



การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยอากาศระบาย
Efficiency Increasing of Split-type Air Conditioning system
by using Exhaust Air

นายสกลทรรศน์ อินแก้ว รหัส 54360841
นายนพดล อำภา รหัส 54360650
นายปฐวี ถือแก้ว รหัส 54363347

i 6874 435

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2557



ใบรับรองโครงการวิศวกรรม

หัวข้อโครงการ : การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศด้วยอากาศระบาย
Efficiency Increasing of Split-type Air Conditioning system
by using Exhaust Air

ผู้ดำเนินโครงการ : นายสกลทรศน์ อินแก้ว รหัส 54360841
นายนพดล อำภา รหัส 54360650
นายปฐวี ถือแก้ว รหัส 54363347

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษณุภัณฑ์ แคนลา

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2557

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี อนุมัติให้โครงการวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงการ


.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษณุภัณฑ์ แคนลา)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. มัทนี สงวนเสริมศรี)


.....กรรมการ
(ดร. ภาณุ พุทธรังค์)

หัวข้อโครงการ : การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยอากาศระบาย
 ผู้ดำเนินโครงการ : นายสกลทรรศน์ อินแก้ว รหัส 54360841
 นายนพดล อำภา รหัส 54360650
 นายปฐมวี ถือแก้ว รหัส 54363347
 อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษณุภัณฑ์ แคนลา
 ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
 ปีการศึกษา : 2557

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานและประสิทธิภาพระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 36,000 Btu/hr แบบระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยอากาศระบายโดยวิธีธรรมชาติและวิถีกล ในห้องขนาด 5x8x3 ลูกบาศก์เมตร ทดลองในช่วงกลางวัน (06.00น.-18.00น.) กลางคืน (18.00น.-06.00น.) และตลอด 24 ชั่วโมง (06.00น.-06.00น.) แบ่งการทดลองเป็น 5 กรณี คือ 1. ห้องปรับอากาศ 2. ห้องปรับอากาศติดตั้งช่องเปิดระบายอากาศขนาด 6x6 ตารางนิ้ว 3. ห้องปรับอากาศติดตั้งช่องเปิดระบายอากาศขนาด 6x6 ตารางนิ้วเพื่อส่งลมเย็นผ่านคอยล์ร้อน 4. ห้องปรับอากาศติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้ว และ 5. ห้องปรับอากาศติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้วเพื่อส่งลมเย็นผ่านคอยล์ร้อน

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การนำอากาศระบายมาช่วยระบายความร้อนให้กับคอยล์ร้อนทั้งในกรณีวิธีธรรมชาติและวิถีกลก็สามารถลดการใช้พลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศได้ ทั้งช่วงกลางวัน ช่วงกลางคืนและตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งห้องปรับอากาศติดตั้งช่องเปิดระบายอากาศขนาด 6x6 ตารางนิ้วเพื่อส่งลมเย็นผ่านคอยล์ร้อนเหมาะแก่การลงทุนที่สุด เนื่องจากมีค่าพลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุด ค่า COP และค่า EER มากที่สุดรวมทั้งมีระยะเวลาคืนทุนสั้นที่สุด แต่อย่างไรก็ตามห้องปรับอากาศติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้วเพื่อส่งลมเย็นผ่านคอยล์ร้อนก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจแต่สาเหตุที่ทำให้มีระยะเวลาคืนทุนช้ากว่าเนื่องจากเงินลงทุนที่สูงขึ้นในส่วนของการพัดลมระบายอากาศ

Project Title : Efficiency Increasing of Split-type Air Conditioning System by using Exhaust Air

Name : Mr. Sakoltas Inkaew Code 54360841
Mr. Noppadol Aumpa Code 54360650
Mr. Patavee Tuekaew Code 54363347

Project Advisor : Assistant Professor Sitphan Kanla

Department : Mechanical Engineering

Academic Year : 2014

Abstract

The purpose of this research was to study compare value of energy consumption and efficiency between 36,000 Btu/hr of air cooled split type air with natural exhaust air cooled and mechanical exhaust air cooled method. The room size is 5x8x3 m³. It is separated information measure into day part (06.00 am - 6.00pm) night part (6.00pm-6.00am) and 24 hrs. (6.00am-6.00am). In 5 case are 1. air-conditioned room, 2. air-conditioned room with 6x6 inch² of air passage, 3. air-conditioned room with 6x6 inch² of air passage to cool CDU, 4. air-conditioned room with 6 inch exhaust fan and 5. air-conditioned room with 6 inch exhaust fan to cool CDU.

The results showed that the natural exhaust air cooled and mechanical exhaust air cooled method, they can reduce energy consumption and increase efficiency of air-cooled split-type air conditioners, day part, night part and 24 hrs. Which air-conditioned room with 6x6 inch² of air passage to cool CDU suitable for investment as soon as possible because it is the lowest energy consumption, the maximum COP, maximum EER and the fastest payback period. However, the air-conditioned room with 6 inch exhaust fan to cool CDU, it is another way of interest, but a slower payback period because the price of exhaust fan.

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

โครงการวิศวกรรมเครื่องกลฉบับนี้สามารถทำงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ ผศ. ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินโครงการ ตลอดจนติดตามประเมินผลการดำเนินโครงการมาโดยตลอด ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. มัทนี สงวนเสริมศรี และ ดร. ภาณุ พุทธวงศ์ ที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษาและแนะนำความรู้ต่างๆ เพื่อให้โครงการนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. อัครพันธ์ วงศ์กังแห ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำความรู้ต่างๆ และสนับสนุนเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดข้อมูล

ขอขอบพระคุณฝ่ายเลขานุการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินโครงการ

ขอขอบคุณหน่วยวิจัยเทคโนโลยีอาคารและการจัดการพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ทดสอบและเครื่องมือที่ใช้ในทดสอบโครงการนี้

ขอบพระคุณบิดาและมารดาที่ให้การอุปการะเลี้ยงดูและสั่งสอนจนกระทั่งสามารถเติบโตมาจนถึงปัจจุบัน ตลอดจนช่วยอุปการะทางการเงินและคอยให้กำลังใจจนกระทั่งโครงการนี้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ ผู้ดำเนินงานขอมอบคุณงามความดีที่เกิดขึ้นจากโครงการนี้ แต่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำให้โครงการนี้เสร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและถ้าเกิดข้อผิดพลาดประการใดจากโครงการนี้ ผู้ดำเนินงานต้องกราบขอภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายสกลทรรศน์ อินแก้ว

นายนพดล อัมภา

นายปฐวี ถือแก้ว

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการวิศวกรรมเครื่องกล	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูปภาพ	ช
สารบัญตาราง	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	3
1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 ระบบทำความเย็น	6
2.3 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ	7
2.4 สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP)	10
2.5 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER)	10
2.6 ผลจากการลดอุณหภูมิควบแน่นของสารทำความเย็น	11
2.7 คุณสมบัติของอากาศ	12

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.8 กระบวนการต่างๆในแผนภาพไฮโครเมตริก	13
2.9 คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor air quality)	14
2.10 การรั่วซึมของอากาศ (Infiltration)	15
2.11 การระบายอากาศ (ventilation)	16
2.12 พัดลมระบายอากาศ	18
2.13 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ	21
2.14 เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	25
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 การหาตำแหน่งเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ	28
3.2 การเลือกขนาดพัดลมระบายอากาศ	29
3.3 การตรวจวัดข้อมูล	31
3.4 ข้อกำหนดทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	34
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผล	
4.1 ผลการหาตำแหน่งเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ	36
4.2 ผลการตรวจวัดข้อมูล	37
บทที่ 5 บทสรุป	
5.1 สรุปผลการหาตำแหน่งเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ	50
5.2 สรุปผลการทดลอง	50
5.3 ข้อเสนอแนะ	53
เอกสารอ้างอิง	55

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก แบบจำลองการหาค่าคุณสมบัติของอากาศและตัวอย่างการคำนวณ	58
ภาคผนวก ข เครื่องมือตรวจวัดและวิธีการใช้งาน	63
ภาคผนวก ค รูปแสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้องแต่ละกรณี	74
ประวัติผู้จัดทำโครงการ	86



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แผนภาพการทำงานของระบบทำความเย็น	6
รูปที่ 2.2 อุปกรณ์ของระบบทำความเย็น	7
รูปที่ 2.3 แผนภาพ P-h ของวัฏจักรการทำงานทำความเย็นแบบอัดไอ	8
รูปที่ 2.4 แผนภาพ P-h ผลของการลดอุณหภูมิควบแน่น	11
รูปที่ 2.5 แผนภาพคุณสมบัติของอากาศ	12
รูปที่ 2.6 แผนภาพไซโครเมตริก หน่วย SI	13
รูปที่ 2.7 การรั่วซึมของอากาศ	15
รูปที่ 2.8 หน้าการระบายอากาศ	16
รูปที่ 2.9 พัฒนาระบายอากาศชนิดติดเพดาน	18
รูปที่ 2.10 พัฒนาระบายอากาศชนิดติดผนัง	18
รูปที่ 2.11 พัฒนาระบายอากาศชนิดติดกระจก	19
รูปที่ 2.12 พัฒนาระบายอากาศชนิดเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง	19
รูปที่ 2.13 เครื่อง POWER & HARMONICS Analyzer Prova 6830	21
รูปที่ 2.14 เครื่อง AP-104	21
รูปที่ 2.15 อุปกรณ์วัดความเร็วลม	22
รูปที่ 2.16 การแบ่งพื้นที่ของอากาศกลับและอากาศจ่ายออกเป็น 4 ช่อง	23
รูปที่ 2.17 การหาเอนทัลปีของอากาศจากแผนภูมิ Psychrometrics	24
รูปที่ 3.1 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ยี่ห้อ DAISENKO	27
รูปที่ 3.2 ฉลากประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ	27
รูปที่ 3.3 ทิศของห้องทดลอง	28

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.4 จุดวัดอุณหภูมิ ณ ความสูงระดับต่างๆ	28
รูปที่ 3.5 ขนาดพื้นที่ห้องทดลอง	29
รูปที่ 3.6 พัฒนาระบายอากาศขนาด 6 นิ้ว	30
รูปที่ 3.7 หน้ากากระบายอากาศขนาด 6X6 นิ้ว	30
รูปที่ 3.8 ตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลของห้องปรับอากาศ	31
รูปที่ 3.9 ตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลของห้องปรับอากาศติดตั้งช่องเปิดระบายอากาศขนาด 6x6 ตารางนิ้ว	32
รูปที่ 3.10 ตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลของห้องปรับอากาศติดตั้งช่องเปิดระบายอากาศขนาด 6x6 ตารางนิ้วเพื่อส่งลมเย็นผ่านคอยล์ร้อน	33
รูปที่ 3.11 ตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลของห้องปรับอากาศติดตั้งพัฒนาระบายอากาศขนาด 6 นิ้ว	33
รูปที่ 3.12 ตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลของห้องปรับอากาศติดตั้งพัฒนาระบายอากาศขนาด 6 นิ้วเพื่อส่งลมเย็นผ่านคอยล์ร้อน	33
รูปที่ 4.1 ผลการวัดอุณหภูมิ ณ ความสูงระดับต่างๆ	36
รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก	38
รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศผสมหน้าคอยล์ร้อน	40
รูปที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้า	41
รูปที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์	43
รูปที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าต่อวัน	44
รูปที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการทำความเย็น	46

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบค่า COP และค่า EER	47
รูปที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน	49
รูปที่ ข.1 เครื่อง SILA AP-104	64
รูปที่ ข.2 การเลือก Comport	64
รูปที่ ข.3 การเลือก Baudrate	65
รูปที่ ข.4 การกำหนดช่วงเวลา	65
รูปที่ ข.5 การ set ค่าเพื่อบันทึก	66
รูปที่ ข.6 เครื่อง POWER & HARMONICS Analyzer Prova6830	67
รูปที่ ข.7 การตั้งค่าโปรแกรม	67
รูปที่ ข.8 การตั้งค่า Baud Rate (19200)	68
รูปที่ ข.9 การตั้งค่าเวลา	68
รูปที่ ข.10 การกำหนดเวลา	68
รูปที่ ข.11 การตั้งชื่อไฟล์	69
รูปที่ ข.12 การกำหนดชื่อไฟล์	69
รูปที่ ข.13 การเริ่มบันทึกข้อมูล	69
รูปที่ ข.14 การยกเลิกบันทึกข้อมูล	70
รูปที่ ข.15 การต่อวงจรของเครื่อง POWER & HARMONICS	70
รูปที่ ข.16 การอ่านข้อมูลของเครื่อง POWER & HARMONICS	70
รูปที่ ข.17 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (Smart Power Meter Socket)	71
รูปที่ ข.18 แมนิโฟลด์เกจ	72

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ข.19 ส่วนประกอบของแมนิโฟลด์เกจ	73
รูปที่ ข.20 การต่อสายแมนิโฟลด์เกจเข้ากับท่อดูดและท่อจ่าย	73
รูปที่ ค.1 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศห้องปรับอากาศ ช่วงกลางวัน	75
รูปที่ ค.2 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศห้องปรับอากาศ ช่วงกลางคืน	76
รูปที่ ค.3 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศ ช่วงกลางวัน	77
รูปที่ ค.4 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศ ช่วงกลางคืน	78
รูปที่ ค.5 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศ ช่วงกลางวัน	79
รูปที่ ค.6 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศ ช่วงกลางคืน	80
รูปที่ ค.7 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลม ผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางวัน	81
รูปที่ ค.8 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลม ผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางคืน	82
รูปที่ ค.9 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางวัน	83
รูปที่ ค.10 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางคืน	84

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
ตารางที่ 2.1 ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ	10
ตารางที่ 2.2 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสำหรับอาคารที่มีระบบปรับภาวะอากาศ	17
ตารางที่ 2.3 มาตรฐานอัตราการระบายอากาศและค่ากำลังไฟฟ้าเข้าสูงสุด	20
ตารางที่ 3.1 อัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	35



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การปรับอากาศ (Air Conditioning) เป็นกระบวนการควบคุมสภาวะอากาศภายในอาคารให้เหมาะสมกับสภาพใช้งานเพื่อความสุขสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort) ของมนุษย์ที่อยู่ในอาคาร โดยทั่วไปประเทศไทยมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูง จะมีผลทำให้การเป็นอยู่ของมนุษย์ไม่สบายเท่าที่ควร ระบบปรับอากาศจึงเข้ามาช่วยในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสมกับความต้องการและเพื่อเพิ่มคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor-Air Quality) จึงต้องมีส่วนของการระบายอากาศเพื่อช่วยในการควบคุมคุณภาพของอากาศ โดยจะอาศัยหลักการเคลื่อนย้ายอากาศด้วยปริมาณที่กำหนดให้ไหลไปในทิศทางและด้วยความเร็วที่ต้องการ ดังนั้นการระบายอากาศจึงสามารถกำจัดสิ่งอันไม่พึงประสงค์ เช่น มลพิษ ความร้อน ความชื้น กลิ่น รบกวน ควัน และอื่นๆ ซึ่งปะปนอยู่ในอากาศให้ออกไปนอกห้องได้และในขณะเดียวกันก็สามารถให้อากาศบริสุทธิ์ไหลเข้ามาในห้องนั้นได้ ซึ่งมีทั้งห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศและห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศ

ปัจจุบันมีการใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) ระบายความร้อนด้วยอากาศ ซึ่งประเทศไทยมีลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบร้อนชื้นมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างสูง ดังนั้นการทำงานของชุดคอยล์ร้อน (Condensing Unit) จึงไม่ค่อยดีเท่าที่ควรเพราะขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศภายนอกที่ใช้ระบายความร้อนซึ่งจะส่งผลต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ด้วย ถ้าสภาวะอากาศภายนอกที่ใช้ระบายความร้อนมีอุณหภูมิต่ำ การระบายความร้อนจะสูงขึ้น หากมีการนำเอาอากาศที่ระบายทิ้งที่ยังมีความเย็นสะสมเหลืออยู่ปริมาณมาก มาช่วยในการระบายความร้อนที่ชุดคอยล์ร้อน จะทำให้มีการแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดียิ่งขึ้น

ดังนั้นโครงการนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำอากาศระบาย (Exhaust Air) ที่ระบายออกด้วยหน้ากากระบายอากาศและพัดลมระบายอากาศมาช่วยลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าสู่ชุดคอยล์ร้อน เป็นผลให้คอมเพรสเซอร์ทำงานลดลง สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

ศึกษาเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยอากาศระบาย

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ศึกษาการทำงานของระบบปรับอากาศ หลักเกณฑ์การระบายอากาศและการเพิ่มค่า COP และ EER ของระบบปรับอากาศ

1.3.2 เปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้า ชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าความสามารถในการทำความเย็น ค่า COP และค่า EER ระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยอากาศระบายในช่วงเวลากลางวัน (06.00-18.00 น.) ช่วงเวลากลางคืน (18.00-06.00 น.) และตลอด 24 ชั่วโมง

1.3.3 กำหนดห้องที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบสำนักงาน (Office) อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 25°C และทดลองกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 36,000 Btu/hr ที่ห้องหน่วยวิจัยเทคโนโลยีอาคารและการจัดการพลังงาน (IE 504) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรัตนนคร

1.3.4 ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเพื่อความคุ้มค่าในการลงทุน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ค่า COP และค่า EER ระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยอากาศระบาย

1.4.2 สามารถนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบอาคารหรือโรงงานสำหรับสถาปนิกและวิศวกรในอนาคตเพื่อลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยการนำอากาศระบายที่ระบายออกจากห้องมาระบายความร้อนที่ชุดคอยล์ร้อน

1.4.3 นำแนวคิดนี้ไปประยุกต์ใช้กับระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Central Air-Cooled Conditioning System) ด้วยการออกแบบระบบท่อมาช่วยระบายความร้อนที่ซิลเลอร์ (Chiller)

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

กิจกรรม	2557				2558				
	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาทฤษฎี งานวิจัยและรวมถึงข้อมูลรายละเอียดต่างๆที่เกี่ยวข้อง									
2. สรุปรูปขอบเขตโครงการและออกแบบการทดลอง									
3. เตรียมอุปกรณ์ ทำการทดลองและคำนวณผลที่ได้จากการทดลอง									
4. เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลอง									
5. สรุปผลและจัดทำรูปเล่มรายงาน									

1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

1. ค่ากระดาษ	300 บาท
2. ค่าจัดทำรูปเล่ม	3,000 บาท
3. ค่าอุปกรณ์และเครื่องมือในการตรวจวัดข้อมูล	5,700 บาท
รวมทั้งหมด	<u>9,000</u> บาท

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เรื่องฤทธิ์ ลำมะยศ [1] ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบค่า COP ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนโดยการนำเอาท่อความร้อน (Heat Pipe) แบบสั้นปลายปิด มาลดอุณหภูมิของอากาศก่อนที่จะนำไประบายความร้อนที่แผงระบายความร้อน ทดสอบกับเครื่องปรับอากาศขนาด 13,000 Btu/hr ส่วนท่อความร้อนที่นำมาศึกษานี้ทำด้วยท่อทองแดงมี 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 3.80 mm เต็มสารทำงาน R123 และแบบที่ 2 ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.03 mm เต็มสารทำงาน R123 โดยท่อความร้อนนี้จะหล่อเย็นโดยใช้ลมที่ออกจากแผงระบายความร้อน จากการศึกษาพบว่า ท่อความร้อนที่ทำจากท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 3.80 mm จะมีค่า COP เพิ่มขึ้น 14.79% ส่วนท่อความร้อนที่ทำจากท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.03 mm จะมีค่า COP เพิ่มขึ้น 12.12% ทำให้พบว่า ท่อความร้อนแบบที่ 2 มีการระบายความร้อนดีกว่าแบบที่ 1 จากผลของการศึกษานี้เมื่อติดตั้งท่อความร้อนแบบที่ 1 จะสามารถคืนทุนภายใน 2.65 ปี ถ้าติดตั้งท่อความร้อนแบบที่ 2 จะสามารถคืนทุนภายใน 6.55 ปี

