



การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน
ด้วยชุดสายยางน้ำซึม
Energy Efficiency Increasing of Split-type Air Conditioning
with Porous Rubber Unit

นายประชา	เฉลิมอัด	รหัส 54360698
นายอดิสรณ์	รัตนสิงห์	รหัส 54360926
นายอนุสิทธิ์	กันล่อม	รหัส 54360940

1.6874589

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2557



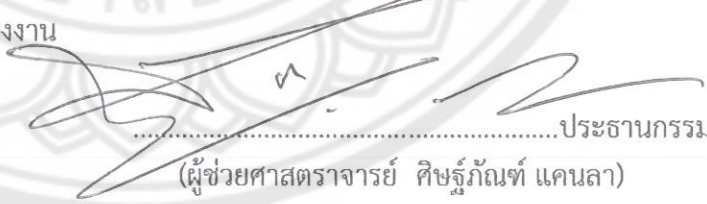
ใบรับรองโครงการวิศวกรรมเครื่องกล

หัวข้อโครงการ : การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน
ด้วยชุดสายยางน้ำซึม
Energy Efficiency Increasing of Split type Air Conditioning
with Porous Rubber Unit

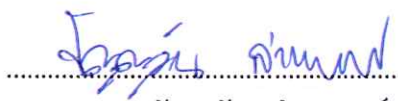
ผู้ดำเนินโครงการ : นาย ประชา เฉลิมอด รหัสนี้ 54360698
นาย อติสรณ์ รัตนสิงห์ รหัสนี้ 54360926
นาย อนุสิทธิ์ ก้นล้อม รหัสนี้ 54360940

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษุภัณท์ แคนลา
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา : 2557

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงการวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะกรรมการสอบโครงการ


.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษุภัณท์ แคนลา)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลยา กนกजारุจิตร)


.....กรรมการ
(ดร.ปัญญาวัฒน์ ลำเพาพงศ์)

Project Title : Energy Efficiency Increasing of Split type Air Conditioning
with Porous Rubber Unit

Name : Mr. Pracha Chaloemad Code 54360698
Mr. Adisorn Rattanasing Code 54360926
Mr. Anusit Kanlom Code 54360940

Project Advisor : Assistant Professor Sitphan Kanla
Department : Mechanical Engineering
Academic Year : 2014

Abstract

The purpose of this project was to study and compare an energy consumption, COP, payback period and efficiency of porous rubber evaporative cooling unit between porous rubber evaporative cooling unit with the 36,000 Btu/hr. split type air-conditioner. Three different arrangements of porous rubber evaporative cooling unit was used to reduce air-temperature before passed through a condenser such as spiral, U, and oval. Experiments were tested in a 5x8x3 m³ room on daytime (06.00am – 06.00 pm), nighttime (06.00pm – 06.00am), and 24 hours (06.00am – 06.00am).

The results showed of all case evaporative cooling porous rubber unit could be reduce air-temperature before passed condenser. Descending order of energy saving, COP, and efficiency of evaporative cooling were oval, spiral, U and split type air-conditioner, respectively and when considered payback period, the oval could be quickest payback period on daytime and 24 hours but on nighttime the U could be quickest payback period.

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

โครงการวิศวกรรมเครื่องกลฉบับนี้สามารถทำงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษุภักดิ์ แคนลา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหา ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินโครงการ ตลอดจนติดตามประเมินผลการดำเนินโครงการมาโดยตลอด ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ดร.ปัญญาวัฒน์ ลำเพาพงศ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษยา กนกजारูจิตร ที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษาและแนะนำความรู้ต่างๆ เพื่อให้โครงการนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณหน่วยวิจัยเทคโนโลยีอาคารและการจัดการพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ทดสอบและเครื่องมือที่ใช้ในทดสอบโครงการนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. อัครพันธ์ วงศ์กัณฑ์ ที่ช่วยเหลือสนับสนุนเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดข้อมูล

ขอขอบพระคุณฝ่ายเลขานุการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินโครงการ

ขอขอบคุณบิดาและมารดาที่ให้การอุปการะเลี้ยงดูและสั่งสอนจนกระทั่งสามารถเติบโตมาจนถึงปัจจุบัน ตลอดจนช่วยอุปการะทางการเงินและคอยให้กำลังใจจนกระทั่งโครงการนี้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ ผู้ดำเนินงานขอขอบคุณงามความดีที่เกิดขึ้นจากโครงการนี้ แต่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำให้โครงการนี้เสร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและถ้าเกิดข้อผิดพลาดประการใดจากโครงการนี้ ผู้ดำเนินงานต้องกราบขอภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายประชา เถลิ้มอัด

นายอดิสรณ์ รัตนสิงห์

นายอนุสิทธิ์ กันล้อม

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญกราฟ	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฎ
สารบัญลำดับสัญลักษณ์	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนแผนการดำเนินงาน	3
1.5 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2 ระบบทำความเย็น	7
2.3 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ	7
2.4 ผลจากการลดอุณหภูมิควบแน่นของสารทำความเย็นต่อ ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ	11
2.5 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP)	12
2.6 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER)	12
2.7 กระบวนการต่างๆ ในแผนภาพไซโครเมตริกชาร์ต	13
2.8 การทำความเย็นโดยการระเหย	14
2.9 หลักการทำงานสายยางน้ำซึม	16
2.10 ผลตอบแทนการลงทุน	18
2.11 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ (Energy Efficiency Analysis of Air Conditioning)	18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการ	
3.1 ชุดควบคุมอัตราการไหลของน้ำ	26
3.2 ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม	28
3.3 การคำนวณแรงดันแหล่งจ่ายน้ำ	30
3.4 ออกแบบชุดระบายความร้อนของคอยล์ร้อนจากสายยางน้ำซึม	31
3.5 วิธีการทดลอง	33
3.6 ข้อกำหนดเศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรม	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การดำเนินงานและวิเคราะห์ผล	
4.1 ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก	39
4.2 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศก่อนผ่าน (T_{in}) และหลังผ่าน (T_{out}) ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม	40
4.3 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ลดลงเมื่อผ่านชุดทำความเย็น แบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม	41
4.4 ผลประสิทธิภาพของชุดทำความเย็นแบบระเหย (ϵ)	42
4.5 ผลการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดไอ	43
4.6 ผลการเปรียบเทียบชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดไอ	44
4.7 ผลการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า	45
4.8 ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำ	46
4.9 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการทำความเย็น (Q_L)	47
4.10 ผลการเปรียบเทียบค่า COP และค่า EER	49
4.11 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน	50
บทที่ 5 บทสรุป	
5.1 สรุปผลการทดลอง	52
5.2 ข้อเสนอแนะ	55
เอกสารอ้างอิง	56
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก เครื่องมือตรวจวัดและวิธีการใช้งาน	58

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ข แบบจำลองการหาค่าคุณสมบัติของอากาศและตัวอย่างการคำนวณ	68
ภาคผนวก ค การคิดค่าไฟ ค่าน้ำและผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	72
ประวัติผู้จัดทำโครงการ	75



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน	3
ตารางที่ 2.1 แสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ	12
ตารางที่ ค.1 อัตราค่าน้ำประปาพื้นที่ การใช้น้ำของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอื่น	73
ตารางที่ ค.2 การใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	73



สารบัญกราฟ

	หน้า
กราฟที่ 4.1 แสดงแนวโน้มอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก	39
กราฟที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศก่อนและหลังผ่านชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึ่มกับห้องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยอากาศ	40
กราฟที่ 4.3 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ลดลงเมื่อผ่านชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึ่ม	41
กราฟที่ 4.4 แสดงประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหย	42
กราฟที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศกับเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึ่ม	43
กราฟที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดไอ	44
กราฟที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศ	45
กราฟที่ 4.8 แสดงค่าใช้จ่ายของน้ำที่ใช้ในชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึ่ม	47
กราฟที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการทำความเย็น	48
กราฟที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่า COP และค่า EER	49
กราฟที่ 4.11 ระยะเวลาคืนทุนของชุดทำความเย็นแบบระเหย	50

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 ชุดทำความเย็นแบบระเหยสายยางน้ำซึมแบบต่างๆ	2
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของระบบทำความเย็น	8
รูปที่ 2.2 แผนภาพ P-h ของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ	9
รูปที่ 2.3 P-h diagram ของระบบปรับอากาศ ก่อนและหลังการปรับปรุง	11
รูปที่ 2.4 การอ่านแผนภาพไซโครเมตริกชาร์ต	13
รูปที่ 2.5 การทำความเย็นแบบระเหยแบบพ่นฝอย	14
รูปที่ 2.6 การทำความเย็นแบบระเหยแบบอาศัยแผ่นลดอุณหภูมิ	15
รูปที่ 2.7 การทำงานของสายยางน้ำซึม	16
รูปที่ 2.8 สายยางน้ำซึมกับแปลงต้นไม้	16
รูปที่ 2.9 สายยางน้ำซึม ราคา 780 บาท ต่อความยาว 15 m (52 บาท/เมตร)	17
รูปที่ 2.10 แสดงเครื่องวัดพลังงาน	19
รูปที่ 2.11 แสดงเครื่อง AP-104	19
รูปที่ 2.12 อุปกรณ์วัดความเร็วลม	20
รูปที่ 2.13 แสดงการแบ่งพื้นที่ของอากาศกลับและอากาศจ่ายออกเป็น 4 ช่อง	20
รูปที่ 2.14 การหาเอนทาลปีของอากาศจากแผนภูมิ (Psychrometric)	22
รูปที่ 3.1 สถานที่ทำการทดลอง	24
รูปที่ 3.2 เครื่องปรับอากาศ รุ่น DCF36-5A/DCU36-5A	25
รูปที่ 3.3 ฉลากเครื่องปรับอากาศ	25
รูปที่ 3.4 ชุดควบคุมอัตราการไหลของน้ำ	26
รูปที่ 3.5 เกจวัดแรงดันน้ำ รุ่น AISI 304st.st	26

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.6 โกลบวาล์วน้ำ	27
รูปที่ 3.7 มาตรวัดน้ำ	27
รูปที่ 3.8 โซลินอยด์วาล์วน้ำ	28
รูปที่ 3.9 ชุดทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึมแบบขดกันหอย	29
รูปที่ 3.10 ชุดทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึมแบบขดด้วย	29
รูปที่ 3.11 ชุดทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึมแบบขดวงรี	30
รูปที่ 3.12 แสดงแหล่งจ่ายน้ำ	30
รูปที่ 3.13 คอยล์ร้อนแบบระบายความร้อนด้วยอากาศปกติ	31
รูปที่ 3.14 คอยล์ร้อนแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบขดกันหอย	32
รูปที่ 3.15 คอยล์ร้อนแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบขดด้วย	32
รูปที่ 3.16 คอยล์ร้อนแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบขดวงรี	33
รูปที่ 3.17 ตำแหน่งติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นของห้องปรับอากาศปกติ	33
รูปที่ 3.18 แสดงเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า	34
รูปที่ 3.19 ชุดควบคุมอัตราการไหลของน้ำ	35
รูปที่ 3.20 ระยะห่างชุดการระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมเข้ากับด้านหลังคอยล์ร้อน	36
รูปที่ 3.21 ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำสายยางน้ำซึม	36
รูปที่ ก.1 เครื่อง SILA AP-104	59
รูปที่ ก.2 การเลือก Comport	59
รูปที่ ก.3 การเลือก (Baudrate)	60
รูปที่ ก.4 การกำหนดช่วงเวลา	60
รูปที่ ก.5 เครื่อง POWER & HARMONICS Analyzer Prova6830	61

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ก.6 การตั้งค่าโปรแกรม	61
รูปที่ ก.7 การตั้งค่าการบันทึกค่า)	62
รูปที่ ก.8 การตั้งค่าเวลา	62
รูปที่ ก.9 การกำหนดเวลา	62
รูปที่ ก.10 การตั้งชื่อไฟล์	62
รูปที่ ก.11 การกำหนดชื่อไฟล์	63
รูปที่ ก.12 การเริ่มบันทึกข้อมูล	63
รูปที่ ก.13 การยกเลิกบันทึกข้อมูล	63
รูปที่ ก.14 แสดงการอ่านข้อมูลของเครื่อง POWER & HARMONICS	64
รูปที่ ก.15 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (Smart Power Meter Socket)	64
รูปที่ ก.16 แสดงเมนูโฟลด์เกจ	65
รูปที่ ก.17 แสดงส่วนประกอบของเมนูโฟลด์เกจ	66
รูปที่ ก.18 แสดงการต่อสายเมนูโฟลด์เกจเข้ากับท่อดูดและท่อจ่าย	66

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายตามอาคารทั่วไป โดยในปัจจุบันจะใช้คอยล์ร้อน (Condenser) แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ดังนั้นการทำงานของคอยล์ร้อนจึงขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอกที่ใช้ระบายความร้อนถ้าสภาพอากาศภายนอกที่ใช้ระบายความร้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้น อุณหภูมิควบแน่นของสารทำความเย็นก็จะสูงขึ้นตามทำให้การทำงานของเครื่องอัดไอ (Compressor) ทำงานหนักขึ้นมีผลทำให้สูญเสียพลังงานไฟฟ้ามากขึ้นตามไปด้วย

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นจึงได้ศึกษาหลักการช่วยระบายความร้อนของคอยล์ร้อนในลักษณะต่างๆ ของผู้ที่ได้ทำการวิจัยไว้ก่อนหน้านี้เพื่อนำเอาข้อดี เช่น การลดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเพิ่มขึ้นและข้อเสีย ในกรณีเมื่อคอยล์ร้อนสัมผัสกับละอองน้ำอาจจะทำให้เกิดสนิมมีอายุการใช้งานที่ต่ำมาประยุกต์ใช้ จากการศึกษาพบว่าการระบายความร้อนของคอยล์ร้อนด้วยการระเหยน้ำเป็นระบบที่น่าสนใจเพราะสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้นและสามารถทำการปรับปรุงติดตั้งได้ง่าย

ดังนั้นในโครงการนี้จึงได้มีแนวคิดที่จะศึกษาออกแบบและพัฒนาชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมในการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อนเพื่อเป็นการประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าและยืดอายุการใช้งานของเครื่องอัดไอ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 ออกแบบและสร้างชุดช่วยระบายความร้อนให้กับคอยล์ร้อนด้วยชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม

1.2.2 ศึกษาและเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยชุดระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม

1.2.3 ศึกษาและเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (Energy Efficiency Ratio, EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม

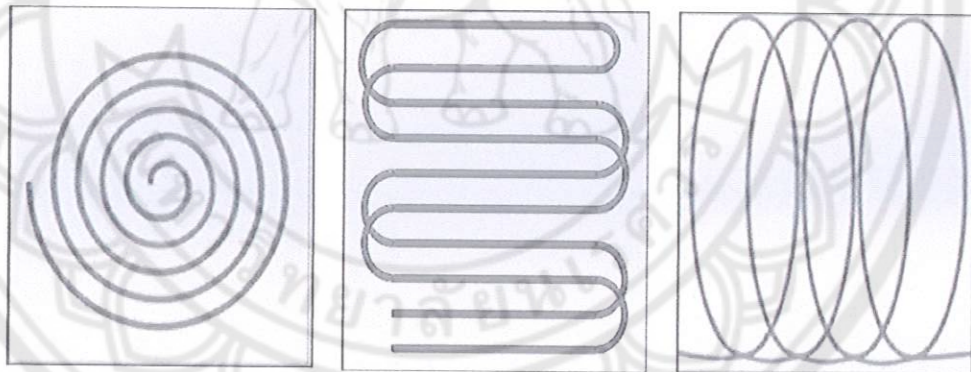
1.2.4 ศึกษาและเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ออกแบบและสร้างชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมให้แก่คอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

1.3.2 ทำการศึกษาและพัฒนาชุดทำความเย็นแบบระเหยร่วมกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศขนาด 36,000 Btu/hr. ที่ห้องหน่วยวิจัยเทคโนโลยีอาคารและการจัดการพลังงาน ห้อง IE 504 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3.3 ทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าค่า COP และค่า EER ระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม แบบขดกันหอย แบบขดตัวยู และแบบขดวงรี ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ในช่วงเวลากลางวัน (06.00 น.-18.00 น.) กลางคืน (18.00 น.-06.00 น.) และตลอดทั้งวัน (24 ชั่วโมง)



ก. แบบขดกันหอย

ข. แบบขดตัวยู

ค. แบบขดวงรี

รูปที่ 1.1 ชุดทำความเย็นแบบระเหยสายยางน้ำซึมแบบต่างๆ

1.4 ขั้นตอนแผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

กิจกรรม	2557					2558				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง										
2. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง										
3. ออกแบบและสร้างชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม										
4. ทดสอบและเก็บข้อมูล										
5. วิเคราะห์และสรุปผล										
6. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์										

1.5 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

สายยางน้ำซึมขนาด 0.5 นิ้ว ทั้งหมด 22.5 เมตร	= 1,170	บาท
โกลบวาล์ว	= 180	บาท
โซลินอยล์วาล์ว	= 135	บาท
มาตรวัดแรงดัน	= 370	บาท
มาตรวัดน้ำ	= 460	บาท
แผงเหล็ก	= 600	บาท
ค่าถ่ายเอกสารและการจัดทำรายงาน	= 2,000	บาท
อุปกรณ์ อื่นๆ	= 240	บาท
รวมทั้งหมด	= 5,155	บาท

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม แบบชดกันหอย แบบชดด้วยและแบบวงรีเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

1.6.2 ทราบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าค่า COP และค่า EER ระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม

1.6.3 ได้เป็นข้อมูลที่เป็นทางเลือกในการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศสำหรับวิศวกรและผู้ที่เกี่ยวข้องในอนาคต



บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนสิทธิ์ องค์กรณะสุข (2546) [1] ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบค่า COP และค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนแบบระเหยน้ำ (Evaporative Condenser) โดยมีระบบฉนวนน้ำลงบนคอยล์ร้อน จากการศึกษาพบว่าคอยล์ร้อนแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำสามารถถ่ายเทความร้อนได้มากขึ้น อุณหภูมิควบแน่นของสารทำความเย็นในสารต่ำลง ส่งผลให้คอยล์ร้อนทำงานได้ดีขึ้น ช่วยยืดอายุการใช้งานและลดพลังงานที่ใช้ป้อนให้เครื่องอัดไอ จากผลการศึกษาพบว่าค่า COP เพิ่มขึ้น 19.63%

ธงไชย เดิมดา และนุภาพ แยมไตรพัฒน์ (2553) [2] ได้ศึกษาค่า COP และค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศและแบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ที่ติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิ (Cooling pad) อากาศก่อนผ่านคอยล์ร้อน โดยได้ศึกษาเปรียบเทียบ 4 กรณี คือ 1. เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ 2. เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศแบบติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิ 3. เครื่องปรับอากาศอินเวอร์เตอร์แบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ 4. เครื่องปรับอากาศอินเวอร์เตอร์แบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศแบบติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิ จากการศึกษาแสดงผลเฉพาะเครื่องปรับอากาศอินเวอร์เตอร์แบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศแบบติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิสามารถค่า COP ได้สูงถึง 5.9% และใช้กำลังไฟฟ้าต่ำที่ 0.96 kW

ถวิภา ผาติดำรงกุล (2553) [3] ศึกษาถึงประสิทธิภาพ (Efficiency) ในการใช้งานของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนที่ใช้ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำโดยผ่านแผ่นเซลล์ลูโลส ในช่วงเวลากลางวัน กลางคืนและตลอด 24 ชั่วโมง โดยนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ จากการศึกษาพบว่าสามารถลดอัตราการใช้พลังงานได้ 14.98% ในช่วงเวลากลางวัน 9.49% ในช่วงเวลากลางคืนและ 4.26% ในช่วง 24 ชั่วโมง ซึ่งจากผลดังกล่าวจึงควรที่จะนำระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำติดตั้งร่วมกับเครื่องปรับอากาศในห้องที่มีการใช้งานช่วงเวลากลางวันเนื่องจากสามารถลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด

ธนวัฒน์ สาแก้ว ภัทรพร ศรีมันตะ อนุวัต มั่นจิตและอภิณัฐ ตัณฑวณิช (2556) [4] ได้ออกแบบและพัฒนาระบบสเปร์ย์น้ำสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเพื่อการประหยัดพลังงาน โดยการต่อบีมน้ำให้ทำงานพร้อมเครื่องอัดไอ และเพื่อแก้ปัญหาการเกิดตะกรันจับบริเวณครีบบของคอยล์ร้อนด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ดักละอองน้ำซึ่งทำมาจากใยพบบบริเวณด้านหน้าคอยล์ร้อนเพื่อให้มีแต่อากาศผ่านคอยล์ร้อน จากนั้นทำการทดลองหาค่า COP และการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ เป็น 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 เครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ กรณีที่ 2 คือเครื่องปรับอากาศแบบติดตั้งระบบสเปร์ย์น้ำ กรณีที่ 3 เครื่องปรับอากาศแบบติดตั้งระบบสเปร์ย์น้ำร่วมกับระบบดักละอองน้ำ จากการศึกษาพบว่า กรณีที่ 2 และ 3 มีค่า COP เพิ่มขึ้นจากแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ 23.11% และ 15.23% ตามลำดับ และสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 10.78% และ 5.60% ตามลำดับ

ธนวรา ทองล้วน (2547) [5] ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่า COP ของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนโดยการพ่นละอองน้ำขนาดเล็กเข้าคอยล์ร้อนโดยตรงกับเครื่องปรับอากาศขนาด 15,000 และ 48,000 Btu/hr. จากการศึกษาพบว่าพลังงานไฟฟ้าและค่า COP ของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนโดยการพ่นละอองน้ำขนาดเล็กสูงกว่าแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ซึ่งเครื่องปรับอากาศขนาด 15,000 Btu/hr. สามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับระบบกว่า 15% และค่า COP เพิ่มขึ้น 18% ส่วนเครื่องปรับอากาศขนาด 48,000 Btu/hr. สามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับระบบกว่า 16% และค่า COP เพิ่มขึ้น 20%

