไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นหัวใจของวงจรนี้ โดยตัวไอซีได้รับการโปรแกรมมาจากทางโรงงานแล้ว การทำงานของวงจรจะเริ่มจากการตั้งเวลาเปิด และตั้งเวลาปิดตามต้องการ โดยการตั้งเวลานี้จะสัมพันธ์กับการทำงานของรีเลย์ด้วย



รูปที่ 3.3 วงจรสวิตซ์ตั้งเวลาเปิด-ปิดระบบดิจิตอล



รูปที่ 3.4 สวิตซ์ตั้งเวลาเปิด-ปิดระบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

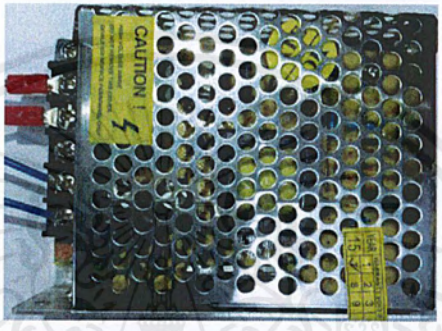
3.3.2 LED Power supply

ข้อมูลทางเทคนิค

- Input voltage : AC 90-240 V 50/60 Hz
- Output voltage : 12 V
- Output current : 3 A
- Output power : 36 W

การทำงาน

แปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V ให้มาเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 12 V เพื่อให้ใช้งานกับปั๊มน้ำดีซีได้



รูปที่ 3.5 LED Power supply

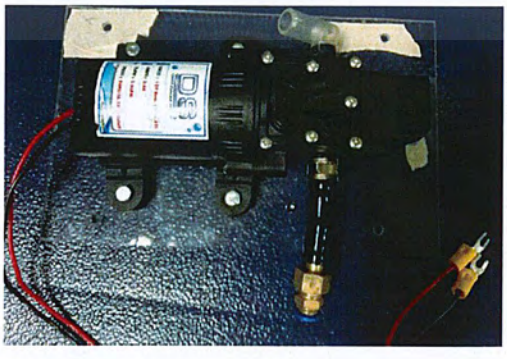
3.3.3 ปั๊มน้ำดีซี

ข้อมูลทางเทคนิค

- Volt : 12 V (9 V -14.4 V)
- AMPS : 2.6 A
- Flow : 3.6 LPM
- Press : 90 PSI (6.2 Bar) Cutoff

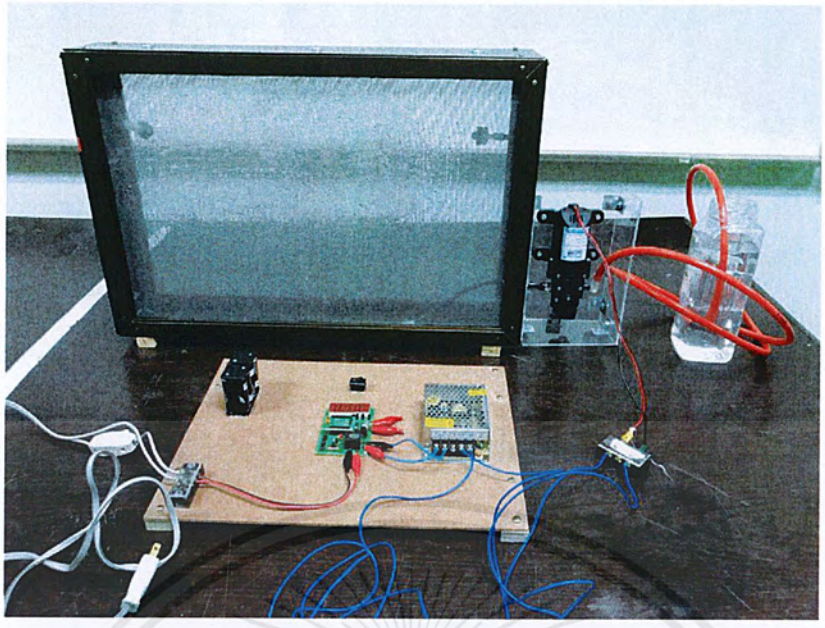
การทำงาน

สูบน้ำจากถังเก็บน้ำคอนเดนเสท มาพ่นให้เป็นละอองภายในม่านน้ำประหยัดพลังงาน



รูปที่ 3.6 ปั๊มน้ำดีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ม่านน้ำประหยัดพลังงาน

รูปที่ 3.8 ติดตั้งม่านน้ำประหยัดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดสอบและประเมินผล

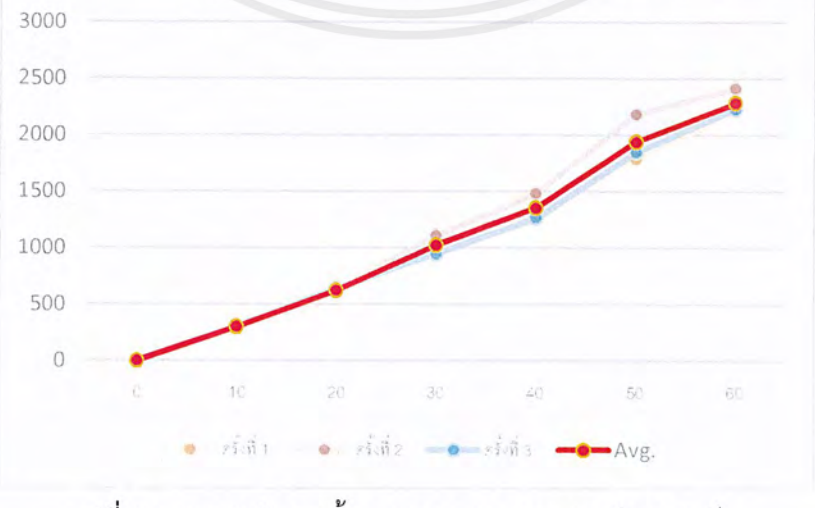
จากทฤษฎีทั้งหมดที่ได้กล่าวไปในบทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องแล้ว ผู้วิจัยได้นำอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัด
พลังงานมาทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน และได้ผลจากการทดสอบดังต่อไปนี้

4.1 ปริมาณน้ำ (คอนเดนเสท) จากระบบปรับอากาศ

จากที่กล่าวมาในบทที 3 การออกแบบและการประกอบสร้าง ในการทำงานของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน จะต้องมีน้ำเพื่อใช้ในการพ่นไอน้ำ และทางผู้วิจัยได้ออกแบบให้อุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานใช้น้ำจากระบบน้ำคอนเดนเสทของระบบปรับอากาศขนาด 18,000 BTU/hr. ขนาดห้อง 40 m^2 ที่ปกติน้ำเหล่านี้จะไหลทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการวัดปริมาณน้ำคอนเดนเสทจากระบบปรับอากาศเป็นจำนวน 3 ครั้ง จากนั้นจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยแล้วจดบันทึกค่าต่างๆ และนำมาวาดกราฟได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ปริมาณน้ำคอนเดนเสทจากระบบทำความเย็น