พูนพงศ์ สวาสดิพันธ์ อำไพศักดิ์ ทิบุณมา และ ชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์ [2] ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบค่า COP และการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยอากาศที่ใช้น้ำกลั่นตัวจากคอยล์เย็นมาใช้ลดอุณหภูมิอากาศก่อนนำไประบายความร้อนที่คอยล์ร้อน โดยใช้ชุดท่อความร้อนเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศกับน้ำที่กลั่นตัวจากคอยล์เย็น ทดสอบกับเครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 Btu/hr ซึ่งจากการทดลองพบว่า เครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศที่ใช้น้ำกลั่นตัวจากคอยล์เย็นจะใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศประมาณ 10% และหลังจากเครื่องปรับอากาศทำงานได้ประมาณ 3 ชั่วโมง เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะไม่มี การแลกเปลี่ยนความร้อน เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำเท่ากับอุณหภูมิของอากาศ ซึ่งเกิดจากน้ำที่ควบแน่น

จากคอยล์เย็นไม่เพียงพอและจากการเปรียบเทียบค่า COP และค่า EER ของทั้งสองระบบ พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันมาก

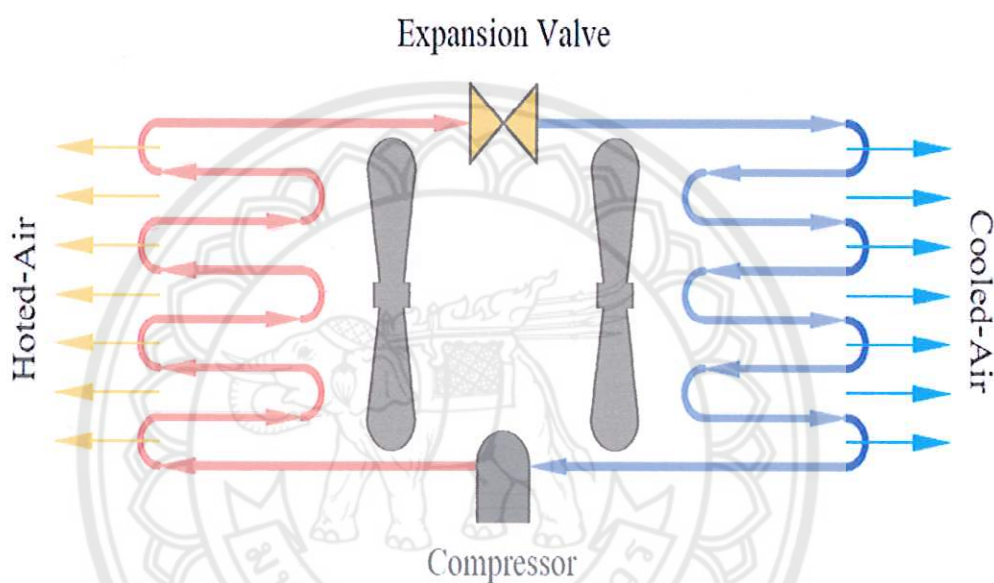
ธนสิทธิ์ องค์กรสุข [3] ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบค่า COP ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ (Evaporative Condenser) ทดสอบกับเครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 Btu/hr โดยมีระบบฉนวนกันความร้อนจากการศึกษาพบว่า เครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำสามารถถ่ายเทความร้อนได้มากขึ้น อุณหภูมิควบแน่นของสารทำความเย็นจึงต่ำลง ส่งผลให้คอยล์ร้อนทำงานได้ดีขึ้น ซึ่งทำให้ช่วยยืดอายุการใช้งานและลดพลังงานที่สิ้นเปลืองให้กับคอมเพรสเซอร์ โดยผลการวิจัยพบว่า COP เพิ่มขึ้น 19.52% และสามารถคืนทุนได้ภายใน 4 ปี 4 เดือน

ธงไชย เดิมตา และ นุภาพ แยมไตรพัฒน์ [4] ได้ทำการศึกษาค่า COP และการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ โดยการเพิ่มชุดการทำความเย็นทำแบบระเหยและอินเวอร์เตอร์ (Inverter) โดยชุดการทำความเย็นแบบระเหยใช้แผ่นลดอุณหภูมิ (Cooling pad) เป็นตัวกลางและใช้อินเวอร์เตอร์ควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ทดสอบกับเครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 Btu/hr ใช้ปั้มน้ำขนาด 1600 ลิตรต่อชั่วโมง ในการทำให้แผ่นลดอุณหภูมิจึงมีความชื้นตลอดเวลา โดยทำการศึกษาเครื่องปรับอากาศแบบใช้แผ่นลดอุณหภูมิจึงรวมอินเวอร์เตอร์เปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศแบบใช้อินเวอร์เตอร์อย่างเดียว เครื่องปรับอากาศแบบใช้แผ่นลดอุณหภูมิอย่างเดียวและเครื่องปรับอากาศแบบปกติ จากการศึกษาพบว่า เครื่องปรับอากาศแบบใช้แผ่นลดอุณหภูมิจึงรวมกับอินเวอร์เตอร์มีค่า COP เพิ่มขึ้น 30.8% และใช้กำลังงานไฟฟ้าที่ 0.96 kW สามารถลดได้ 31.04% เมื่อเทียบกับเครื่องปรับอากาศแบบปกติ แผ่นลดอุณหภูมิจึงจะมีสภาพการใช้ที่เหมาะสมกับสภาวะอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 65%RH จึงไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีความชื้นสูงซึ่งจะไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

ธนวรา ทองล้วน [5] ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบค่า COP และการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนขนาด 15,000 Btu/hr แบบระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยการการระเหยน้ำด้วยพ่นน้ำลงบนคอยล์ร้อน จากการศึกษาพบว่า เครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยการพ่นน้ำดีกว่าเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ สามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองให้กับระบบ 15% และค่า COP เพิ่มขึ้น 18%

2.2 ระบบทำความเย็น

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมีลักษณะการทำงานตามหลักการของเครื่องทำความเย็น โดยการนำเอาความร้อนของอากาศภายในห้องถ่ายเทไปสู่อากาศด้านนอกโดยอาศัยตัวกลางคือ สารทำความเย็น ผ่านระบบการทำงานของส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศ โดยเฉพาะพัดลมหมุนเวียนอากาศ พัดลมในการระบายความร้อน และการทำงานของคอมเพรสเซอร์ในการหมุนเวียนสารทำความเย็นในระบบ โดยมีแผนภาพการทำงานและส่วนประกอบหลักแบ่งตามหน้าที่ ดังนี้



รูปที่ 2.1 แผนภาพการทำงานของระบบทำความเย็น

1. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ดูดสารทำความเย็นในสภาพที่เป็นไอจากคอยล์เย็น เพื่อทำให้ความดันในคอยล์เย็นลดต่ำลงจนสามารถทำให้สารทำความเย็นกลายเป็นไอและสร้างความเย็นได้ พร้อมทั้งทำการอัดให้สารทำความเย็นมีความดันสูงขึ้นจนสามารถควบแน่นเป็นของเหลวในคอยล์ร้อนและส่งสารทำความเย็นผ่านอุปกรณ์ต่างๆ

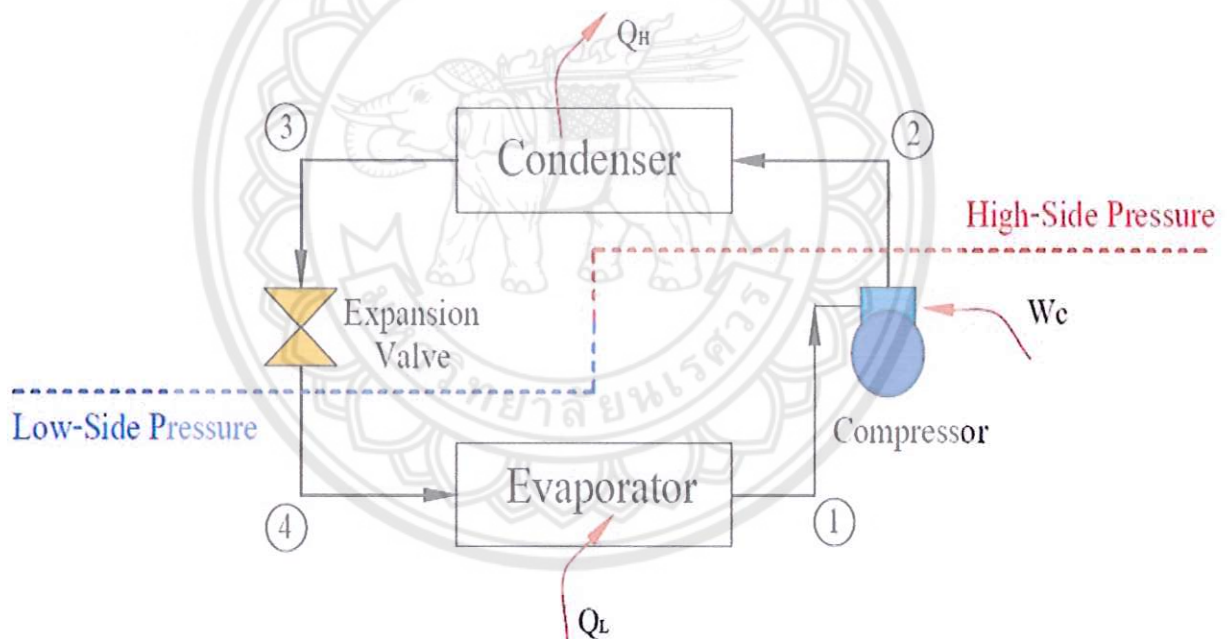
2. คอยล์ร้อน (Condenser) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นเพื่อให้สารทำความเย็นที่ถูกอัดจากคอมเพรสเซอร์ในสภาพไอที่มีอุณหภูมิและความดันสูงควบแน่นเป็นของเหลว มีทั้งชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (air-cooled) และระบายความร้อนด้วยน้ำ (water-cooled)

3. คอยล์เย็น (Evaporator) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ดูดซับปริมาณความร้อนจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็น ในขณะที่สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะเป็นไอจะดูดซับปริมาณความร้อนผ่านผิวของท่อทางเดินสารทำความเย็นเข้าไปยังสารทำความเย็นภายในระบบ ทำให้อุณหภูมิโดยรอบคอยล์เย็นลดลง

4. วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของสารทำความเย็นที่ไหลผ่านเข้าไปยังคอยล์เย็น ลดความดันจนเปลี่ยนสถานะเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำๆในคอยล์เย็น

2.3 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

การทำงานของส่วนต่างๆในระบบทำความเย็น จะเริ่มขึ้นเมื่อสารทำความเย็นมีสถานะเป็นไออิ่มตัว (สภาวะที่ 1) ถูกดูดเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ซึ่งคอมเพรสเซอร์จะทำหน้าที่อัดสารทำความเย็นให้มีความดันและอุณหภูมิสูงจนสารทำความเย็นมีสถานะเป็นไอคง (Super-heated vapor) (สภาวะที่ 2) ในสภาวะนี้สารทำความเย็นจะไหลเข้าสู่คอยล์ร้อนเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับสภาวะแวดล้อม แล้วจะเปลี่ยนสถานะมาเป็นของเหลว (สภาวะที่ 3)

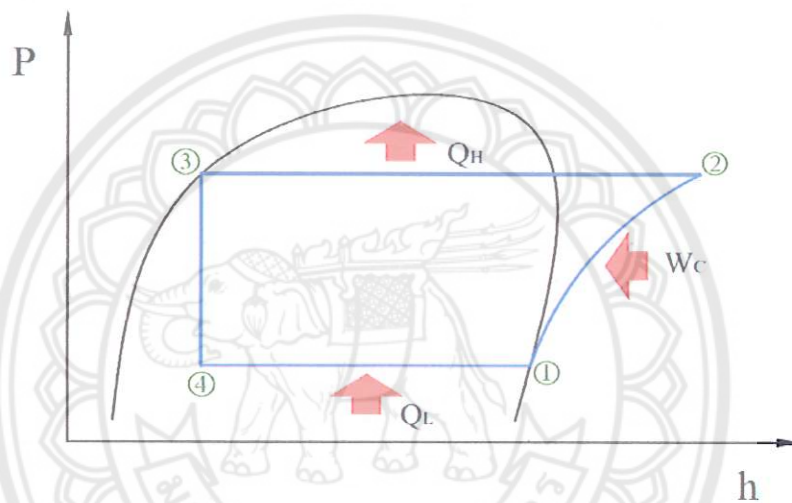


รูปที่ 2.2 อุปกรณ์ของระบบทำความเย็น

ภายใต้สภาวะดังกล่าว สารทำความเย็นไหลที่ผ่านวาล์วลดความดัน ค่าความดันจะถูกทำให้ลดลงทันทีส่งผลให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิลดลงด้วย (สภาวะที่ 4) จากนั้นสารทำความเย็นที่ออกจากวาล์วลดความดันจะมีสถานะเป็นของผสมจะไหลเข้าสู่คอยล์เย็นเพื่อรับความร้อนจากบริเวณห้องทำความเย็นจะทำให้สารทำความเย็นจะค่อยๆเปลี่ยนสถานะจากของผสมกลายเป็นไอทั้งหมด (สภาวะที่ 1) ในสภาวะนี้จะเป็นการเริ่มวัฏจักรใหม่อีกครั้ง

สมมติฐานที่ใช้ในระบบปรับอากาศมีดังนี้

1. เป็นการไหลแบบคงตัวในระบบเปิด
2. ไม่คิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์และพลังงานศักย์
3. สภาพของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์เป็นไออิ่มตัวหรือไอคงและออกจากคอมเพรสเซอร์เป็นไอคง
4. สภาพที่สารทำความเย็นนี้ออกจากคอนเดนเซอร์เป็นของเหลวอิ่มตัว
5. ไม่คิดความดันตกคร่อมผ่านอุปกรณ์ทดสอบ



รูปที่ 2.3 แผนภาพ P-h ของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

จากรูปที่ 2.3 ในแต่ละกระบวนการจะมีการทำงาน ดังนี้

1. กระบวนการ 1 → 2 เป็นการอัดแบบไอเซนโทรปิก (Isentropic-Process) กระบวนการอัดไอแบบความดันคงที่ชนิดย้อนกลับได้ สารทำความเย็นที่ออกจากคอยล์เย็นมีสถานะเป็นไอ ความดันต่ำ อุณหภูมิต่ำ เข้าสู่คอมเพรสเซอร์เพื่อทำให้สารทำความเย็นมีความดันสูง อุณหภูมิสูง ก่อนที่จะส่งไปคอยล์ร้อน

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

โดยที่ W_c = กำลังที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ (kW)

h_1, h_2 = เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่เข้าและออกคอมเพรสเซอร์ (kJ/kg)

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

2. กระบวนการ 2 → 3 เป็นการคายความร้อนภายใต้ความดันคงที่ ($P=\text{Constants}$) สารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นไอตรง ความดันสูงและอุณหภูมิสูงที่มาจากคอมเพรสเซอร์ (สภาวะที่ 2) จะระบายความร้อนที่คอยล์ร้อนทำให้สารทำความเย็นควบแน่นกลายเป็นของเหลว ก่อนที่จะส่งไปยังอุปกรณ์ลดความดัน (สภาวะที่ 3)

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

โดยที่ Q_H = ความร้อนที่ถ่ายเทออกจากคอยล์ร้อน (kW)

h_2, h_3 = เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่เข้าและออกคอยล์ร้อน (kJ/kg)

3. กระบวนการ 3 → 4 เป็นการขยายตัวและไม่มีการถ่ายเทความร้อน ($h=\text{Constants}$) ซึ่งสารทำความเย็นที่ออกจากคอยล์ร้อนมีสถานะเป็นของเหลว ความดันสูงและอุณหภูมิสูงจะเข้าสู่ตัวลดความดันก่อนส่งไปยังคอยล์เย็น (สภาวะที่ 4)

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

โดยที่ h_4 = เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่เข้าคอยล์เย็น (kJ/kg)

4. กระบวนการ 4 → 1 เป็นการรับความร้อนภายใต้ความดันคงที่ ($P=\text{Constants}$) สารทำความเย็นที่มีความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ จะรับความร้อนจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็น จะทำให้สารทำความเย็นกลายเป็นไอกลับเข้าสู่คอมเพรสเซอร์

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

โดยที่ Q_L = ความสามารถในการทำความเย็น (kW)

h_4, h_1 = เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่เข้าและออกคอยล์เย็น (kJ/kg)

2.4 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP)

ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ คือ อัตราส่วนของความสามารถในการทำความเย็นที่เครื่องสามารถทำได้ต่อพลังงานที่ป้อนให้กับเครื่องปรับอากาศ (ได้จากการวิเคราะห์สารทำความเย็น)

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

เมื่อ Q_L = ความสามารถในการทำความเย็น (kW)

W_C = กำลังที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ (kW)

2.5 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER)

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน คือ อัตราส่วนขีดความสามารถในการทำความเย็นต่อพลังงานงานโดยรวมของเครื่องปรับอากาศ

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

โดยที่ Q_L = ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr)

W_C = กำลังที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ (kW)

ตารางที่ 2.1 ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (เกณฑ์พลังงานปี 2008) [8]

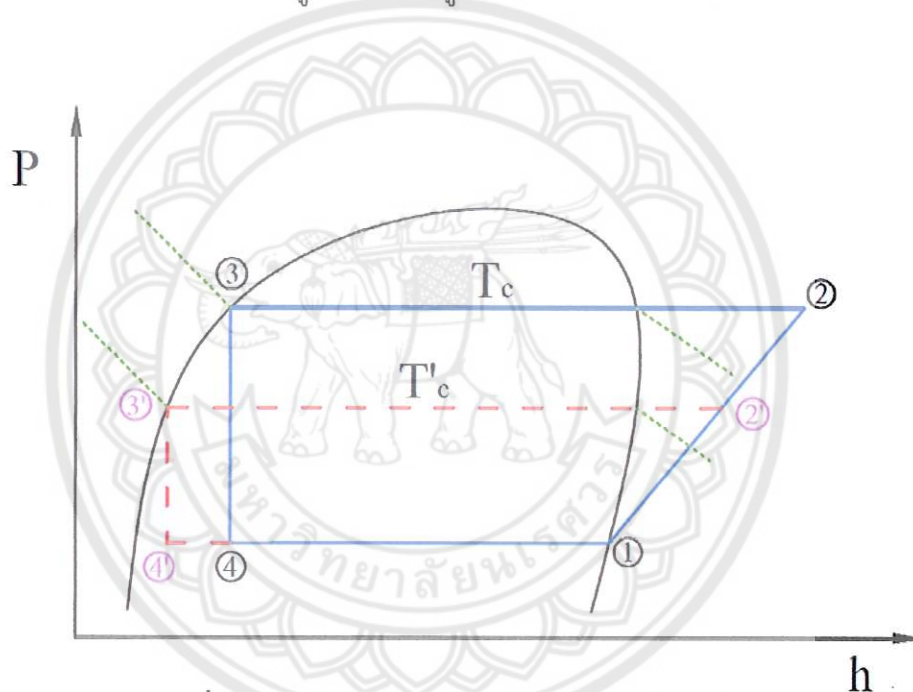
เบอร์	Energy Efficiency Ratio, EER
5	$\text{EER} \geq 11.0$
4	$10.6 \leq \text{EER} \leq 10.99$
3	$9.6 \leq \text{EER} \leq 10.59$

หมายเหตุ ค่า EER ตามมาตรฐาน มอก. 1155-2536 กำหนดให้ความสามารถในการทำความเย็นใช้หน่วยเป็น BTU/hr และค่ากำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ ทดสอบที่อุณหภูมิอากาศกลับเข้าสู่ชุดคอยล์เย็น $27^\circ \text{CDB}/19^\circ \text{CWB}$ และอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าสู่ชุดคอยล์ร้อน $35^\circ \text{CDB}/24^\circ \text{CWB}$