พรพิพัฒน์ อยู่สา ณัฐพงศ์ เขียวน้อยและไกรสร กุลสุพรรณรัตน์ (2550) [6] ได้พัฒนาชุดอุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าชุดคอยล์ร้อนซึ่งชุดอุปกรณ์นี้สามารถนำไปติดตั้งใช้งานร่วมกับเครื่องปรับอากาศเดิมที่มีการติดตั้งอยู่แล้วและเครื่องปรับอากาศที่จะนำมาติดตั้งใหม่ โดยการสเปร์ย์น้ำผ่านแผ่นระบายความร้อน ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิได้ 3-4.5 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่าที่อุณหภูมิอากาศภายนอก 40°C อัตราการทำคามเย็นเพิ่มขึ้น 51% กำลังงานเครื่องอัดไอลดลง 35% ค่า COP เพิ่มขึ้น 13.4% และค่า EER เพิ่มขึ้น 54% จากการศึกษาระยะเวลาคืนทุนสำหรับกรณีที่ไม่ต้องเคลื่อนย้ายชุดคอยล์ร้อน จะใช้เวลาคืนทุนโดยประมาณ 8 เดือน และกรณีที่จำเป็นต้องต่อท่อสารทำความเย็นเพื่อเคลื่อนย้ายชุดคอยล์ร้อนเนื่องจากมีพื้นที่ติดตั้งไม่เพียงพอจะใช้เวลาคืนทุนประมาณ 10 เดือน

2.2 ระบบทำความเย็น

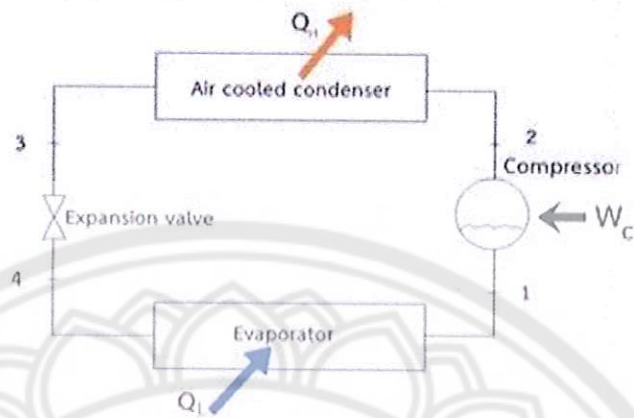
ในโครงการนี้เป็นการศึกษาวิธีการที่จะสามารถทำให้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้นที่สภาวะอากาศภายนอกของประเทศไทย โดยพิจารณาศึกษาการระบายความร้อนของสารทำความเย็นในคอยล์ร้อนด้วยหลักการระเหยน้ำ โดยใช้คอยล์ร้อนแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำแทนคอยล์ร้อนแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Condenser)

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมีลักษณะการทำงานตามหลักการของเครื่องทำความเย็น โดยการนำเอาความร้อนของอากาศภายในห้องถ่ายเทไปสู่อากาศด้านนอกโดยอาศัยตัวกลางคือ สารทำความเย็น ผ่านระบบการทำงานของส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศ คือ พัดลมหมุนเวียนอากาศ พัดลมในการระบายความร้อน และการทำงานของเครื่องอัดไอในการหมุนเวียนสารทำความเย็นในระบบ โดยมีรูปแบบการทำงาน และส่วนประกอบหลักแบ่งตามหน้าที่ ดังนี้

1. เครื่องอัดไอ (Compressor) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ดูดสารทำความเย็นในสภาพที่เป็นไอจากคอยล์เย็นโดยจะดูดน้ำยาให้ไหลเวียนภายในระบบพร้อมกับอัดไอน้ำยาที่มีความดันต่ำ ให้เป็นไอน้ำยาที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง
2. คอยล์ร้อน (Condenser) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นเพื่อให้สารทำความเย็นที่ถูกอัดจากเครื่องอัดไอในสภาพไอที่มีอุณหภูมิและความดันสูงควบแน่นเป็นของเหลว มีทั้งชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-cooled) และระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-cooled)
3. วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของสารทำความเย็นที่ไหลผ่านเข้าไปยังคอยล์เย็นลดความดันจนเปลี่ยนสถานะเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำ
4. คอยล์เย็น (Evaporator) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ดูดซับปริมาณความร้อนจากบริเวณหรือพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น โดยที่สารทำความเย็นในคอยล์เย็นระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซนั้นดูดซับความร้อนผ่านผิวของท่อทางเดินสารทำความเย็นเข้าไปยังสารทำความเย็นภายในระบบ ทำให้อุณหภูมิโดยรอบคอยล์เย็นลดลง

2.3 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

การทำงานส่วนต่างๆ ในระบบทำความเย็นจะเริ่มขึ้นเมื่อสารทำความเย็นมีสถานะเป็นไออิ่มตัว (สภาวะที่ 1) ถูกดูดเข้าสู่เครื่องอัดไอซึ่งเครื่องอัดไอจะทำหน้าที่อัดสารทำความเย็นให้มีความดันและมีอุณหภูมิสูงจนสารทำความเย็นมีสถานะเป็นไอตรง (Super heat vapor) (สภาวะที่ 2) ในสภาวะนี้สารทำความเย็นจะไหลเข้าสู่คอยล์ร้อนเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนตามสภาวะแวดล้อมแล้วจะเปลี่ยนสถานะมาเป็นของเหลว (สภาวะที่ 3)

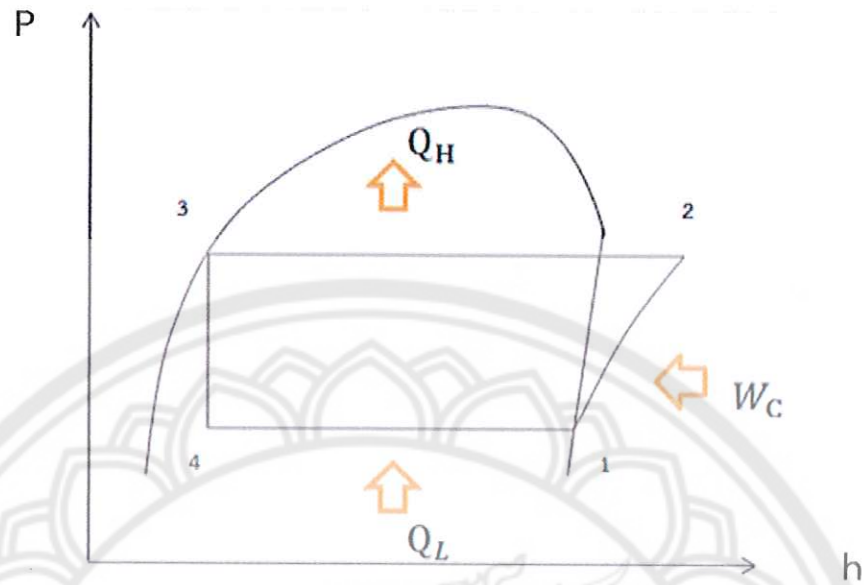


รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของระบบทำความเย็น

ภายใต้สภาวะดังกล่าว สารทำความเย็นไหลผ่านวาล์วลดความดัน ค่าความดันจะถูกทำให้ลดลงทันทีที่ส่งผลให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิลดลงด้วย (สภาวะที่ 4) หลังจากนั้นสารทำความเย็นที่ออกจากวาล์วลดความดันจะมีสถานะเป็นของผสมจะไหลเข้าสู่คอยล์เย็นเพื่อรับความร้อนจากบริเวณห้องทำความเย็นจะทำให้สารทำความเย็นจะค่อยๆ เปลี่ยนสถานะจากของผสมกลายเป็นไอทั้งหมด (สภาวะที่ 1) ในสภาวะนี้จะเป็นการเริ่มวัฏจักรใหม่อีกครั้ง

สมมติฐานที่ใช้ในระบบปรับอากาศมีดังนี้

1. เป็นการไหลแบบคงตัว (Steady State Steady Flow Process, SSSF) ในระบบเปิด
2. ไม่คิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์และพลังงานศักย์
3. สภาวะของสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องอัดไอเป็นไออิ่มตัวหรือไอแห้งและออกจากเครื่องอัดไอเป็นไอร้อนยิ่งยวด
4. สภาวะที่สารทำความเย็นนี้ออกจากคอยล์ร้อนเป็นของเหลวอิ่มตัว
5. ไม่คิดความดันตกคร่อมผ่านอุปกรณ์ทดสอบ



รูปที่ 2.2 แผนภาพ P-h ของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

1. กระบวนการ 1 → 2 เป็นการอัดแบบไอเซนโทรปิก (Isentropic Process : $S = \text{Constants}$) กระบวนการอัดไอแบบความดันคงที่ชนิดย้อนกลับได้ สารทำความเย็นที่ออกจากคอยล์เย็น มีสถานะเป็นไอ ความดันต่ำ อุณหภูมิต่ำ เข้าสู่เครื่องอัดไอเพื่อเพิ่มความดันส่งไปยังคอยล์ร้อน ทำให้สารทำความเย็นมีความดันสูง อุณหภูมิสูง ก่อนที่จะส่งไปคอยล์ร้อน

$$W_C = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad (2.1)$$

โดยที่ W_C = กำลังที่ใช้ขับเครื่องอัดไอ (kW)

h_1, h_2 = เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่เข้าและออกเครื่องอัดไอ (kJ/kg)

\dot{m} = อัตราการไหลของสารทำความเย็น (kg/s)

2. กระบวนการ 2 → 3 เป็นการคายความร้อนภายใต้ความดันคงที่ ($P = \text{Constants}$) สารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นไอร้อนยิ่งยวด ความดันสูง อุณหภูมิสูงที่มาจากเครื่องอัดไอ (สภาวะที่ 2) จะระบายความร้อนที่คอยล์ร้อน ทำให้สารทำความเย็นควบแน่นกลายเป็นของเหลว ก่อนที่จะส่งไปยังอุปกรณ์ลดความดัน (สภาวะที่ 3)

$$Q_H = \dot{m}(h_2 - h_3) \quad (2.2)$$

โดยที่ Q_H = ความร้อนที่ถ่ายเทออกจากคอยล์ร้อน (kW)

h_2, h_3 = เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่เข้าและออกคอยล์ร้อนตามลำดับ (kJ/kg)

3. กระบวนการ 3 → 4 เป็นการขยายตัวไม่มีการถ่ายเทความร้อน ($h = \text{Constants}$) สารทำความเย็นที่ออกจากคอยล์ร้อนมีสถานะเป็นของเหลวความดันสูง และอุณหภูมิสูง จะเข้าสู่วาล์วลดความดัน ก่อนส่งไปยังคอยล์เย็น (สภาวะที่ 4)

$$h_3 - h_4 \quad (2.3)$$

โดยที่ h_4 = เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากวาล์วลดความดัน (kJ/kg)

4. กระบวนการ 4 → 1 เป็นการรับความร้อนภายใต้ความดันคงที่ ($P = \text{Constants}$) สารทำความเย็นที่มีความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำจะรับความร้อนจากบริเวณที่ทำความเย็น ทำให้สารทำความเย็นกลายเป็นไอกลับเข้าสู่เครื่องอัดไอ

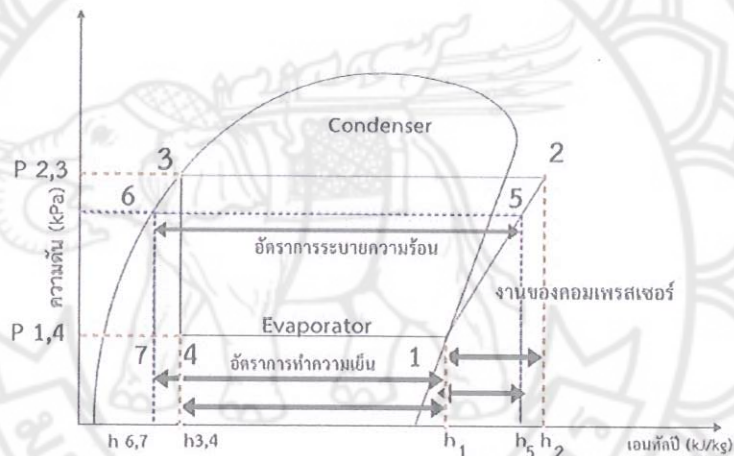
$$Q_L = \dot{m}(h_1 - h_4) \quad (2.4)$$

โดยที่ Q_L = ความสามารถในการทำความเย็น (kW)

h_1, h_4 = เอนทาลปีจำเพาะของสารทำความเย็นที่เข้าและออกคอยล์ร้อน (kJ/kg)

2.4 ผลจากการลดอุณหภูมิควบแน่นของสารทำความเย็นต่อประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

ในการที่จะประหยัดพลังงานระบบปรับอากาศ วิธีที่หนึ่งคือการควบคุมความดันด้านคอยล์ร้อนให้ต่ำที่สุด หรือลดความดันควบแน่นของสารทำความเย็น ซึ่งสามารถทำได้โดยการลดอุณหภูมิควบแน่นของสารทำความเย็นที่คอยล์ร้อนให้มากที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้ผลต่างของความดันที่ตกคร่อมเครื่องอัดไอลดลงทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องอัดไอลดลง รวมทั้งยังสามารถเพิ่มอัตราการทำความเย็นได้มากขึ้นด้วย



รูปที่ 2.3 P-h diagram ของระบบปรับอากาศ ก่อนและหลังการปรับปรุง

จากรูป 2.3 แผนภาพ P-h ของวัฏจักรการทำงานความเย็นพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของวัฏจักรการทำงานความเย็น จากวัฏจักร 1-2-3-4 ไปเป็นวัฏจักร 1-5-6-7 เนื่องมาจากการระบายความร้อนของคอยล์ร้อนที่เพิ่มขึ้นหากเปลี่ยนจากการระบายความร้อนด้วยอากาศเป็นแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ

2.5 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP)

ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ คือ อัตราส่วนของขนาดทำความเย็นที่เครื่องสามารถทำได้ต่อกำลังที่ป้อนให้กับเครื่องอัดไอ โดยมีหน่วย Watt/Watt

$$\text{COP} = \frac{Q_L}{W_C} \quad (2.5)$$

โดยที่ Q_L = ความสามารถในการทำความเย็น (kW)

W_C = กำลังที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องอัดไอ (kW)

2.6 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER)

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานคือ อัตราส่วนขีดความสามารถในการทำความเย็นต่อกำลังไฟฟ้าโดยรวมของเครื่องปรับอากาศ โดยมีหน่วยเป็น Btu/hr./Watt

$$\text{EER} = 3.412 \times \frac{Q_L}{W_C} = 3.412 \times \text{COP} \quad (2.6)$$

โดยที่ Q_L = ความสามารถในการทำความเย็น (kW)

W_C = กำลังที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องอัดไอ (kW)

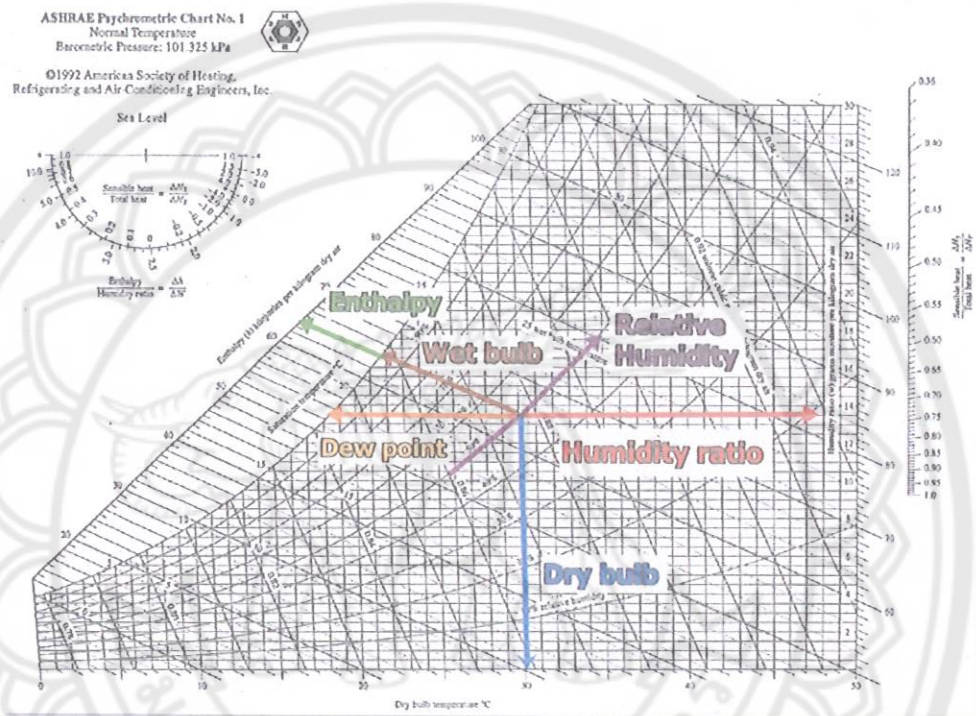
ตารางที่ 2.1 แสดงค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (เกณฑ์พลังงานปี 2008)

เบอร์	Energy Efficiency Ratio, EER
5	EER ≥ 11.0
4	10.6 ≤ EER ≤ 10.99
3	9.6 ≤ EER ≤ 10.59

หมายเหตุ ค่า EER ตามมาตรฐาน มอก. 1155 - 2536 กำหนดให้ขนาดการทำความเย็นใช้หน่วย (Btu/hr.) ค่ากำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ ทดสอบที่อุณหภูมิอากาศกลับเข้าสู่ชุดคอยล์เย็น 27 °CDB/ 19 °CWB และอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าสู่ชุดคอยล์ร้อน 35 °CDB/ 24 °CDB

2.7 กระบวนการต่างๆ ในแผนภาพไซโครเมตริกชาร์ต

อากาศที่อยู่รอบตัวเราประกอบด้วยอากาศแห้งและไอน้ำซึ่งเรียกว่าอากาศชื้น การหาปริมาณไอน้ำหรือปริมาณความร้อนที่อยู่ในอากาศชื้นจะต้องใช้แผนภาพไซโครเมตริกชาร์ต โดยแผนภาพไซโครเมตริกชาร์ตจะแสดงคุณสมบัติดังนี้



รูปที่ 2.4 การอ่านแผนภาพไซโครเมตริกชาร์ต

2.7.1. อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature : DB) คือ อุณหภูมิที่อ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์ปกติ

2.7.2. อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature : WB) คือ อุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะถูกหุ้มด้วยผ้าสำลีที่ขึ้นโดยต้องมีกระแสลมพัดผ่านกระเปาะเปียกที่ความเร็วไม่น้อยกว่า 5 m/s

2.7.3. อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio) คือ อัตราส่วนมวลไอน้ำในอากาศต่อมวลอากาศแห้ง 1 kg

2.7.4. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity : RH) คือ อัตราส่วนความดันระหว่งความดันของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศชื้นต่อความดันอิ่มตัวของไอน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน

2.7.5. ปริมาตรจำเพาะ (Specific Volume : v) คือ ปริมาตรของอากาศชื้นต่อ 1 kg ของอากาศแห้ง

2.7.6. อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature : DP) คือ อุณหภูมิที่ไอน้ำในอากาศเริ่มควบแน่นเป็นหยดน้ำเมื่ออากาศชื้นถูกทำให้เย็นลง

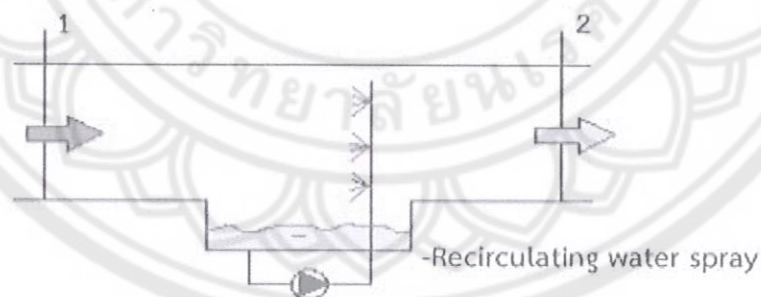
2.7.7. เอนทาลปีจำเพาะ (Specific Enthalpy : h) คือ เป็นค่าความร้อนของอากาศต่อหน่วยมวลอากาศแห้ง

2.8 การทำความเย็นโดยการระเหย

การทำความเย็นแบบระเหยนั้นคือ การทำความเย็นและเพิ่มความชื้นให้กับระบบ โดยการฉีดน้ำผ่านตัวกลางไม่ว่าจะเป็นแผ่นทำความเย็นหรืออากาศก็ตามเพื่อให้ไอน้ำบางส่วนนั้นเกิดการระเหยและพาความร้อนออกไปจากระบบ เมื่ออากาศที่ผ่านตัวกลางซึ่งเกิดการระเหยไปแล้วนั้น จะมีอุณหภูมิตกลงจากเดิมแล้วแต่ประสิทธิภาพของตัวกลางแต่ละชนิด ซึ่งทำการทำความเย็นแบบระเหยนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

1. การทำความเย็นแบบระเหยแบบพ่นฝอย (Evaporative cooling spray)

เป็นระบบการทำงานที่ให้อากาศไหลผ่านละอองน้ำโดยตรง ซึ่งทำให้เกิดการระเหยได้ดีและมีประสิทธิภาพการทำความเย็นสูง

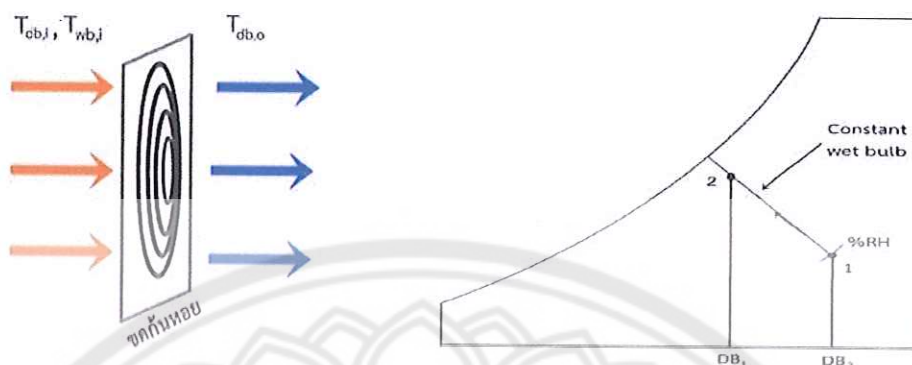


รูปที่ 2.5 การทำความเย็นแบบระเหยแบบพ่นฝอย

(ที่มา : <http://www.chiangmaiaircare.com/>)