เวลา (min.)	ปริมาณน้ำคอนเดนเสทที่วัดได้ (mL.)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	Avg.
0	0	0	0	0
10	288	312	302	300.66
20	600	630	642	624
30	1020	1108	947	1025
40	1316	1483	1267	1355.33
50	1788	2185	1850	1941
60	2214	2415	2231	2286.66



รูปที่ 4.1 กราฟปริมาณน้ำคอนเดนเสทจากระบบทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 อัตราการใช้น้ำของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน

จากหัวข้อ 4.1 ปริมาณน้ำคอนเดนเสทจากระบบทำความเย็น พบว่าในเวลา 1 ชั่วโมง ระบบน้ำคอนเดนเสทของระบบปรับอากาศจะมีน้ำไหลออกมาประมาณ 2 ลิตร ดังนั้นอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานจะต้องมีอัตราการใช้น้ำน้อยกว่า 2 ลิตรต่อชั่วโมง จากการทดลองการใช้งานโดยให้อุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน ทำการฉีดน้ำอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีเวลาหยุดพัก จะมีอัตราการใช้น้ำเป็น 5 นาทีต่อลิตร (ขึ้นอยู่กับขนาดของปั๊มน้ำ) ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการตั้งเวลาการทำงานเป็นรอบโดยคำนึงถึงสิ่งต่างๆดังนี้

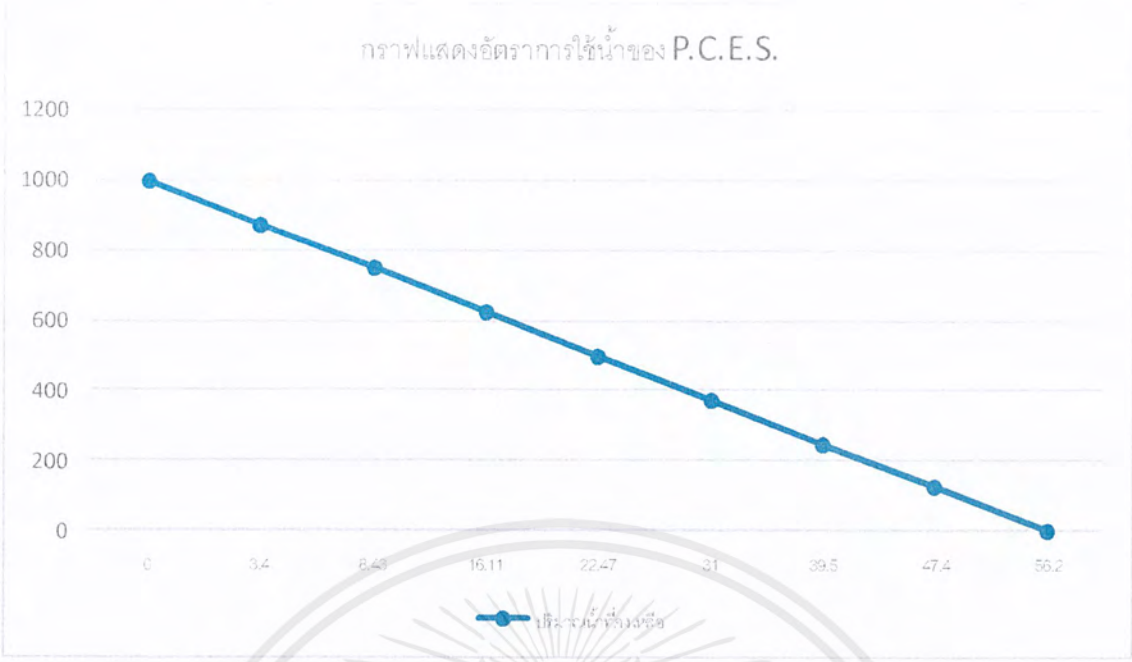
- อัตราการใช้น้ำจะต้องน้อยกว่าอัตราการไหลออกมาของน้ำคอนเดนเสท
- การทำงานของอุปกรณ์ม่านน้ำต้องไม่ส่งผลกระทบต่อคอนเดนซิ่งยูนิต นั้นคือไม่ก่อให้เกิดสนิม หรือส่งผลกระทบให้น้อยที่สุด
- ระยะเวลาการพ่นน้ำต้องรักษาอุณหภูมิด้านหลังคอนเดนซิ่งยูนิตให้คงที่ค่าหนึ่ง

จากการคำนึงถึงเงื่อนไขต่างๆ ทางผู้วิจัยจึงหาระยะเวลาการทำงาน และการหยุดทำงานได้เป็น ทำงาน 2 วินาที และหยุดทำงาน 40 วินาที ซึ่งจะได้อัตราการใช้น้ำ และกราฟอัตราการใช้น้ำดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 ปริมาณน้ำคอนเดนเสทที่คงเหลือ

ปริมาณน้ำคอนเดนเซ็ทที่คงเหลือ (mL.)	เวลา (min.)
1000	0
875	3.4
750	8.43
625	16.11
500	22.47
375	31
250	39.5
125	47.4
0	56.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟอัตราการใช้น้ำคอนเดนเสทของม่านน้ำประหยัดพลังงาน

4.3 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่างๆ

เมื่อเราได้ระยะเวลาของการทำงานแล้ว ผู้วิจัยจึงได้นำอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานไปทำการทดสอบในแต่ละช่วงเวลา เพื่อสังเกตค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงทั้งก่อนการติดตั้ง และหลังการติดตั้ง จากนั้นจึงนำค่าต่างๆ มาบันทึกได้ดังต่อไปนี้