2.6 ผลจากการลดอุณหภูมิควบแน่นของสารทำความเย็นต่อประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

ในการที่จะประหยัดพลังงานระบบปรับอากาศ สามารถทำได้โดยการลดอุณหภูมิควบแน่นของสารทำความเย็นที่คอนเดนเซอร์ให้มากที่สุด ซึ่งส่งผลให้ผลต่างของความดันที่ตกคร่อมคอมเพรสเซอร์ลดลง จึงทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ลดลง รวมทั้งยังสามารถเพิ่มอัตราการทำงานความเย็นได้มากขึ้นด้วย

โดยสามารถเขียนบนแผนภูมิ P-h ได้ดังรูป



รูปที่ 2.4 แผนภาพ P-h ผลของการลดอุณหภูมิควบแน่น

จากรูปที่ 2.4 แผนภาพ P-h ผลของการลดอุณหภูมิควบแน่น สามารถวิเคราะห์ได้ว่า ถ้าอุณหภูมิควบแน่นมีค่าลดลง ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (COP) จะสูงขึ้นและความสามารถในการทำความเย็นก็เพิ่มขึ้น

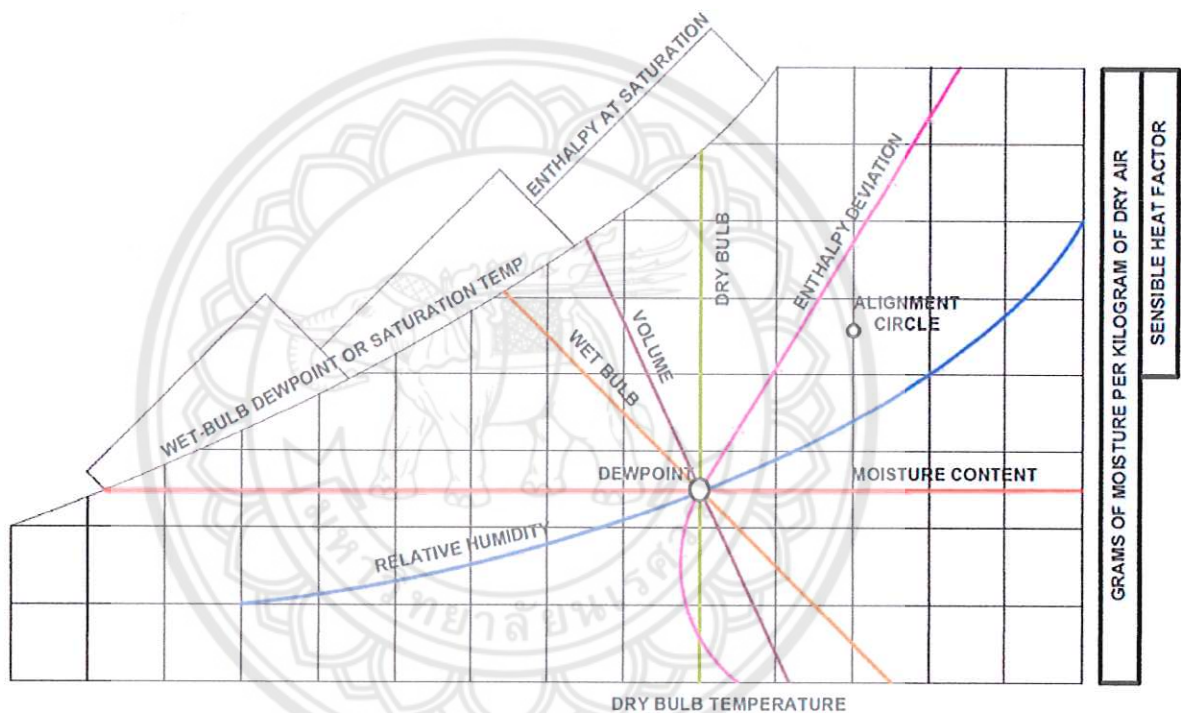
$$COP = \frac{h_1 - h_3}{h_2 - h_1} \quad \text{สำหรับ (อุณหภูมิควบแน่นเดิม)}$$

$$\text{และ} \quad COP' = \frac{h_1 - h_3'}{h_2' - h_1} \quad \text{สำหรับ } T_c' \text{ (อุณหภูมิควบแน่นลดลง)}$$

ซึ่ง $(h_1 - h_3') > (h_1 - h_3)$ และ $(h_2' - h_1) < (h_2 - h_1)$ ดังนั้น $COP' > COP$

2.7 คุณสมบัติของอากาศ

อากาศเป็นส่วนผสมทางกลของก๊าซและไอน้ำ อากาศแห้ง(อากาศที่ไม่มีไอน้ำ) ส่วนใหญ่ประกอบด้วยไนโตรเจนประมาณ 78% และออกซิเจน ประมาณ 21% ส่วนที่เหลืออีก 1% ประกอบด้วย คาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่นๆ เช่น ไฮโดรเจน ฮีเลียม นีออนและอาร์กอน ซึ่งในการศึกษาสถานะต่างๆ ของอากาศจะใช้แผนภาพไซโครเมตริก (Psychrometrics chart) เข้ามาเพื่อช่วยในการหาค่าคุณสมบัติของอากาศ โดยที่คุณสมบัติต่างๆของอากาศมีดังนี้



รูปที่ 2.5 แผนภาพคุณสมบัติของอากาศ [10]

2.7.1 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature, DB) อุณหภูมิกระเปาะแห้งหมายถึงอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะแห้ง ในการวัดจะต้องให้กระเปาะอยู่ในที่อากาศถ่ายเทสะดวกเพื่อที่จะได้อ่านค่าได้ถูกต้อง

2.7.2 อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature, WB) อุณหภูมิกระเปาะเปียกหมายถึงอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะหุ้มด้วยผ้าที่เปียกชุ่ม

2.7.3 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature, DP) อุณหภูมิที่ไอน้ำในอากาศเริ่มเกิดการควบแน่น เมื่ออากาศถูกทำให้เย็นลงที่ความดันคงที่

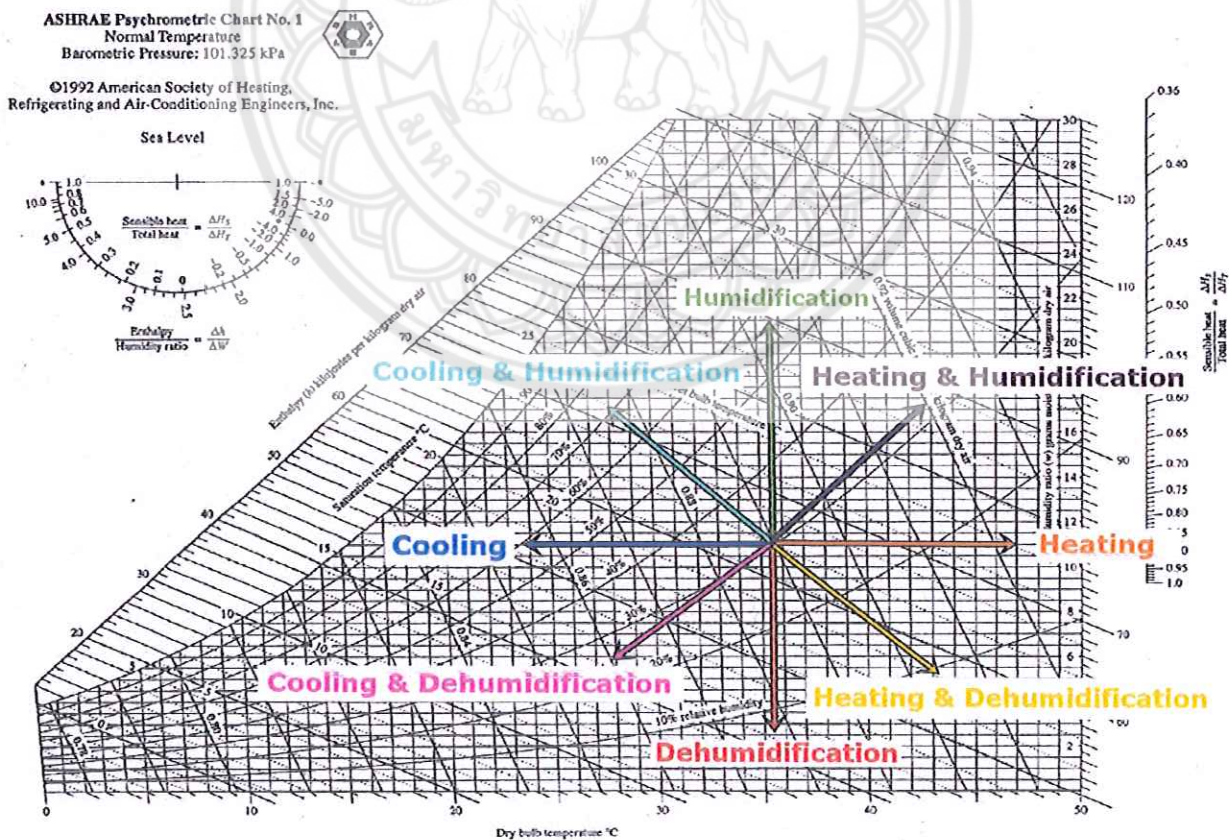
2.7.4 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity, RH) อัตราส่วนของมวลน้ำในอากาศต่อมวลของน้ำในอากาศอิ่มตัวหรือความดันไอน้ำในอากาศต่อปริมาณไอน้ำสูงสุดที่อากาศนั้นสามารถรับได้ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน ซึ่งค่าความชื้นสัมพัทธ์จะอยู่ในรูปของร้อยละมีค่าตั้งแต่ 0-100%

2.7.5 อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio, ω) อัตราส่วนความชื้นมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ความชื้นจำเพาะ หมายถึง มวลของน้ำต่อมวลของอากาศแห้ง

2.7.6 ปริมาตรจำเพาะ (Specific Volume, v) ปริมาตรของอากาศต่อหน่วยมวลของอากาศแห้ง

2.7.7 เอนทาลปีจำเพาะ (Specific Enthalpy, h) เป็นค่าความร้อนของอากาศต่อหน่วยมวลอากาศแห้ง

2.8 กระบวนการต่างๆในแผนภาพไซโครเมตริก



รูปที่ 2.6 แผนภาพไซโครเมตริก หน่วย SI

2.8.1 กระบวนการทำความร้อน (Heating Process) เป็นกระบวนการที่ทำให้อุณหภูมิกระเปาะแห้งเพิ่มขึ้นโดยที่อัตราส่วนความชื้นมีค่าคงที่

2.8.2 กระบวนการทำความเย็น (Cooling Process) เป็นกระบวนการที่ทำให้อุณหภูมิกระเปาะแห้งมีค่าลดลงโดยที่อัตราส่วนความชื้นมีค่าคงที่

2.8.3 กระบวนการเพิ่มความชื้น (Humidification Process) เป็นกระบวนการที่ทำให้อัตราส่วนความชื้นของอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นโดยที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งมีค่าคงที่

2.8.4 กระบวนการลดความชื้น (Dehumidification Process) เป็นกระบวนการที่ทำให้อัตราส่วนความชื้นของอากาศมีค่าลดลงโดยที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งมีค่าคงที่

2.8.5 กระบวนการทำความร้อนและเพิ่มความชื้น (Heating and Humidification Process) เป็นกระบวนการที่ทำให้อุณหภูมิกระเปาะแห้งและอัตราส่วนความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น

2.8.6 กระบวนการทำความร้อนและลดความชื้น (Heating and Dehumidification Process) เป็นกระบวนการที่ทำให้อุณหภูมิกระเปาะแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นแต่อัตราส่วนความชื้นมีค่าลดลง

2.8.7 กระบวนการทำความเย็นและเพิ่มความชื้น (Cooling and Humidification Process) เป็นกระบวนการที่ทำให้อุณหภูมิกระเปาะแห้งมีค่าลดลงแต่อัตราส่วนความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น

2.8.8 กระบวนการทำความเย็นและลดความชื้น (Cooling and Dehumidification Process) เป็นกระบวนการที่ทำให้อุณหภูมิกระเปาะแห้งและอัตราส่วนความชื้นมีค่าลดลง

2.9 คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor air quality)

คุณภาพอากาศในอาคารจะแสดงถึงคุณภาพอากาศที่อยู่ภายในอาคารและบริเวณโดยรอบอาคาร คุณภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสมจะต้องมีความสัมพันธ์กับสุขภาพและความสะดวกสบายของบุคคลที่อยู่ภายในอาคารนั้น คุณภาพอากาศภายในอาคารที่ไม่เหมาะสมมีผลมาจากการปนเปื้อนจุลินทรีย์หรือก๊าซมลพิษ เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละออง อุณหภูมิ ความชื้น แสงสว่าง เป็นต้น แหล่งที่มีของสารปนเปื้อนอยู่ในอากาศภายในอาคารนั้น อาจเกิดจากแหล่งภายในอาคารเอง หรือ อาจถูกดึงเข้ามาจากภายนอกอาคาร หรือมาจากผู้คนนำเข้ามา หรือกิจกรรมที่คนทำภายในอาคาร จึงต้องมีการระบายอากาศออกเพื่อทำให้ปริมาณการปนเปื้อนจุลินทรีย์หรือก๊าซมลพิษลดลง

2.10 การรั่วซึมของอากาศ (Infiltration)

การรั่วซึมของอากาศ คือ การไหลผ่านของอากาศที่ไม่สามารถควบคุมได้ ผ่านทางรอยแตก ช่องเปิดหรือการใช้งานปกติของทางเข้า ประตู หน้าต่าง ที่ไม่เป็นที่ต้องการให้อากาศไหลผ่านเข้ามาเข้าสู่อาคาร มี 2 แบบ ได้แก่ 1.การรั่วซึมออก คือ การรั่วซึมออกสู่ภายนอกผ่านรอยแตก ร่อง ช่อง รู ต่างๆ เพดาน พื้น และกำแพงของพื้นที่หรืออาคาร 2. การรั่วซึมเข้า คือ การรั่วซึมเข้าสู่อาคารโดยผ่าน รอยแตก ร่อง ช่อง รูต่างๆ เพดาน พื้น และกำแพงของพื้นที่หรืออาคาร



รูปที่ 2.7 การรั่วซึมของอากาศ

2.11 การระบายอากาศ (Ventilation)

การระบายอากาศ คือ การจัดการเคลื่อนย้ายอากาศด้วยปริมาณที่กำหนดให้ไหลไปในทิศทางและความเร็วที่ต้องการ เพื่อกำจัดมลพิษ ความร้อน ความชื้น กลิ่นรบกวน คิว และอื่น ๆ ที่ปะปนอยู่ในอากาศให้ออกไปจากสถานที่นั้นและให้อากาศบริสุทธิ์เข้ามาแทนที่ได้

2.11.1 การระบายอากาศในอาคาร

- การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ

การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ คือ การไหลของอากาศผ่านทางช่องเปิดหน้าต่าง ประตู และช่องเปิดของเปลือกอาคารหรืออาศัยการรั่วซึมของอากาศ เกิดขึ้นจากแรงดันอากาศที่แตกต่างตามธรรมชาติหรือที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น หน้ากากระบายอากาศ (Exhaust Air Grill) เป็นต้น



รูปที่ 2.8 หน้ากากระบายอากาศ [16]

หน้ากากระบายอากาศ ทำหน้าที่ระบายอากาศออกจากห้อง จะต้องพิจารณาเรื่องการกันฝน การกันลมปะทะ และการป้องกันแมลง

- การระบายอากาศโดยวิธีกล

การระบายอากาศโดยวิธีกล คือ การบังคับให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศเข้าและออกจากอาคารโดยใช้พัดลมระบายอากาศ

2.11.2 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสำหรับอาคารที่มีระบบปรับอากาศ

อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมงตามกฎกระทรวงฉบับที่ 33 ภายใต้ พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 กำหนดอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสำหรับอาคารที่มีระบบปรับอากาศ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศสำหรับอาคารที่มีระบบปรับอากาศ [15]

ลำดับ	ประเภทสถานที่ (การใช้)	$m^3/hr/m^2$
1	ห้างสรรพสินค้า (ทางเดินชมสินค้า)	2
2	โรงงาน	2
3	สำนักงาน	2
4	สถานอาบ อบ นวด	2
5	สถานที่สำหรับติดต่อธุรกิจในธนาคาร	2
6	ห้องพักในโรงแรมหรืออาคารชุด	2
7	ห้องปฏิบัติการ	2
8	ร้านตัดผม	3
9	สถานกีฬาในร่ม	4
10	โรงแรมหรสพ (บริเวณที่นั่งสำหรับคนดู)	4
11	ห้องเรียน	4
12	สถานบริหารร่างกาย	5
13	ร้านเสริมสวย	5
14	ห้องประชุม	6
15	ห้องน้ำ ห้องส้วม 1	10
16	สถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม (ห้องรับประทานอาหาร)	10
17	ไนต์คลับ บาร์ หรือสถานลีลาศ	10
18	ห้องครัว	30
19	สถานพยาบาล	
	- ห้องคนไข้	2
	- ห้องผ่าตัดและห้องคลอด	8
	- ห้องช่วยชีวิตฉุกเฉิน	5
	- ห้อง ไอ.ซี.ยู. และห้อง ซี.ซี.ยู 5	5

2.12 พัดลมระบายอากาศ

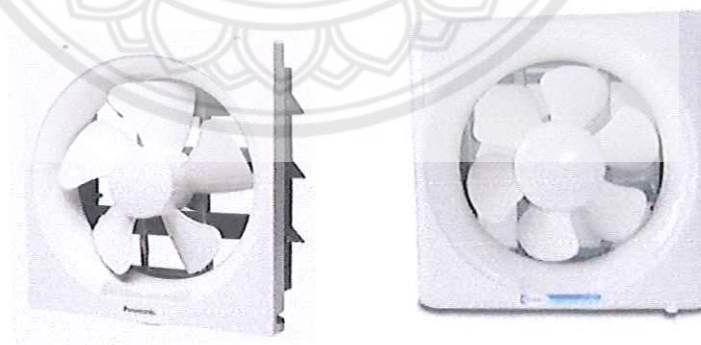
ในระบบปรับอากาศตามสถานที่ต่างๆ จำเป็นต้องมีพัดลมระบายอากาศเพื่อระบายอากาศและเติมอากาศเข้าสู่ระบบจะทำให้มีอากาศหมุนเวียนภายในและภายนอกอาคารอย่างเหมาะสม

2.12.1 พัดลมระบายอากาศชนิดติดเพดาน

รูปที่ 2.9 พัดลมระบายอากาศชนิดติดเพดาน [11]

- ระบายอากาศตั้งแต่ 90 m³/hr ขึ้นไป สามารถต่อท่อระบายอากาศได้
- ส่วนมากใช้ระบายอากาศ ที่อับไม่สามารถระบายอากาศออกผนังข้าง ๆ ได้ เช่น ติดพัดลมไว้กับเพดาน แล้วต่อท่อส่งลมไปทิ้งนอกอาคาร

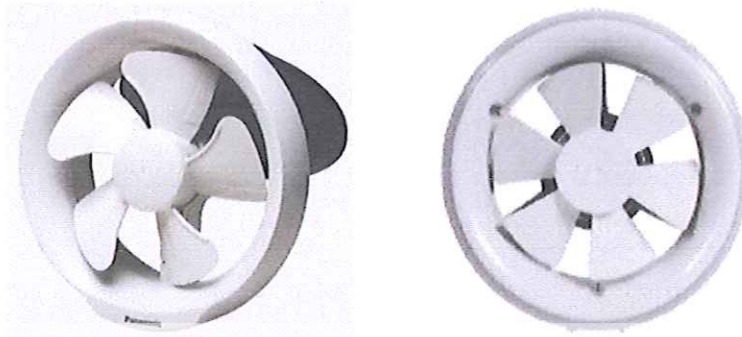
2.12.2 พัดลมระบายอากาศชนิดติดผนัง



รูปที่ 2.10 พัดลมระบายอากาศชนิดติดผนัง [11]