2. การทำความเย็นแบบระเหยแบบอาศัยแผ่นทำความเย็น (Evaporative cooling pad)

ทำงานโดยการฉีดน้ำลงบนตัวกลาง คือ แผ่นทำความเย็นที่ผลิตจากวัสดุที่ชุ่มน้ำจะทำให้เกิดการระเหยและพาความร้อนออกไปจากตัวกลาง



ก. การทำความเย็นผ่านแผ่นลดอุณหภูมิ ข. กระบวนการทำความเย็นแบบระเหย

รูปที่ 2.6 การทำความเย็นแบบระเหยแบบอาศัยแผ่นลดอุณหภูมิ

2.8.1. ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหย

ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหย จะขึ้นอยู่กับสถานะของอากาศที่ใกล้สภาวะอิ่มตัว ซึ่งจะเป็นตัววัดสมรรถนะในการทำงานของระบบ โดยทั่วไปจะแสดงในรูปประสิทธิภาพอิ่มตัว (Saturating Efficiency) คือ อัตราส่วนระหว่างอุณหภูมิที่ลดได้จริงกับอุณหภูมิที่สามารถลดได้ตามทฤษฎี ได้แก่ผลต่างระหว่างอุณหภูมิกระเปาะแห้งและอุณหภูมิกระเปาะเปียกที่ทางเข้า จะมีสมการดังนี้

$$\epsilon = \frac{T_{DB,i} - T_{DB,o}}{T_{DB,i} - T_{WB,i}} \times 100 \tag{2.7}$$

โดย ϵ = ประสิทธิภาพการทำความเย็น (%)

$T_{DB,i}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งก่อนผ่านผิวเปียก (°C)

$T_{DB,o}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งหลังผ่านผิวเปียก (°C)

$T_{WB,i}$ = อุณหภูมิกระเปาะเปียกก่อนผ่านผิวเปียก (°C)

2.9 หลักการทำงานของสายยางน้ำซึม



รูปที่ 2.7 การทำงานของสายยางน้ำซึม

(ที่มา : <http://www.rainforesthose.com/system2.html>)

ระบบน้ำซึม คือ ระบบรดน้ำนวัตกรรมใหม่สายยางน้ำซึมทำจากวัสดุรีไซเคิลที่มีความเหนียวและทนทานโดย ลดการใช้น้ำ ลดการสูญเสียการระเหยของน้ำ ระบบสายยางน้ำซึมมีรู Micro pores เล็กๆ ตลอดสายช่วยรักษาความชุ่มชื้น ประหยัดแรงงานในการรดน้ำต้นไม้ ติดตั้งสะดวกใช้ง่าย ซึ่งจากข้อมูลทางเทคนิค (<http://www.rainforesthose.com/system2.html>) สามารถรับแรงดันสูงสุดได้ 1 bar สามารถใช้ได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน โดยสามารถวางตัวสายยางน้ำซึมไว้บนดินหรือฝังดินก็ได้

2.9.1. ขนาดของสายยาง มี 2 ขนาดในท้องตลาด

1. ขนาด 0.5 in
2. ขนาด 1 in



รูปที่ 2.8 สายยางน้ำซึมกับแปลงต้นไม้

(ที่มา : <http://www.rainforesthose.com/system2.html>)

ประโยชน์ของสายยางน้ำซึม

1. ระบบรดน้ำที่คุ้มค่าแก่การลงทุน
2. ติดตั้งง่าย ไม่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญ
3. ลดส่วนที่ทับซ้อนประหยัดน้ำ
4. รดน้ำตรงจุดลดการระเหยประหยัดน้ำได้ถึง 50%
5. ฉีกแนวการออกแบบสวนแบบเดิมๆ
6. รักษาความชุ่มชื้นในดินได้นานต้นไม้และดอกไม้ได้น้ำอย่างช้าๆ
7. รดน้ำได้ทั่วถึงแม้ในบริเวณไม้เลื้อยระดับหรือไม้พุ่ม

2.9.2. ผลิตภัณฑ์สายยางน้ำซึม



รูปที่ 2.9 สายยางน้ำซึม ราคา 780 บาท ต่อความยาว 15 m (52 บาท/เมตร)

(ที่มา : <http://www.rainforesthose.com/system2.html>)

2.10 ผลตอบแทนการลงทุน

ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period : PB) คือ ระยะเวลาที่เงินกำไรจากการทำโครงการสามารถชดเชยเงินที่ลงทุนตอนเริ่มโครงการได้พอดี โดยมีลักษณะการลงทุนเพียงครั้งเดียวในปีแรก และให้ผลตอบแทนในทุกปีระยะเวลาคืนทุนหาได้ดังนี้

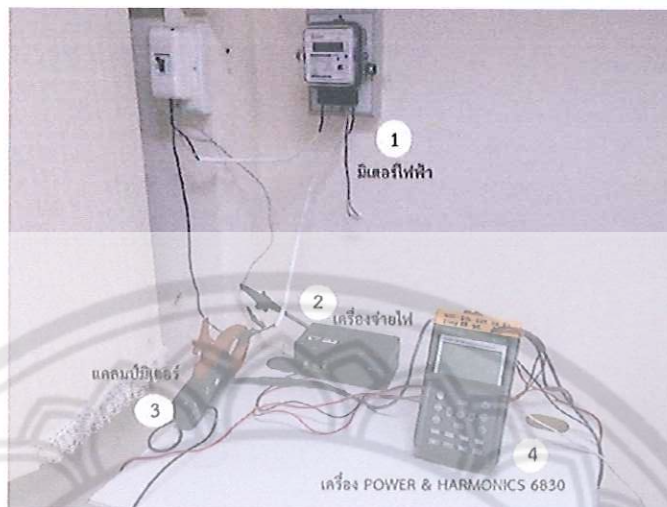
$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนโครงการทั้งหมด (บาท)}}{\text{ผลประโยชน์จากการทำโครงการ (บาท/เดือน)}} \quad (2.8)$$

โดย เงินลงทุนโครงการทั้งหมด = ค่าลงทุนเริ่มแรก + ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (ค่าแรง)
 ผลประโยชน์จากการทำโครงการ = ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดได้

2.11 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ (Energy Efficiency Analysis of Air Conditioning)

2.11.1 รายการเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัด

ก. เครื่อง POWER & HARMONICS Analyzer เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดกระแส (Amp) แรงดัน (Voltage) และกำลังไฟฟ้า (Power) ของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถวัดได้ทั้งไฟแบบเฟสเดียว (Single Phase) และสามเฟส (Three Phase) โดยใช้ร่วมกับโปรแกรม POWER & HARMONICS Analyzer Prova 6830 เพื่อบันทึกข้อมูลในการทดลอง



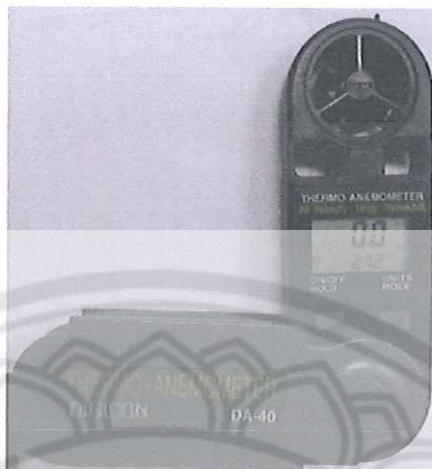
รูปที่ 2.10 แสดงเครื่องวัดพลังงาน

ข. เครื่อง AP-104 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ โดยใช้ร่วมกับโปรแกรม SILA AP-104 เพื่อบันทึกข้อมูลในการทดลอง



รูปที่ 2.11 แสดงเครื่อง AP-104

ค. Anemometer เป็นอุปกรณ์วัดความเร็วลมโดยอาศัยหลักการหมุนของใบพัด เป็นชนิดเคลื่อนย้ายได้ มีช่วงการวัดกว้าง สามารถวัดค่าได้ทันที ใช้วัดได้ทั้งความเร็วอากาศแวดล้อมและอากาศที่มีการควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 2.12 อุปกรณ์วัดความเร็วลม

2.11.2 การตรวจวัดวิเคราะห์ข้อมูล

การตรวจวัดวิเคราะห์ข้อมูลจะทำการเก็บค่าข้อมูลของเครื่องปรับอากาศ โดยมีวิธีการตรวจวัดวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

- เปิดเครื่องปรับอากาศก่อนทำการตรวจวัดไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อให้เครื่องปรับอากาศอยู่ในสภาวะที่พร้อมสำหรับการเก็บข้อมูล
- ปรับตั้งอุณหภูมิ (Thermostat) ทำงานในขณะที่ทำการตรวจวัด
- แบ่งพื้นที่การเก็บข้อมูลด้านอากาศกลับและอากาศจ่าย 4 ช่อง เพื่อนำข้อมูลมาหาเฉลี่ยดังในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดงการแบ่งพื้นที่ของอากาศกลับและอากาศจ่ายออกเป็น 4 ช่อง

- วัดความเร็วลมด้านอากาศกลับของเครื่องปรับอากาศเพื่อนำค่ามาหาค่าเฉลี่ย ดังสมการที่

$$V = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4}{4} \quad (2.9)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วลมเฉลี่ยด้านอากาศกลับของเครื่องปรับอากาศ (m/s)

- วัดขนาดพื้นที่หน้ากาด้านอากาศกลับในหน่วยเมตรเพื่อนำไปหาอัตราการไหลของอากาศผ่านคอยล์เย็น ดังสมการที่ 2.10

$$\dot{m}_{air} = (\rho)(V)(A) \quad (2.10)$$

จะขอใช้ค่าความหนาแน่นของอากาศที่สภาวะอากาศมาตรฐาน (Standard Air) ที่ 1 atm., 25 °C ซึ่งมีค่าความหนาแน่นของอากาศ 1.184 kg/m³ ดังนั้นเขียนสมการ 2.10 ใหม่ได้ดังสมการที่ 2.11

$$\dot{m}_{air} = (1.184)(V)(A) \quad (2.11)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วลมด้านอากาศกลับ หน่วยเป็น (m/s)
 A คือ พื้นที่หน้ากาด้านอากาศกลับ หน่วยเป็น (m²)

- วัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศกลับ (Return Air) และ อากาศจ่าย (Supply Air) โดยแบ่งช่องที่ทำกรตรวจวัดออกเป็น 4 ช่อง เพื่อนำค่ามาหาค่าเฉลี่ย ดังสมการที่ 2.12

$$T = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4}{4} \quad (2.12)$$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศกลับและอากาศจ่าย หน่วยเป็น °C

$$RH(\%) = \frac{RH(\%)_1 + RH(\%)_2 + RH(\%)_3 + RH(\%)_4}{4} \quad (2.13)$$

เมื่อ $RH(\%)$ คือ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของอากาศกลับ และอากาศจ่าย

- นำค่าของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไปหาเอนทาลปีของด้านอากาศกลับ (h_R) และเอนทาลปีของด้านอากาศจ่าย (h_S) จากแผนภูมิ Psychrometrics ดังแสดงในภาพรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การหาเอนทาลปีของอากาศจากแผนภูมิ (Psychrometric)

- คำนวณความสามารถในการทำความเย็น (Cooling Capacity) ของเครื่องปรับอากาศสามารถหาได้ดังสมการที่ 2.14

$$Q_L = \dot{m}_{\text{air}} (h_R - h_S) \quad (2.14)$$

เมื่อ \dot{m}_{air} คือ อัตราการไหลของอากาศกลับ (kg/s)

h_R, h_S คือ เอนทาลปีจำเพาะของอากาศกลับและอากาศจ่าย (kJ/kg)

- วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ W_C เป็น kW ด้วย Clamp Meter หรือ อาจหาได้ดังสมการที่ 2.15

$$W_C = IV \cos \theta \quad (\text{กรณีไฟฟ้าหนึ่งเฟส}) \quad (2.15)$$

หรือ $W_c = \sqrt{3IV\cos\theta}$ (กรณีไฟฟ้าสามเฟส) (2.16)

เมื่อ W_c คือ กำลังที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องอัดไอ (kW)

I คือ กระแสไฟฟ้า (A)

V' คือ แรงดันไฟฟ้า (V)

$\cos\theta$ คือ ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

ในกรณีไฟสามเฟสสามารถหาค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าได้ดังสมการที่ 2.17

$$I = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} \quad (2.17)$$

เมื่อ I_1, I_2, I_3 คือ กระแสไฟฟ้าของเส้นที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

$$V = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} \quad (2.18)$$

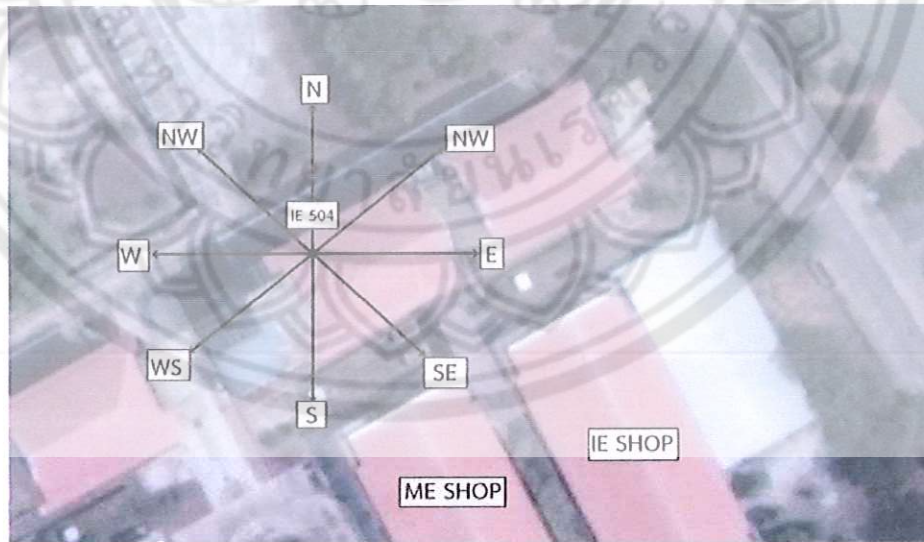
เมื่อ V_1, V_2, V_3 คือ แรงดันไฟฟ้าของเส้นที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

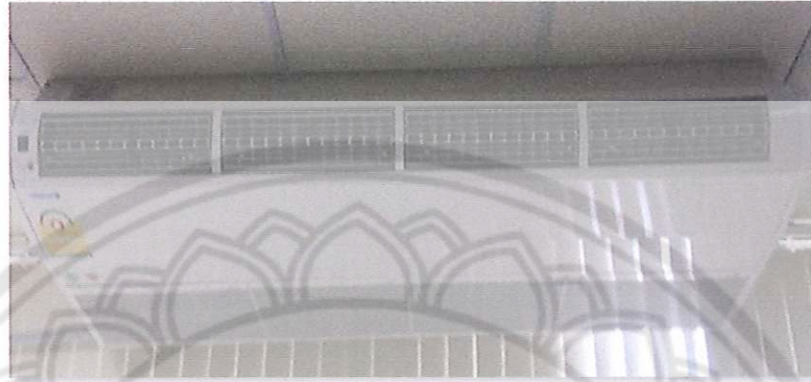
ในโครงการนี้ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบและพัฒนาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศโดยการนำชุดระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม แบบขดกันหอย แบบขดด้วยและแบบขดวงรี ในการช่วยระบายความร้อนที่ชุดคอยล์ร้อน เพื่อเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ค่า COP, ค่า EER และประสิทธิภาพทำความเย็นของสายยางน้ำซึม รวมทั้งหาระยะเวลาคืนทุน

ทดลองช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน พ.ศ. 2558 กำหนดห้องที่ใช้ในการทดลองมีเครื่องปรับอากาศขนาด 36,000 Btu/hr. อุณหภูมิห้องเฉลี่ยในการทดลอง 25°C โดยแบ่งการตรวจวัดออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงกลางวัน (06.00 น.-18.00น.) ช่วงกลางคืน (18.00น.-06.00น.) และ 24 ชั่วโมง ณ หน่วยวิจัยเทคโนโลยีอาคารและการจัดการพลังงาน ห้อง IE 504 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 สถานที่ทำการทดลอง

เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดสอบเป็นแบบแยกส่วนยี่ห้อ DAISENKO เบอร์ 5 (เกณฑ์
พลังงานปี 2008) ตาม รูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 เครื่องปรับอากาศ รุ่น DCF36-5A/DCU36-5A



รูปที่ 3.3 ฉลากเครื่องปรับอากาศ

ขนาด 36,000 Btu/hr.

ประสิทธิภาพ 11.28 Btu/hr./W

ใช้พลังงานไฟฟ้า 9,358.6 หน่วย/ปี

ค่าไฟฟ้า 30,696.21 บาท/ปี

มอก. 1155 - 2536 และ มอก. 2134 - 2545

3.1 ชุดควบคุมอัตราการไหลของน้ำ

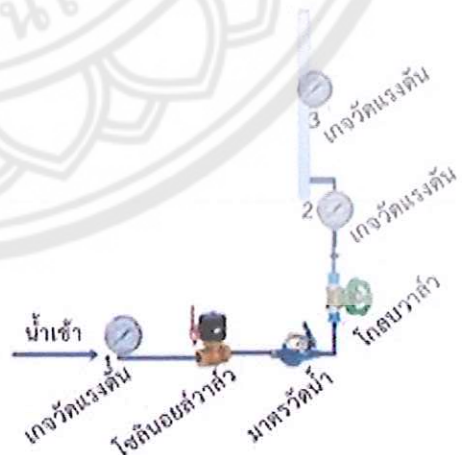


1. เกจวัดแรงดันน้ำ 2. โกลบวาล์วน้ำ 3. มาตรวัดน้ำ 4. โซลินอยด์วาล์วน้ำ

รูปที่ 3.4 ชุดควบคุมอัตราการไหลของน้ำ

3.1.1 เกจวัดแรงดันน้ำ (Pressure Gauge)

ทำหน้าที่วัดแรงดันน้ำ โดยติดตั้งไว้ 3 จุด 1. แหล่งจ่ายน้ำ 2. ก่อนเข้าชุดสายยาง 3. ปลายชุดสายยาง เพื่อวัดค่าแรงดันในการทดลอง



รูปที่ 3.5 เกจวัดแรงดันน้ำ รุ่น AISI 304st.st ขนาดหน้าปัด 2.5 in ขนาดเกลียว 0.25 in

3.1.2 โกลบวาล์ว (Globe Valve)

ทำหน้าที่ในการ เปิด-ปิด น้ำ โดยสามารถปรับอัตราการไหลในการไหลผ่านวาล์วน้ำ ได้ละเอียดกว่าวาล์วน้ำทั่วไป



รูปที่ 3.6 โกลบวาล์วน้ำ รหัส : GV-15S ยี่ห้อ : SANWA รุ่น : GV-15S

3.1.3 มาตรวัดน้ำ (Water meter)

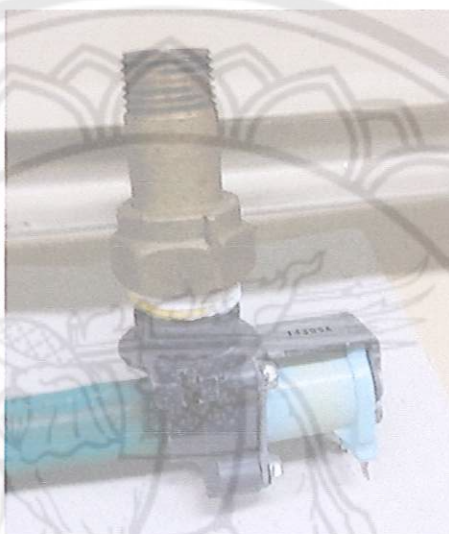
ทำหน้าที่วัดปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลองของแต่ละแบบสามารถวัดปริมาณน้ำ อุณหภูมิของน้ำไม่เกิน 50 °C แรงดันใช้งานไม่เกิน 1 MPa (10 bar) โดยอัตราการไหลวัดได้ จากการจับเวลาต่อน้ำหนึ่งลิตร โดยอัตราการไหลของน้ำที่ใช้ในการทดลอง 1.5 L/min โดย หาค่าจากนาฬิกาจับเวลาและบิกเกอร์ในการวัดอัตราการไหลของน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 มาตรวัดน้ำ ยี่ห้อ : ASAHI รุ่น : TON-DW
(ที่มาจาก www.chinabestprice.com)

3.1.4 โซลินอยด์วาล์วน้ำ (Solenoid Valve)

ทำหน้าที่ เปิด-ปิด การจ่ายน้ำจากแหล่งจ่ายน้ำก่อนเข้าสู่ชุดทำความเย็น โดยต่อวงจรไฟฟ้าเข้ากับเครื่องอัดไอเพื่อให้ทำงานพร้อมกัน



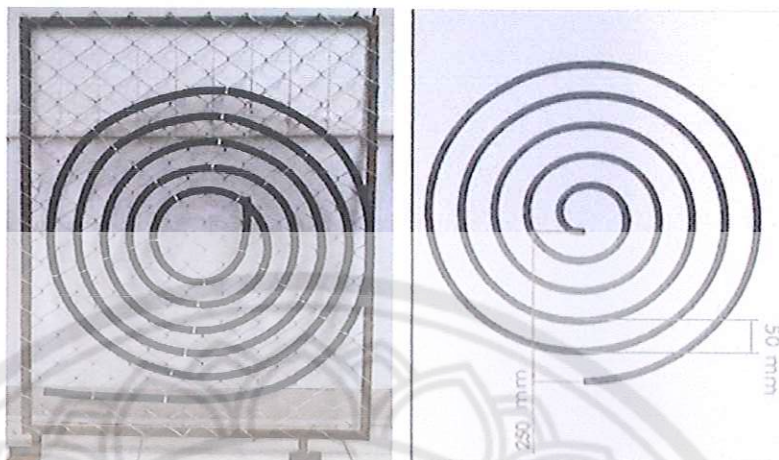
รูปที่ 3.8 โซลินอยด์วาล์วน้ำ (V : 220 v , I : 0.05 A , P : 12 W)

3.2 ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม

ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมที่นำมาใช้ในการทดสอบที่อัตราการไหล 1.5 L/min นั้นมีรูปแบบแตกต่างกันมีทั้งหมด 3 แบบ แบบขดกันหอย แบบขดด้วยและแบบขดวงรี

3.2.1.ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบขดกันหอย

ออกแบบให้ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบกันหอย มีความยาวสายยางน้ำซึม 7.5 m เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 in ช่องระยะห่างระหว่างขดสายยาง 50 mm โดยมีการจัดเรียงตัวดังรูปที่ 3.9 ข.