4.3.1 วัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่างๆ

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่างๆ

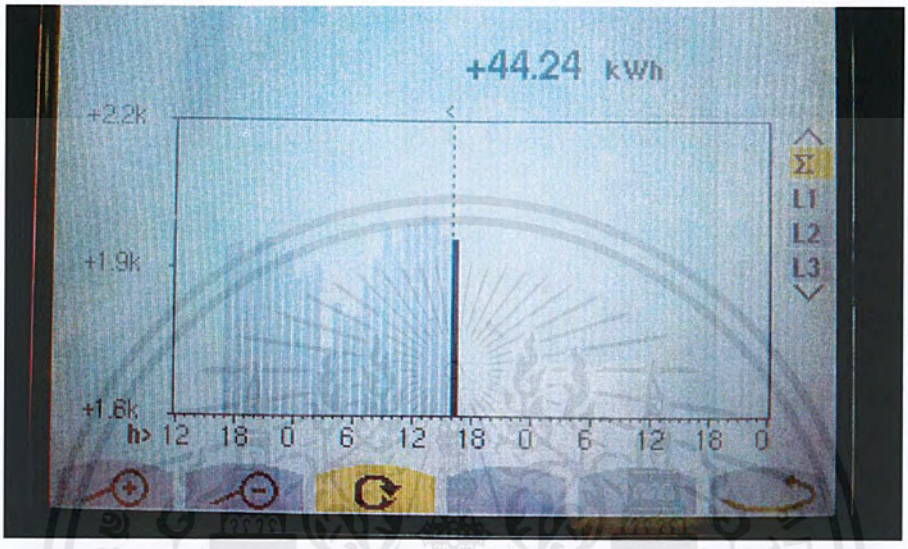
รายละเอียด	ก่อนติดตั้ง	หลังติดตั้ง
V_{rms} (V.)	204.5	206.4
I_{rms} (A.)	9.5	8.5
KVAh	44.48	40.70
KWh	44.24	40.44
Power factor	0.995	0.991
อุณหภูมิด้านหลัง Condensing unit (° C)	33	29
อุณหภูมิด้านหน้า Condensing unit (° C)	39	38
ประหยัดพลังงาน (KWh)	3.8	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ

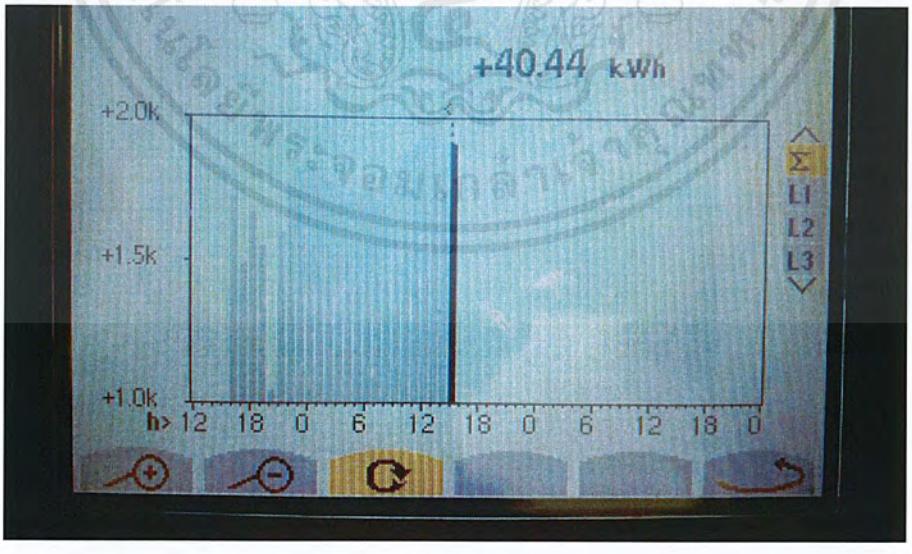
ทางผู้วิจัยได้ทำการวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศทั้งก่อน และหลังการติดตั้งอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานในรูปแบบของกราฟแท่งได้ดังนี้

4.4.1 ก่อนการติดตั้ง



รูปที่ 4.3 การใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศก่อนการติดตั้ง

4.4.2 หลังการติดตั้ง



รูปที่ 4.4 การใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศหลังการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

ภายในอาคารบ้านเรือน หรืออาคารพาณิชย์ต่างๆ จะต้องมีภาระทางไฟฟ้าต่างๆมากมายหลายชนิดและภาระทางไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดในอาคารบ้านเรือนต่างๆ ก็คือภาระทางไฟฟ้าจากระบบ ปรับอากาศนั่นเอง ด้วยเหตุนี้ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษา และออกแบบอุปกรณ์ที่ช่วยในการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศนี้ โดยเริ่มต้นจากแนวคิดที่ว่า ถ้าเราสามารถทำให้อุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนของคอนเดนซิ่งยูนิตลดลง ประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ ปรับอากาศก็จะดีขึ้น สามารถดูดซับความร้อนจากห้องปรับอากาศได้มากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ระบบปรับอากาศ ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง และจะสามารถประหยัดพลังงานได้ในที่สุด ทางคณะผู้วิจัยจึงสร้างอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับพ่นละอองน้ำนั่นคือม่านน้ำประหยัดพลังงาน แล้วนำไปพ่นละอองน้ำบริเวณด้านหลังของคอนเดนซิ่งยูนิต เพื่อที่จะลดอุณหภูมิของอากาศขาเข้าของคอนเดนซิ่งยูนิต ซึ่งอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานนี้ มีรูปทรง เป็นรูปสี่เหลี่ยม และมีส่วนประกอบต่างๆ ได้แก่ มุ้งลวดสำหรับดักจับฝุ่น หัวฉีดละอองน้ำกับสายยางลำเลียงน้ำ ถังพักน้ำ ปั๊มน้ำสำหรับดูดน้ำจากถังพักน้ำเพื่อนำไปฉีดที่หัวฉีดละอองน้ำ และวงจรตั้งเวลาเปิด-ปิด การทำงานของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน โดยทางคณะผู้วิจัยได้ออกแบบให้น้ำที่ใช้ในการทำงานของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานนี้ นำมาจากน้ำคอนเดนเสทของระบบปรับอากาศ (Condensate water) คณะผู้วิจัยจึงทำการวัดปริมาณของน้ำคอนเดนเสทจากระบบปรับอากาศ และอัตราการใช้น้ำในการฉีดละอองน้ำของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน เพื่อที่จะหาเวลาการเปิดและปิดของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน ทำให้สามารถทำงานได้โดยที่น้ำไม่มีวันหมด และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงที่สุด นอกจากนั้น เวลาเปิด-ปิดการทำงานของอุปกรณ์ยังคำนึงถึงความเสียหายที่ส่งผลกระทบต่อคอนเดนซิ่งยูนิตอีกด้วย แหล่งพลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานนี้ ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 220 V (เฟส) หรือก็คือ ใช้ไฟฟ้าจากบ้านเรือนโดยการเสียบปลั๊กไฟฟ้า และเครื่องปรับอากาศที่ใช้มีขนาด 18,000 BTU/hr. พื้นที่ของห้องขนาด 40 m^2 เปิดทำงาน 24 ชั่วโมงโดยตั้งอุณหภูมิทำงาน 25 องศาเซลเซียส

คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของการใช้อุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่างๆ ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า (V) กระแสไฟฟ้า (A) ค่าตัวประกอบกำลัง อุณหภูมิของอากาศบริเวณขาเข้า และขาออกของ คอนเดนซิ่งยูนิต ($^{\circ}$ C) และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (Wh) โดยทำการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าทั้งตอนก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ และหลังการติดตั้งอุปกรณ์ จากนั้นก็ทำการจดบันทึกค่าต่างๆ ลงในตารางเพื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดลองต่อไป

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานพบว่า อุปกรณ์ ม่านน้ำประหยัดพลังงาน สามารถช่วยลดอุณหภูมิของอากาศบริเวณขาเข้าของคอนเดนซิ่งยูนิตได้ 3 องศาเซลเซียสถึง 4 องศาเซลเซียส และจากการวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศพบว่า เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานแล้ว สามารถช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ หรืออาจกล่าวได้ว่า อุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานของทางคณะผู้วิจัย สามารถช่วยให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 9 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาออกแบบ และสร้างอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานนั้น มีต้นทุนในการสร้างประมาณ 2,500 บาท และอุปกรณ์นี้สามารถช่วยให้ประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ในส่วนหนึ่ง ดังนั้นอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานนี้จึงเหมาะที่จะใช้กับอาคารพาณิชย์ หรือบ้านเรือนที่มีปริมาณการใช้ระบบปรับอากาศเป็นจำนวนมาก เพราะยิ่งถ้ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก ก็ยิ่งจะทำให้ถึงจุดคุ้มทุนได้อย่างรวดเร็วมากยิ่งขึ้น และในการพ่นน้ำควรเป็นละอองน้ำให้พอดีกับการแลกเปลี่ยนความร้อนด้วย เพราะถ้ามีละอองน้ำเหลือเยอะเกินไปอาจทำให้คอนเดนซิ่งยูนิตมีความชื้น เป็นผลให้เกิดการเกาะของฝุ่นได้ ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงต้องมีเวลาทำการศึกษาที่ยาวนานมากกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] R.S. KHURMI, J.K. GUPTA, **Refrigeration and Air-Conditioning,** Eurasia publishing house (P) LTD., 1987.

[2] YUNUS A. CENGEL, **Thermodynamics An Engineering Approach**, 2011

[3] ศรัทธา อาภรณ์รัตน์, **ทฤษฎีระบบเครื่องทำความเย็น**, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์, 2014

[4] ASHRAE Hanbook Fundamentals, America Society of Heating, **Refrigerating and Air-Condition Engineer**, 1997

[5] พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม กฎกระทรวงออกตามความในพระราชบัญญัติ **การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน** พ.ศ.2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
บทความวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ม่านน้ำประหยัดพลังงาน

Pre-Cooling Energy Saver

ฐนันดร อุ่นเจริญ ธนกฤต อ่อนประสงค์ ปัถย์ สุทธิพงษ์ และสกุลชัย กองตา
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
1 ซอยฉลองกรุง 1 เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925 E-Mail: form_o-ps@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการออกแบบม่านน้ำประหยัดพลังงานเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ โดยการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนของคอยล์ร้อนในระบบปรับอากาศ ส่งผลให้สารทำความเย็นสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนที่คอยล์ร้อนได้เพิ่มขึ้นประมาณ 3 องศาเซลเซียสหลังการติดตั้งม่านน้ำประหยัดพลังงาน ซึ่งจะทำให้ระบบปรับอากาศที่มีขนาดเท่าเดิมสามารถรับภาระทางความร้อนได้มากขึ้นโดยทำกับเครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 BTU/hr. มีพื้นที่ห้องขนาด 40 m^2 โดยตั้งอุณหภูมิทำงาน 25 องศาเซลเซียส และจากผลการทดลองจะทำให้พลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศลดลงประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ม่านน้ำประหยัดพลังงาน, คอนเดนเสท, ระบบปรับอากาศ, วัฏจักรทำความเย็น, คอนเดนซิ่งยูนิต

Abstract

This project presents construction of Pre-cooling energy saver. Effective water cooling system for reducing a consuming energy in air conditioning system, by enhances heat transfer efficiency of condensing unit. After pre-cooling system was installed, heat exchange by refrigerant increase by 3 °C. As a result, water pre-cooling system extend heat duty of air-conditioning system and reduce energy consumption by 9%.

Keyword: Pre-cooling Energy Saver, Condensate, Air-conditioning, Refrigeration cycle, condensing unit

1.บทนำ

ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ประดิษฐ์เครื่องม่านน้ำประหยัดพลังงานแล้วเห็นว่างานวิจัยชิ้นนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อระบบปรับอากาศในอาคารสำนักงานได้ เนื่องจากเป็นการช่วยให้คอยล์ร้อนที่คอนเดนเซอร์ยูนิตระบายความร้อนได้มากขึ้น อีกทั้งทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลงจึงประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศได้ซึ่งดำเนินการตามแผนพัฒนาพลังงานของทางภาครัฐที่ต้องประหยัดพลังงาน และใช้พลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เพราะในอาคารสำนักงานอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 40-60% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสำนักงานทั้งหมด คือ ระบบปรับอากาศ ซึ่งจากวัฏจักรระบบทำความเย็นทางคณะผู้วิจัยได้ทำการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความเย็น และเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ยูนิต เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ด้วยม่านน้ำประหยัดพลังงาน โดยติดตั้งม่านน้ำประหยัดพลังงานที่ด้านหลังตัวคอนเดนเซอร์ยูนิตที่ อยู่ภายนอกอาคารสำนักงาน ซึ่งอาศัยหลักการการเพิ่มความสามารถในการระบายความร้อนของน้ำยาสารทำความเย็นในคอยล์ร้อน เป็นข้อได้เปรียบมากกว่าระบบปรับอากาศโดยทั่วไปที่ไม่ได้ติดตั้งม่านน้ำประหยัดพลังงาน

2.ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทอร์โมไดนามิกส์ และพลังงาน

2.1.1 เทอร์โมไดนามิกส์ (Thermodynamics) เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ว่าด้วยเรื่องของพลังงาน โดยมีเนื้อหาครอบคลุมถึงเรื่องของพลังงานในรูปต่างๆ การเปลี่ยนรูปของพลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน รวมทั้งสมบัติต่างๆ ของสารที่ใช้เป็นตัวกลางในการเปลี่ยนแปลงนั้นๆ

2.1.2 พลังงาน (Energy) คือความสามารถที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยพลังงานสามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่ง และสามารถถ่ายโอนจากบริเวณหนึ่งไปสู่อีกบริเวณหนึ่งได้ ในการเปลี่ยนรูป หรือการถ่ายโอนพลังงานจะเป็นไปตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน หรือกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ กล่าวคือ พลังงานรวมจะมีค่าคงที่ เนื่องจากพลังงานไม่สามารถถูกทำลายหรือถูกสร้างขึ้นมาได้