- ระบายอากาศตั้งแต่ 300 m³/hr ขึ้นไป ไม่ควรต่อท่อระบายอากาศ
- ส่วนมากใช้ระบายอากาศ ห้องทั่วไป โดยติดพัดลมไว้กับผนัง เช่น ห้องผ่าตัด ห้องผู้ป่วย พิเศษ สำนักงาน

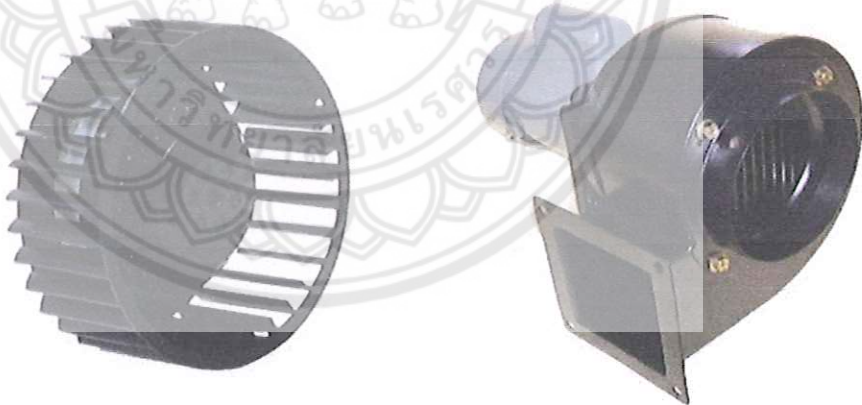
2.12.3 พัดลมระบายอากาศชนิดติดกระจก



รูปที่ 2.11 พัดลมระบายอากาศชนิดติดกระจก [11]

- ระบายอากาศตั้งแต่ 200 m³/hr ไม่ควรต่อท่อระบายอากาศ
- ส่วนมากใช้ระบายอากาศ ห้องทั่วไป โดยติดพัดลมไว้กับกระจก เช่น ห้องผู้ป่วยพิเศษ สำนักงาน

2.12.4 พัดลมระบายอากาศชนิดเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง



รูปที่ 2.12 พัดลมระบายอากาศชนิดเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง [11]

- ระบายอากาศตั้งแต่ 200 m³/hr สามารถต่อท่อระบายอากาศได้
- ส่วนมากใช้ระบายอากาศ ห้องทั่วไปต้องต่อท่อ โดยติดพัดลมไว้กับเพดาน เช่น ห้องผู้ป่วยใน ผู้ป่วยนอก อาคารชั้นล่าง

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานอัตราการระบายอากาศและค่ากำลังไฟฟ้าเข้าสูงสุด [9]

ขนาดใบพัด (inch)	อัตราการระบายอากาศ (m ³ /hr)	กำลังไฟฟ้าเข้าสูงสุด (W)
6	270 (216)	22
8	360 (336)	33
10	600	40
12	900	46
16	1680	80
20	2700	120

หมายเหตุ

1. ค่าในวงเล็บใช้กับพัดลมติดกระจก
2. สำหรับพัดลมที่มี 2 ทิศทาง ค่าที่กำหนดในตารางเป็นค่าที่ดูออก

วิธีการคำนวณหาขนาดพัดลมระบายอากาศ

$$Q_{\text{Air}} = EA_r \quad (2.7)$$

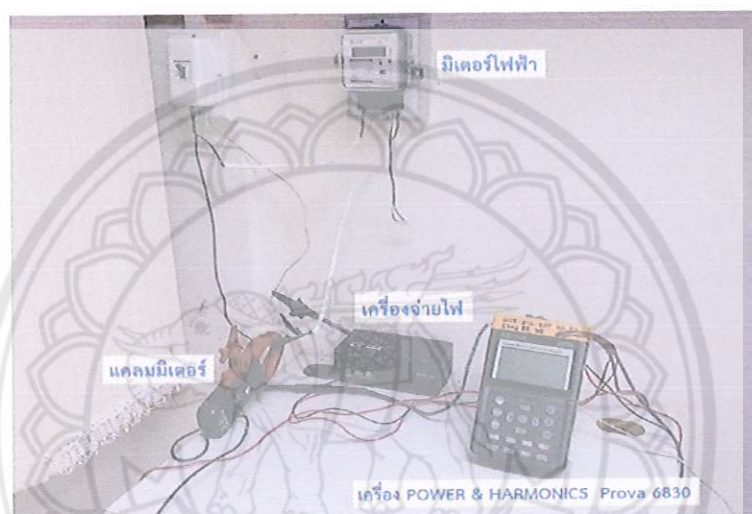
โดยที่ Q_{Air} = อัตราการไหลของอากาศ (m³/hr)
 A_r = พื้นที่ห้อง (กว้าง*ยาว) (m²)
 E = อัตราแลกเปลี่ยนอากาศจากตารางที่ 2.2 (m³/hr/m²)

ควรเลือกขนาดพัดลมระบายอากาศที่มีอัตราการไหลของอากาศ (Q_{Air}) สูงกว่าค่าที่คำนวณได้เพื่อความมั่นใจว่าอัตราการระบายอากาศเป็นไปตามที่ต้องการ

2.13 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ

2.13.1 รายการเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัด

1. เครื่อง POWER & HARMONICS Analyzer Prova 6830 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดกระแส (Amp) แรงดัน (Voltage) กำลังไฟฟ้า (Power) และค่าพลังงานไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถวัดได้ทั้งไฟแบบเฟสเดียว (Single Phase) และสามเฟส (Three Phase) ใช้ร่วมกับแคลลมมิเตอร์ เครื่องจ่ายไฟและคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรม POWER & HARMONICS Analyzer



รูปที่ 2.13 การต่อวงจรของเครื่อง POWER & HARMONICS Analyzer Prova 6830

2. เครื่อง SILA AP-104 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรม AP-104



รูปที่ 2.14 เครื่อง SILA AP-104

3. Anemometer เป็นอุปกรณ์วัดความเร็วลมโดยอาศัยหลักการหมุนของใบพัด เป็นชนิดเคลื่อนย้ายได้ มีช่วงการวัดกว้าง สามารถวัดค่าได้ทันที ใช้วัดได้ทั้งความเร็วอากาศแวดล้อมและอากาศที่มีการควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 2.15 อุปกรณ์วัดความเร็วลม [13]

4. ตลับเมตร เป็นอุปกรณ์วัดขนาด มีหน่วยเป็นเมตรและฟุต

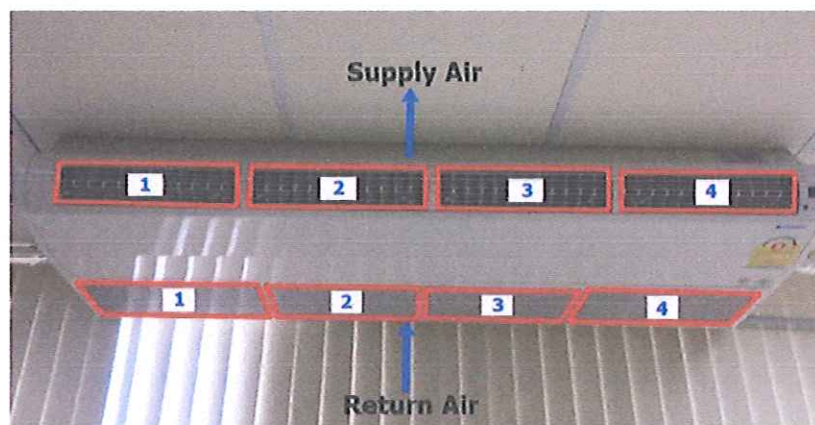
5. Psychrometrics Chart เป็นแผนภูมิที่แสดงคุณสมบัติต่างๆของอากาศ ณ บรรยากาศ ซึ่งเราจะใช้ในการหาค่าเอนทัลปีของอากาศ

2.13.2 การตรวจวัดวิเคราะห์ข้อมูล

การตรวจวัดวิเคราะห์ข้อมูลจะทำการเก็บค่าข้อมูลของเครื่องปรับอากาศ โดยมีวิธีการตรวจวัดวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. เปิดเครื่องปรับอากาศและตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัส 25 °C อย่างน้อย 30 นาที เพื่อให้เครื่องปรับอากาศอยู่ในสภาวะที่พร้อมสำหรับการเก็บข้อมูล

2. แบ่งพื้นที่การเก็บข้อมูลด้านอากาศกลับ (Return Air) และอากาศจ่าย (Supply Air) ออกหลาย 4 ช่อง เพื่อนำข้อมูลมาหาเฉลี่ย ดังแสดงในภาพ รูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การแบ่งพื้นที่ของอากาศกลับและอากาศจ่ายออกเป็น 4 ช่อง

3. วัดความเร็วลมด้านอากาศกลับของเครื่องปรับอากาศ โดยแบ่งช่องที่ทำการตรวจวัด ออกเป็น 4 ช่อง เพื่อนำค่ามาหาค่าเฉลี่ย ดังสมการ

$$V = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4}{4} \quad (2.8)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วลมเฉลี่ยด้านอากาศกลับ (m/s)

V_1, V_2, V_3, V_4 คือ ความเร็วลม ณ ตำแหน่งที่ 1,2,3,4 (m/s) ตามลำดับ

4. วัดขนาดพื้นที่หน้ากักด้านอากาศกลับในหน่วยเมตรเพื่อนำไปหาอัตราการไหลของอากาศ ผ่านคอยล์เย็น ดังสมการ

$$\dot{m}_{\text{air}} = (\rho)(V)(A) \quad (2.9)$$

จะใช้ค่าความหนาแน่นของอากาศที่สภาวะอากาศมาตรฐาน (Standard Air) ที่ 1 atm, 25 °C ซึ่งมีค่าความหนาแน่นของอากาศ, $\rho = 1.184 \text{ kg/m}^3$ ดังนั้นเขียนสมการ 2.10 ใหม่ได้เป็น

$$\dot{m}_{\text{air}} = (1.184)(V)(A) \quad (2.10)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วลมด้านอากาศกลับ (m/s)

A คือ พื้นที่หน้ากักด้านอากาศกลับ (m^2)

5. วัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศกลับ (Return Air) และ อากาศจ่าย (Supply Air) โดยแบ่งช่องที่ทำกรตรวจวัดออกเป็น 4 ช่อง เพื่อนำค่ามาหาค่าเฉลี่ย ดังสมการ

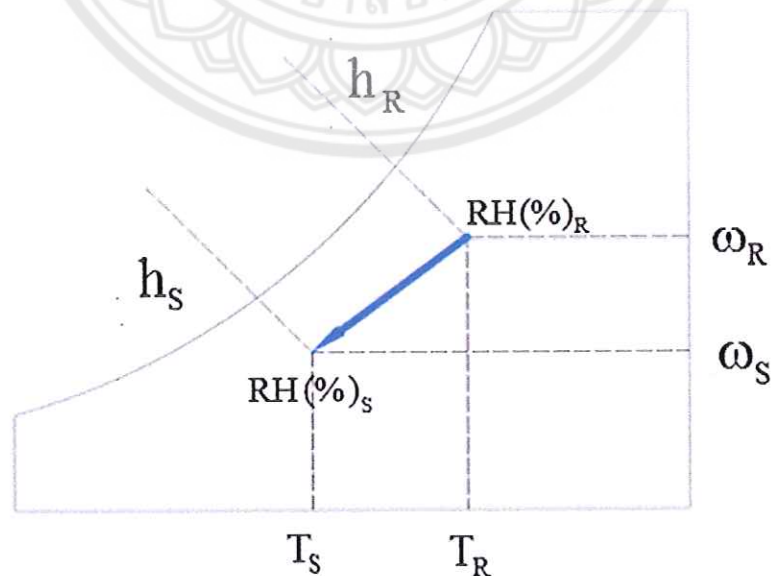
$$T = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4}{4} \quad (2.11)$$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศกลับและอากาศจ่าย ($^{\circ}\text{C}$)
 T_1, T_2, T_3, T_4 คือ อุณหภูมิของอากาศ ณ ตำแหน่งที่ 1,2,3,4 ($^{\circ}\text{C}$) ตามลำดับ

$$\text{RH}(\%) = \frac{\text{RH}(\%)_1 + \text{RH}(\%)_2 + \text{RH}(\%)_3 + \text{RH}(\%)_4}{4} \quad (2.12)$$

เมื่อ $\text{RH}(\%)$ คือ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของอากาศกลับและอากาศจ่าย
 $\text{RH}(\%)_1, \text{RH}(\%)_2, \text{RH}(\%)_3, \text{RH}(\%)_4$ คือ ความชื้นสัมพัทธ์ ณ ตำแหน่งที่ 1,2,3,4 ตามลำดับ

6. นำค่าของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไปหาเอนทัลปีของด้านอากาศกลับ (h_R) และเอนทัลปีของด้านอากาศจ่าย (h_S) จากแผนภูมิ Psychrometrics ดังแสดงในภาพ



รูปที่ 2.17 การหาเอนทัลปีของอากาศจากแผนภูมิ Psychrometrics

7. คำนวณความสามารถในการทำความเย็น (Cooling Capacity) ของเครื่องปรับอากาศ สามารถหาได้จากสมการ

$$Q_L = \dot{m}_{air} (h_R - h_S) \quad (2.13)$$

- เมื่อ Q_L คือ ความสามารถในการทำความเย็น (kW)
 \dot{m}_{air} คือ อัตราการไหลของอากาศกลับ (kg/s)
 h_R, h_S คือ เอนทาลปีจำเพาะของอากาศกลับและอากาศจ่าย (kJ/kg)

8. วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (W_C) เป็น kW ด้วยเครื่อง POWER & HARMONICS Analyzer Prova 6830 หรือ อาจหาได้จากสมการ

$$W_C = IV \cos\theta \quad (\text{กรณีไฟฟ้าหนึ่งเฟส}) \quad (2.14)$$

- เมื่อ W_C คือ กำลังที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ (kW)
 I คือ กระแสไฟฟ้า (A)
 V คือ แรงดันไฟฟ้า (V)
 $\cos\theta$ คือ ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

2.14 เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period) คือ ระยะเวลาผลตอบแทนสุทธิสะสมจากการดำเนินงาน สำหรับกรณีที่ผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายในแต่ละปีมีค่าเท่ากันทุกปี ระยะเวลาคืนทุนหาได้ดังนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \quad (2.15)$$

โดยที่ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน = ค่าลงทุนเริ่มแรก + ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (ค่าแรง)

ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี = ผลที่ประหยัดได้เฉลี่ยต่อปี - ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อปี

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในโครงการนี้จะศึกษาเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานและประสิทธิภาพระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 36,000 Btu/hr แบบระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยอากาศระบายโดยวิธีธรรมชาติและวิธีกล

กำหนดห้องที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบสำนักงาน (Office) อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 25°C และพัดลมระบายอากาศทำงานพร้อมกับคอมเพรสเซอร์ ทดลองช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน พ.ศ. 2558 ที่ห้องหน่วยวิจัยเทคโนโลยีอาคารและการจัดการพลังงาน IE 504 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

โดยแบ่งห้องทดลองเป็น 5 กรณี ดังนี้

1. ห้องปรับอากาศ
2. ห้องปรับอากาศติดตั้งช่องเปิดระบายอากาศขนาด 6x6 ตารางนิ้ว
3. ห้องปรับอากาศติดตั้งช่องเปิดระบายอากาศขนาด 6x6 ตารางนิ้วเพื่อส่งลมเย็นผ่านคอยล์ร้อน
4. ห้องปรับอากาศติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้ว
5. ห้องปรับอากาศติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้วเพื่อส่งลมเย็นผ่านคอยล์ร้อน

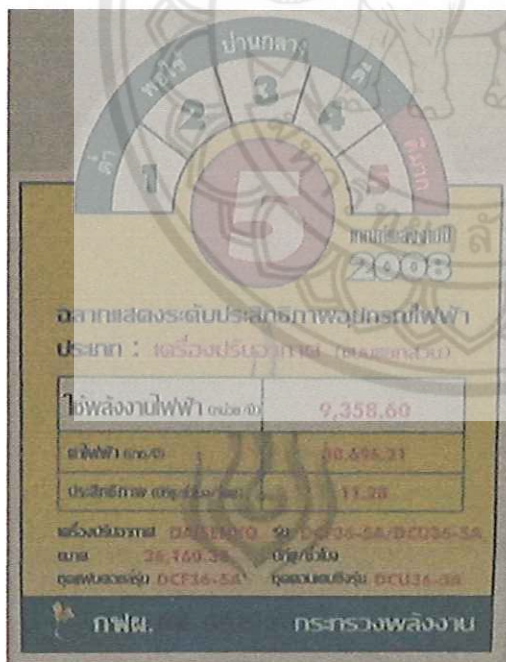
โดยแบ่งการตรวจวัดข้อมูลออกเป็น 3 ช่วง คือ

1. ช่วงกลางวัน (06.00น.-18.00น.) เพื่อเป็นตัวแทนนำไปประยุกต์ใช้กับห้องที่มีการใช้งานช่วงกลางวัน เช่น ห้องสำนักงาน ห้องเรียนและห้องประชุม
2. ช่วงกลางคืน (18.00น.-06.00น.) เพื่อเป็นตัวแทนนำไปประยุกต์ใช้กับห้องที่มีการใช้งานช่วงกลางคืน เช่น ห้องนอน ไนท์คลับและบาร์
3. ตลอด 24 ชั่วโมง (06.00น.-06.00น.) เพื่อเป็นตัวแทนนำไปประยุกต์ใช้กับห้องที่มีการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง เช่น ห้องช่วยชีวิตฉุกเฉิน ห้องเซิร์ฟเวอร์และห้องพักเจ้าหน้าที่กู้ภัย

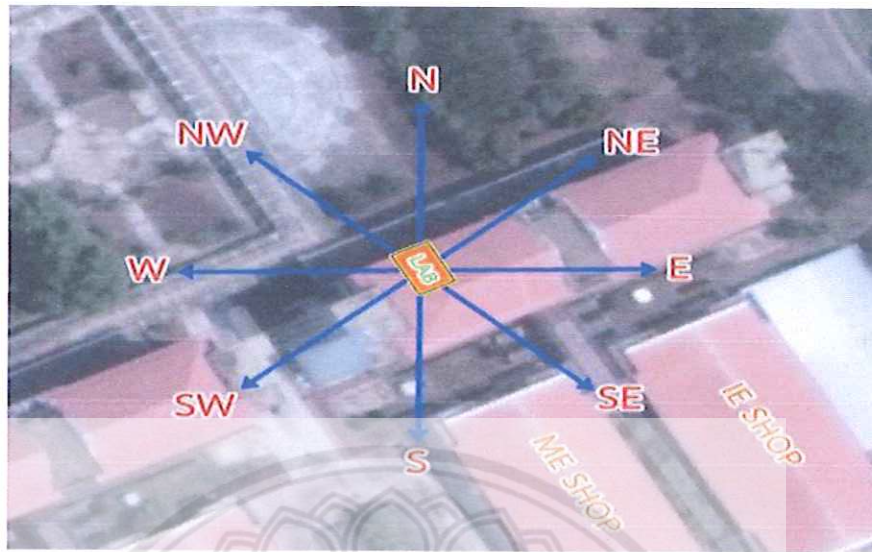
เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบแยกส่วนยี่ห้อ DAISENKO เบอร์ 5 (เกณฑ์พลังงานปี 2008) ติดตั้งด้านทิศ NW ของห้องทดลอง