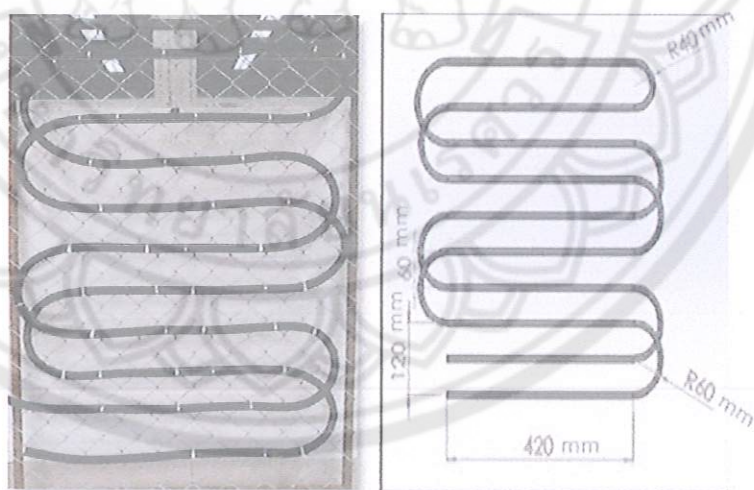
ก. ขดกันหอย

ข. แบบขดกันหอย

รูปที่ 3.9 ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบขดกันหอย

3.2.2 ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบตัวยู

ออกแบบให้ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบตัวยู มีความยาวสายยางน้ำซึม 7.5 m เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 in ช่องระยะห่างระหว่างขดสายยาง 60 mm โดยมีการจัดเรียงตัวดังรูปที่ 3.10 ข.



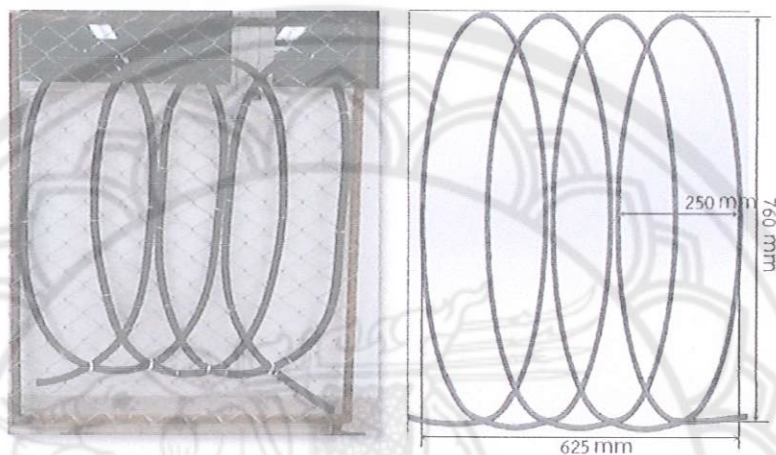
ก. ขดตัวยู

ข. แบบขดตัวยู

รูปที่ 3.10 ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบขดตัวยู

3.2.3 ชุดทำความเย็นแบบระเหยจากสายยางน้ำซึมแบบวงรี

ออกแบบให้ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบวงรี มีความยาวสายยางน้ำซึม 7.5 m ขนาด 0.5 in ช่องระยะห่างระหว่างขดสายยาง 250 mm โดยมีการจัดเรียงตัวดังรูปที่ 3.11 ข.



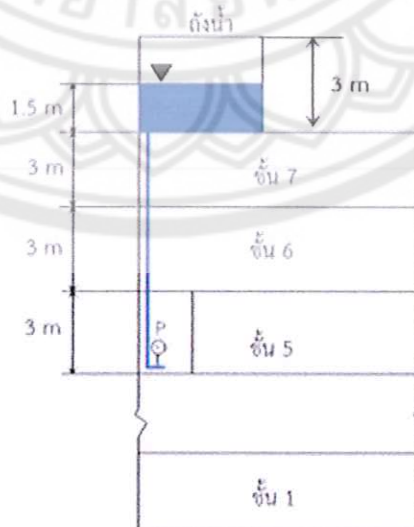
ก. ขดวงรี

ข. แบบขดวงรี

รูปที่ 3.11 ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบขดวงรี

3.3 การคำนวณแรงดันแหล่งจ่ายน้ำ

ห้อง IE 504 ตั้งอยู่ที่ชั้น 5 ตึกภาควิศวกรรมเครื่องกล โดยตั้งน้ำอยู่สูงกว่าห้องทดลอง 9 m มีระดับน้ำในถัง 1.5 m ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แหล่งจ่ายน้ำ

จากสูตร

$$P_g = \rho gh$$

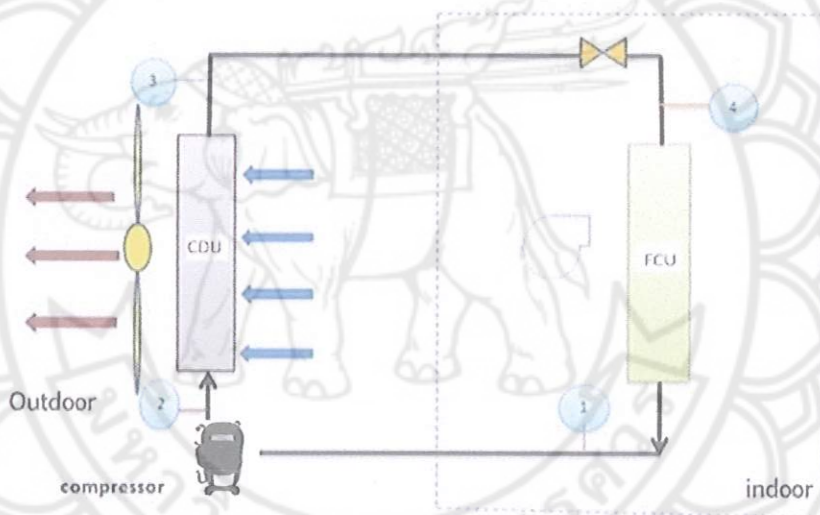
$$= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 10.5 \text{ m}$$

$$= 103.005 \text{ kPa}$$

$$= 1.03 \text{ bar}$$

3.4 ออกแบบชุดระบายความร้อนของคอยล์ร้อนจากสายยางน้ำซีม

3.4.1 คอยล์ร้อนแบบระบายความร้อนด้วยอากาศปกติ

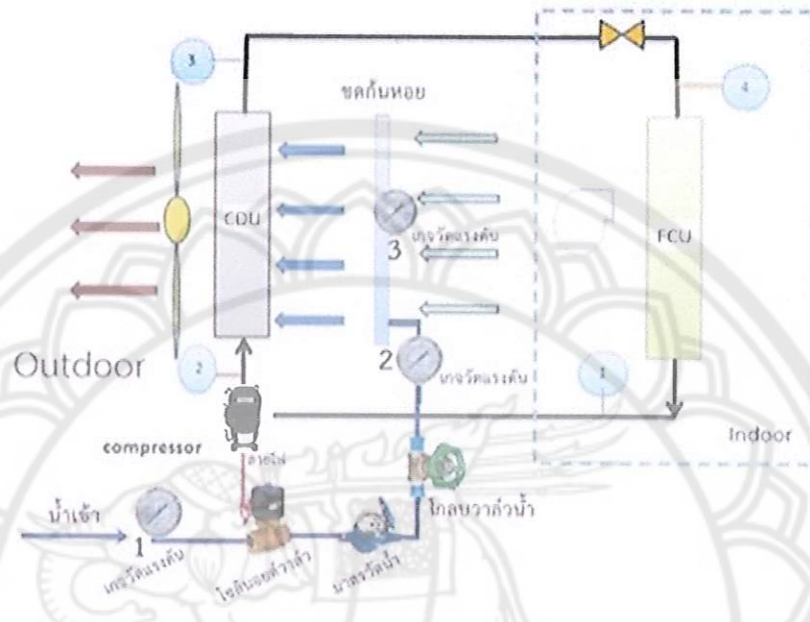


CDU = Condensing unit

FCU = Fan coil unit

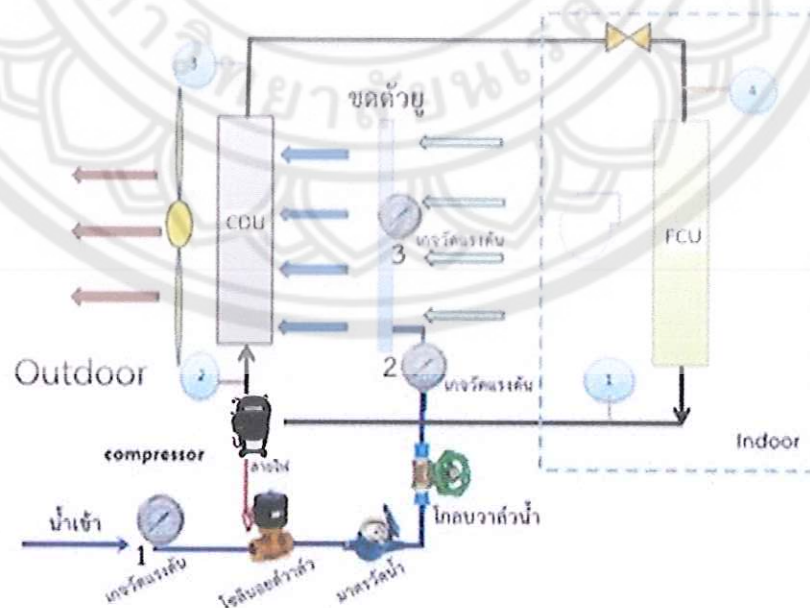
รูปที่ 3.13 คอยล์ร้อนแบบระบายความร้อนด้วยอากาศปกติ

3.4.2. คอยล์ร้อนแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบขดกัน
หอย



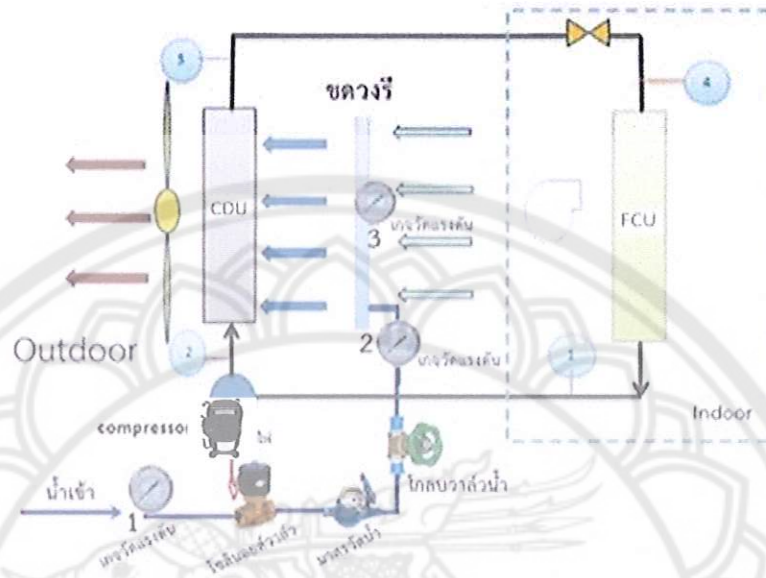
รูปที่ 3.14 คอยล์ร้อนแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบขดกันหอย

3.4.3. คอยล์ร้อนแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบขดด้วย



รูปที่ 3.15 คอยล์ร้อนแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบขดด้วย

3.4.4. คอยล์ร้อนแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบขดวงรี

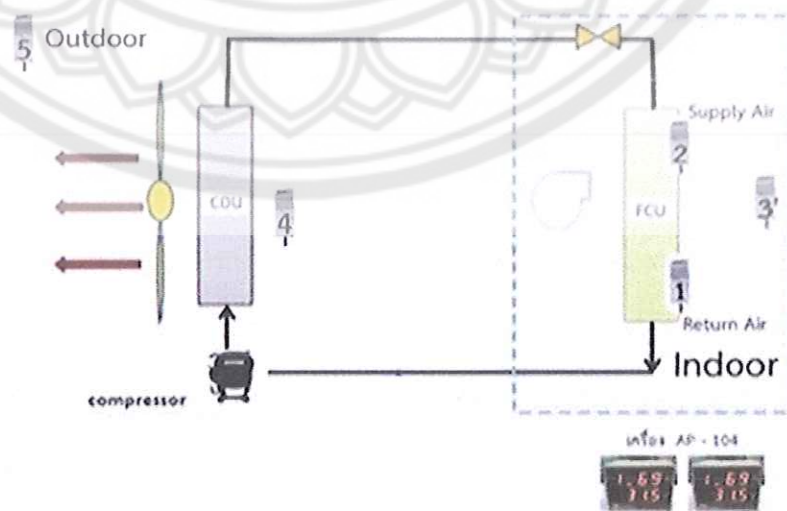


รูปที่ 3.16 คอยล์ร้อนแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบขดวงรี

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การตรวจวัดข้อมูลห้องปรับอากาศปกติ

1. ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น AP-104 ตามหมายเลขที่กำหนดดังรูปที่ 3.17 ตั้งค่าการตรวจวัดข้อมูลข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นด้วยเครื่อง AP-104 ทุกๆ 15 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง



รูปที่ 3.17 ตำแหน่งติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นของห้องปรับอากาศปกติ

หมายเลข 1 ตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิ (T_{Return}) และความชื้น ($\%RH_{Return}$) ของอากาศกลับ

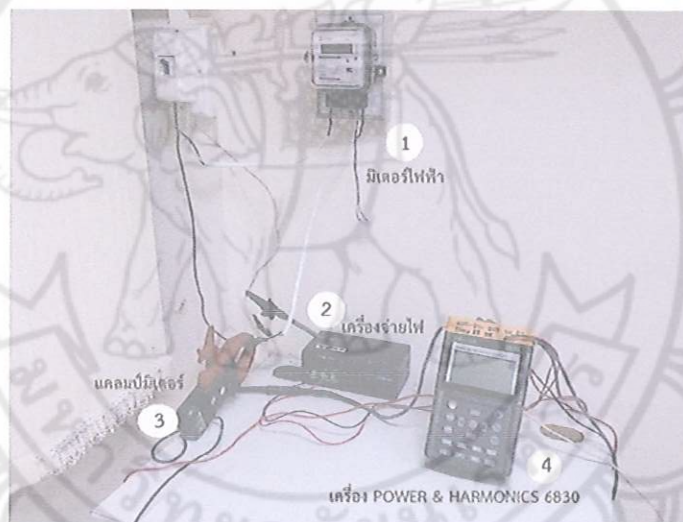
หมายเลข 2 ตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิ (T_{Supply}) และความชื้น ($\%RH_{Supply}$) ของอากาศจ่าย

หมายเลข 3' ตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิ (T_{indoor}) และความชื้น ($\%RH_{indoor}$) ของอากาศภายในห้องปรับอากาศ

หมายเลข 4 ตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิ (T_{in}) และความชื้น (T_{in}) ของอากาศหน้าคอยล์ร้อน

หมายเลข 5 ตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิ ($T_{Outdoor}$) และความชื้น ($\%RH_{Outdoor}$) อากาศภายนอกห้อง

2. ติดตั้งเครื่อง POWER & HARMONICS 6830 ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แสดงเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

หมายเลข 1 มิเตอร์ไฟฟ้าทำหน้าที่บันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า

หมายเลข 2 เครื่องจ่ายไฟทำหน้าที่จ่ายไฟให้เครื่อง POWER & HARMONICS 6830

หมายเลข 3 แคลมป์มิเตอร์ทำหน้าที่ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า (V) และกระแสไฟฟ้า (I)

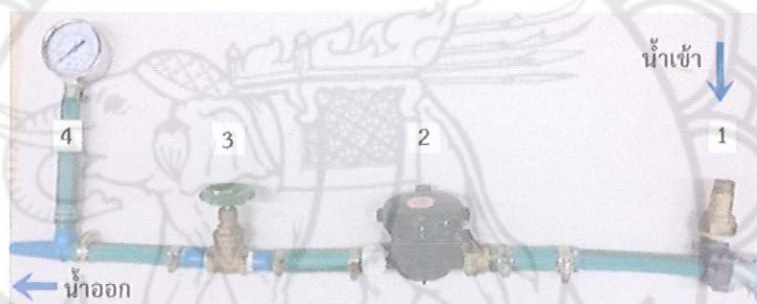
หมายเลข 4 เครื่อง POWER & HARMONICS 6830 ทำหน้าที่ตรวจวัดข้อมูล กระแสไฟฟ้า (I) แรงดันไฟฟ้า (V) กำลังไฟฟ้า (kW) และชั่วโมงการทำงาน (kWh) โดยตั้งค่าการตรวจวัดข้อมูลทุกๆ 1 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ค่า COP และค่า EER โดยตั้งค่าการเริ่มเก็บข้อมูลพร้อมกับเครื่อง AP-104

3. เปิดเครื่องปรับอากาศก่อนทำการตรวจวัดข้อมูล 30 นาที ตั้งค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 25 °C ทำการตรวจวัดข้อมูลความเร็วลม (V) หน้าที่พื้นที่หน้ากากกลับด้วยเครื่อง Anemometer รวมทั้งวัดขนาดพื้นที่หน้ากากด้านอากาศกลับ (A) ด้วยตลับเมตร

4. เมื่อบันทึกข้อมูลครบ 24 ชั่วโมง นำค่าที่บันทึกได้มาวิเคราะห์ผล ค่ากำลังไฟฟ้า ชั่วโมงการทำงาน ค่าพลังงานไฟฟ้า ความสามารถในการทำความเย็น ค่า COP และค่า EER

3.5.2 การตรวจวัดข้อมูลแบบติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยสายยางน้ำซึม

1. ติดตั้งชุดควบคุมอัตราการไหลของน้ำ



รูปที่ 3.19 ชุดควบคุมอัตราการไหลของน้ำ

หมายเลข 1 โฉลนอยด์วาล์วทำหน้าที่ เปิด-ปิดน้ำ ก่อนเข้าสู่ชุดควบคุมการไหลของน้ำ โดยต่อวงจรไฟฟ้าร่วมกับเครื่องอัดไอ เพื่อให้โฉลนอยด์วาล์วทำงานสัมพันธ์กับเครื่องอัดไอ

หมายเลข 2 มาตรวัดน้ำทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาณการใช้ น้ำ (m^3) โดยสามารถปรับอัตราการไหลของน้ำให้อยู่ที่ 1.5 L/s

หมายเลข 3 โกลบวาล์วทำหน้าที่ปรับอัตราการไหลของน้ำ โดยปรับอัตราการไหลในการทดลองอยู่ที่ 1.5 L/s

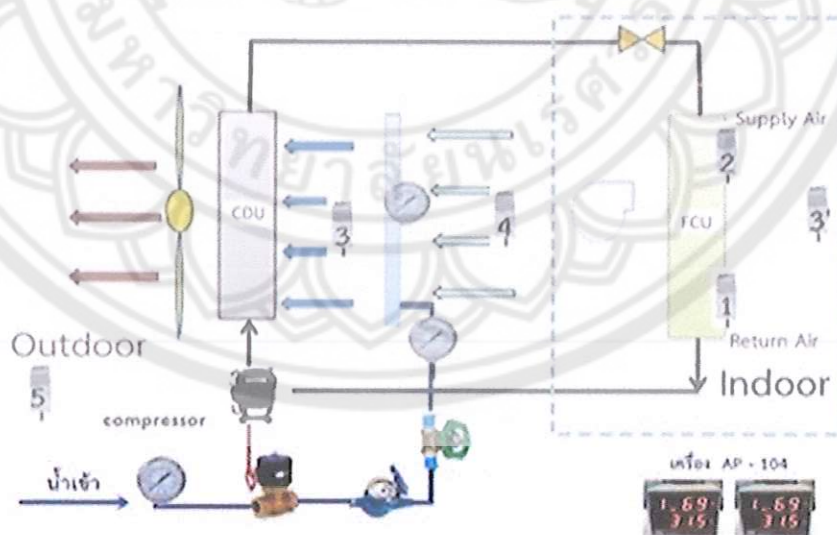
หมายเลข 4 มาตรวัดแรงดันทำหน้าที่วัดแรงดันน้ำก่อนเข้าสู่ชุดระเหยน้ำสายยางน้ำซึม

2. ติดตั้งชุดการระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมห่างจากด้านหน้าคอยล์ร้อน 10 cm ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ระยะห่างชุดการระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมเข้ากับด้านหลังคอยล์ร้อน

3. ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น AP-104 เหมือนกับห้องปรับอากาศปกติ เพียงแต่เพิ่มหัววัดอุณหภูมิหลังผ่านชุดทำความเย็นหมายเลข 3 ตามแสดงดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำสายยางน้ำซึม

หมายเลข 1 ตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิ (T_{Return}) และความชื้น ($\%RH_{Return}$) ของอากาศกลับ

หมายเลข 2 ตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิ (T_{Supply}) และความชื้น ($\%RH_{Supply}$) ของอากาศจ่าย

หมายเลข 3 ตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิ (T_{out}) และความชื้น ($\%RH_{out}$) อากาศหลังผ่านชุดทำความเย็น

หมายเลข 3' ตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิ (T_{indoor}) และความชื้น ($\%RH_{indoor}$) ของอากาศภายในห้องปรับอากาศ