2.2 ทฤษฎีการทำความเย็น

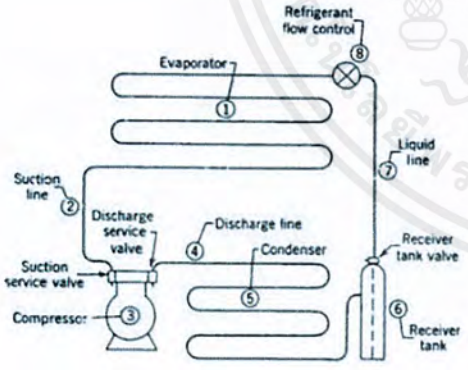
2.2.1 การทำความเย็น (Refrigeration)การทำความเย็นเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่กล่าวถึงวิธีในการลด และรักษาระดับของอุณหภูมิของเนื้อที่ว่าง หรือของเทหวัตถุให้ต่ำกว่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปสามารถนิยามการทำความเย็นอย่างสั้นๆว่าเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

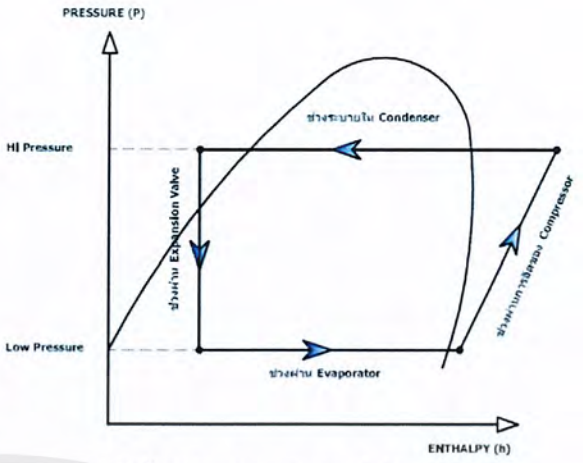
กระบวนการการเคลื่อนย้ายความร้อนออกจากสถานที่หนึ่งทำให้อุณหภูมิของสถานที่นั้นๆ เพื่อลดอุณหภูมิลง หรือรักษาระดับอุณหภูมิที่ต้องการไว้จะเรียกว่า ความร้อนที่คิดเป็นภาระ(Heat Load) จะเป็นผลรวมของแหล่งความร้อนต่างๆ เช่น ความร้อนที่เกิดจากการรั่วซึม, ความร้อนจากร่างกายคน, ความร้อนจากผลิตภัณฑ์, ความร้อนจากมอเตอร์, ความร้อนจากหลอดไฟ หรือความร้อนจากอุปกรณ์ต่างๆ และสิ่งเหล่านี้จะมีผลในการคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์ทำความเย็น

2.2.2 สารทำความเย็นที่เป็นของเหลว (Liquid Refrigerant)

ขณะที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ มันสามารถดูดความร้อนแฝงไว้ได้เป็นจำนวนมากซึ่งได้นำมาใช้เป็นหลักการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นในยุคปัจจุบัน การกลายเป็นไอของของเหลวในลักษณะเป็นตัวทำความเย็นจะมีข้อดีกว่าการหลอมละลายของของแข็ง และการกลายเป็นไอสามารถควบคุมได้ง่ายกว่า ผลของความเย็นที่ได้จากการกลายเป็นไอของสารทำความเย็นสามารถที่จะเริ่มต้น หรือหยุดขณะใดขณะหนึ่งได้ สามารถที่จะกำหนดความเย็นล่วงหน้าได้ และอุณหภูมิการกลายเป็นไอของของเหลวสามารถควบคุมได้โดยการปรับความดันและของเหลวที่กลายเป็นไอแล้วสามารถเก็บรวบรวมไว้ และพร้อมที่จะทำให้เป็นของเหลวนำกลับมาใช้ได้อีก ในปัจจุบันของเหลวที่นิยมนำมาเป็นสารทำความเย็นที่แพร่หลาย ก็คือ Fluorinated hydrocarbon of methane series ใช้ชื่อทางเคมีว่า Monochlorodifluoromethane ($CHCLF_2$) ใช้ชื่อทางการค้าว่า ฟรีออน โดยมีชื่อทางเคมีทั่วไปว่า Refirgetant – 22(R-22) หรือฟรีออน – 22



รูปที่ 2.1 อุปกรณ์เครื่องทำความเย็น

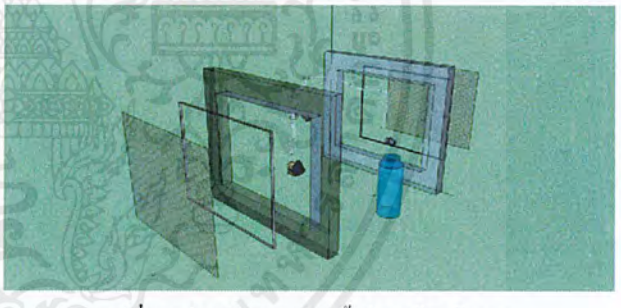


รูปที่ 2.2 วัฏจักรการทำความเย็นในทางทฤษฎี

3.การออกแบบและการประกอบสร้าง

3.1 บทนำ

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงหลักการทำงาน และการออกแบบเพื่อสร้างอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน โดยอุปกรณ์นี้ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อช่วยให้ห้องคอนเดนซิ่ง ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง เนื่องจากการใช้อุปกรณ์นี้ จะเป็นการช่วยให้อุณหภูมิของลมที่เข้าไปยังห้องคอนเดนซิ่งต่ำลง โดยการฉีดละอองน้ำเย็นเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบม่านน้ำประหยัดพลังงาน

หลักการทำความเย็นของวัฏจักรทำความเย็น (Refrigeration Cycle) โดยมีการเพิ่มประสิทธิภาพการทำความเย็นด้วยอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน โดยอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานจะถูกติดตั้งบริเวณด้านหลังคอนเดนซิ่งยูนิต(Condensing Unit) ซึ่งจะเป็นการลดอุณหภูมิของอากาศขาเข้าคอนเดนซิ่งยูนิตหรืออากาศด้านหลังคอนเดนซิ่งยูนิต ซึ่งน้ำที่ใช้พ่นเพื่อลดอุณหภูมิจะมาจากถังเก็บน้ำ และเมื่อน้ำในถังเก็บน้ำถูกพ่นออกไปจะถูกทดแทนด้วยน้ำคอนเดนเซท (Condensate) ซึ่งเหลือทิ้งจากกระบวนการทำความเย็น และน้ำคอนเดนเซทนี้ จะมีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำจึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.การทดสอบและประเมินผล