รูปที่ 3.1 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ยี่ห้อ DAISENKO



รูปที่ 3.2 ฉลากประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

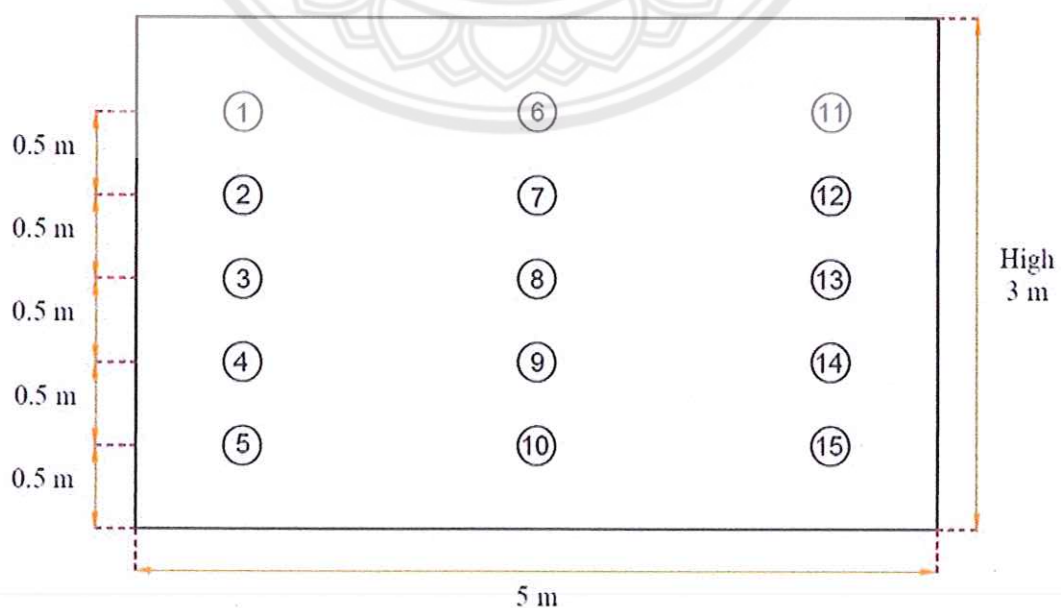


รูปที่ 3.3 ทิศของห้องทดลอง

3.1 การหาตำแหน่งเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ

การหาตำแหน่งเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ จะวัดอุณหภูมิเฉลี่ย ณ จุดต่างๆ ตลอด 24 ชั่วโมงตามระดับความสูงจากพื้นถึงเพดาน ณ ความสูงระดับต่างๆ ของผนังห้องด้านทิศ NW ซึ่งเป็นทิศที่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ โดยจะเลือกจุดที่มีอุณหภูมิสูงสุด

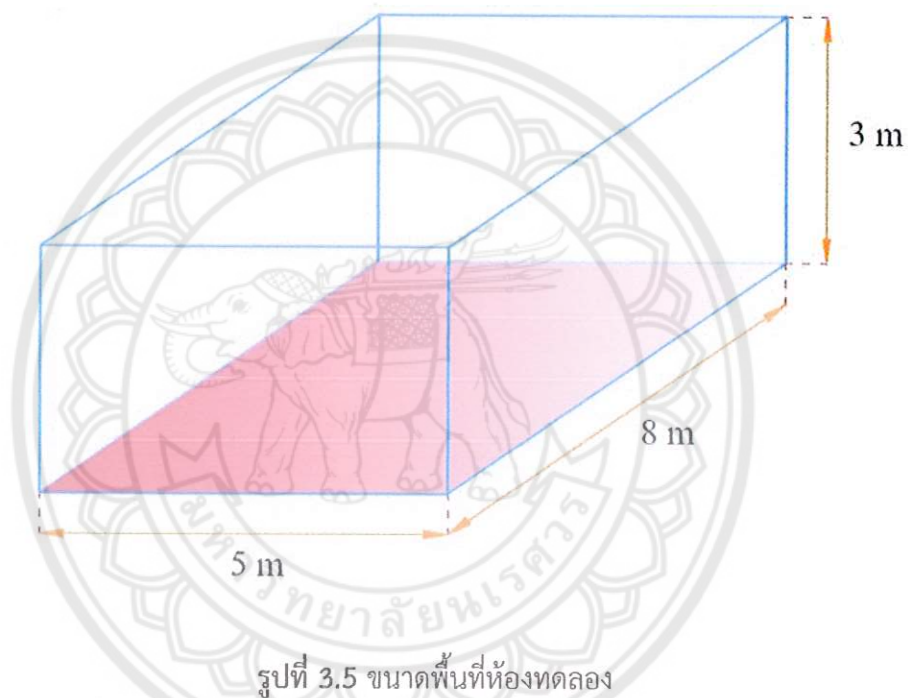
หมายเหตุ อุปกรณ์ระบายอากาศ คือ หน้ากากระบายอากาศและพัดลมระบายอากาศ



รูปที่ 3.4 จุดวัดอุณหภูมิ ณ ความสูงระดับต่างๆ

3.2 การเลือกขนาดพัดลมระบายอากาศ

พัดลมระบายอากาศเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของระบบระบายอากาศ จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงชนิดของพัดลม ขนาดพื้นที่ห้องและมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อเลือกขนาดพัดลมระบายอากาศให้เหมาะสมกับห้อง

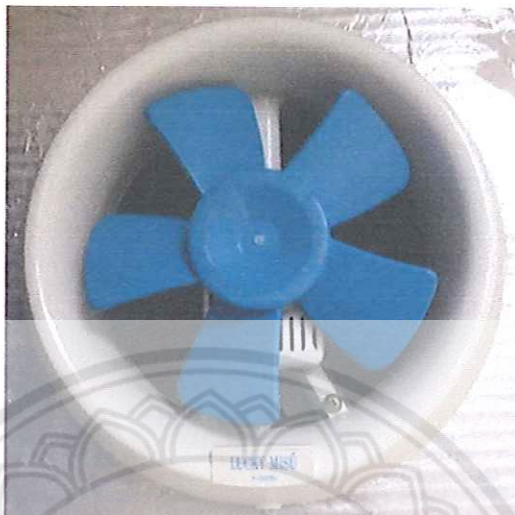


การเลือกขนาดพัดลมระบายอากาศสามารถคำนวณได้จาก สมการที่ 2.9 พื้นที่ห้องมีขนาดดังรูปที่ 3.5 และค่าอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจากตารางที่ 2.2 ประเภทสำนักงาน มีค่าเท่ากับ $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$

$$Q_{\text{Air}} = EA_r = 2(5 \times 8) = 80 \text{ m}^3/\text{hr}$$

นำค่าอัตราการไหลของอากาศ ไปเลือกขนาดพัดลมระบายอากาศตามตารางที่ 2.3 จะได้พัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้ว เป็นขนาดเล็กที่สุดมีอัตราการไหลของอากาศสูงสุด $216 \text{ m}^3/\text{hr}$ ซึ่งมากกว่าความต้องการอัตราการไหลของอากาศของห้องถึงเกือบ 3 เท่า

พัดลมระบายอากาศ ชนิดติดกระจก



รูปที่ 3.6 พัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้ว
ใช้พัดลมระบายอากาศยี่ห้อ Lucky Misu ขนาด 6 นิ้ว รุ่น V-20TZ6

Voltage (50 Hz)	220 V
Power	14.8 W
Ampere	0.06 A
Gross weight	2.5 kg
Velocity	2.9 m/s

หน้ากากระบายอากาศ



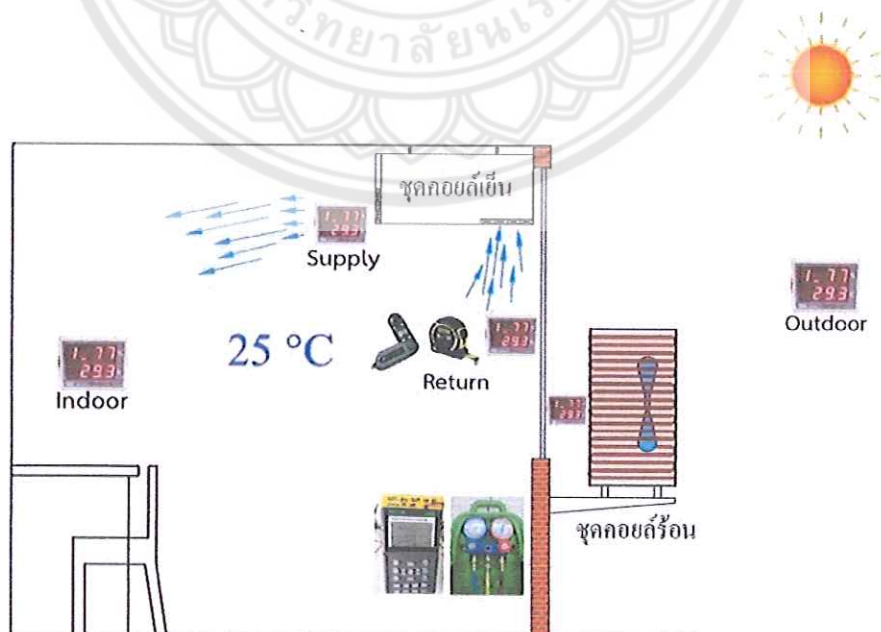
รูปที่ 3.7 หน้ากากระบายอากาศขนาด 6X6 นิ้ว

3.3 การตรวจวัดข้อมูล

การตรวจวัดข้อมูลจะเริ่มจากเปิดเครื่องปรับอากาศ ตั้งอุณหภูมิ 25 °C อย่างน้อย 30 นาที หลังจากนั้นทำการตรวจวัดข้อมูล โดยการวัดความเร็วลม (V) และขนาดพื้นที่หน้ากักด้านอากาศกลับ (A) วัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ ณ จุดอากาศจ่าย (T_{supply} , $\%RH_{\text{supply}}$) อากาศกลับ (T_{return} , $\%RH_{\text{return}}$) อากาศหน้าพัดลมระบายอากาศ ($T_{\text{in/fan}}$, $\%RH_{\text{in/fan}}$) อากาศภายในห้อง (T_{indoor} , $\%RH_{\text{indoor}}$) อากาศภายนอกห้อง (T_{outdoor} , $\%RH_{\text{outdoor}}$) อากาศผสมหน้าคอยล์ร้อน (T_{mix} , $\%RH_{\text{mix}}$) เก็บข้อมูลทุก 15 นาทีตลอด 24 ชั่วโมง วัดความดันสารทำความเย็น วัดชั่วโมงการทำงาน (hr) วัดค่ากำลังไฟฟ้า (P) และค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) เก็บข้อมูลทุก 1 นาทีตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ความสามารถในการทำความเย็น ค่า COP ค่า EER และประเมินระยะเวลาคืนทุน ซึ่งในการทดลองจะตรวจวัดข้อมูลตามสภาพการใช้งานจริง ไม่สามารถควบคุมสภาวะอากาศตามที่มาตรฐาน มอก. 1155-2536 กำหนด โดยแบ่งห้องทดลองเป็น 5 กรณี ดังนี้

3.3.1 ห้องปรับอากาศ

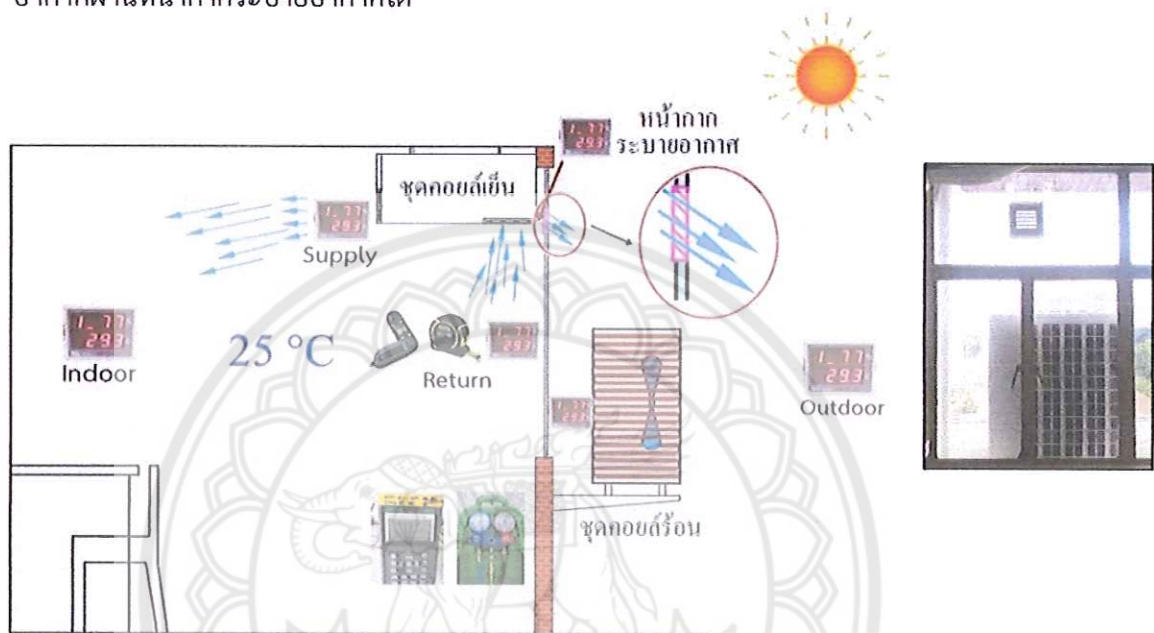
ห้องปรับอากาศในที่นี้หมายถึงห้องปรับอากาศที่ไม่มีการระบายอากาศ จะทำการตรวจวัดข้อมูล ณ จุดต่างๆ เพื่อให้ทราบว่ามีค่า COP ค่า EER และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นอย่างไร แต่ไม่ได้นำมาเปรียบเทียบกับห้องกรณีอื่นๆ



รูปที่ 3.8 ตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลของห้องปรับอากาศ

3.3.2 ห้องปรับอากาศติดตั้งช่องเปิดระบายอากาศขนาด 6x6 ตารางนิ้ว

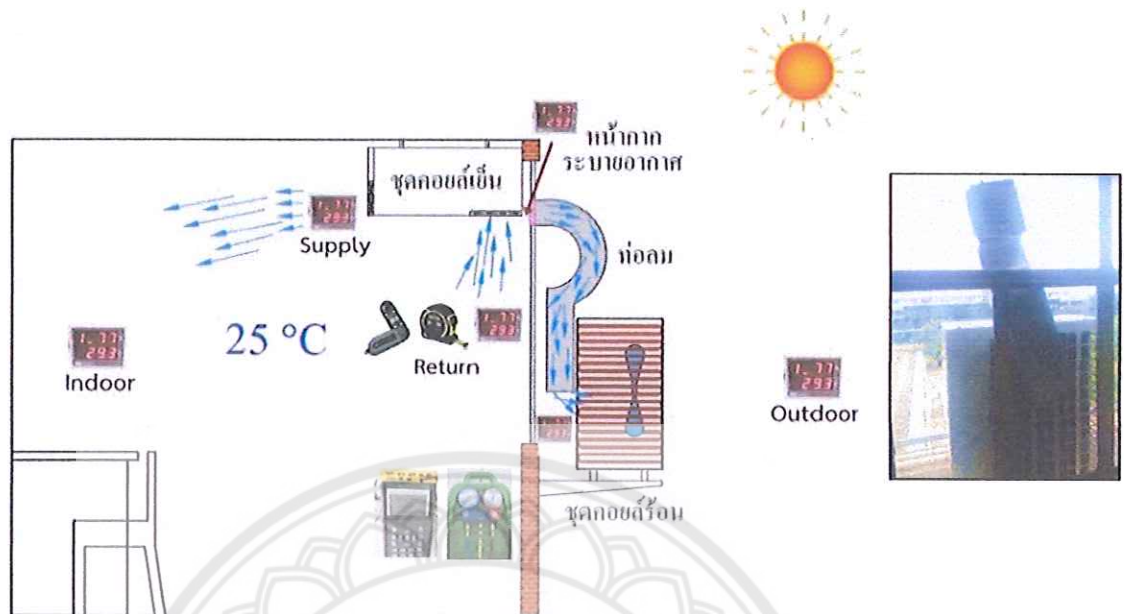
ห้องนี้มีการติดตั้งหน้ากากระบายอากาศขนาด 6X6 นิ้ว ณ ตำแหน่งที่ได้จากการทดลองที่ 3.1 ซึ่งผลจากการตรวจวัดข้อมูลไม่สามารถอ่านค่าความเร็วลมเพื่อคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศผ่านหน้ากากระบายอากาศได้



รูปที่ 3.9 ตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลของห้องปรับอากาศติดตั้งช่องเปิดระบายอากาศขนาด 6x6 ตารางนิ้ว

3.3.3 ห้องปรับอากาศติดตั้งช่องเปิดระบายอากาศขนาด 6x6 ตารางนิ้วเพื่อส่งลมเย็นผ่านคอยล์ร้อน

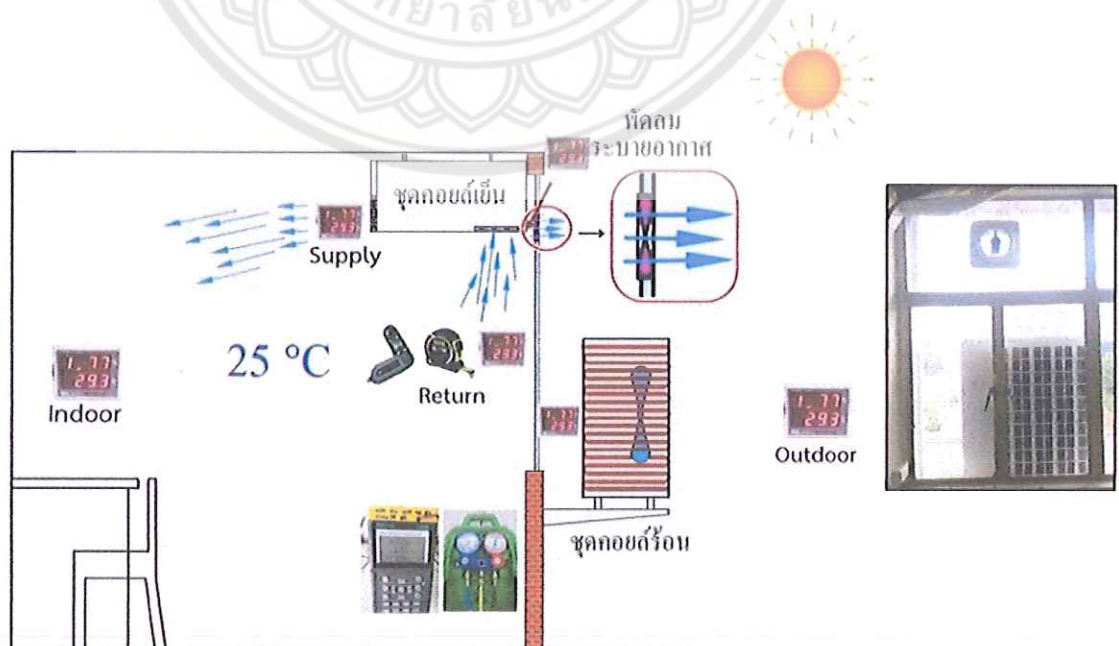
ห้องนี้มีลักษณะคล้ายกับห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศ มีการติดตั้งท่อลมเพื่อนำอากาศระบายมาช่วยระบายความร้อนที่คอยล์ร้อน ซึ่งขณะคอมเพรสเซอร์ทำงานจะมีอัตราการไหลของอากาศผ่านหน้ากากระบายอากาศเท่ากับ $40 \text{ m}^3/\text{hr}$ เนื่องจากพัดลมระบายความร้อนที่อยู่ด้านนอกจะดูดอากาศภายในท่อลม ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านหน้ากากระบายอากาศ



รูปที่ 3.10 ตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลของห้องปรับอากาศติดตั้งช่องเปิดระบายอากาศขนาด 6x6 ตารางนิ้วเพื่อส่งลมเย็นผ่านคอยล์ร้อน