หมายเลข 4 ตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิ (T_{in}) และความชื้น (T_{in}) ของอากาศก่อนผ่านชุดทำความเย็น

หมายเลข 5 ตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิ ($T_{Outdoor}$) และความชื้น ($\%RH_{Outdoor}$) อากาศภายนอกห้อง

4. ทำซ้ำตามขั้นตอน 1, 2, และ 4 ในหัวข้อการตรวจวัดข้อเครื่องปรับอากาศปกติ 3.5.1

5. นำค่าที่ตรวจวัดได้มาวิเคราะห์ห้ผลอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านและหลังผ่านชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม ค่ากำลังไฟฟ้า ชั่วโมงการทำงาน ค่าพลังงานไฟฟ้า ความสามารถในการทำความเย็น ค่า COP และค่า EER ของเครื่องปรับอากาศ รวมทั้งค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม และประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ วิศวกรรมระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแบบระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม

6. เปลี่ยนชุดระเหยน้ำสายยางน้ำซึม ชุดต่อไปให้ทำตามขั้นตอนเดียวกันกับการตรวจวัดข้อมูลแบบติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยสายยางน้ำซึมในหัวข้อ 3.5.2 จนครบทั้ง 3 ชุด

3.6 ข้อกำหนดเศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรม

ข้อกำหนด เศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรมเพื่อคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน

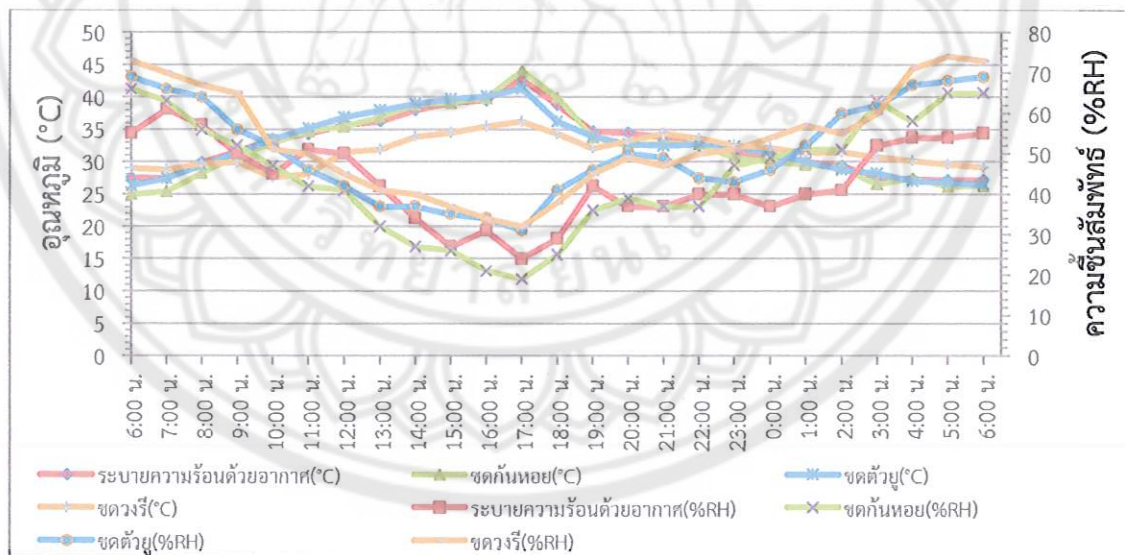
- สายยางน้ำซึม	ราคาเมตรละ	52	บาท
- โกลบवालว	ราคา	180	บาท
- โซลินอยล์วาลว	ราคา	135	บาท
- มาตรวัดแรงดัน	ราคา	370	บาท
- มาตรวัดน้ำ	ราคา	460	บาท
- แผงเหล็ก	ราคา	600	บาท
- อุปกรณ์ อื่นๆ	ราคา	240	บาท
- อัตราค่าไฟฟ้า	ราคา	3.5 บาท / kWh	
- ค่าน้ำ	ราคา	15 บาท/ m ³	
- ใน 1 สัปดาห์ ทำงาน 7 วัน			

บทที่ 4 การดำเนินงานและวิเคราะห์ผล

ในการศึกษาจะทำการวัดค่าพร้อมทั้งวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านและหลังผ่านชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม ค่ากำลังไฟฟ้า ชั่วโมงการทำงาน ค่าพลังงานไฟฟ้า ความสามารถในการทำความเย็น ค่า COP และค่า EER ของเครื่องปรับอากาศ รวมทั้งค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมและประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแบบระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม

4.1 ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก

การทดลองนี้ไม่สามารถควบคุมสภาวะอากาศภายนอกได้ เนื่องจากเป็นการทดลองในสภาวะการใช้งานจริงตลอด 24 ชั่วโมง ขณะทำการทดลองอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 32 °C (ต่ำสุด 31.67 °C, สูงสุด 32.83 °C) และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 52.96 %RH (ต่ำสุด 43.40 %RH สูงสุด 58 %RH) จะได้ผลการทดลองดังนี้



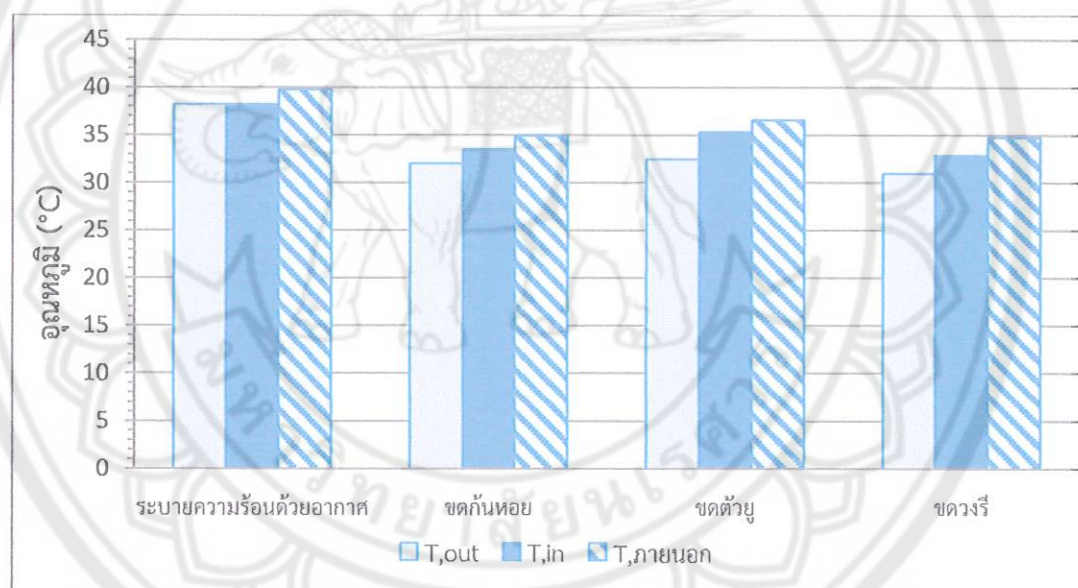
กราฟที่ 4.1 แสดงแนวโน้มอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก

จากกราฟที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าในช่วงกลางวันตั้งแต่เวลา 06:00 น. อุณหภูมิของอากาศภายนอกของแต่ละกรณีจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงเวลา 17.00 น. เนื่องจากห้องทดลองตั้งอยู่ทางทิศ NW ส่งผลให้ห้องทดลองรับแดดในช่วงบ่ายจนถึงเย็นหลังจากนั้นอุณหภูมิอากาศภายนอกจะเริ่มลดลงในช่วงเวลากลางคืน ส่วนความชื้นสัมพัทธ์จะมีแนวโน้มตรงกันข้ามกับอุณหภูมิอากาศภายนอก ดังนั้นอุณหภูมิของอากาศภายนอกจะแปรผกผันกับความชื้นสัมพัทธ์

จากผลการทดลองทุกกรณี (สภาวะอากาศภายนอกผู้ทดลองไม่สามารถควบคุมได้) เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศภายนอกเฉลี่ยระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมน้ำกับเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศกับพบว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยในการทดลองแบบระบายความร้อนด้วยชุดสายยางน้ำซึมนั้นมีค่าต่ำกว่าเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

4.2 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศก่อนผ่าน (T_{in}) และหลังผ่าน (T_{out}) ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมน้ำ

ผลเปรียบเทียบความสามารถในการลดอุณหภูมิก่อนและหลังผ่านชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมน้ำโดยวัดอุณหภูมิอากาศพร้อมชุดทำความเย็น โดยเป็นการเปรียบเทียบตลอด 24 ชั่วโมง จะได้ผลการทดลองดังนี้



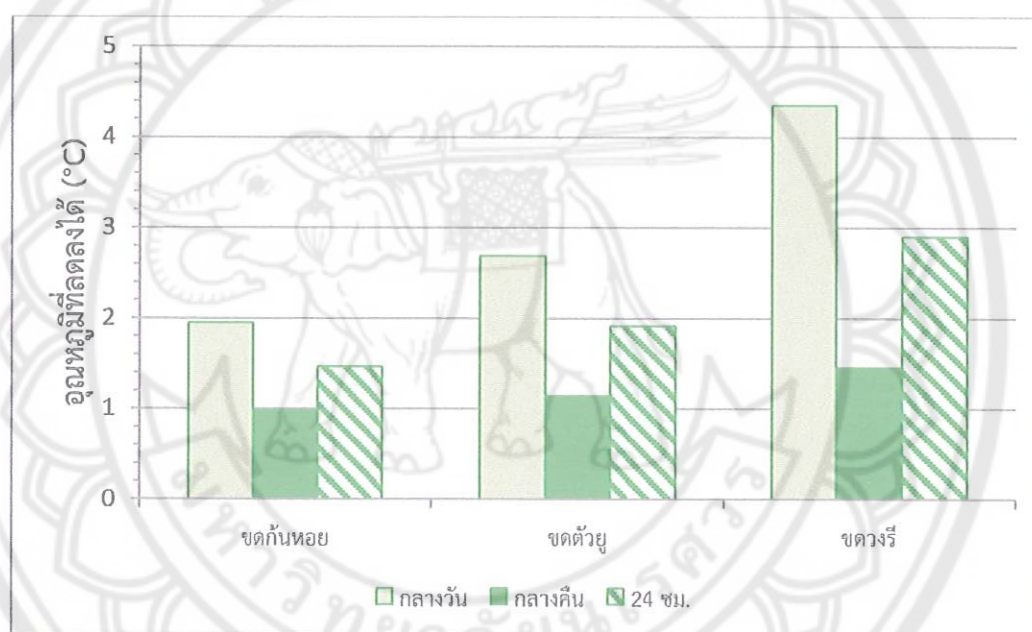
กราฟที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อน

จากกราฟที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเฉลี่ยทุกกรณีจะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก เนื่องจากเครื่องมือวัดอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนและชุดคอยล์ร้อนตั้งอยู่ใต้อุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารซึ่งก็คือระเบียงอาคารชั้น 6 มีผลทำให้เกิดเงาบังแสงแดดแทบจะตลอดทั้งช่วงการทดลอง ยกเว้นในช่วงประมาณ 15.00-18.00 น. อุณหภูมิก่อนและหลังผ่านของแบบระบายความร้อนด้วยอากาศจะเท่ากันเนื่องจากไม่มีการติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมน้ำ เมื่อติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมน้ำจะทำให้อากาศหน้าคอยล์ร้อนลดลงเมื่อเทียบกับแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยอุณหภูมิของอากาศก่อนผ่านชุดทำความเย็นของแต่ละกรณีมีดังนี้คือ แบบชุดกันหอย 33.49 °C แบบชุดตัวยู่ 35.35 °C และแบบชุดวงรี 32.89 °C ตามลำดับ อุณหภูมิอากาศหลังผ่านชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมน้ำของแต่ละกรณีมี

ดังนั้นคือ แบบขดกันหอย 32.02 °C แบบขดตัวยู 32.45 °C และแบบขดวงรี 30.97 °C ตามลำดับ ซึ่งแบบขดวงรีจะมีอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอกยร้อนเฉลี่ยต่ำที่สุดเนื่องจากขณะทำการทดลองมีอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยต่ำกว่ากรณีอื่นๆ

4.3 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ลดลงเมื่อผ่านชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม

การเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่สามารถลดลงได้หลังจากผ่านชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม จะได้ผลการทดลองดังนี้



กราฟที่ 4.3 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ลดลงเมื่อผ่านชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม

จากกราฟที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าค่าผลต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศก่อนและหลังจากผ่านชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมจากกราฟที่ 4.2 ทั้งสามกรณี ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิหลังจากผ่านกับอุณหภูมิก่อนผ่านชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมในแต่ละแบบพบว่า

ในช่วงกลางวันเมื่อติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมสามารถลดอุณหภูมิได้ดังนี้คือ แบบขดกันหอย 1.95 °C (4.03%) แบบขดตัวยู 2.69 °C (8.03%) และแบบขดวงรี 4.35 °C (12.99%)

ในช่วงกลางคืนเมื่อติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมสามารถลดอุณหภูมิได้ดังนี้คือ แบบขดกันหอย 0.98 °C (2.78%) แบบขดตัวยู 1.14 °C (3.22%) และแบบขดวงรี 1.45 °C (4.10%)

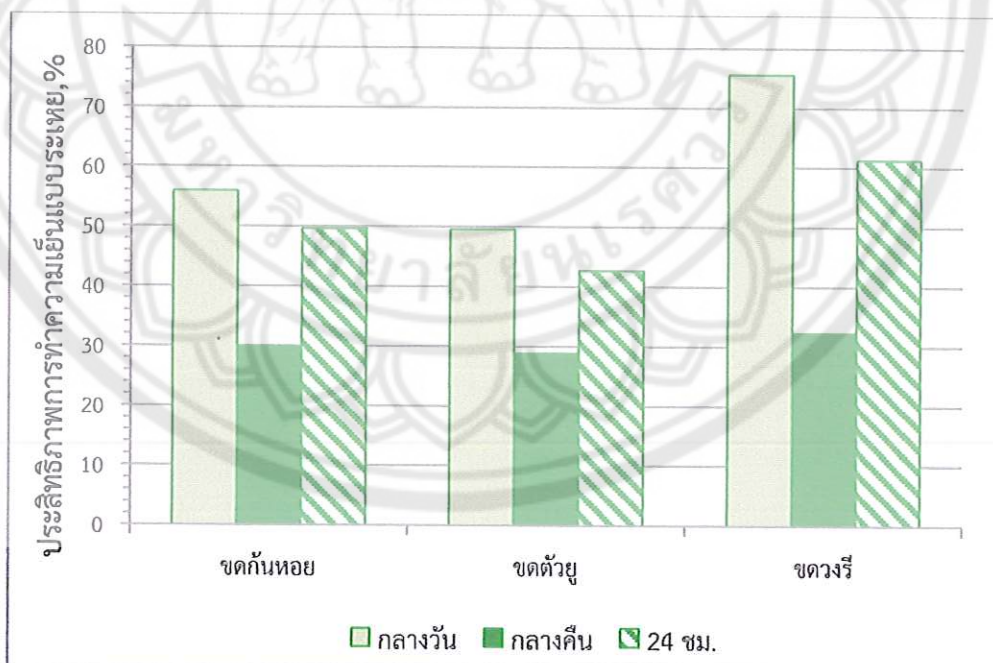
ในช่วงตลอด 24 ชั่วโมงเมื่อติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมสามารถลดอุณหภูมิได้ดังนี้คือ แบบขดกันหอย 1.47 °C (4.47%) แบบขดตัวยู 1.92 °C (5.83%) และแบบขดวงรี 2.90 °C (8.81%)

ดังนั้นในช่วงกลางวันของทั้ง 3 กรณีสามารถลดอุณหภูมิได้มากที่สุด เนื่องจากในช่วงกลางวันตั้งแต่เวลา 06:00 น. อุณหภูมิของอากาศภายนอกของแต่ละกรณีจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงเวลา 17.00 น. เมื่ออุณหภูมิสูงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำ มีผลทำให้น้ำในชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมสามารถระเหยได้มากขึ้นมีผลทำให้อุณหภูมิอากาศหลังผ่านชุดทำความเย็นลดลง ส่วนในช่วงกลางคืนมีอุณหภูมิที่ต่ำและความชื้นสัมพัทธ์สูงทำให้อากาศรับความชื้นได้น้อยลง ส่งผลให้อุณหภูมิได้น้อยกว่าช่วงกลางวัน

ซึ่งในแต่ละกรณีสามารถเรียงลำดับอุณหภูมิที่ลดลงได้จากมากไปน้อยได้ดังนี้คือ แบบขดวงรี แบบขดตัวยูและแบบขดกันหอย ตามลำดับ

4.4 ผลประสิทธิภาพของชุดทำความเย็นแบบระเหย (ε)

จากการทดสอบการลดอุณหภูมิของชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมเพื่อหาประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหย จะได้ผลการทดลองดังนี้



กราฟที่ 4.4 แสดงประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหย

จากกราฟที่ 4.4 จะเห็นว่าในช่วงกลางวัน มีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 60.4% (ต่ำสุด 49.6%, สูงสุด 75.6%) ในช่วงกลางคืนมีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ 30.33% (ต่ำสุด 28.8% สูงสุด 32.33%) ในตลอด

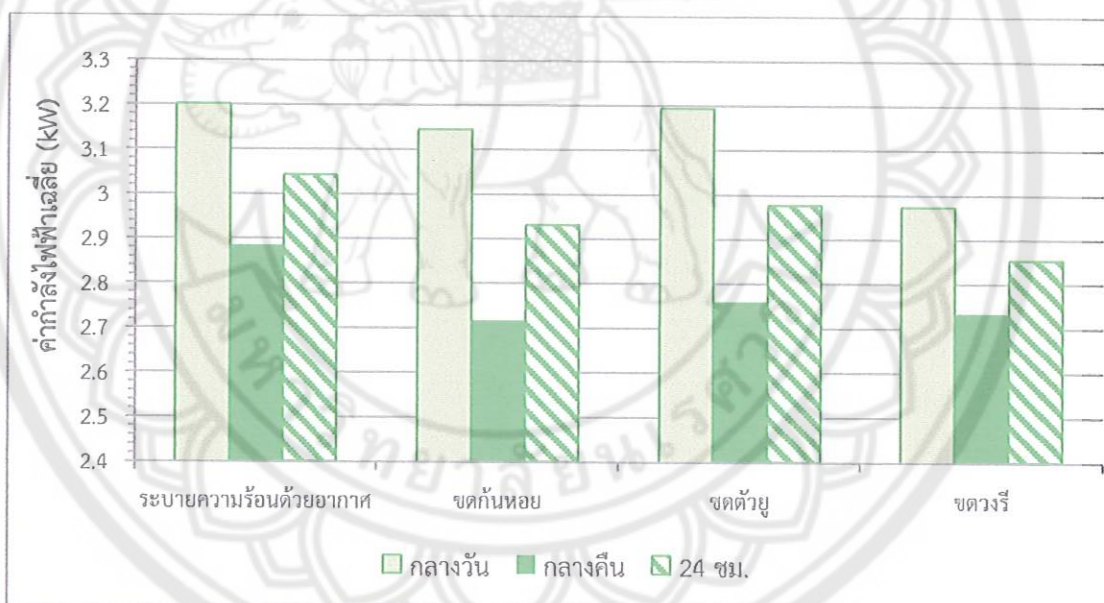
24 ชั่วโมงมีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ยอยู่ที่ 51.13% (ต่ำสุด 42.60% สูงสุด 61.20%) ซึ่งจากการทดลองพบว่า

ในช่วงกลางวันประสิทธิภาพการทำความเย็นจะมีค่าสูงกว่าช่วงกลางคืนเนื่องจากช่วงกลางวันมีอุณหภูมิสูงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำ มีผลทำให้น้ำในชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมสามารถระเหยได้มากขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นสูงขึ้น

จากผลการวิเคราะห์สามารถเรียงลำดับประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยจากมากไปน้อยได้ดังนี้คือ แบบขดวงรี แบบขดก้นหอยและแบบขดตัวยู ตามลำดับ

4.5 ผลการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดไอ

เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในช่วงกลางวัน ช่วงกลางคืนและตลอด 24 ชั่วโมงของห้องปรับอากาศแต่ละกรณี จะได้ผลการทดลองดังนี้



กราฟที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

จากกราฟที่ 4.5 จะเห็นได้ชัดเจนว่าในทุกกรณีสำหรับช่วงกลางวันมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยมากกว่าช่วงกลางคืนเนื่องจากช่วงกลางวันมีอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงกว่าช่วงกลางคืน เมื่อเปรียบเทียบผลของชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมกับเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศพบว่า

ในช่วงกลางวันเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมมีมีค่ากำลังไฟฟ้าลดลงดังนี้คือ แบบขดก้นหอย 0.06 kW (1.88%), แบบขดตัวยู 0.01 kW (0.31%), และแบบขดวงรี 0.23 kW (7.19%)

ในช่วงกลางคืนเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมมีมีค่ากำลังไฟฟ้าลดลงดังนี้คือ แบบขดกันหอย 0.17 kW (5.88%), แบบขดตัวยู 0.13 kW (4.50%), และแบบขดวงรี 0.16 kW (5.54%)