4.1 ปริมาณน้ำ (คอนเดนเสท) จากระบบปรับอากาศ

ตารางที่ 4.1 ปริมาณน้ำคอนเดนเสทจากระบบทำความเย็น

เวลา (min.)	ปริมาณน้ำคอนเดนเสทที่วัดได้ (mL.)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	Avg.
0	0	0	0	0
10	288	312	302	300.66
20	600	630	642	624
30	1020	1108	947	1025
40	1316	1483	1267	1355.33
50	1788	2185	1850	1941
60	2214	2415	2231	2286.66

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่างๆ

รายละเอียด	ก่อน	หลัง
Vrms (V.)	204.5	206.4
Irms (A.)	9.5	8.5
KVAh	44.48	40.70
KWh	44.24	40.44
Power factor	0.995	0.991
อุณหภูมิด้านหน้า Condensing unit (°C)	39	38
อุณหภูมิด้านหลัง Condensing unit (°C)	33	29
พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ (KWh)	44.24	40.44
ประหยัดพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ (KWh)	3.8	
ประหยัดพลังงานไฟฟ้า (%)	8.59	

5.สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

ภายในอาคารบ้านเรือน หรืออาคารพาณิชย์ต่างๆ จะต้องมีภาระทางไฟฟ้าต่างๆมากมายหลายชนิดและภาระทางไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดในอาคารบ้านเรือนต่างๆ ก็คือภาระทางไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศนั่นเอง ด้วยเหตุนี้ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษา และออกแบบอุปกรณ์ที่ช่วยในการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศนี้ โดยเริ่มต้นจากแนวคิดที่ว่า ถ้าเราสามารถทำให้อุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนของคอนเดนซิ่งยูนิตลดลง ประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ ปรับอากาศก็จะดีขึ้น สามารถดูดซับความร้อนจากห้องปรับอากาศได้มากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ระบบปรับอากาศ ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง และจะสามารถประหยัดพลังงานได้ในที่สุด ทางคณะผู้วิจัยจึงสร้างอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับพ่นละอองน้ำนั่นคือม่านน้ำประหยัดพลังงาน แล้วนำไปพ่นละอองน้ำบริเวณด้านหลังของคอนเดนซิ่งยูนิต เพื่อที่จะลดอุณหภูมิของอากาศขาเข้าของคอนเดนซิ่งยูนิต ซึ่งอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานนี้ มีรูปทรง เป็นรูปสี่เหลี่ยม และมีส่วนประกอบต่างๆ ได้แก่ มุ้งลวดสำหรับดักจับฝุ่น หัวฉีดละอองน้ำกับสายยาง ลำเลียงน้ำ ถังพักน้ำ ปั๊มน้ำสำหรับดูดน้ำจากถังพักน้ำเพื่อนำไปฉีดที่หัวฉีดละอองน้ำ และวงจรตั้งเวลาเปิด-ปิด การทำงานของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน โดยทางคณะผู้วิจัยได้ออกแบบให้น้ำที่ใช้ในการทำงานของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานนี้ นำมาจากน้ำคอนเดนเสทของระบบปรับอากาศ (Condensate water) คณะผู้วิจัยจึงทำการวัดปริมาณของน้ำคอนเดนเสทจากระบบปรับอากาศ และอัตราการใช้น้ำในการฉีดละอองน้ำของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน เพื่อที่จะหาเวลาการเปิด และปิดของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงาน ทำให้สามารถทำงานได้โดยที่น้ำไม่มีวันหมด และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงที่สุด นอกจากนั้น เวลาเปิด-ปิดการทำงานของอุปกรณ์ยังคำนึงถึงความเสียหายที่ส่งผลกระทบต่อคอนเดนซิ่งยูนิตอีกด้วย แหล่งพลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานนี้ ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 220 V (เฟส) หรือก็คือ ใช้ไฟฟ้าจากบ้านเรือนโดยการเสียบปลั๊กไฟฟ้า

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานพบว่า อุปกรณ์ ม่านน้ำประหยัดพลังงาน สามารถช่วยลดอุณหภูมิของอากาศบริเวณขาเข้าของคอนเดนซิ่งยูนิตได้ 3 องศาเซลเซียสถึง 4 องศาเซลเซียส และจากการวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศพบว่า เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานแล้ว สามารถช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ หรืออาจกล่าวได้ว่า อุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานของทางคณะผู้วิจัย สามารถช่วยให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 9 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาออกแบบ และสร้างอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานนั้น มีต้นทุนในการสร้างประมาณ 2,500 บาท และอุปกรณ์นี้สามารถช่วยให้ประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ในส่วนหนึ่ง ดังนั้นอุปกรณ์ม่านน้ำประหยัดพลังงานนี้จึงเหมาะที่จะใช้กับอาคารพาณิชย์ หรือบ้านเรือนที่มีปริมาณการใช้ระบบปรับอากาศเป็นจำนวนมาก เพราะยิ่งถ้ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก ก็ยิ่งจะทำให้ถึงจุดคุ้มทุนได้อย่างรวดเร็วมากยิ่งขึ้น และในการพ่นน้ำควรเป็นละอองน้ำให้พอดีกับการแลกเปลี่ยนความร้อนด้วย เพราะถ้ามีละอองน้ำเหลือเยอะเกินไปอาจทำให้คอนเดนซิ่งยูนิตมีความชื้น เป็นผลให้เกิดการเกาะของฝุ่นได้ ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงต้องมีเวลาทำการศึกษาที่ยาวนานมากกว่านี้

เอกสารอ้างอิง

[1] R.S. KHURMI, J.K. GUPTA, **Refrigeration and Air-Conditioning,** Eurasia publishing house (P) LTD., 1987.