3.3.4 ห้องปรับอากาศติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้ว

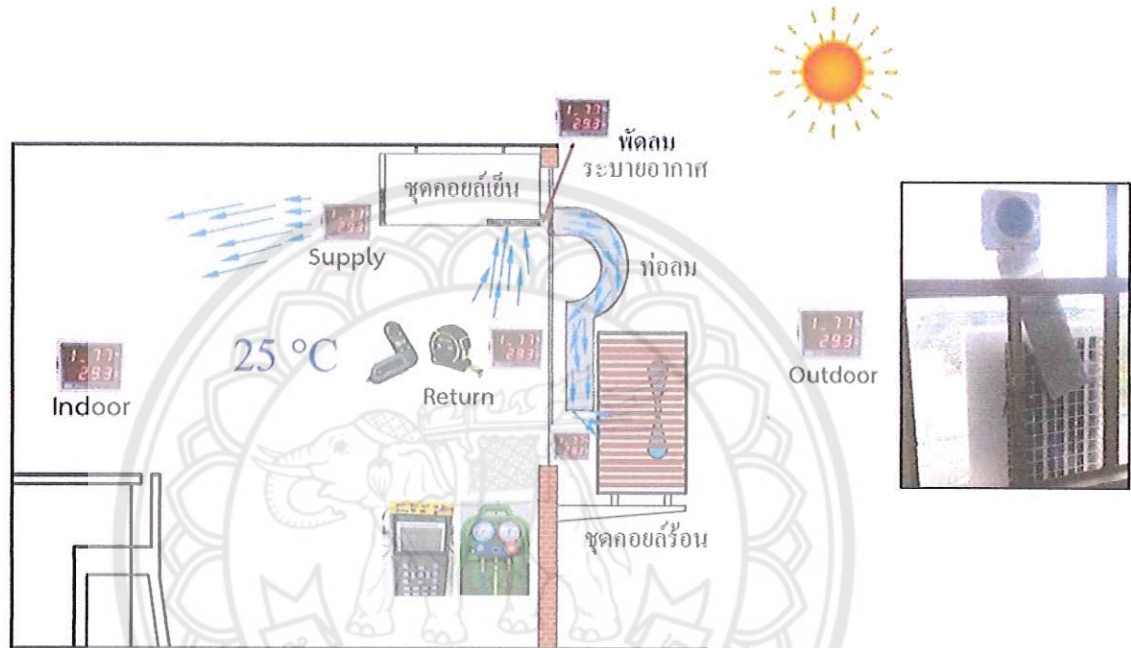
ห้องนี้มีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้ว ณ ตำแหน่งที่ได้จากการทดลองที่ 3.1 ซึ่งขณะพัดลมระบายอากาศทำงานพร้อมกับคอมเพรสเซอร์จะมีอัตราการไหลของอากาศผ่านพัดลมระบายอากาศเท่ากับ $216 \text{ m}^3/\text{hr}$



รูปที่ 3.11 ตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลของห้องปรับอากาศติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้ว

3.3.5 ห้องปรับอากาศติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้วเพื่อส่งลมเย็นผ่านคอยล์ร้อน

ห้องนี้มีลักษณะคล้ายกับห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศ มีการติดตั้งท่อลมเพื่อนำอากาศระบายมาช่วยระบายความร้อนที่คอยล์ร้อน ซึ่งขณะพัดลมระบายอากาศทำงานพร้อมกับคอมเพรสเซอร์จะมีอัตราการไหลของอากาศผ่านพัดลมระบายอากาศเท่ากับ $216 \text{ m}^3/\text{hr}$



รูปที่ 3.12 ตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลของห้องปรับอากาศติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้ว เพื่อส่งลมเย็นผ่านคอยล์ร้อน

3.4 ข้อกำหนดทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ข้อสมมติฐานทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เพื่อคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน โดยกำหนด อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 2.5 บาทต่อหน่วย จากตารางที่ 3.1 (กรณีเกิน 150 หน่วยต่อเดือน ช่วง 150-400 หน่วย) หน้าการระบายอากาศราคา 105 บาท พัดลมระบายอากาศราคา 700 บาท ท่อลมราคา 100 บาท ให้ 1 สัปดาห์มีวันทำงาน 5 วัน

- ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนคือ หน้าการระบายอากาศราคา 105 บาท
- ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนคือ หน้าการระบายอากาศและท่อลม รวมเป็นเงิน 205 บาท

- ห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนคือ พัดลมระบายอากาศ ราคา 700 บาท

- ห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนคือ พัดลมระบายอากาศและท่อลม รวมเป็นเงิน 800 บาท

ตารางที่ 3.1 อัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [12]

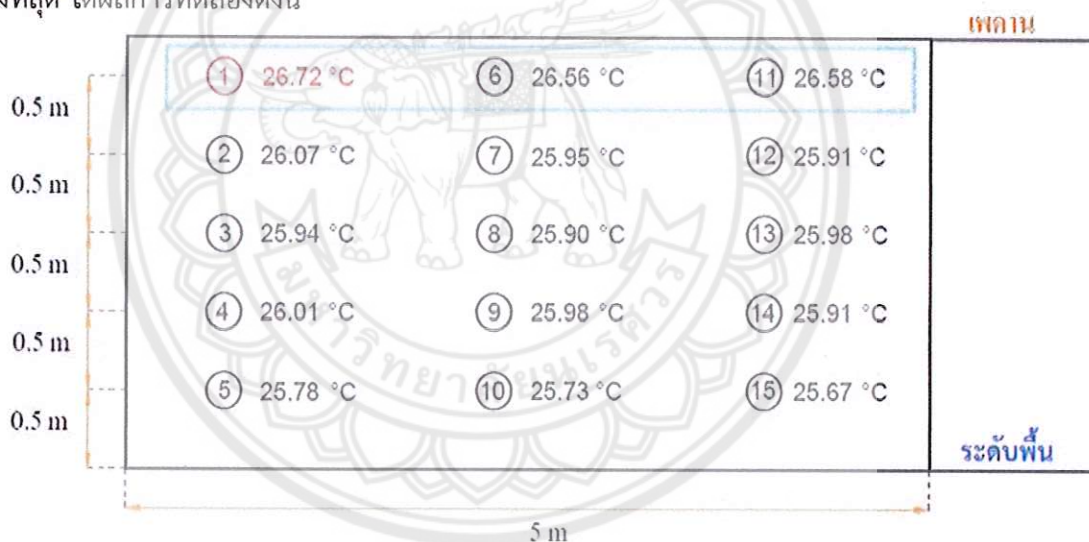
		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
ใช้พลังงานไฟฟ้า เกิน 150 หน่วยต่อเดือน			40.90
150 หน่วยแรก	(หน่วยที่ 0 - 150)	1.8047	
250 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 151 - 400)	2.7781	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป	(หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	2.9780	

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการหาตำแหน่งเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ

ในการหาตำแหน่งเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ จะวัดอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงกลางวันและช่วงกลางคืนตามระดับความสูงจากระดับพื้นถึงเพดาน ณ ความสูงระดับต่างๆ ของผนังห้องด้านทิศ NW จะรับแดดช่วงบ่ายจนถึงเย็นซึ่งเป็นทิศที่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ โดยจะเลือกจุดที่มีอุณหภูมิสูงสุด ได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 4.1 ผลการวัดอุณหภูมิ ณ ความสูงระดับต่างๆ

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าโซนวัดอุณหภูมิด้านบนที่ระดับความสูง 2.5 เมตร จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าโซนระดับพื้นด้านล่าง เนื่องจากอากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจึงทำให้อากาศที่มีอุณหภูมิสูงลอยตัวขึ้นด้านบน

โดยในการทดลองเลือกจุดที่ 1 เพื่อติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ เนื่องจากทั้งช่วงกลางวันและช่วงกลางคืนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด

แต่ในทางปฏิบัติสามารถติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศได้ตลอดทั้งโซนด้านบนในกรอบเส้นประสี่เหลี่ยมที่ระดับความสูง 2.5 เมตรและตำแหน่งที่ติดตั้งไม่ควรอยู่ในทิศตรงข้ามกับเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากอากาศที่ออกจากคอยล์เย็นมีอุณหภูมิต่ำจะถูกระบายทิ้งออกจากห้องไปทันที จะทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักขึ้นเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน

4.2 ผลการตรวจวัดข้อมูล

เป็นผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก ค่าอุณหภูมิของอากาศหน้าคอยล์ร้อน ค่ากำลังไฟฟ้า ชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าความสามารถในการทำความเย็น ค่า COP ค่า EER และประเมินระยะเวลาคืนทุนระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยอากาศระบาย

โดยแบ่งห้องทดลองเป็น 5 กรณี โดยกำหนดชื่อห้องทดลองใหม่เพื่อให้สั้น กระชับและเข้าใจง่ายยิ่งขึ้น จึงเปลี่ยนเป็นชื่อต่างๆ ดังนี้

1. ห้องปรับอากาศ
2. ห้องปรับอากาศติดตั้งช่องเปิดระบายอากาศขนาด 6x6 ตารางนิ้ว เปลี่ยนเป็น **ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศ**
3. ห้องปรับอากาศติดตั้งช่องเปิดระบายอากาศขนาด 6x6 ตารางนิ้วเพื่อส่งลมเย็นผ่านคอยล์ร้อน เปลี่ยนเป็น **ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน**
4. ห้องปรับอากาศติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้ว เปลี่ยนเป็น **ห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศ**
5. ห้องปรับอากาศติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้วเพื่อส่งลมเย็นผ่านคอยล์ร้อน เปลี่ยนเป็น **ห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน**

โดยแบ่งการเปรียบเทียบออกเป็น 3 กรณี คือ

กรณีที่ 1 เปรียบเทียบห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนกับห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศ ซึ่งในโครงการนี้กำหนดให้เป็นการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ

กรณีที่ 2 เปรียบเทียบห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนกับห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศ ซึ่งในโครงการนี้กำหนดให้เป็นการระบายอากาศโดยวิธีกล

กรณีที่ 3 เปรียบเทียบห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนกับห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติกับการระบายอากาศโดยวิธีกล เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

โดยแบ่งการตรวจวัดข้อมูลออกเป็น 3 ช่วง คือ

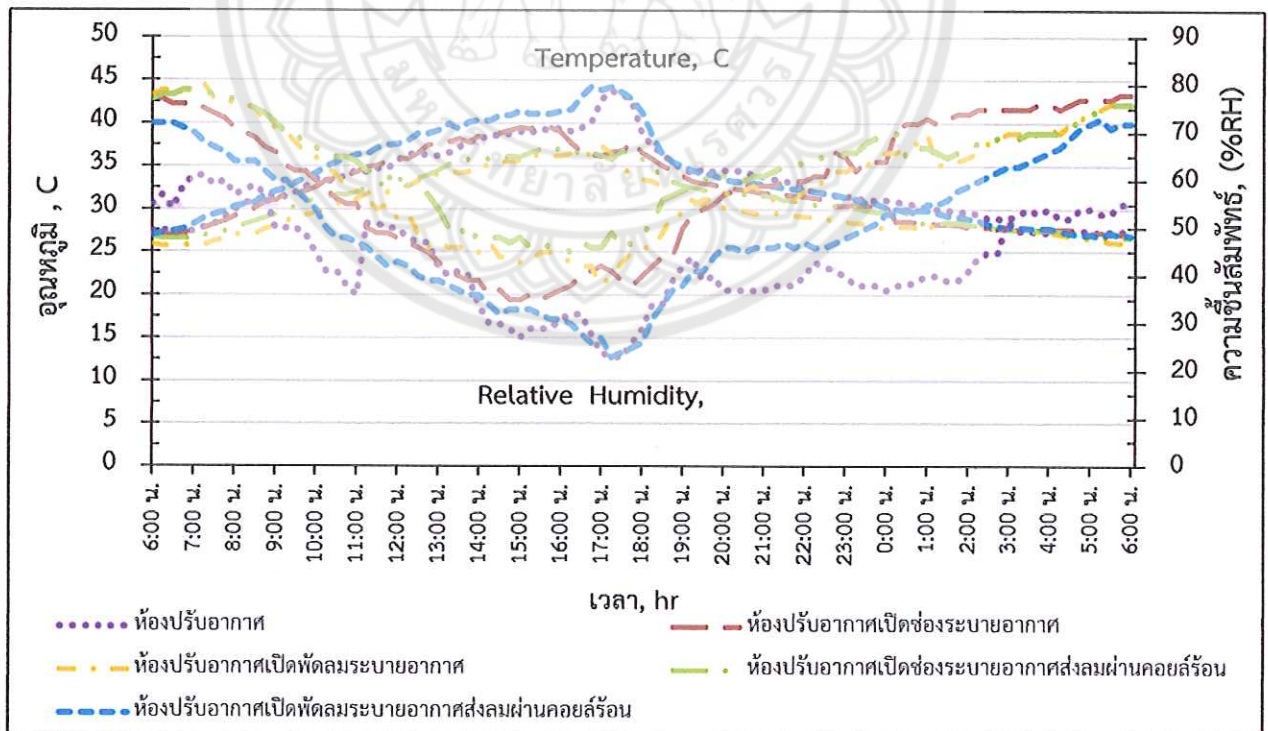
1. ช่วงกลางวัน (06.00น.-18.00น.) เพื่อเป็นตัวแทนนำไปประยุกต์ใช้กับห้องที่มีการใช้งาน ช่วงกลางวัน เช่น ห้องสำนักงาน ห้องเรียนและห้องประชุม

2. ช่วงกลางคืน (18.00น.-06.00น.) เพื่อเป็นตัวแทนนำไปประยุกต์ใช้กับห้องที่มีการใช้งาน ช่วงกลางคืน เช่น ห้องนอน ไนต์คลับและบาร์

3. ตลอด 24 ชั่วโมง (06.00น.-06.00น.) เพื่อเป็นตัวแทนนำไปประยุกต์ใช้กับห้องที่มีการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง เช่น ห้องช่วยชีวิตฉุกเฉิน ห้องเซิร์ฟเวอร์และห้องพักเจ้าหน้าที่กู้ภัย

4.2.1 ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก

การทดลองนี้ได้ทำการทดลองในสภาวะการใช้งานจริง ไม่สามารถควบคุมสภาวะอากาศภายนอกได้ ซึ่งขณะทำการทดลองห้องแต่ละกรณีอากาศภายนอกมีอุณหภูมิเฉลี่ย 32 °C (ต่ำสุด 30.26 °C, สูงสุด 33.73 °C) และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55% (ต่ำสุด 43%, สูงสุด 63%) จะได้ข้อมูล ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าในช่วงกลางวันอุณหภูมิอากาศภายนอกของห้องแต่ละกรณีจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงเวลา 17.30 น. เนื่องจากห้องตั้งอยู่ทิศ NW ทำให้ห้องทดลองรับแดดในช่วงบ่ายจนถึงเย็น หลังจากนั้นอุณหภูมิอากาศภายนอกจะเริ่มลดลงในช่วงกลางคืน ส่วนความชื้นสัมพัทธ์จะมีแนวโน้มตรงกันข้ามกับอุณหภูมิอากาศภายนอก ดังนั้นอุณหภูมิของอากาศภายนอกจะแปรผกผันกับความชื้นสัมพัทธ์ เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 กรณีพบว่า

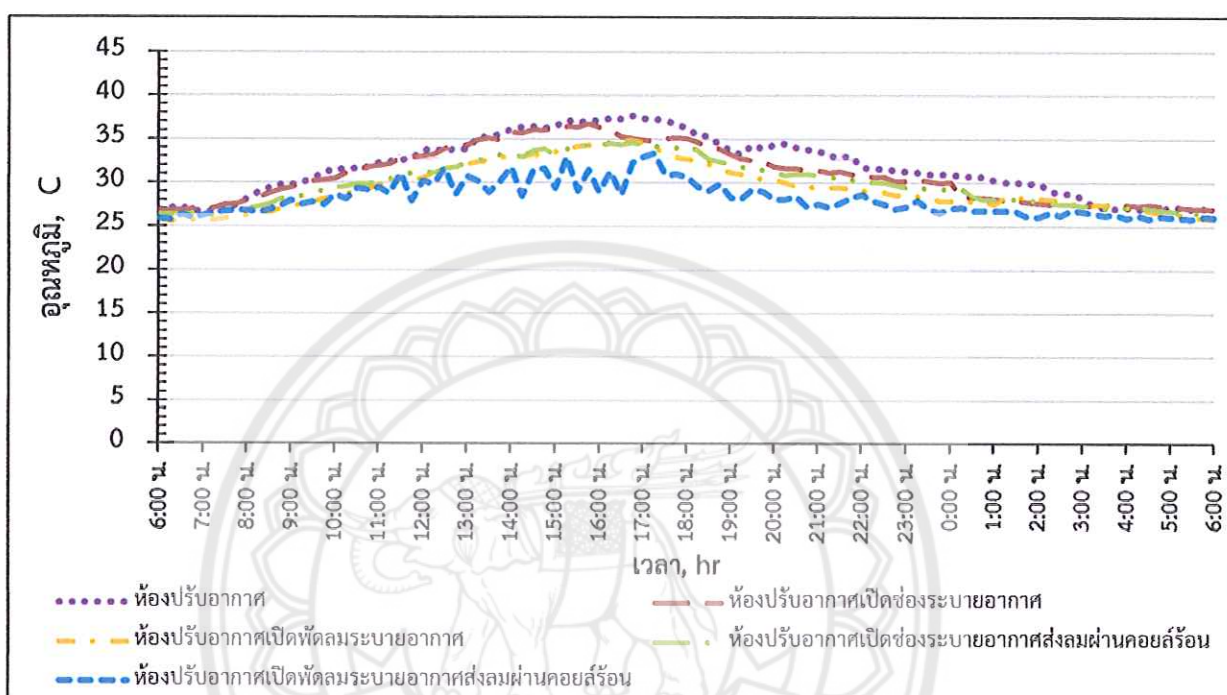
กรณีที่ 1 ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศ ช่วงกลางวันต่ำกว่า $1.76\text{ }^{\circ}\text{C}$ ช่วงกลางคืนต่ำกว่า $0.34\text{ }^{\circ}\text{C}$ และตลอด 24 ชั่วโมงต่ำกว่า $1.04\text{ }^{\circ}\text{C}$ จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยต่ำกว่าห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศ ช่วงกลางวันต่ำกว่า 5.12% ช่วงกลางคืนต่ำกว่า 1.12% และตลอด 24 ชั่วโมงต่ำกว่า 3.23% ตามลำดับ

กรณีที่ 2 ห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศ ช่วงกลางวันสูงกว่า $4.83\text{ }^{\circ}\text{C}$ ช่วงกลางคืนสูงกว่า $2.12\text{ }^{\circ}\text{C}$ และตลอด 24 ชั่วโมงสูงกว่า $3.47\text{ }^{\circ}\text{C}$ จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยสูงกว่าห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศ ช่วงกลางวันสูงกว่า 13.19% ช่วงกลางคืนสูงกว่า 6.87% และตลอด 24 ชั่วโมงสูงกว่า 10.29% ตามลำดับ

กรณีที่ 3 ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยเมื่อเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางวันต่ำกว่า $3.99\text{ }^{\circ}\text{C}$ ช่วงกลางคืนต่ำกว่า $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ และตลอด 24 ชั่วโมงต่ำกว่า $2.53\text{ }^{\circ}\text{C}$ จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนจะมีอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยต่ำกว่าห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางวันต่ำกว่า 10.90% ช่วงกลางคืนต่ำกว่า 3.53% และตลอด 24 ชั่วโมงต่ำกว่า 7.5% ตามลำดับ

4.2.2 ค่าอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อน

ขณะทำการทดลองห้องแต่ละกรณีอากาศหน้าคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ย $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ต่ำสุด $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, สูงสุด $33\text{ }^{\circ}\text{C}$) จะได้ข้อมูลดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อน

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเฉลี่ยทุกกรณีจะมีค่าต่ำกว่า อุณหภูมิอากาศภายนอก เนื่องจากเครื่องมีวัตต์อุณหภูมิหน้าคอยล์ร้อนและชุดคอยล์ร้อนตั้งอยู่ใต้ อุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารซึ่งก็คือระเบียงอาคารชั้น 6 มีผลทำให้เกิดเงาบังแสงแทบจะตลอดทั้ง ช่วงการทดลอง ยกเว้นในช่วงเวลาประมาณ 15:00-18:00 น. เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 กรณีพบว่า