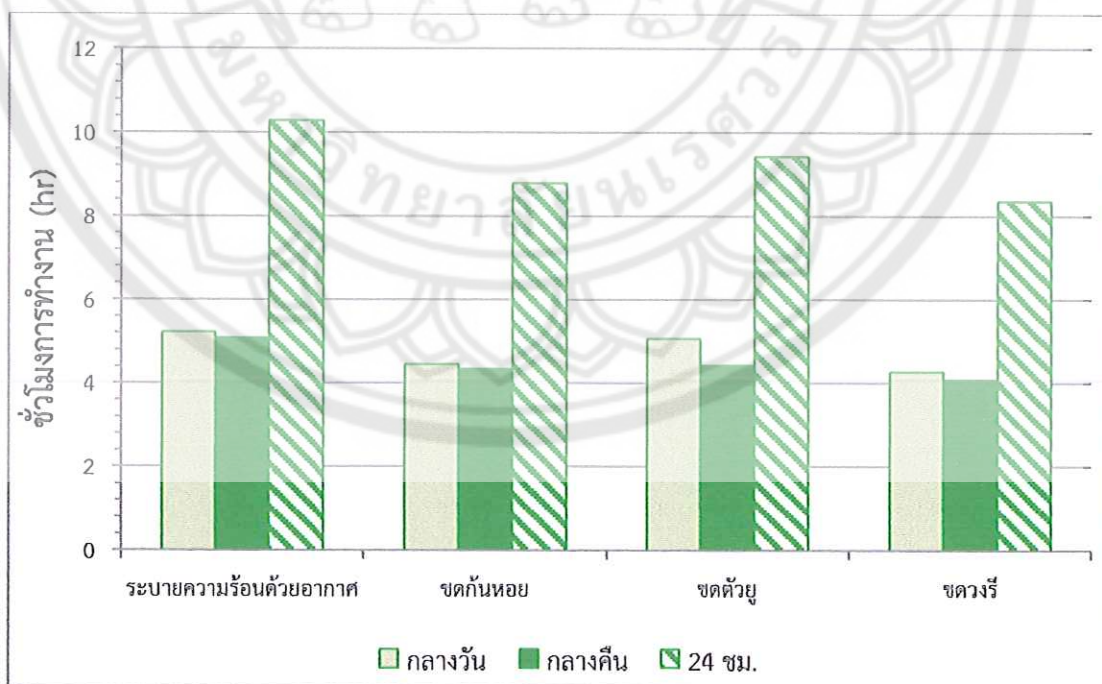
ในช่วงตลอด 24 ชั่วโมงเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมมีมีค่ากำลังไฟฟ้าลดลงดังนี้คือ แบบขดกันหอย 0.11 kW (5.88%), แบบขดตัวยู 0.06 kW (4.50%), และแบบขดวงรี 0.19 kW (5.54%)

ดังนั้น ค่ากำลังไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับค่าอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเมื่ออุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าจะเพิ่มสูงขึ้นและเมื่อติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมจะทำให้อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนมีค่าลดลงดังแสดงในกราฟที่ 4.2 ส่งผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าลดลงตามไปด้วย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศแล้วเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมทุกกรณีสามารถลดค่ากำลังไฟฟ้าลงได้

โดยสามารถเรียงลำดับค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของแต่ละกรณีจากน้อยไปหามากได้ดังนี้คือ แบบขดวงรี แบบขดกันหอย แบบขดตัวยูและแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

4.6 ผลการเปรียบเทียบชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดไอ

เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดไอในช่วงกลางวัน ช่วงกลางคืนและตลอด 24 ชั่วโมงของห้องปรับอากาศแต่ละกรณี ได้ผลการทดลองดังนี้



กราฟที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดไอ

จากกราฟที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดไอในช่วงกลางวันมากกว่าช่วงกลางคืนเนื่องจากช่วงกลางวันภาระการทำความเย็นมากกว่าช่วงกลางคืน เมื่อติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศกับเครื่องปรับอากาศพบว่า

ในช่วงกลางวันชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมมีชั่วโมงการทำงานลดลงดังนี้คือ แบบชดกันหอย 45.6 นาที (14.59%) แบบชดตัวยู 9 นาที (2.88%) แบบชดวงรี 56.4 นาที (18.04%)

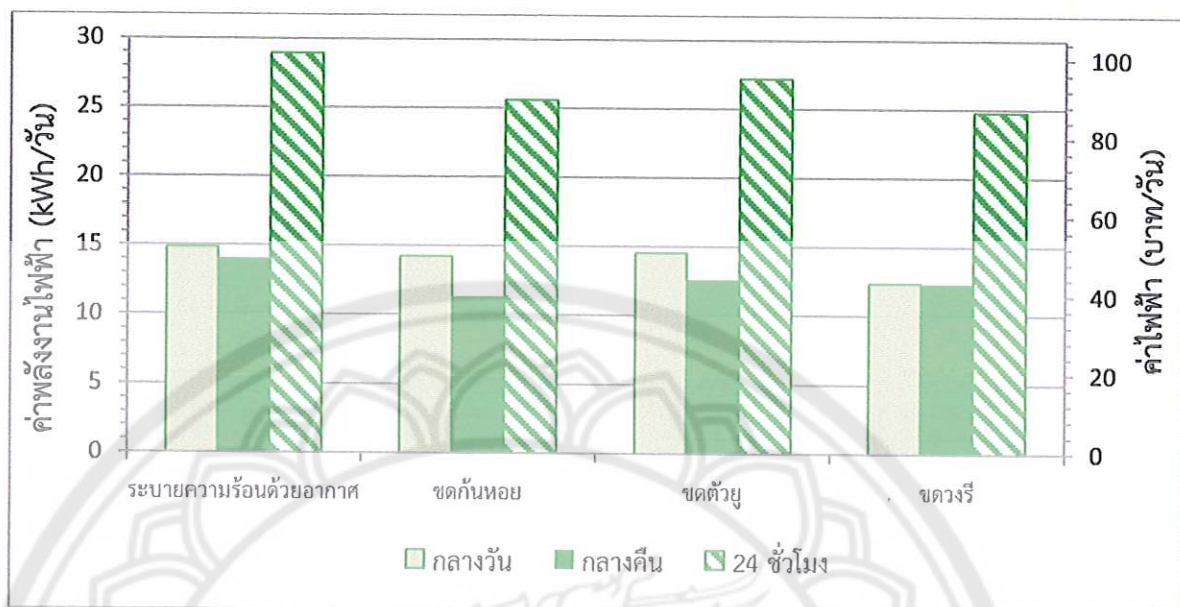
ในช่วงกลางคืนชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมมีชั่วโมงการทำงานลดลงดังนี้คือ แบบชดกันหอย 44.4 นาที (14.60%) แบบชดตัวยู 39.0 นาที (12.82%) แบบชดวงรี 59.4 นาที (19.53%)

ในช่วงตลอด 24 ชั่วโมงชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมมีชั่วโมงการทำงานลดลงดังนี้คือ แบบชดกันหอย 1 ชั่วโมง 30 นาที (14.59%), แบบชดตัวยู 51.6 นาที (8.37%), แบบชดวงรี 1 ชั่วโมง 55.8 นาที (18.77%)

ดังนั้นเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมทำให้อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนลดลงทำให้ระบายความร้อนได้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ แต่ชั่วโมงการทำงานการทำงานของเครื่องอัดไอแตกต่างกันไม่มาก โดยสามารถเรียงลำดับของแต่ละกรณีจากน้อยไปหามากได้ดังนี้คือ แบบชดวงรี แบบชดกันหอย แบบชดตัวยูและแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ตามลำดับ

4.7 ผลการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า

การทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมกับเครื่องปรับอากาศโดยทดสอบเปรียบเทียบระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยเป็นการเปรียบเทียบต่อวัน จะได้ผลการทดลองดังนี้



กราฟที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าต่อวัน

จากกราฟที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าค่าพลังงานไฟฟ้าคือ ผลคูณของค่ากำลังไฟฟ้ากับจำนวนชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดไอ โดยจากกราฟที่ 4.5 จะเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมจะทำให้เครื่องอัดไรมีค่ากำลังไฟฟ้าลดลงและจากกราฟที่ 4.6 เครื่องอัดไอแต่ละกรณีจะมีชั่วโมงการทำงานที่แตกต่างกันไม่มากนัก ดังนั้นค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจึงขึ้นอยู่กับค่ากำลังไฟฟ้าที่ลดลงของเครื่องอัดไอ ส่วนค่าไฟฟ้า คือ ผลคูณของค่าพลังงานไฟฟ้ากับอัตราค่าไฟฟ้า (บาท/kWh) เมื่อค่าพลังงานไฟฟ้าลดลงจึงมีผลทำให้ค่าไฟฟ้านลดลงตามไปด้วย

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมกับเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศพบว่า

ในช่วงกลางวันเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมมีค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้านลดลงดังนี้คือ แบบชดกันหอย 0.62 kWh (2.17 บาท), แบบชดตัวยู 0.33 kWh (1.16 บาท), แบบชดวงรี 0.46 kWh (1.61 บาท) จะเห็นได้ว่าเมื่อติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมสามารถทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้านลดลงดังนี้ ชดกันหอย 13.41%, ชดตัวยู 3.05%, ชดวงรี 22.56%

ในช่วงกลางคืนเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมมีค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้านลดลงดังนี้ แบบชดกันหอย 2.71 kWh (9.49 บาท), แบบชดตัวยู 1.42 kWh (4.97 บาท), แบบชดวงรี 1.74 kWh (6.09 บาท) จะเห็นได้ว่าเมื่อติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมสามารถทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้านลดลงดังนี้ แบบชดกันหอย 18.49%, แบบชดตัวยู 17.81%, แบบชดวงรี 23.29%

ในช่วงตลอด 24 ชั่วโมงเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมมีค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้านลดลงดังนี้ แบบชดกันหอย 3.33 kWh (11.66 บาท), แบบชดตัวยู 1.75 kWh (6.13 บาท), แบบชดวงรี 4.16 kWh (14.56 บาท) จะเห็นได้ว่าเมื่อติดตั้งชุดทำความ

เย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมสามารถทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าลดลงดังนี้ แบบขดกันหอย 17.10%, แบบขดตัวยู 9.68%, แบบขดวงรี 23.23%

ดังนั้นเมื่อติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมมาช่วยระบายความร้อนที่คอยล์ร้อน ส่งผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าลดลงตามด้วย โดยสามารถเรียงลำดับของแต่ละกรณีจากน้อยไปหามากได้ดังนี้คือ แบบขดวงรี แบบขดกันหอย แบบขดตัวยูและแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ตามลำดับ

4.8 ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำ

การทดสอบการทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม จะมีค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าน้ำเพิ่มเติมขึ้น จากกราฟที่ 4.8 จะเห็นว่าในช่วงกลางวันของทุกกรณีจะมีการใช้น้ำมาก เนื่องจากในการทดลองได้ทำการต่อวงจรไฟฟ้าในการเปิด-ปิด โซลินอยด์วาล์วเพื่อควบคุมการไหลของน้ำให้ทำงานพร้อมกับเครื่องอัดไอ โดยในช่วงกลางวันจะมีอุณหภูมิอากาศภายนอกมีค่าสูงทำให้เครื่องอัดไอมีชั่วโมงการทำงานเพิ่มขึ้นมีผลทำให้โซลินอยด์วาล์วเปิดจ่ายน้ำให้กับระบบนานขึ้น โดยจากการทดลองพบว่า



กราฟที่ 4.8 แสดงค่าใช้จ่ายของน้ำที่ใช้ในชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม

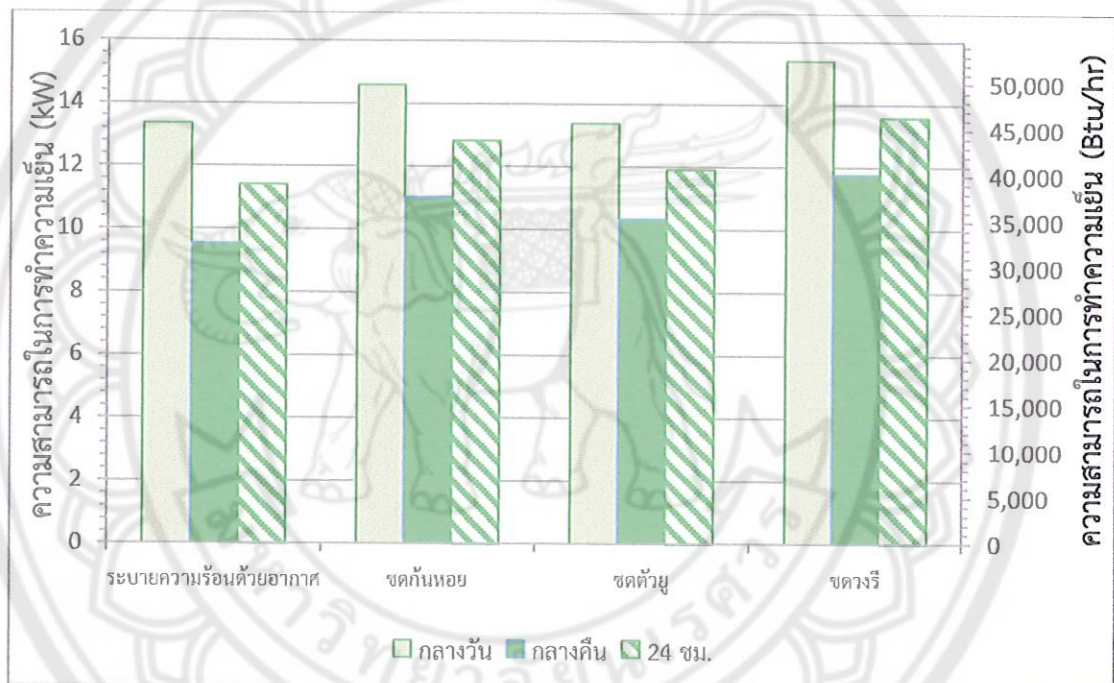
ในช่วงกลางวัน สามารถเรียงลำดับการใช้น้ำจากน้อยไปมากได้ดังนี้คือ แบบขดวงรี แบบขดกันหอยและแบบขดตัวยู มีค่าน้ำ 1.02 บาท/วัน, 1.34 บาท/วัน, 1.50 บาท/วัน ตามลำดับ

ในช่วงกลางคืน สามารถเรียงลำดับค่าน้ำจากน้อยไปมากได้ดังนี้คือ แบบขดตัวยู แบบขดกันหอยและแบบขดวงรี มีค่าน้ำ 0.65 บาท/วัน, 0.73 บาท/วัน, 0.92 บาท/วัน ตามลำดับ

ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง สามารถเรียงลำดับค่าน้ำจากน้อยไปมากได้ดังนี้คือ แบบขดวงรี แบบขตกันหอยและแบบขตด้วย มีค่าน้ำ 1.94 บาท/วัน, 2.07 บาท/วัน, 2.15 บาท/วัน ตามลำดับ ดังนั้นค่าน้ำจะขึ้นอยู่กับชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดไอเป็นหลักเนื่องจากระบบการ เปิด-ปิดน้ำ ทำงานร่วมกับเครื่องอัดไอ

4.9 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการทำความเย็น (Q_L)

เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการทำความเย็น(Q_L) ของเครื่องปรับอากาศ ในช่วงกลางวัน ช่วงกลางคืน และตลอด 24 ชั่วโมง จะได้ผลการทดลองดังนี้



กราฟที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการทำความเย็น

จากกราฟที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าช่วงกลางวันจะมีค่า Q_L สูงกว่าช่วงกลางคืนทุกกรณีเนื่องจากช่วงกลางวันและช่วงกลางคืนมีค่าของอุณหภูมิอากาศจ่ายใกล้เคียงกันแต่ช่วงกลางวันมีค่าของอุณหภูมิอากาศกลับสูงกว่ากลางคืน 1°C เมื่อพิจารณาพร้อมกับแผนภูมิไซโครเมตริกทำให้มีค่าผลต่างของค่าเอนทาลปีมากกว่าจึงเป็นผลให้มีค่า Q_L ในช่วงกลางวันมีค่ามากกว่าช่วงกลางคืน ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการทำความเย็นระหว่างเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมกับเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศพบว่า

ในช่วงกลางวันเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมจะมีค่า Q_L เพิ่มขึ้นดังนี้คือ แบบขตกันหอย 1.23 kW (4196.76 Btu/hr.) แบบขตด้วย 0.03 kW (102.36 Btu/hr.) แบบขดวงรี 1.80 kW (6141.60 Btu/hr) จะเห็นได้ว่าเมื่อติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมทำให้ค่า Q_L เพิ่มขึ้นดังนี้คือ แบบขตกันหอย 9.20% แบบขตด้วย 0.22% แบบขดวงรี 13.47%

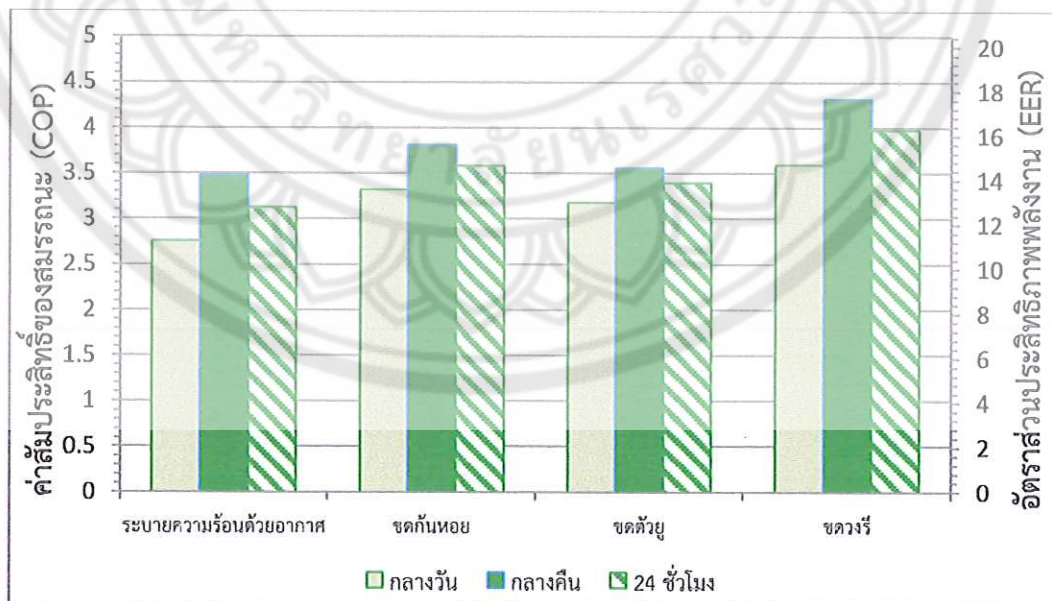
ในช่วงกลางคืนเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมจะมีค่า QL เพิ่มขึ้นดังนี้คือ แบบขดกันหอย 1.49 kW (5083.88 Btu/hr.) แบบขดตัวยู 0.83 kW (2831.96 Btu/hr.) แบบขดวงรี 2.24 kW (7642.88 Btu/hr.) จะเห็นได้ว่าเมื่อติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมทำให้ค่า QL เพิ่มขึ้นดังนี้คือ แบบขดกันหอย 15.63% แบบขดตัวยู 8.71% แบบขดวงรี 23.50%

ในช่วงตลอด 24 ชั่วโมงเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมจะมีค่า QL เพิ่มขึ้นดังนี้คือ แบบขดกันหอย 1.41 kW (4810.92 Btu/hr.) แบบขดตัวยู 0.51 kW (1740.12 Btu/hr.) แบบขดวงรี 7472.28 kW (3.41 Btu/hr.) จะเห็นได้ว่าเมื่อติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมทำให้ค่า QL เพิ่มขึ้นดังนี้คือ แบบขดกันหอย 12.35% แบบขดตัว 4.47% แบบขดวงรี 19.20%

ดังนั้น ในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม จะมีผลต่างของค่าเอนทาลปีมากกว่าเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ จะทำให้ระบายความร้อนได้ดีขึ้นเป็นผลให้มีค่าความสามารถทำความเย็นเพิ่มสูงขึ้น โดยสามารถเรียงลำดับของแต่ละกรณีจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้คือ แบบขดวงรี แบบขดกันหอย แบบขดตัวยูและแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ตามลำดับ

4.10 ผลการเปรียบเทียบค่า COP และค่า EER

การแสดงผลการเปรียบเทียบค่า COP และค่า EER ในช่วงกลางวัน ช่วงกลางคืนและตลอด 24 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองดังนี้



กราฟที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่า COP และค่า EER

ค่า COP คือ อัตราส่วนของค่าความสามารถในการทำความเย็นในหน่วย W กับกำลังไฟฟ้าในหน่วย W และค่า EER คือ อัตราส่วนของค่าความสามารถในการทำความเย็นในหน่วย (Btu/hr) กับกำลังไฟฟ้าในหน่วย W ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบค่า COP และค่า EER ระหว่างเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมกับเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศพบว่า

ในช่วงกลางวันค่า COP และค่า EER ของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมจะเพิ่มขึ้นดังนี้คือ แบบขดกันหอย 0.67 W/W [2.29 (Btu/hr)/W] แบบขดตัวยู 0.50 W/W [1.70 (Btu/hr)/W] แบบขดวงรี 1.00 W/W [3.41 (Btu/hr)/W] และเมื่อพิจารณาเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจะพบว่าค่า COP และค่า EER เพิ่มขึ้นดังนี้คือ แบบขดกันหอย 2.24% แบบขดตัวยู 15.11% แบบขดวงรี 30.21%

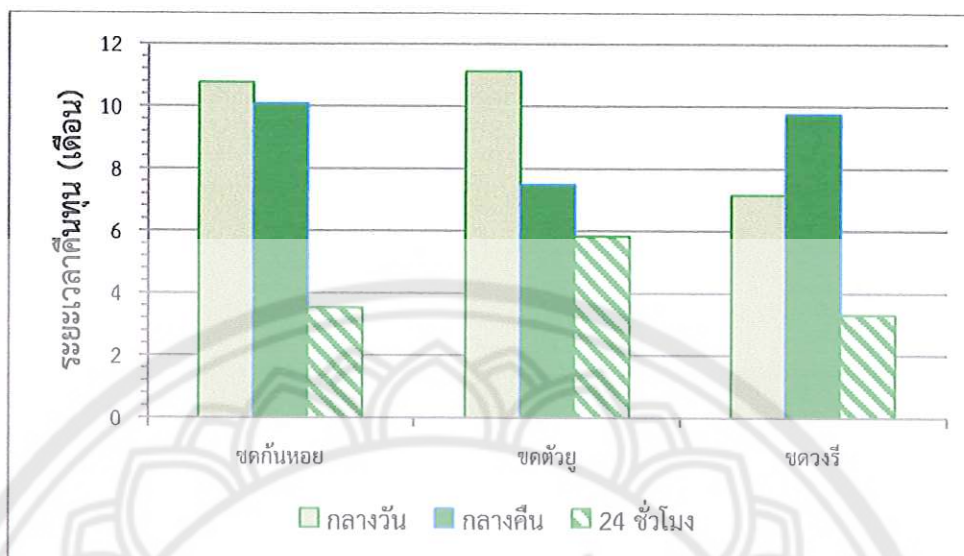
ในช่วงกลางคืนค่า COP และค่า EER ของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมจะเพิ่มขึ้นดังนี้คือ แบบขดกันหอย 0.40 W/W [1.36 (Btu/hr)/W] แบบขดตัวยู 0.10 W/W [0.34 (Btu/hr)/W] แบบขดวงรี 1.01 W/W [3.44 (Btu/hr)/W] และเมื่อพิจารณาเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจะพบว่าค่า COP และค่า EER เพิ่มขึ้นดังนี้คือ แบบขดกันหอย 9.70% แบบขดตัวยู 2.42% แบบขดวงรี 24.51%