[2] YUNUS A. CENGEL, **Thermodynamics An Engineering Approach**, 2011

[3] ศรัทธา อาภรณ์รัตน์, **ทฤษฎีระบบเครื่องทำความเย็น**, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์, 2014

[4] ASHRAE Hanbook Fundamentals, America Society of Heating, **Refrigerating and Air-Condition Engineer**, 1997

[5] พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม กฎกระทรวงออกตามความในพระราชบัญญัติ **การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน** พ.ศ.2535

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยการช่วยจากหลายท่านโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้ข้อแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงานมาด้วยดีตลอด และได้กรุณาตรวจแก้ไข ปริญญานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณนครศักดิ์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้เบิกใช้เครื่องมือ ตลอดจน คุณกมลวรรณ เจ้าหน้าที่ห้องธุรการที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเบิกใบเสร็จของโครงงาน

นอกจากนั้นผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา และครอบครัวซึ่งให้การสนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจอีกทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการจัดหาอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำโครงงานครั้งนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายที่สุด คณะผู้จัดทำโครงงานหวังว่าโครงงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจไม่มากก็น้อย

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายฐนันดร อุ่นเจริญ
ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-สกุล นายธนกฤต อ่อนประสงค์
ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-สกุล นายปัณย์ สุทธิพงษ์
ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-สกุล นายสกุลชัย กองตา
ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ข้อมูลอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.1 มัลติมิเตอร์ UT50/UT101 series

UNI-T UT101 Digital Automotive Multimeter Features

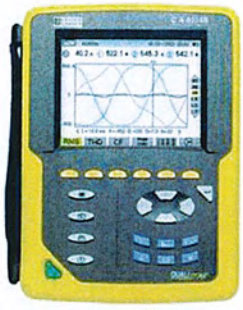
- Measurement functions:
  - AC/DC voltage
  - AC/DC current
  - resistance
  - continuity test
  - transistor test
  - diode test
  - Tach
  - Dwell
- Data hold
- Low battery indication
- Protective holster

ตารางที่ ข.1 คุณสมบัติของมัลติมิเตอร์ UT50/UT101 series

UNI-T UT101 DIGITAL AUTOMOTIVE MULTIMETER TECHNICAL SPECIFICATIONS

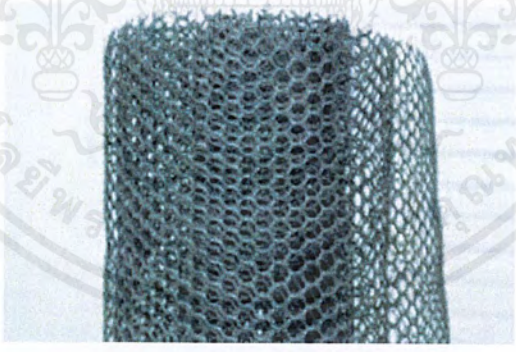
Display		3999 digit LCD, 33 × 65 mm
DC voltage	Range	200 mV / 2 V / 20 V / 200 V / 1000 V
	Accuracy	±(0.5%+1)
AC voltage	Range	2 V / 20 V / 200 V / 750 V
	Accuracy	±(0.8%+3)
DC current	Range	20 mA / 200 mA / 10 A
	Accuracy	±(0.8%+1)
AC current	Range	200 mA / 10 A
	Accuracy	±(1.8%+3)
Resistance	Range	200 Ω / 2K Ω / 20K Ω / 200K Ω
	Accuracy	±(0.8%+1)
Dwell	Range	3CYL / 4CYL / 5CYL / 6CYL / 8CYL
	Accuracy	±(1%+2)
Tach	Range	3CYL / 4CYL / 5CYL / 6CYL / 8CYL
	Accuracy	±(1%+2)
Power		9 V battery (6F22)
Dimensions		186 × 86 × 41 mm
Weight		540 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.2 เครื่องวัดค่าพลังงานไฟฟ้า Energy Meter รุ่น CA-8334B. CHAUVIN

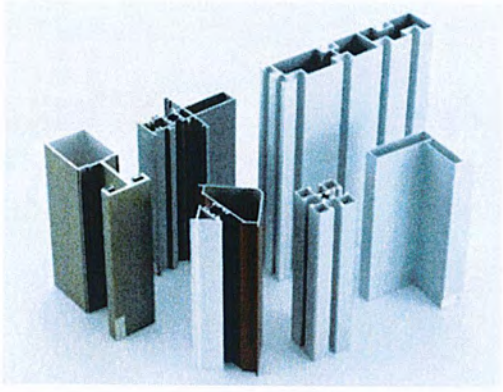
คุณสมบัติของเครื่องวัดค่าพลังงานไฟฟ้า Energy Meter รุ่น CA-8334B. CHAUVIN
เครื่องวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าและฮาร์มอนิคส์สมบูรณ์แบบ
- วัดค่า V, A, W, VA, VAR, PF, Energy, Flicker ของระบบไฟฟ้า 1 เฟส, 3 เฟส ทุกรูปแบบ Balance / Un-balance
- จอสีแบบ Graphic LCD ขนาดใหญ่ 320 x 240 แสดงรูปคลื่นเวฟฟอร์ม, เส้นกราฟ RMS
- Multi-Tasking Microprocessor ทำหลายฟังก์ชั่นได้ในเวลาเดียวกัน
- วัดค่า KF, CF, THD, DF เลือกดูค่าฮาร์มอนิคส์แบบกราฟแท่งถึงลำดับที่ 50
- รุ่น CA8334 สามารถวัด Transient ได้ หน่วยความจำเพิ่มจาก 2 MB เป็น 4 MB
- พร้อม Software วิเคราะห์ข้อมูล " QualiStar View " และ " Data Viewer "



รูปที่ ข.3 ตาข่าย

ลดฝุ่นละออง เส้นใยผลิตจาก PVC ไม่ลามไฟ Flame Retardant มาตรฐานเดียวกับญี่ปุ่น
ขนาด : 5.1 ม. x 1.8 ม.
สี : เทา
น้ำหนัก : 270, 370 , 450 กรัม/ตร.ม.
ตาไก่ : อลูมิเนียม ระยะห่าง 30 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



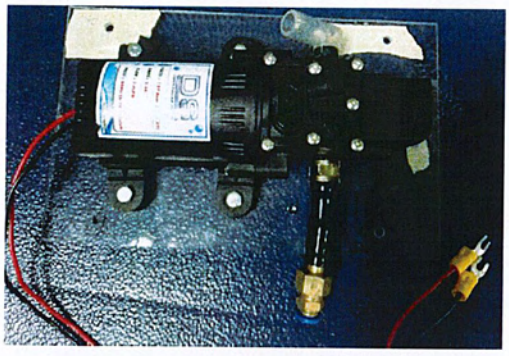
รูปที่ ข.4 โครงอลูมิเนียม

คุณสมบัติของอลูมิเนียม

อลูมิเนียมมีจุดหลอมละลายที่ 660 องศาเซลเซียส เป็นโลหะที่มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา รับภาระน้ำหนักได้สูง สามารถขึ้นรูปได้ง่าย ไม่เสี่ยงต่อรอยร้าว และการแตกหัก ไม่เป็นสนิม ทนต่อการกัดกร่อน และไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ โดยเฉพาะการนำมาผสมกับโลหะอื่นๆแล้วจะทำให้คุณสมบัติต่างๆ เพิ่มมากขึ้น เช่น จุกหลอมเหลวของอลูมิเนียมผสมจะอยู่ที่ 1140-1205 องศาเซลเซียส จึงนิยมนำมาผลิตเป็นชิ้นส่วนต่างๆ รวมถึงวัสดุหรือภาชนะที่เกี่ยวข้องกับอาหาร นอกจากนั้น ยังมีคุณสมบัติทางเคมีของอลูมิเนียมในลักษณะต่างๆ ได้แก่

1. เมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะทำให้เกิดชั้นฟิล์มบางๆ เรียกว่า อลูมิเนียมออกไซด์ เคลือบบนชั้น ผิวอลูมิเนียมป้องกันการเกิดปฏิกิริยาอื่นๆได้ดี
2. การทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนจะทำให้เกิดไนไตรด์ที่อุณหภูมิสูง
3. ไม่ทำปฏิกิริยากับกำมะถัน
4. เมื่อทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจน ไฮโดรเจนจะแทรกซึมเข้าสู่ชั้นในของอลูมิเนียม จึงจำเป็นต้องกำจัดออก
5. สามารถทนต่อกรดอนินทรีย์เข้มข้นได้ปานกลาง
6. ทนต่อปฏิกิริยาของด่างได้เล็กน้อย สามารถละลายได้ในสภาวะที่เป็นด่างเข้มข้น
7. เกิดปฏิกิริยากับเกลือได้ ทำให้เกิดการกัดกร่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.5 ปั้มน้ำดีซี

ข้อมูลทางเทคนิค

- Volt : 12 V (9 V -14.4 V)
- AMPS : 2.6 A
- Flow : 3.6 LPM
- Press : 90 PSI (6.2 Bar) Cutoff

การทำงาน

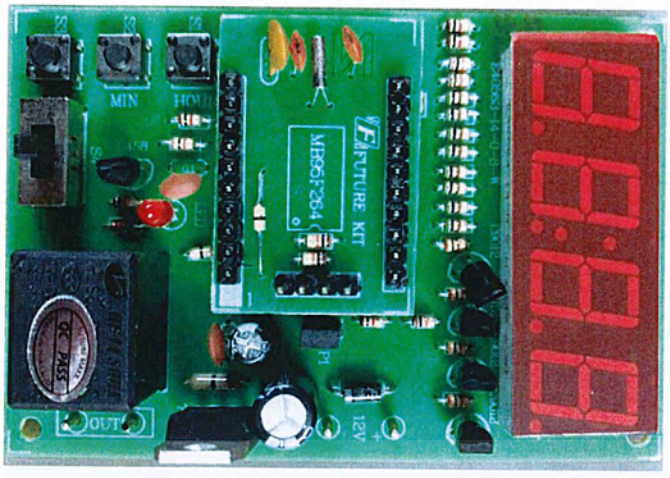
สูบน้ำจากถังเก็บน้ำคอนเดนเซ็ท มาพ่นให้เป็นละอองภายในม่านน้ำประหยัดพลังงาน

รูปที่ ข.6 หัวฉีดละอองน้ำ

การทำงาน

จะทำการพ่นละอองน้ำให้มีลักษณะหยดน้ำเล็กที่สุด เพื่อจะทำเป็นหมอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.7 สวิตซ์ตั้งเวลาเปิด-ปิดระบบดิจิตอล

RESISTORS		
R1,R23-R27	1kΩ	- brown-black-red-gold
R2,R6-R9	3kΩ	- orange-black-red-gold
R3-R5,R10-R14	10kΩ	- brown-black-orange-gold
R15-R22	500Ω	- green-black-brown-gold
ELECTROLYTIC CAPACITORS		
C1	470μF	
C2	10μF	
CERAMIC CAPACITORS		
C3,C4,C7	0.1μF or 104	
C5,C6	18pF	
DIODES		
D1	1N4001	
D2	1N4148	
TRANSISTORS		
TR1-TR4	C9012	
TR5	C9013	
ICs		
IC1	7805	
IC2	MB95F264 or MB95F564	

ข้อมูลทางเทคนิค

- ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ดีซี
- กินกระแสไฟฟ้าสูงสุด 90 มิลลิแอมป์
- สามารถตั้งเวลาเปิด และปิดได้ตั้งแต่ 1 วินาทีถึง 99 ชั่วโมง
- สามารถตั้งเวลาได้ 4 รูปแบบ ได้แก่ ตั้งเวลาเปิด, ตั้งเวลาปิด, ตั้งเวลาสลับเปิด-สลับปิด และตั้งเวลาเปิด-ปิดอัตโนมัติ
- สามารถต่อโหลดได้สูงสุด 1 แอมป์
- ขนาดแผ่นวงจรพิมพ์ 3.57x2.40 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.8 LED power supply

ข้อมูลทางเทคนิค

- AC input range selectable by switch (110/220 Volt AC)
- Withstand 300VAC surge input for 5 second
- No load power consupmtion <0.5W
- Miniature size and 1 U low profile
- High operation temperature up to 70 celcius
- Protections: Short circuit/Overload/Over voltage/Over temperature
- Operating altitude up to 5,000 meters
- Withstand 5G vibration test
- High efficiency, long life and high reliability
- LED indicator for power on
- 100% full load burn-in test
- 1 years warranty
- Dimension : 159 mm (L) x 97 mm (W) x 30 mm (H)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายฐนันดร อุ่นเจริญ
วัน เดือน ปีเกิด 22 สิงหาคม 2537
ที่อยู่ 54/1 หมู่ 3 ตำบลคลองขุด อำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา 24140

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ฉะเชิงเทรา

ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน บริษัท ศแบง คอร์ปอเรชั่น จำกัด ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 29 กรกฎาคม 2559

ชื่อ-สกุล นายธนกฤต อ่อนประสงค์
วัน เดือน ปีเกิด 25 กรกฎาคม 2537
ที่อยู่ 69/4 ถ.เทศบาล 6 ซอย 5 ตำบลปากเพรียว อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี 18000

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย สระบุรี

ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน บริษัท เทอร์โม เทรเซอร์ จำกัด ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายปัถย์ สุทธิพงษ์
วัน เดือน ปีเกิด 2 กรกฎาคม 2538
ที่อยู่ 2/149 ซ.พหลโยธิน 52 ถ.พหลโยธิน
แขวงคลองถนน เขตสายไหม กทม. 10220

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
จากโรงเรียนสารวิทยา

ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน Tokai University, Kanagawa, Japan.
ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 9 กรกฎาคม 2559

ชื่อ-สกุล นายสกุลชัย กองตา
วัน เดือน ปีเกิด 4 มีนาคม 2538
ที่อยู่ 234/132 หมู่ 1 ตำบลลำผักกูด อำเภอธัญบุรี
จังหวัดปทุมธานี 12110

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
จากโรงเรียนสารสาสน์วิเทศรังสิต

ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน Thomas more Geel, Belgium
ระหว่างวันที่ 27 พฤษภาคม ถึง 15 กรกฎาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้