ในช่วงตลอด 24 ชั่วโมงค่า COP และค่า EER ของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมจะเพิ่มขึ้นดังนี้คือ แบบขดกันหอย 0.55 W/W [1.87 (Btu/hr)/W] แบบขดตัวยู 0.32 W/W [1.09 (Btu/hr)/W] แบบขดวงรี 1.02 W/W [3.48 (Btu/hr)/W] และเมื่อพิจารณาเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจะพบว่าค่า COP และค่า EER เพิ่มขึ้นดังนี้คือ แบบขดกันหอย 14.66% แบบขดตัวยู 8.53% แบบขดวงรี 27.20%

ดังนั้น เครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมจะทำให้คอยล์ร้อนระบายความร้อนได้ดีขึ้นและมีค่า COP และค่า EER เพิ่มทุกกรณี โดยสามารถเรียงลำดับของแต่ละกรณีจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้คือ แบบขดวงรี แบบขดกันหอย แบบขดตัวยูและแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ตามลำดับ

4.11 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน

การสร้างชุดทำความเย็นแบบระเหยมีค่าใช้จ่ายหลักๆ คือ สายยางน้ำซึมและแผงเหล็กสำหรับยึดติดสายยางน้ำซึม โดยมีเงินลงทุนทั้งสิ้น 725 บาทต่อ 1 ชุด ซึ่งจะมีระยะเวลาในการคืนทุนเมื่อเทียบเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศดังนี้



กราฟที่ 4.11 ระยะเวลาคืนทุนของชุดทำความเย็นแบบระเหย

จากกราฟที่ 4.11 จะเห็นว่าชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบชดวงรีมีระยะเวลาคืนทุนสั้นกว่าชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบชดก้นหอยและชดตัวยู เนื่องจากมีผลประหยัดมากกว่า ซึ่งจากการทดลองพบว่า

ในช่วงกลางวันชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมจะมีระยะเวลาคืนทุนดังนี้คือ แบบชดก้นหอย 10 เดือน 23 วัน แบบชดตัวยู 11 เดือน 4 วัน และแบบชดวงรี 7 เดือน 5 วัน

ในช่วงกลางคืนชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมจะมีระยะเวลาคืนทุนดังนี้คือ แบบชดก้นหอย 10 เดือน 2 วัน แบบชดตัวยู 7 เดือน 14 วัน และแบบชดวงรี 9 เดือน 23 วัน

ในช่วงตลอด 24 ชั่วโมงชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมจะมีระยะเวลาคืนทุนดังนี้คือ แบบชดก้นหอย 3 เดือน 16 วัน แบบชดตัวยู 5 เดือน 25 วัน และแบบชดวงรี 3 เดือน 10 วัน

ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศในช่วงกลางวันควรใช้ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบชดวงรีจะสามารถคืนทุนได้เร็วที่สุด ในช่วงกลางคืนควรใช้ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบชดตัวยูจะสามารถคืนทุนได้เร็วที่สุด และตลอด 24 ชั่วโมงควรใช้ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบชดวงรีจะสามารถคืนทุนได้เร็วที่สุด

บทที่ 5 บทสรุป

ในการทดลองนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำความเย็น อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ สัมประสิทธิ์สมรรถนะและอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ระหว่างเครื่องปรับอากาศขนาด 36000 Btu/hr. แบบระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก

1. การทดลองนี้ไม่สามารถควบคุมสภาวะอากาศภายนอกได้ เนื่องจากเป็นการทดลองในสภาวะการใช้งานจริงตลอด 24 ชั่วโมง ขณะทำการทดลองอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 32°C (ต่ำสุด 31.67°C , สูงสุด 32.83°C) และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย $52.96\% \text{RH}$ (ต่ำสุด $43.40\% \text{RH}$, สูงสุด $58\% \text{RH}$)

5.1.2 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศก่อนผ่าน (T_{in}) และหลังผ่าน (T_{out}) ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม

1. อุณหภูมิของอากาศก่อนผ่าน (T_{in}) ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมของแต่ละกรณีมีดังนี้คือ แบบชดก้นหอย 33.49°C แบบชดตัวยู 35.35°C และแบบชดวงรี 32.89°C

2. อุณหภูมิอากาศของหลังผ่าน (T_{out}) ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมของแต่ละกรณีมีดังนี้คือ แบบชดก้นหอย 32.02°C แบบชดตัวยู 32.45°C และแบบชดวงรี 30.97°C

3. เมื่อติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมจะทำให้อุณหภูมิอากาศหลังผ่านชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมมีค่าลดต่ำลงเป็นผลทำให้อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนลดลงตามไปด้วยทุกกรณีเมื่อเทียบกับแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

5.1.3 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ลดลงเมื่อผ่านชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึม

1. หลังจากติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมจะทำให้อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนลดลง เป็นผลทำให้คอยล์ร้อนระบายความร้อนได้ดีขึ้น

2. ในช่วงกลางวันของทั้ง 3 กรณีสามารถลดอุณหภูมิได้มาก เนื่องจากมีอุณหภูมิอากาศสูงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำ น้ำในชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมสามารถระเหยได้มากขึ้นมีผลทำให้อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนหลังผ่านชุดทำความเย็นลดลง ส่วนในช่วงกลางคืนมีอุณหภูมิที่ต่ำและความชื้นสัมพัทธ์สูงทำให้อากาศรับความชื้นได้น้อยลง ส่งผลให้ลดอุณหภูมิได้น้อยกว่าช่วงกลางวัน

3. ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแต่ละกรณีสามารถเรียงลำดับอุณหภูมิที่ลดลงได้จากมากไปหาน้อยได้ดังนี้คือ แบบชดวงรี แบบชดตัวยูและแบบชดก้นหอย ตามลำดับ

5.1.4 ผลประสิทธิภาพของชุดทำความเย็นแบบระเหย (ε)

1. ในช่วงกลางวันประสิทธิภาพการทำความเย็นจะมีค่าสูงกว่าช่วงกลางคืนเนื่องจากช่วงกลางวันมีอุณหภูมิสูงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำ น้ำในชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมสามารถระเหยได้มากขึ้นอุณหภูมิอากาศหลังผ่านชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมลดลงได้มาก ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นสูงขึ้น

2. จากการทดลองสามารถเรียงลำดับประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมจากมากไปน้อยได้ดังนี้ แบบขดวงรี แบบขดก้นหอยและแบบขดตัวยู ตามลำดับ

5.1.5 ผลการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดไอ

1. เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศพบว่าเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมทุกกรณีสามารถช่วยลดค่ากำลังไฟฟ้าลงได้

2. ค่ากำลังไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับค่าอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเมื่ออุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าจะเพิ่มสูงขึ้นและเมื่อติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมจะทำให้อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนมีค่าลดลง ส่งผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าลดลงตามไปด้วย

3. จากการทดลองสามารถเรียงลำดับค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของแต่ละกรณีจากน้อยไปหามากได้ดังนี้คือ แบบขดวงรี แบบขดก้นหอย แบบขดตัวยู และแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ตามลำดับ

5.1.6 ผลการเปรียบเทียบชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดไอ

1. เครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมทำให้คอยล์ร้อนระบายความร้อนได้ดีขึ้น เมื่อเทียบกับเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ แต่ไม่มีผลกระทบต่อชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดไอนัก กล่าวคือ ชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดไอแตกต่างกันน้อยมาก

2. เครื่องปรับอากาศแต่ละกรณีมีชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดไอแตกต่างกันไม่มาก โดยช่วงกลางวันมีชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดไอนี้อีกกว่าช่วงกลางคืนทุกกรณี

3. จากการทดลองสามารถเรียงลำดับชั่วโมงการทำงานการทำงานของเครื่องอัดไอแต่ละกรณีจากน้อยไปหามากได้ดังนี้คือ แบบขดวงรี แบบขดก้นหอย แบบขดตัวยู และแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ตามลำดับ

5.1.7 ผลการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า

1. หลังจากติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมจะทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลงทุกกรณีเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ซึ่งค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจึงมีผลทำให้ค่าไฟฟ้าลดลงตามไปด้วย โดยค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าที่ลดลงนี้เป็นผลมาจากค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดไอที่ลดต่ำลงเป็นหลัก

2. ในช่วงกลางวันจะมีค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าสูงกว่าช่วงกลางคืนเนื่องจากช่วงกลางวันมีอุณหภูมิสูงทำให้มีภาระการทำความเย็นมากกว่าช่วงกลางคืน

3. จากการทดลองสามารถเรียงลำดับของแต่ละกรณีจากน้อยไปหามากได้ดังนี้คือ แบบขดวงรี แบบขดกันหอย แบบขดตัวยู และแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ตามลำดับ

5.1.8 ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำ

1. ในช่วงกลางวันของทุกกรณีจะมีการใช้น้ำมากกว่าช่วงกลางคืน เนื่องจากในการทดลองได้ทำการต่อวงจรไฟฟ้าในการเปิด-ปิด โซลินอยด์วาล์วเพื่อควบคุมการไหลของน้ำให้ทำงานพร้อมกับเครื่องอัดไอ โดยในช่วงกลางวันจะมีอุณหภูมิอากาศภายนอกมีค่าสูงทำให้เครื่องอัดไอมีชั่วโมงการทำงานเพิ่มขึ้นมีผลทำให้โซลินอยด์วาล์วเปิดจ่ายน้ำให้กับระบบนานขึ้น

5.1.9 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการทำความเย็น (Q_L)

1. หลังจากติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมจะทำให้ค่าความสามารถทำความเย็นเพิ่มขึ้นทุกกรณีเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

2. ช่วงกลางวันจะมีค่า Q_L สูงกว่าช่วงกลางคืนทุกกรณีเนื่องจากช่วงกลางวันและช่วงกลางคืนมีค่าของอุณหภูมิอากาศจ่ายใกล้เคียงกันแต่ช่วงกลางวันมีค่าของอุณหภูมิอากาศกลับสูงกว่ากลางคืน 1°C เมื่อพิจารณาร่วมกับแผนภูมิไซโครเมตริกทำให้มีค่าผลต่างของค่าเอนทาลปีมากกว่าจึงเป็นผลให้มีค่า Q_L ในช่วงกลางวันมีค่ามากกว่าช่วงกลางคืน

3. จากการทดลองสามารถเรียงลำดับของแต่ละกรณีจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้คือ แบบขดวงรี แบบขดกันหอย แบบขดตัวยู และแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ตามลำดับ

5.1.10 ผลการเปรียบเทียบค่า COP และค่า EER

1. เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมกับเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศพบว่าจะทำให้คอยล์ร้อนระบายความร้อนได้ดีขึ้นและมีค่า COP และค่า EER เพิ่มขึ้นทุกกรณี

2. ในช่วงกลางคืนมีค่า COP และค่า EER สูงกว่าช่วงกลางวัน เนื่องจากช่วงกลางคืนมีอุณหภูมิอากาศต่ำทำให้มีภาระในการทำความเย็นน้อยกว่าช่วงกลางวัน ส่งผลทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าช่วงกลางคืนต่ำกว่าช่วงกลางวันมาก ซึ่งค่า COP และค่า EER คือ ผลหารของค่า Q_L กับค่ากำลังไฟฟ้า จึงทำให้ค่า COP และค่า EER ช่วงกลางคืนสูงกว่าช่วงกลางวัน

3. จากการทดลองสามารถเรียงลำดับค่า COP และค่า EER ของแต่ละกรณีจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้คือ แบบขดวงรี แบบขดกันหอย แบบขดตัวยู และแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ตามลำดับ

5.1.11 ผลการผลการเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน

1. ในช่วงกลางวันและตลอด 24 ชั่วโมงควรใช้ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบขดวงรีจะสามารถคืนทุนได้เร็วที่สุด ส่วนในช่วงกลางคืนควรใช้ชุดทำความเย็นแบบระเหยน้ำจากสายยางน้ำซึมแบบขดตัวยูจะสามารถคืนทุนได้เร็วที่สุด

2. จากการทดลองสามารถเรียงลำดับระยะเวลาคืนทุนของแต่ละกรณีจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้คือ แบบขดวงรี แบบขดกันหอยและแบบขดตัวยู ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรติดตั้งชุดปั๊มหมุนเวียนน้ำและรางรับน้ำพร้อมทั้งต่อวงจรการทำงานร่วมกับเครื่องอัดไอเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าน้ำ หรือเก็บหยดน้ำทิ้งจากสายยางน้ำซึมไว้ใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆได้อีก เพื่อเป็นการไม่ทิ้งน้ำไปโดยเปล่าประโยชน์

5.2.2 น้ำที่กลั่นตัวจากคอยล์เย็น นำมาหยดใส่ในชุดทำความเย็นแบบระเหยเพื่อที่จะทำให้น้ำในระบบมีอุณหภูมิต่ำลง ซึ่งจะช่วยในการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าสู่ชุดคอยล์ร้อน

5.2.3 ควรมีการควบคุมสภาวะอากาศภายนอกโดยการสร้างห้องจำลองสภาวะอากาศภายนอกให้สามารถกำหนดอุณหภูมิที่ต้องการได้ เพื่อให้ผลในการทดลองมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

5.2.4 การติดตั้งชุดทำความเย็นควรอยู่ห่างจากผนังอย่างน้อย 10 เซนติเมตร เพื่อการไหลเวียนของอากาศที่ดีขึ้น

5.2.5 ควรเพิ่มรูปแบบของขดสายยางน้ำซึมเพื่อเป็นทางเลือกในการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ



เอกสารอ้างอิง

1. ธนสิทธิ์ องค์กรณะสุข (2546) สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ธงไชย เดิมตา และนภาพ แยมไตร์พัฒนา (2553) การศึกษาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิร่วมกับอินเวอร์เตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
3. ถวิกา ผาดิดำรงกุล (2553) ประสิทธิภาพการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนที่ใช้การระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
4. ธนพัฒน์ สาแก้ว ภัทรพร ศรีมันตะ อนุวัต มั่นจิต และอภิณัฐ ตัณทวณิช (2556) การพัฒนาระบบสเปรย์น้ำในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเพื่อการประหยัดพลังงาน มหาวิทยาลัยขอนแก่น
5. ธนวรา ทองล้วน (2547) การศึกษาเพิ่มประสิทธิภาพในระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศโดยการพ่นน้ำ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. พรพิพัฒน์ อยู่สา ภูัฐพงศ์ เขียวน้อย และไกรสร กุลสุพรรณรัตน์ (2550) การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อลดอุณหภูมิอากาศเข้าคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ปริญญา นิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร
7. คาวี จินาวงค์ วัชระกิจ จันชนันท์ และณัฐพล พรมวังขวา (2554) การลดอุณหภูมิคอยล์ร้อน โดยการระเหยของน้ำโดยใช้ไยบบว ปริญญา นิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร
8. บริษัทเจริญภัทรพานิช จำกัด เป็นผู้ผลิตและส่งออกสายยางน้ำดื่ม รายแรกของประเทศไทย โดยเทคโนโลยีของคนไทย (ออนไลน์) สืบค้นวันที่ 12 พฤษภาคม 2558 แหล่งที่มา <http://market.onlineoops.com/243512>
9. การไฟฟ้านครหลวง (ออนไลน์) สืบค้นวันที่ 12 พฤษภาคม 2558 แหล่งที่มา <http://www.mea.or.th/home/index.php>
10. การประปานครหลวง (ออนไลน์) สืบค้นวันที่ 12 พฤษภาคม 2558 แหล่งที่มา <http://www.mwa.co.th/mains>





เครื่องมือตรวจวัดและวิธีการใช้งาน

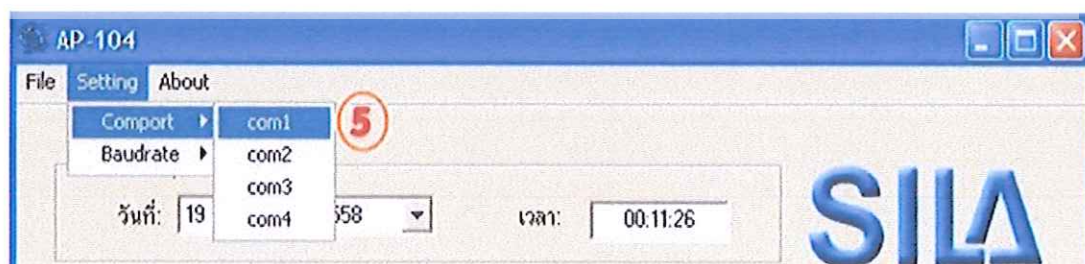
1. เครื่อง SILA AP-104



รูปที่ ก.1 เครื่อง SILA AP-104

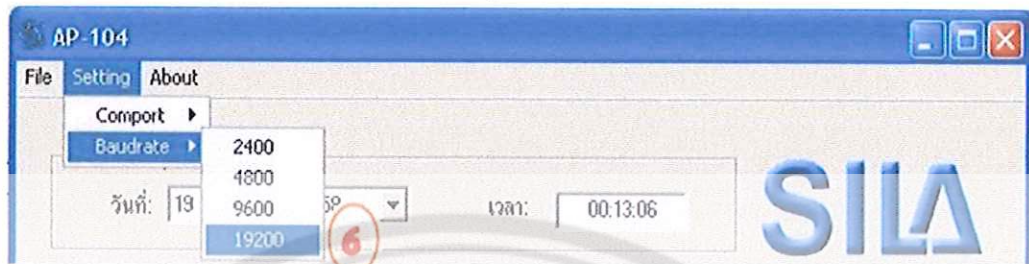
วิธีการใช้งาน

1. ติดตั้งโปรแกรม SILA AP-104
2. เสียบปลั๊กไฟของเครื่อง SILA AP-104
3. ต่อพอร์ทของเครื่อง SILA AP-104 โดยใช้สาย RS-232 ต่อเข้ากับพอร์ทของเครื่อง คอมพิวเตอร์
4. เปิดโปรแกรม SILA AP-104
5. ตั้งค่าโปรแกรม กด Setting แล้วเลือก Comport เลือก com1



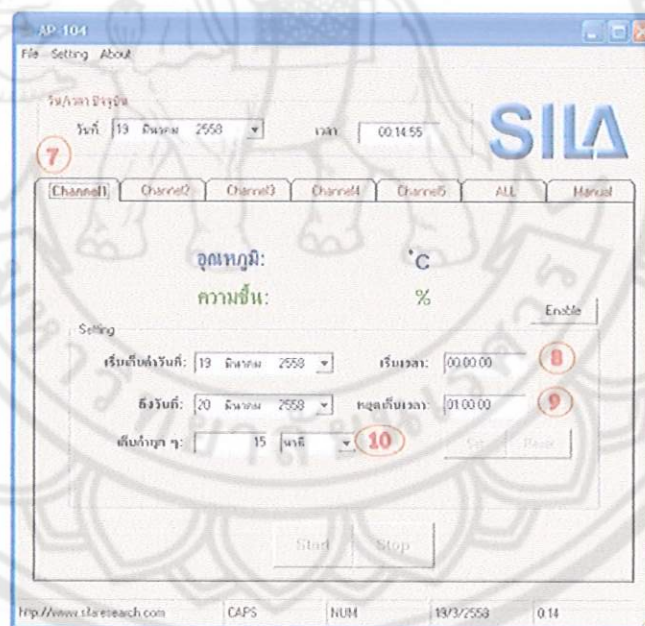
รูปที่ ก.2 การเลือก Comport

6. ตั้งค่าโปรแกรม กด Setting แล้วเลือก Baudrate เลือก 19200



รูปที่ ก.3 การเลือก (Baudrate)

7. ตั้งค่า Channel1 ถึง Channel5 (ตัวอย่าง Channel1)
8. ตั้งค่าวันที่ และ เริ่มเวลา ที่ต้องการจะบันทึกค่า (เวลาตัวอย่าง 00:00:00)
9. ตั้งค่าวันที่ และ หยุดเก็บเวลา ที่ต้องการให้ค่าบันทึกถึง (เวลาตัวอย่าง 01:00:00)
10. กำหนดช่วงเวลาที่เลือกเก็บข้อมูล



รูปที่ ก.4 การกำหนดช่วงเวลา

11. กด Enable
12. กด Set
13. กด Start เพื่อเริ่มการทำงานของโปรแกรม
14. ไฟล์ข้อมูลที่ได้ จะเป็นไฟล์ Text มีชื่อตาม Channel ที่ทำงาน อยู่ที่ ไดรฟ์ C:

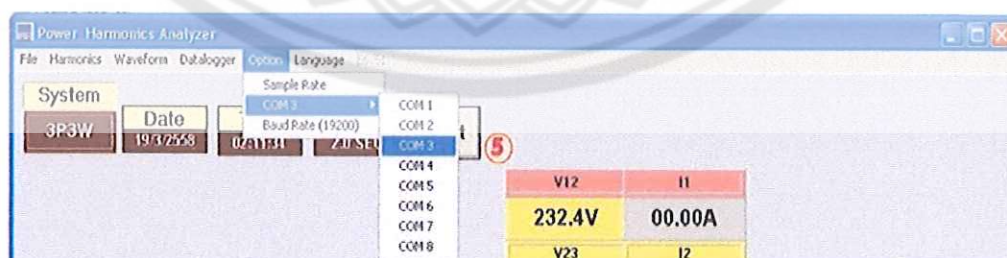
2. เครื่อง POWER & HARMONICS 6830



รูปที่ ก.5 เครื่อง POWER & HARMONICS Analyzer Prova6830

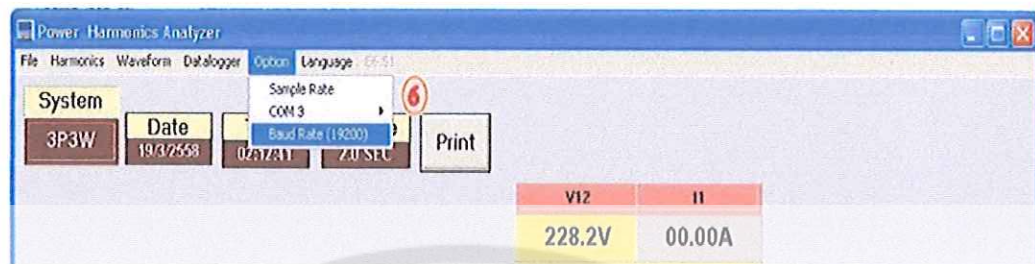
วิธีการใช้งาน

1. ติดตั้งโปรแกรม POWER & HARMONICS Analyzer Prova6830
2. เสียบปลั๊กไฟของเครื่อง POWER & HARMONICS Analyzer
3. ต่อพอร์ทของเครื่อง POWER & HARMONICS Analyzer โดยใช้สาย USB ต่อเข้ากับพอร์ทของเครื่องคอมพิวเตอร์
4. เปิดโปรแกรม POWER & HARMONICS Analyzer
5. ตั้งค่าโปรแกรม กด Option แล้วเลือก COM3



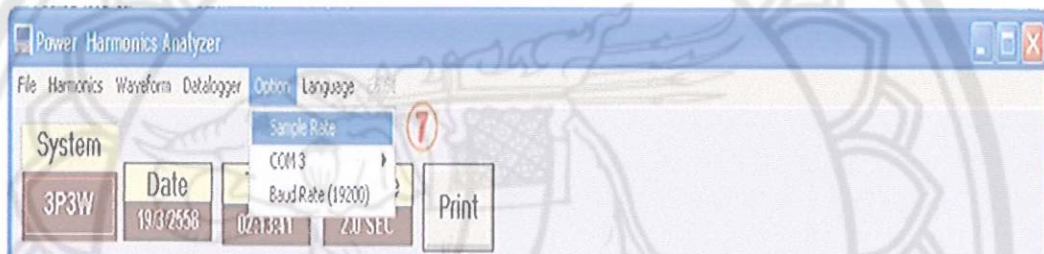
รูปที่ ก.6 การตั้งค่าโปรแกรม

6. ตั้งค่าโปรแกรม กด Option แล้วเลือก Baud Rate (19200)

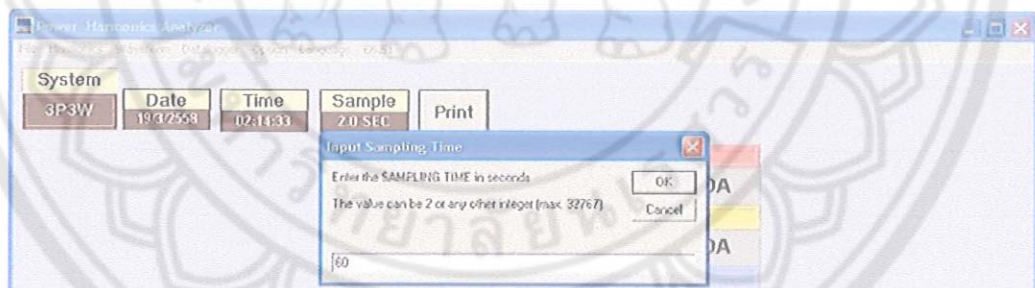


รูปที่ ก.7 การตั้งค่าการบันทึกค่า

7. ตั้งค่าเวลาที่ต้องการจะบันทึกค่า กด Option แล้วเลือก Sample Rate ใส่ค่าเวลาที่ต้องการบันทึกทุกๆวินาที (หน่วยวินาที) (ตัวอย่าง 60 s)

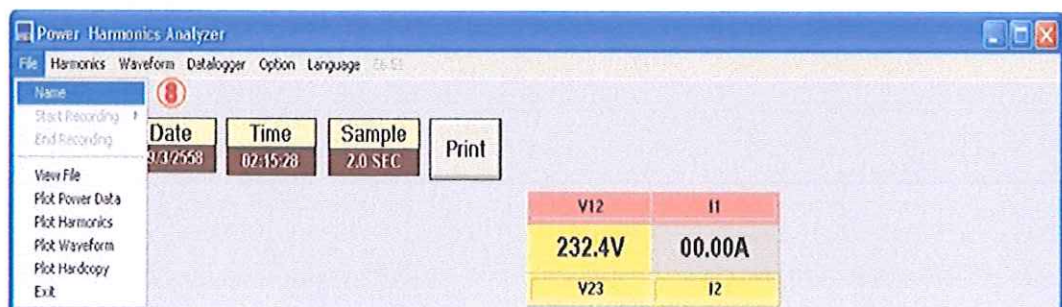


รูปที่ ก.8 การตั้งค่าเวลา

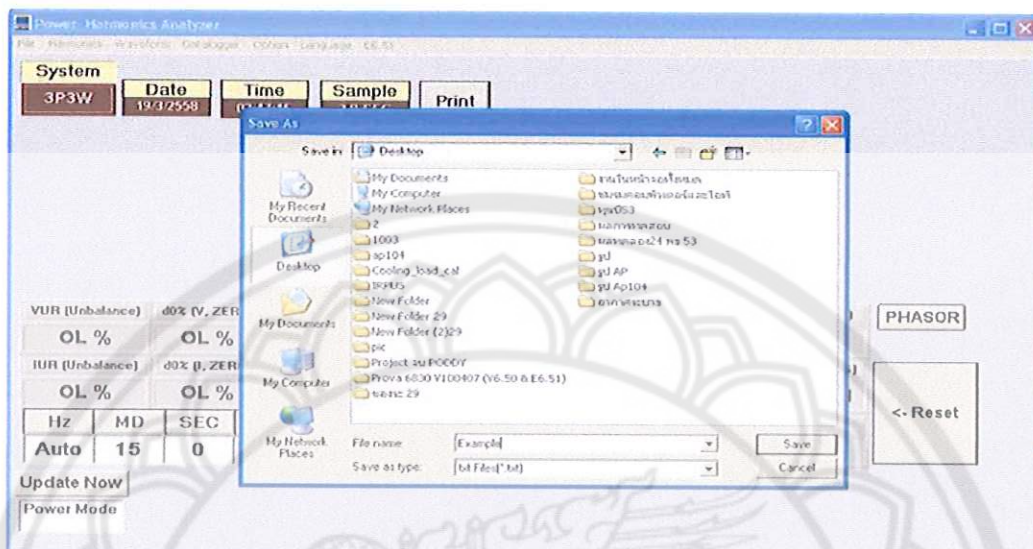


รูปที่ ก.9 การกำหนดเวลา

8. กด File แล้ว เลือก Name แล้วทำการตั้งชื่อไฟล์ที่จะทำการบันทึกค่า

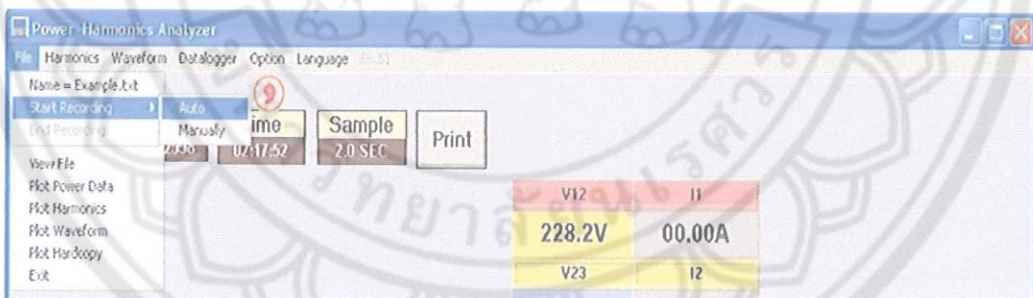


รูปที่ ก.10 การตั้งชื่อไฟล์



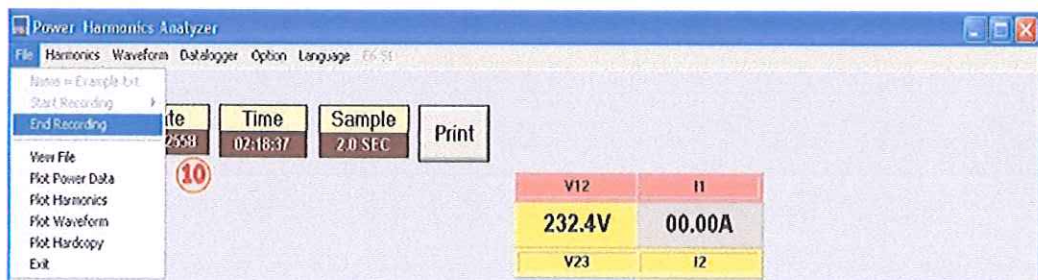
รูปที่ ก.11 การกำหนดชื่อไฟล์

9. กด Start recording แล้ว กด Auto โปรแกรมจะเริ่มบันทึกค่า ณ ตั้งแต่เวลานั้น

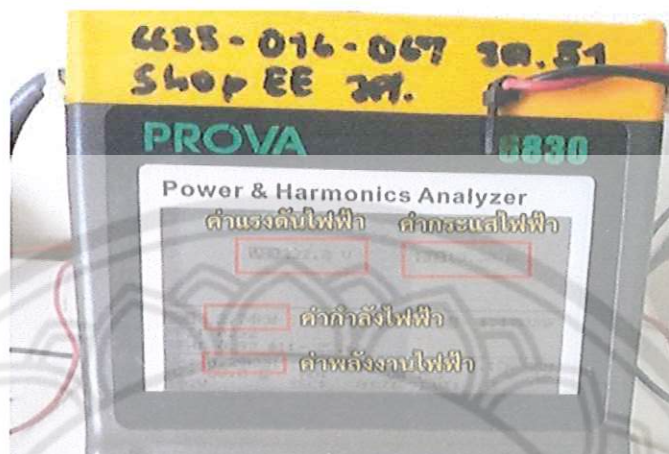


รูปที่ ก.12 การเริ่มบันทึกข้อมูล

10. กด End Recording แล้ว กด Auto โปรแกรมจะเริ่มบันทึกค่า ณ ตั้งแต่เวลานั้น



รูปที่ ก.13 การยกเลิกบันทึกข้อมูล



รูปที่ ก.14 แสดงการอ่านข้อมูลของเครื่อง POWER & HARMONICS

3. เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (Smart Power Meter Socket)



รูปที่ ก.15 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

Input: AC 220V 50 Hz

Load ampere or power: 10A/2200W

Measuring accuracy : Watt-hour Power and Voltage: +- 1%

วิธีการใช้งาน

1. เสียบปลั๊กอุปกรณ์ที่ต้องการวัดค่าลงเต้าเสียบของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแล้วสามารถอ่านค่าต่างๆได้เลย
2. การยกเลิกข้อมูล กด SET KEY และ UP KEY ค้างไว้ 5 วินาที จนหน้าจอแสดง END

4.แมนิโฟลด์เกจ (Manifold Gauge)



รูปที่ ก.16 แสดงแมนิโฟลด์เกจ

ส่วนประกอบของแมนิโฟลด์เกจ

- 1 เกจวัดความดันต่ำ (Low side) สีของเกจจะเป็นสีน้ำเงิน วัดได้ทั้งค่าความดันต่ำและค่าสุญญากาศ สามารถอ่านค่าความดันได้ตั้งแต่ 0 - 120 Psi ซึ่งขึ้นอยู่กับยี่ห้อของเกจแมนิโฟลด์ด้วย และสามารถอ่านค่าสุญญากาศได้ตั้งแต่ 0 - 30 in.Hg
2. เกจวัดความดันสูง (High side) สีของเกจจะเป็นสีแดง วัดได้เฉพาะค่าความดันสามารถอ่านค่าความดันได้ตั้งแต่ 0 - 500 Psi

3. สายสีน้ำเงินต่อกับเกจด้านความดันต่ำและท่อดูดของเครื่องปรับอากาศ
4. สายสีแดงต่อกับเกจด้านความดันสูงและท่อจ่ายของเครื่องปรับอากาศ
5. สายสีเหลืองใช้สำหรับงานบริการต่างๆ เช่น การถ่ายสารทำความเย็นหรือการเติมสารทำความเย็น เป็นต้น



รูปที่ ก.17 แสดงส่วนประกอบของแมนิโฟลด์เกจ



รูปที่ ก.18 แสดงการต่อสายแมนิโฟลด์เกจเข้ากับท่อดูดและท่อจ่าย

ข้อควรจำ

1. เครื่องปรับอากาศปกติจะมีความดันด้านต่ำ 60-75 psi และความดันด้านสูง 250-270 psi
2. ห้ามนำแอมมิโพลด์เกจไปใช้กับสารทำความเย็นอื่นนอกจากเบอร์ที่กำหนดเพราะจะทำให้ค่าความดันคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง





ภาคผนวก ข

แบบจำลองการหาค่าคุณสมบัติของอากาศและตัวอย่างการคำนวณ

แบบจำลองการหาค่าคุณสมบัติของอากาศ

ในทางปฏิบัติการใช้แผนภูมิไซโครเมตริกในการหาค่าคุณสมบัติของอากาศอาจเกิดการล่าช้า จึงเลือกใช้แบบจำลองการหาค่าคุณสมบัติของอากาศ เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ โดยมีขั้นตอนในการหาค่า ดังนี้

1. ความดันอิ่มตัวของไอน้ำ (Saturation Vapour Pressure: P_{sat})

$$P_{sat} = (610.78)(e^{T/(T+238.3)17.2694})$$

เมื่อ P_{sat} = ความดันอิ่มตัวของไอน้ำ หน่วย Pa

T = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง หน่วย °C

2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity: %RH)

$$\%RH = P/P_{sat}$$

เมื่อ %RH = ความชื้นสัมพัทธ์ หน่วย %RH

P = ความดันที่ความชื้นจริง หน่วย Pa

3. อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio : ω)

$$\omega = (0.62P)/(P_{atm} - P)$$

เมื่อ ω = อัตราส่วนความชื้น หน่วย kg/kg_{dry-air}

P = ความดันที่ความชื้นจริง หน่วย Pa

P_{atm} = ความดันบรรยากาศ 101325 Pa

4. เอนทาลปี (Enthalpy: h)

$$h = (1.007t - 0.0261) + w(2501 + 1.84t)$$

เมื่อ h = เอนทาลปี หน่วย kJ/kg

T = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง หน่วย °C

ω = อัตราส่วนความชื้น หน่วย kg/kg_{dry air}

ตัวอย่างการคำนวณ

คำนวณหาสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องคอยล์เย็น

1. จากแผนภูมิไซโครเมตริกชาร์ต จะได้สมการการคำนวณหาสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ การทำความเย็นของเครื่องคอยล์เย็นมาทำการคำนวณดังนี้

จากสมการ $\dot{m}_{\text{air}} = \rho VA$ (2.10)

โดยที่ $\rho = 1.255 \text{ kg/m}^3$

$A = 0.37 \text{ m}^2$

$V = 3.55 \text{ m/s}^2$

แทนค่าในสมการ

$$\dot{m} = 1.255 \times 0.37 \times 3.55$$

$$= 1.61 \text{ kg/s}$$

จากสมการ $Q_L = \dot{m}_{\text{air}} (h_R - h_S)$ (2.14)

จากไซโครเมตริกกราฟ จะได้ค่าเอนทาลปีดังนี้

โดยที่ $T_{\text{return}} = 21.61^\circ\text{C}$

$\%RH_{\text{return}} = 0.57 \%$

$T_{\text{supply}} = 24.08^\circ\text{C}$

$\%RH_{\text{supply}} = 0.64 \%$

จะได้ $h_{\text{return}} = 57.34 \text{ kJ/kg}$

จะได้ $h_{\text{supply}} = 54.91 \text{ kJ/kg}$

แทนค่าในสมการ

$$\begin{aligned} Q_L &= 1.61 \times (57.34 - 54.91) \\ &= 3.91 \text{ kW} \end{aligned}$$

2. คำนวณหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของระบบปรับอากาศ

จะได้สมการ การ คำนวณหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของระบบปรับอากาศดังนี้

$$\text{COP} = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}_c} \quad (2.5)$$

โดยที่ $\dot{W} = 2.1 \text{ kW}$

แทนค่าในสมการ

$$\begin{aligned} \text{COP} &= \frac{3.91 \text{ kW}}{2.1 \text{ kW}} \\ &= 1.86 \end{aligned}$$

3. คำนวณประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหย

การคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหย ดังนี้

$$\varepsilon = \frac{T_{DB,i} - T_{DB,o}}{T_{DB,i} - T_{WB,i}} \quad (2.7)$$

โดยที่

$$T_{DB,i} = 30^\circ\text{C} , T_{DB,o} = 25^\circ\text{C} , T_{WB,i} = 22^\circ\text{C}$$

$$= \frac{30 - 25}{30 - 22}$$

$$\varepsilon = 0.63$$



ภาคผนวก ค
การคิดค่าไฟค่าน้ำและผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

มหาวิทยาลัยสุรินทร์

การใช้น้ำของการประปาส่วนภูมิภาค

ตารางที่ ค .1 อัตราค่าน้ำประปาพื้นที่ การใช้น้ำของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอื่น (ทั่วประเทศ)

ช่วงการใช้น้ำ (ลบ.ม. / เดือน)	จำนวน หน่วย	ที่อยู่อาศัย		
		ราคา	เป็นเงิน	รวมเงิน
ค่าน้ำขั้นต่ำ		อัตราขั้นต่ำ 50 บาท/เดือน (4 ลบ.ม.)		
0 - 10	10	10.2	102	102
10 - 20	10	16	160	262
21 - 30	10	19	190	452
31 - 50	20	21.2	424	876

การใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ตารางที่ ค .2 การใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

อัตราค่าไฟฟ้าปกติ		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)	ค่าบริการ (บาทต่อเดือน)
15 หน่วยแรก	หน่วยที่ (0-15)	1.8632	8.19
10 หน่วยต่อไป	หน่วยที่ (16-25)	2.5026	
10 หน่วยต่อไป	หน่วยที่ (26-35)	2.7549	
65 หน่วยต่อไป	หน่วยที่ (36-100)	3.1381	
50 หน่วยต่อไป	หน่วยที่(101-150)	3.2315	
250 หน่วยต่อไป	หน่วยที่ (151-400)	3.762	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป	หน่วยที่ (400 ขึ้นไป)	3.9361	
(ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน)			38.22
15 หน่วยแรก	หน่วยที่ (0-150)	2.7629	
250 หน่วยต่อไป	หน่วยที่ (151-400)	3.7362	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป	หน่วยที่ (400 ขึ้นไป)	3.9361	

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การคำนวณหาผลตอบแทนการลงทุน และหาระยะเวลาการคืนทุนโดยกำหนดให้
การทำงาน

กระแสเงินสดต่อปี	= ค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้
จากตาราง ค.1 ค.2	
ค่าไฟฟ้าห้องปรับอากาศ	= 3262.17 บาทต่อเดือน
ค่าไฟฟ้าขดวงรี	= 2655.58 บาทต่อเดือน
ค่าน้ำ	= 13.5 บาทต่อเดือน
ดังนั้นกระแสเงินสดสุทธิต่อปี	= $3262.17 - (2655.58 + 13.5)$
	= 593.09 บาทต่อเดือน
ค่าเงินลงทุนค่าอุปกรณ์ต่อชุด	
สายยางน้ำซีมีขนาด 0.5 เมตร” ทั้งหมด 7.5 เมตร	= 390 บาท
โกลบวาล์ว	= 180 บาท
โซลินอยล์วาล์ว	= 135 บาท
มาตรวัดแรงดัน	= 370 บาท
มาตรวัดน้ำ	= 460 บาท
เหล็ก	= 600 บาท
ค่าอุปกรณ์อื่นๆ	= 240 บาท
รวมทั้งหมด	= 1,975 บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= เงินลงทุน/กระแสเงินสดต่อเดือน
	= $1,975 / 830.81$
	= 3.33
	= 3 เดือน 10 วัน

ประวัติผู้จัดทำโครงการ

ชื่อ/นามสกุล : นาย ประชา เถลิ้มอัด
 วันเกิด : 18 กุมภาพันธ์ 2536
 ที่อยู่ : 23หมู่ที่ 5 ตำบลหูช้าง อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี 61180
 การศึกษา : จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนการุ้งวิทยาคม จังหวัดอุทัยธานี ปีการศึกษา 2551 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนการุ้งวิทยาคม จังหวัดอุทัยธานี ปีการศึกษา 2553

ชื่อ/นามสกุล : นาย อติสรณ์ รัตนสิงห์
 วันเกิด : 3 ตุลาคม 2535
 ที่อยู่ : 75 หมู่ที่.1 ตำบลพรานกระต่าย อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร 62110
 การศึกษา : จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนพรานกระต่ายพิทยาคม จังหวัดกำแพงเพชร ปีการศึกษา 2551 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนพรานกระต่ายพิทยาคม จังหวัดกำแพงเพชร ปี การศึกษา 2553

ชื่อ/นามสกุล : นาย อนุสิทธิ์ กันล่อม
 วันเกิด : 18 พฤษภาคม 2535
 ที่อยู่ : 22/1 หมู่ที่ 5 ตำบลสวนเมี่ยง อำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก 65170
 การศึกษา : จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนสวนเมี่ยงวิทยา จังหวัดพิษณุโลก ปีการศึกษา 2551 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสวนเมี่ยงวิทยา จังหวัดพิษณุโลก ปีการศึกษา 2553