กรณีที่ 1 ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิอากาศหน้า คอยล์ร้อนเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศช่วงกลางวันลดลง $1.52\text{ }^{\circ}\text{C}$ ช่วงกลางคืนลดลง $0.48\text{ }^{\circ}\text{C}$ และตลอด 24 ชั่วโมงลดลง $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศเปิดช่อง ระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเฉลี่ย ช่วงกลางวัน ลดลง 4.69% ช่วงกลางคืนลดลง 1.63% และตลอด 24 ชั่วโมงลดลง 3.22% ตามลำดับ

กรณีที่ 2 ห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิอากาศหน้า คอยล์ร้อนเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศ ช่วงกลางวันลดลง $1.22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ช่วงกลางคืนลดลง $1.33\text{ }^{\circ}\text{C}$ และตลอด 24 ชั่วโมงลดลง $1.28\text{ }^{\circ}\text{C}$ จะเห็นได้ว่าห้องปรับ

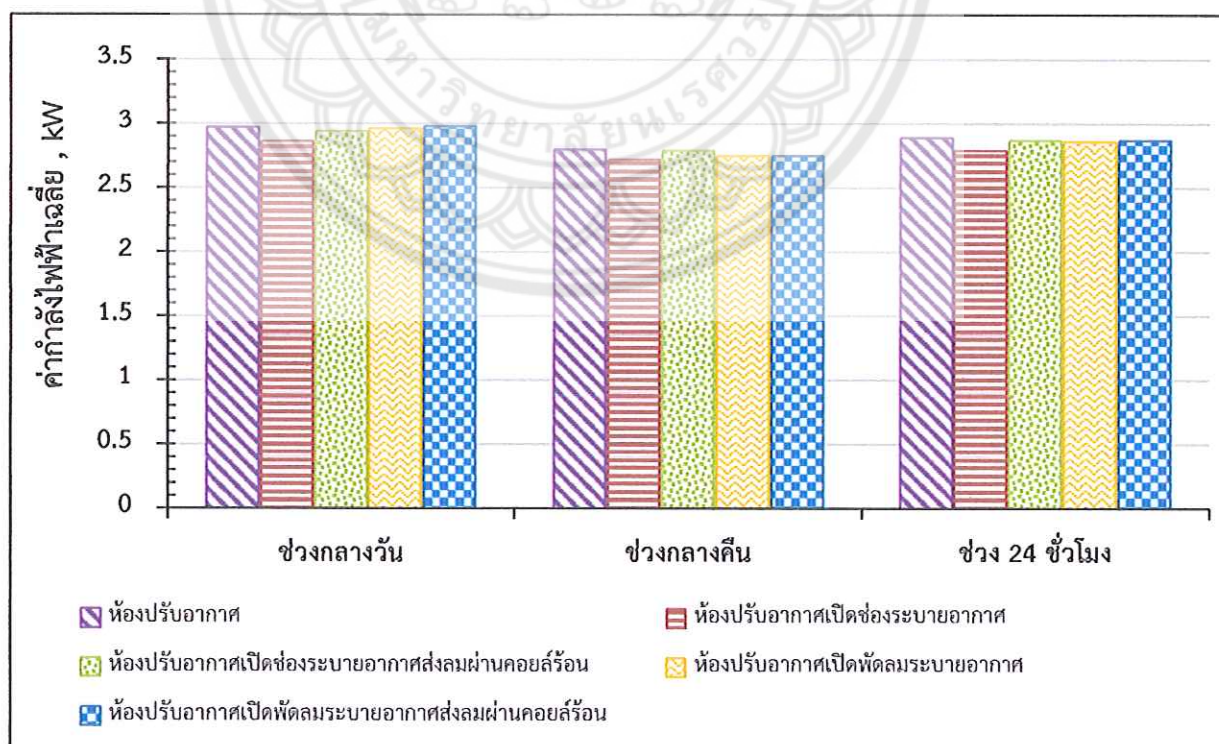
อากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเฉลี่ย ช่วงกลางวันลดลง 4.01% ช่วงกลางคืนลดลง 4.64% และตลอด 24 ชั่วโมงลดลง 4.33% ตามลำดับ

กรณีที่ 3 ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิอากาศหน้า คอยล์ร้อนเฉลี่ยเมื่อเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วง กลางวันสูงกว่า 1.7 °C ช่วงกลางคืนสูงกว่า 1.95 °C และตลอด 24 ชั่วโมงสูงกว่า 1.83 °C จะเห็นได้ ว่าห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนจะมีอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเฉลี่ย สูงกว่าห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางวันสูงกว่า 5.50% ช่วง กลางคืนสูงกว่า 6.66% และตลอด 24 ชั่วโมงสูงกว่า 6.08% ตามลำดับ

ดังนั้น ห้องที่มีการนำเอาอากาศระบายมาช่วยระบายความร้อนที่คอยล์ร้อนจะทำให้อุณหภูมิ อากาศหน้าคอยล์ร้อนเฉลี่ยลดลงเป็นผลให้ระบายความร้อนได้ดีขึ้น

4.2.3 ผลการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้า

เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในช่วงกลางวัน ช่วงกลางคืนและตลอด 24 ชั่วโมงของห้องปรับอากาศแต่ละกรณีได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลา

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศแต่ละกรณีมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยแตกต่างกันน้อยมาก ดังนี้ ช่วงกลางวันมีค่าอยู่ระหว่าง 2.86-2.98 kW ช่วงกลางคืนมีค่าอยู่ระหว่าง 2.72-2.8 kW และตลอด 24 ชั่วโมงมีค่าอยู่ระหว่าง 2.79-2.89 kW ตามลำดับ โดยช่วงกลางวันมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงกว่าช่วงกลางคืนเนื่องจากช่วงกลางวันมีอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงกว่าช่วงกลางคืน และเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 กรณีพบว่า

กรณีที่ 1 ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศ ช่วงกลางวันมากกว่า 0.08 kW ช่วงกลางคืนมากกว่า 0.07 kW และตลอด 24 ชั่วโมงมากกว่า 0.08 kW ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนไม่สามารถทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าลดลงได้

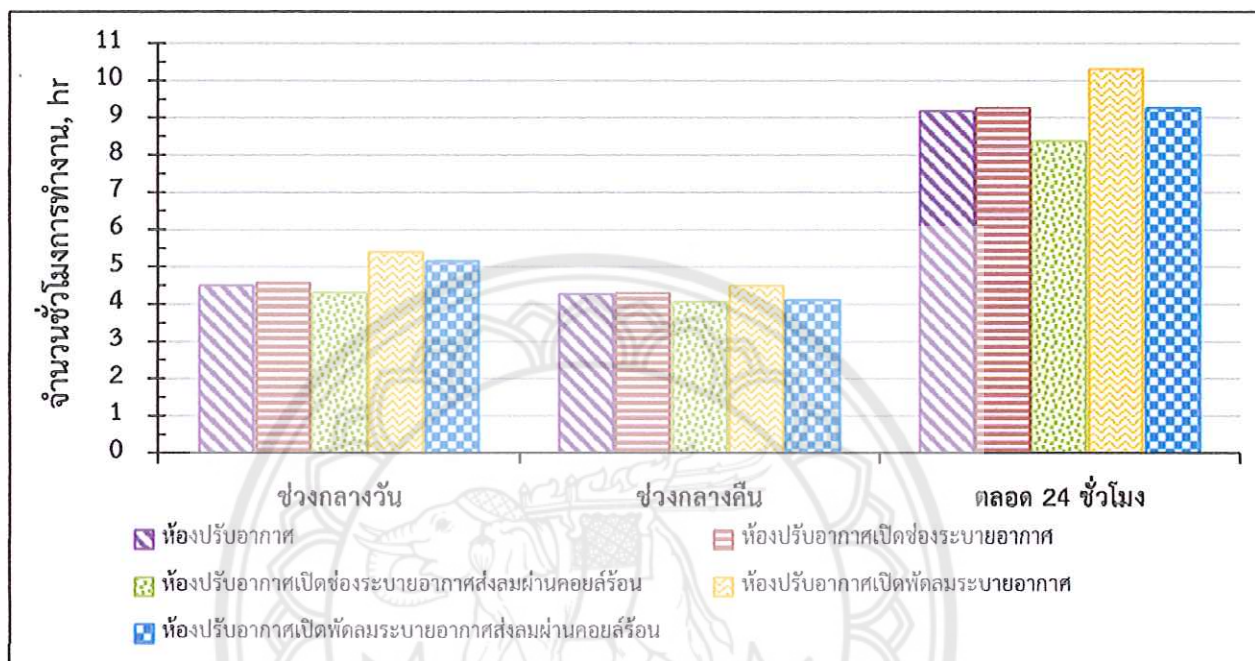
กรณีที่ 2 ห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศ ช่วงกลางวันมากกว่า 0.02 kW ช่วงกลางคืน 0 kW และตลอด 24 ชั่วโมงมากกว่า 0.01 kW ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนไม่สามารถทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าลดลงได้

กรณีที่ 3 ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางวันน้อยกว่า 0.04 kW ช่วงกลางคืนมากกว่า 0.04 kW และตลอด 24 ชั่วโมง 0 kW ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนและห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่ากำลังไฟฟ้าใกล้เคียงกัน

ดังนั้น ค่ากำลังไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าจะเพิ่มสูงขึ้นและเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกมีค่าลดลงจะทำให้ค่ากำลังไฟฟาลดลงตามไปด้วย ส่วนการนำเอาอากาศระบายไปช่วยระบายความร้อนที่ชุดคอยล์ร้อนไม่สามารถทำให้ค่ากำลังไฟฟาลดลงได้

4.2.4 ผลการเปรียบเทียบชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์

เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์ในช่วงกลางวัน ช่วงกลางคืนและตลอด 24 ชั่วโมงของห้องปรับอากาศแต่ละกรณีได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่า ห้องปรับอากาศแต่ละกรณีมีชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์ช่วงกลางวันมากกว่าช่วงกลางคืน เนื่องจากช่วงกลางวันมีภาระการทำความเย็นมากกว่าช่วงกลางคืน เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 กรณีพบว่า

กรณีที่ 1 ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อเปรียบเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศ ช่วงกลางวันลดลง 26 นาที ช่วงกลางคืนลดลง 23 นาที และตลอด 24 ชั่วโมงลดลง 49 นาที จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนสามารถทำให้ชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์ช่วงกลางวันลดลง 8.75% ช่วงกลางคืนลดลง 8.51% และตลอด 24 ชั่วโมงลดลง 8.64% ตามลำดับ

กรณีที่ 2 ห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อเปรียบเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศ ช่วงกลางวันลดลง 25 นาที ช่วงกลางคืนลดลง 39 นาที และตลอด 24 ชั่วโมงลดลง 1 ชั่วโมง 4 นาที จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนสามารถทำให้ชั่วโมงการทำงานของ

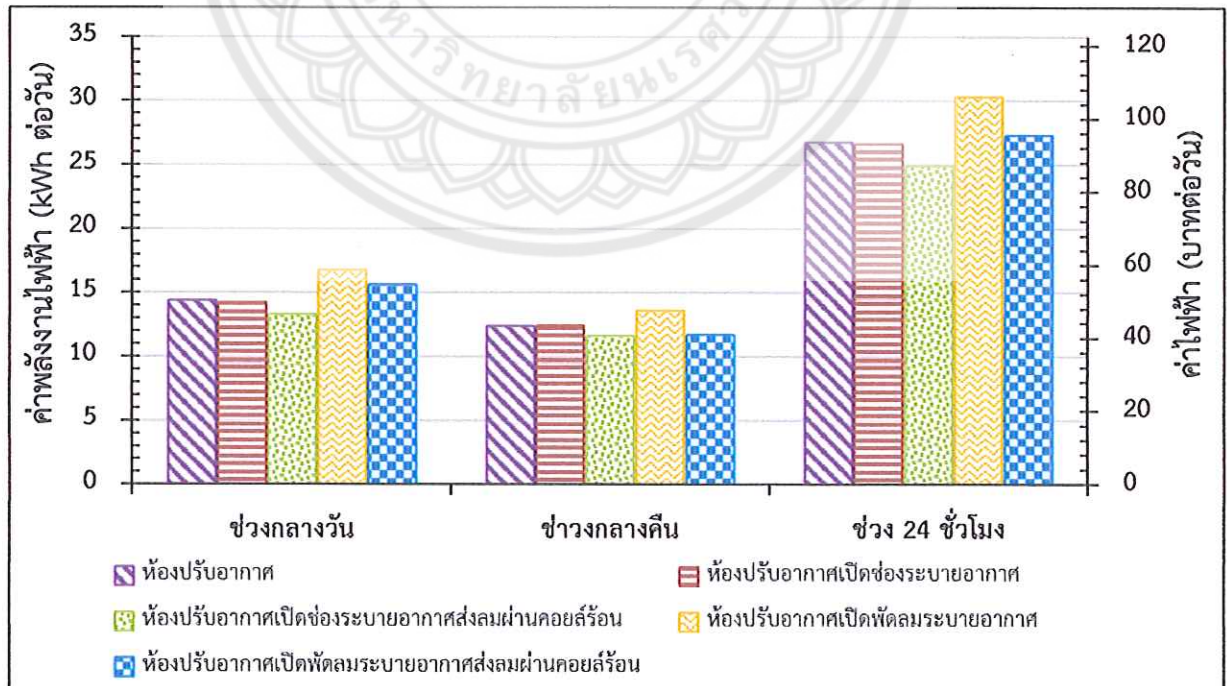
คอมเพรสเซอร์ช่วงกลางวันลดลง 7.35% ช่วงกลางคืนลดลง 13.40% และตลอด 24 ชั่วโมงลดลง 8.64% ตามลำดับ

กรณีที่ 3 ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อเปรียบเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางวันน้อยกว่า 44 นาที ช่วงกลางคืนน้อยกว่า 5 นาที และตลอด 24 ชั่วโมงน้อยกว่า 49 นาที จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์น้อยกว่าห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนร้อน ช่วงกลางวันน้อยกว่า 13% ช่วงกลางคืนน้อยกว่า 1.98% และตลอด 24 ชั่วโมงน้อยกว่า 8.64% ตามลำดับ

ดังนั้นห้องปรับอากาศที่มีการนำอากาศระบายมาช่วยระบายความร้อนที่คอยล์ร้อนจะทำให้ระบายความร้อนได้ดีขึ้น เป็นผลให้มีชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

4.2.5 ผลการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า

เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าในช่วงกลางวัน ช่วงกลางคืน และตลอด 24 ชั่วโมงของห้องปรับอากาศแต่ละกรณีได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าต่อวัน

จากรูปที่ 4.6 ค่าพลังงานไฟฟ้า คือ ผลคูณของค่ากำลังไฟฟ้ากับจำนวนชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์ โดยจากรูปที่ 4.4 ห้องแต่ละกรณีมีค่ากำลังไฟฟ้าใกล้เคียงกันและจากรูปที่ 4.5 ห้องแต่ละกรณีมีจำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวันแตกต่างกันมาก จึงส่งผลให้มีค่าพลังงานไฟฟ้าแตกต่างกัน และในทำนองเดียวกันกับค่าไฟฟ้า คือ ผลคูณของค่าพลังงานไฟฟ้ากับอัตราค่าไฟฟ้า (บาท/หน่วย) จึงมีผลทำให้ค่าไฟฟ้าแตกต่างกันด้วย เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 กรณีพบว่า

กรณีที่ 1 ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าเมื่อเปรียบเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศ ช่วงกลางวันลดลง 0.92 kWh (3.22บาท) ช่วงกลางคืนลดลง 0.76 kWh (2.66บาท) และตลอด 24 ชั่วโมงลดลง 1.68 kWh (5.88บาท) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนสามารถทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าช่วงกลางวันลดลง 6.47% ช่วงกลางคืนลดลง 6.12% และตลอด 24 ชั่วโมงลดลง 6.31% ตามลำดับ

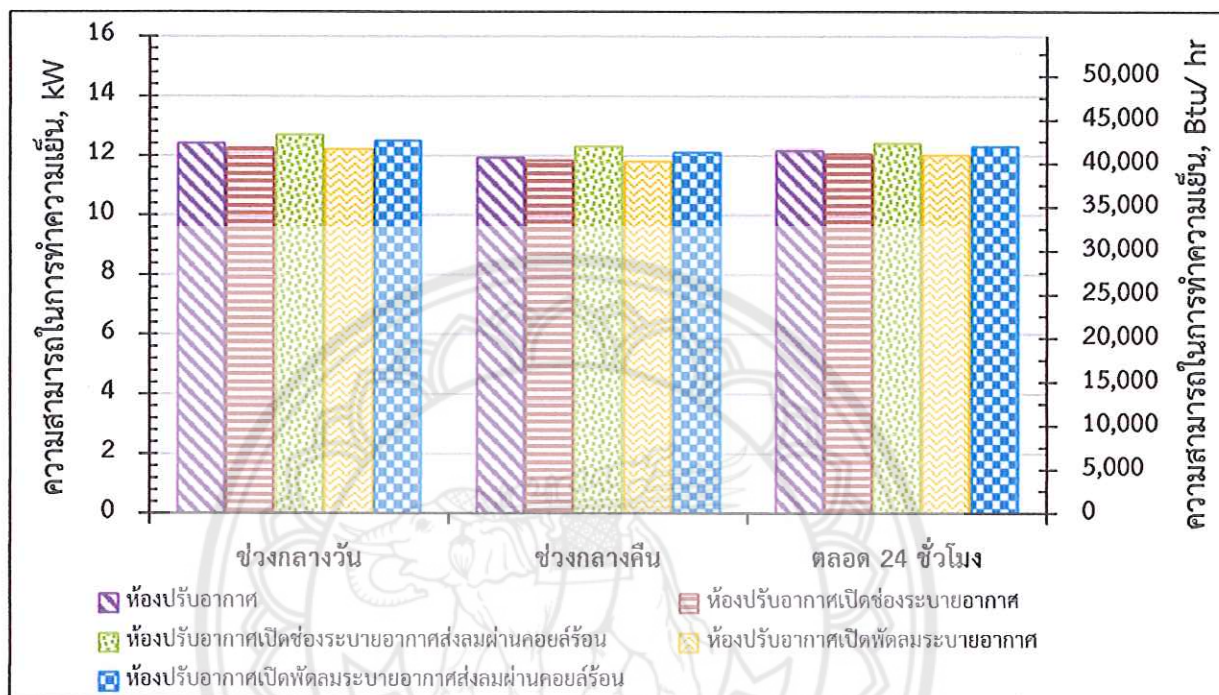
กรณีที่ 2 ห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าเมื่อเปรียบเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศ ช่วงกลางวันลดลง 1.12 kWh (3.92บาท) ช่วงกลางคืนลดลง 1.9 kWh (6.65บาท) และตลอด 24 ชั่วโมงลดลง 3.02 kWh (10.54บาท) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนสามารถทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า ช่วงกลางวันลดลง 6.68% ช่วงกลางคืนลดลง 13.40% และตลอด 24 ชั่วโมงลดลง 9.96% ตามลำดับ

กรณีที่ 3 ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าเมื่อเปรียบเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางวันน้อยกว่า 2.34 kWh (8.19บาท) ช่วงกลางคืนน้อยกว่า 0.03 kWh (0.1บาท) และตลอด 24 ชั่วโมงน้อยกว่า 2.37 kWh (8.3บาท) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าน้อยกว่าห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางวันน้อยกว่า 14.96% ช่วงกลางคืนน้อยกว่า 0.24% และตลอด 24 ชั่วโมงน้อยกว่า 8.68% ตามลำดับ

ดังนั้นห้องปรับอากาศที่มีการนำอากาศระบายมาช่วยระบายความร้อนที่คอยล์ร้อนจะทำให้ชั่วโมงการทำงานการทำงานของคอมเพรสเซอร์ลดลง ส่งผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าลดลงด้วย

4.2.6 ผลการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการทำความเย็น (Q_L)

เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการทำความเย็น (Q_L) ในช่วงกลางวัน ช่วงกลางคืนและตลอด 24 ชั่วโมงของห้องปรับอากาศแต่ละกรณีได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการทำความเย็น

จากรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่า ช่วงกลางวันจะมีค่า Q_L สูงกว่าช่วงกลางคืนทุกกรณี เนื่องจากช่วงกลางวันและช่วงกลางคืนมีอุณหภูมิอากาศถ่ายเทสลับใกล้เคียงกันแต่ช่วงกลางวันมีอุณหภูมิอากาศกลับเฉลี่ยสูงกว่า 1°C เมื่อพิจารณาพร้อมกับแผนภูมิไซโครเมตริก ทำให้มีค่าผลต่างของค่าเอนทาลปีมากกว่าจึงเป็นผลให้มีค่า Q_L มากกว่าช่วงกลางคืน เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 กรณีพบว่า

กรณีที่ 1 ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่าความสามารถในการทำความเย็นเมื่อเปรียบเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศ ช่วงกลางวันเพิ่มขึ้น 0.45 kW (1,535.4 Btu/hr) ช่วงกลางคืนเพิ่มขึ้น 0.47 kW (1,603.64 Btu/hr) และตลอด 24 ชั่วโมงเพิ่มขึ้น 0.35 kW (1,194.2 Btu/hr) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนทำให้ค่า Q_L ช่วงกลางวันเพิ่มขึ้น 3.54% ช่วงกลางคืนเพิ่มขึ้น 3.82% และตลอด 24 ชั่วโมงเพิ่มขึ้น 2.82% ตามลำดับ

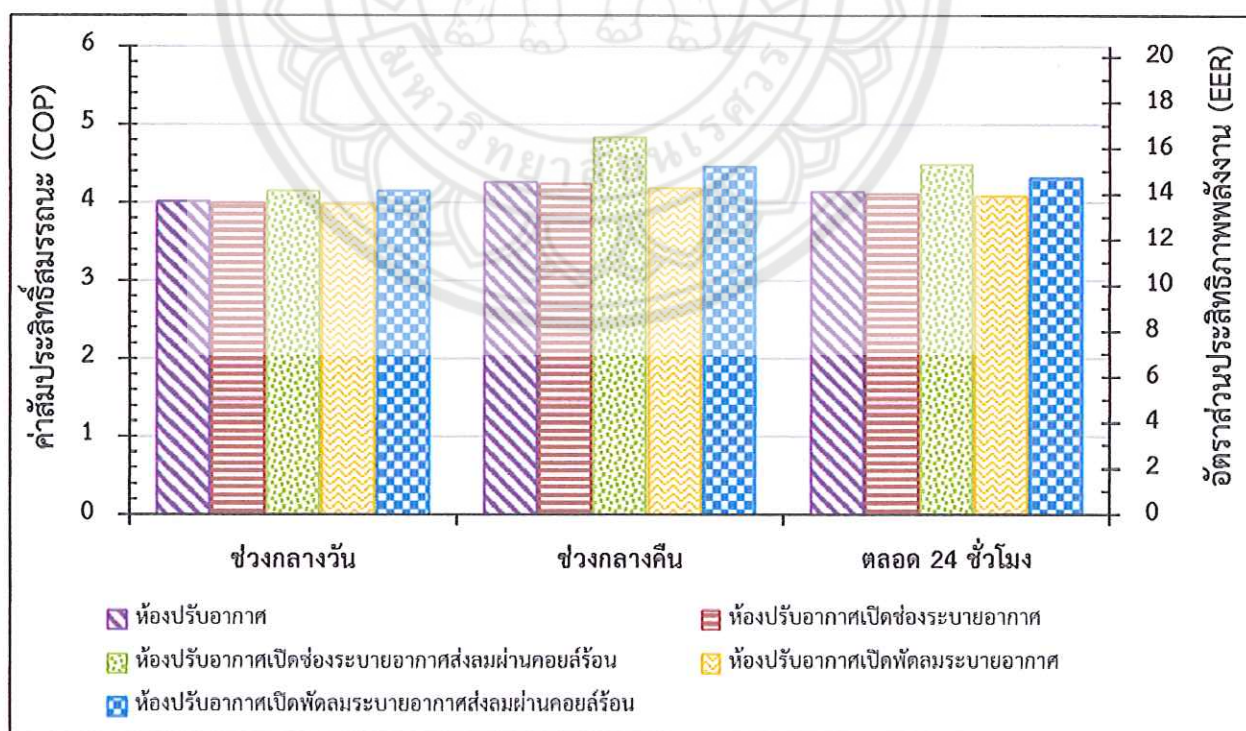
กรณีที่ 2 ห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่าความสามารถในการทำความเย็นเมื่อเปรียบเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศ ช่วงกลางวันเพิ่มขึ้น 0.29 kW (989.48 Btu/hr) ช่วงกลางคืนเพิ่มขึ้น 0.3 kW (1,023.6 Btu/hr) และตลอด 24 ชั่วโมง

เพิ่มขึ้น 0.28 kW (955.36 Btu/hr) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนทำให้ค่า Q_L ช่วงกลางวันเพิ่มขึ้น 2.32% ช่วงกลางคืนเพิ่มขึ้น 2.50% และตลอด 24 ชั่วโมงเพิ่มขึ้น 2.28% ตามลำดับ

กรณีที่ 3 ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่าความสามารถในการทำความเย็นเมื่อเปรียบเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางวันมากกว่า 0.2 kW (682.4 Btu/hr) ช่วงกลางคืนมากกว่า 0.2 kW (682.4 Btu/hr) และตลอด 24 ชั่วโมงมากกว่า 0.1 kW (341.2 Btu/hr) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่า Q_L มากกว่าห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางวันมากกว่า 1.57% ช่วงกลางคืนมากกว่า 1.62% และตลอด 24 ชั่วโมงมากกว่า 0.81% ตามลำดับ ดังนั้น ห้องปรับอากาศที่มีผลต่างของค่าเอนทาลปีมาก จะส่งผลให้ค่า Q_L มากขึ้นตามไปด้วย

4.2.7 ผลการเปรียบเทียบค่า COP และค่า EER

เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบค่า COP และค่า EER ในช่วงกลางวัน ช่วงกลางคืนและตลอด 24 ชั่วโมงของห้องแต่ละกรณีได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบค่า COP และค่า EER

จากรูปที่ 4.8 จะเห็นได้ ค่า COP คือ ผลหารของค่า Q_L กับค่ากำลังไฟฟ้า โดยจากรูปที่ 4.7 ค่า Q_L ในช่วงกลางวันมากกว่าช่วงกลางคืนและจากรูปที่ 4.4 ค่ากำลังไฟฟ้าช่วงกลางวันมากกว่าช่วงกลางคืน จึงทำให้ค่า COP ในช่วงกลางวันต่ำกว่าช่วงกลางคืนและมีผลทำให้ค่า EER ในช่วงกลางวันต่ำกว่าช่วงกลางคืนตามไปด้วย เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 กรณีพบว่า

กรณีที่ 1 ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่า COP และค่า EER เมื่อเปรียบเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศ ช่วงกลางวันเพิ่มขึ้น 0.16 (0.557 (Btu/hr)/W) ช่วงกลางคืนเพิ่มขึ้น 0.59 (2.03 (Btu/hr)/W) และตลอด 24 ชั่วโมงเพิ่มขึ้น 0.37 (1.273 (Btu/hr)/W) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนทำให้ค่า COP และค่า EER ช่วงกลางวันเพิ่มขึ้น 3.39% ช่วงกลางคืนเพิ่มขึ้น 12.31% และตลอด 24 ชั่วโมงเพิ่มขึ้น 8.32% ตามลำดับ

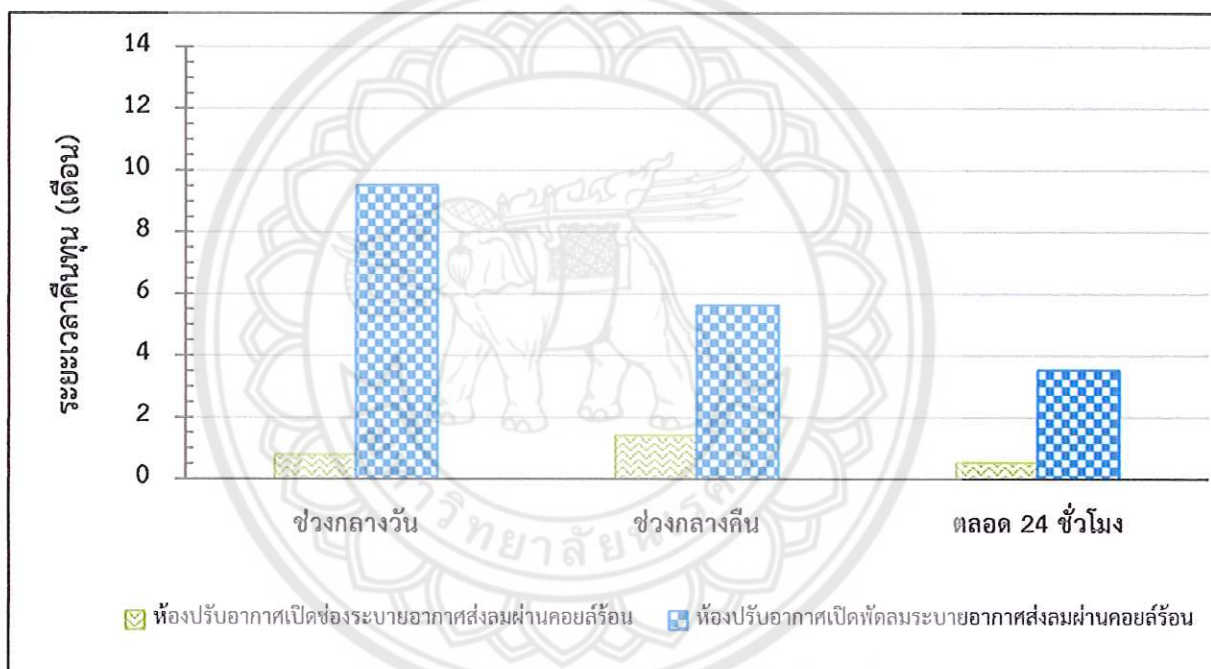
กรณีที่ 2 ห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่า COP และค่า EER เมื่อเปรียบเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศ ช่วงกลางวันเพิ่มขึ้น 0.17 (0.6 (Btu/hr)/W) ช่วงกลางคืนเพิ่มขึ้น 0.28 (0.941 (Btu/hr)/W) และตลอด 24 ชั่วโมงเพิ่มขึ้น 0.23 (0.782 (Btu/hr)/W) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนทำให้ค่า COP และค่า EER ช่วงกลางวันเพิ่มขึ้น 4.23% ช่วงกลางคืนเพิ่มขึ้น 6.18% และตลอด 24 ชั่วโมงเพิ่มขึ้น 5.32% ตามลำดับ

กรณีที่ 3 ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่า COP และค่า EER เมื่อเปรียบเทียบกับห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางวันเท่ากัน ช่วงกลางคืนมากกว่า 0.37 (1.269 (Btu/hr)/W) และตลอด 24 ชั่วโมงมากกว่า 0.17 (0.587 (Btu/hr)/W) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่า COP และค่า EER มากกว่าห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางวันเท่ากัน ช่วงกลางคืนมากกว่า 7.69% และตลอด 24 ชั่วโมงมากกว่า 3.83% ตามลำดับ

ดังนั้น เมื่อมีการนำเอาอากาศระบายมาช่วยระบายความร้อนที่ชุดคอยล์ร้อนทำให้คอยล์ร้อนระบายความร้อนได้ดีขึ้นส่งผลให้ค่า COP และค่า EER เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

4.2.8 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน

การทดลองนี้มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนคือ พัฒนาระบายอากาศ หน้ากากระบายอากาศและท่อลม ซึ่งจะพิจารณาเปรียบเทียบเฉพาะห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนและห้องปรับอากาศเปิดพัฒนาระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนกับห้องปรับอากาศเปิดพัฒนาระบายอากาศเท่านั้น โดยห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศจะไม่นำมาคำนวณระยะเวลาคืนทุนเนื่องจากในทางปฏิบัติการเจาะช่องเปิดในอาคารนั้นไม่เป็นที่นิยมจะทำให้อากาศเกิดการรั่วไหลออกสู่นอกอาคารเป็นการสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์ เพราะฉะนั้นจึงแสดงผลการคำนวณเฉพาะห้องที่มีการนำเอาอากาศที่สูญเสียมาระบายความร้อนที่คอยล์ร้อน ซึ่งจะมีระยะเวลาในการคืนทุน ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน

จากรูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่า ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีระยะเวลาคืนทุนสั้นกว่าห้องปรับอากาศเปิดพัฒนาระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำกว่าและมีผลประหยัดมากกว่า

โดยห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนจะมีระยะเวลาคืนทุนช่วงกลางวัน 24 วัน ช่วงกลางคืน 1 เดือน 13 วันและตลอด 24 ชั่วโมง 16 วัน ตามลำดับและห้องปรับอากาศเปิดพัฒนาระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีระยะเวลาคืนทุนช่วงกลางวัน 9 เดือน 16 วัน ช่วงกลางคืน 5 เดือน 19 วันและตลอด 24 ชั่วโมง 3 เดือน 16 วัน ตามลำดับ

บทที่ 5

บทสรุป

ในการทดลองนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานและประสิทธิภาพระหว่างเครื่องปรับอากาศขนาด 36,000 Btu/hr แบบระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนด้วยอากาศระบาย ทั้งการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติและการระบายอากาศโดยวิธีกล สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการหาตำแหน่งเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ

ในการทดลองนี้เลือกจุดที่ 1 เพื่อติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ เนื่องจากทั้งช่วงกลางวันและช่วงกลางคืนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด ($26.72\text{ }^{\circ}\text{C}$) เมื่อเทียบกับตำแหน่งอื่นๆ ในห้องทดลอง

แต่ในทางปฏิบัติสามารถติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศได้ตลอดทั้งโซนด้านบนของห้องปรับอากาศ (เพดาน) และตำแหน่งที่ติดตั้งไม่ควรอยู่ในทิศตรงข้ามกับเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากอากาศที่ออกจากคอยล์เย็นมีอุณหภูมิต่ำจะถูกระบายทิ้งออกจากห้องไปทันที จะทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักขึ้นเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน

5.2 สรุปผลการทดลอง

5.2.1 ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก

การทดลองนี้ทดลองในสภาวะการใช้งานจริงไม่สามารถควบคุมสภาวะอากาศภายนอกได้ ขณะทำการทำการทดลองอากาศภายนอกตลอด 24 ชั่วโมงมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ต่ำสุด $30.26\text{ }^{\circ}\text{C}$, สูงสุด $33.73\text{ }^{\circ}\text{C}$) และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55% (ต่ำสุด 43% , สูงสุด 63%) ซึ่งช่วงกลางวันมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าช่วงกลางคืน โดยอุณหภูมิของอากาศจะแปรผกผันกับค่าความชื้นสัมพัทธ์

5.2.2 ค่าอุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อน

1. ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์เฉลี่ยร้อนช่วงกลางวันลดลง 4.69% ช่วงกลางคืนลดลง 1.63% และตลอด 24 ชั่วโมงลดลง 3.22% ตามลำดับ

2. ห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนเฉลี่ยช่วงกลางวันลดลง 4.01% ช่วงกลางคืนลดลง 4.64% และตลอด 24 ชั่วโมงลดลง 4.33% ตามลำดับ

3. การนำเอาอากาศระบายมาช่วยระบายความร้อนที่คอยล์ร้อนจะทำให้อุณหภูมิอากาศหน้าคอยล์ร้อนลดลงเป็นผลให้ระบายความร้อนได้ดีขึ้น

5.2.3 ผลการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้า

1. ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของห้องปรับอากาศทุกกรณีทั้งช่วงกลางวัน ช่วงกลางคืน และตลอด 24 ชั่วโมงมีค่าใกล้เคียงกัน แตกต่างกันน้อยมาก

2. ค่ากำลังไฟฟ้าช่วงกลางวันสูงกว่าช่วงกลางคืนเล็กน้อยและแปรผันตามค่าอุณหภูมิอากาศภายนอก

3. การนำเอาอากาศระบายไปช่วยระบายความร้อนที่ชุดคอยล์ร้อนไม่สามารถช่วยทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าลดลงได้อย่างมีนัยสำคัญ

5.2.4 ผลการเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์

1. ห้องปรับอากาศแต่ละกรณีมีชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์แตกต่างกัน โดยช่วงกลางวันมีชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์มากกว่าช่วงกลางคืนทุกกรณี เนื่องจากช่วงกลางวันมีภาระการทำความเย็นมากกว่าช่วงกลางคืน

2. ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนและห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์ลดลง โดยห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์น้อยกว่าห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน

3. ห้องปรับอากาศที่มีการนำอากาศระบายมาช่วยระบายความร้อนที่คอยล์ร้อนจะทำให้ระบายความร้อนได้ดีขึ้นเป็นผลให้มีชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์ลดต่ำลงกว่ากรณีอื่นๆ

5.2.5 ผลการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า

1. ค่าพลังงานไฟฟ้า คือ ผลคูณของค่ากำลังไฟฟ้ากับจำนวนชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์ โดยห้องปรับอากาศแต่ละกรณีมีค่ากำลังไฟฟ้าใกล้เคียงกันแต่มีจำนวนชั่วโมงการทำงานของคอมเพรสเซอร์ต่อวันแตกต่างกัน จึงส่งผลให้มีค่าพลังงานไฟฟ้าแตกต่างกันและในทำนองเดียวกันกับค่าไฟฟ้า คือ ผลคูณของค่าพลังงานไฟฟ้ากับอัตราค่าไฟฟ้า (บาท/หน่วย) จึงมีผลทำให้ค่าไฟฟ้าแตกต่างกันด้วย

2. ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าน้อยกว่าห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน

3. ห้องปรับอากาศที่มีการนำอากาศระบายมาช่วยระบายความร้อนที่คอยล์ร้อนจะทำให้ระบายความร้อนได้ดีขึ้นเป็นผลให้มีค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าลดลงต่ำกว่ากรณีอื่นๆ

5.2.6 ผลการเปรียบเทียบค่าความสามารถการทำความเย็น

1. ค่า Q_L จะขึ้นอยู่กับค่าอุณหภูมิอากาศจ่ายและค่าอุณหภูมิอากาศกลับ ซึ่งจากการทดลองห้องทุกกรณีทั้งช่วงกลางวันและช่วงกลางคืนมีอุณหภูมิอากาศจ่ายใกล้เคียงกันแต่ช่วงกลางวันมีอุณหภูมิอากาศกลับสูงกว่าช่วงกลางคืนจึงทำให้ช่วงกลางวันมีค่า Q_L มากกว่าช่วงกลางคืน

2. ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่า Q_L มากกว่าห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน

3. ห้องปรับอากาศที่มีการนำอากาศระบายมาช่วยระบายความร้อนที่คอยล์ร้อนจะทำให้ระบายความร้อนได้ดีขึ้นเป็นผลให้มีค่าความสามารถการทำความเย็นเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรณีอื่นๆ

5.2.7 ผลการเปรียบเทียบค่า COP และค่า EER

1. ค่า COP คือ ผลหารของค่าความสามารถการทำความเย็นกับค่ากำลังไฟฟ้า โดย ค่า Q_L ในช่วงกลางวันมากกว่าช่วงกลางคืนและค่ากำลังไฟฟ้าช่วงกลางวันมากกว่าช่วงกลางคืน จึงทำให้ค่า COP ในช่วงกลางวันต่ำกว่าช่วงกลางคืนและมีผลทำให้ค่า EER ในช่วงกลางวันต่ำกว่าช่วงกลางคืนตามไปด้วย

2. ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนและห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่า COP และค่า EER เพิ่มขึ้น โดยห้องปรับอากาศเปิดช่องระบาย

อากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีค่า COP และ EER มากกว่า ห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน

3. ห้องที่มีการนำเอาอากาศระบายมาช่วยระบายความร้อนที่ชุดคอยล์ร้อนทำให้คอยล์ร้อนระบายความร้อนได้ดีขึ้นส่งผลให้ค่า COP และค่า EER เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

5.2.8 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน

1. ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนจะมีระยะเวลาคืนทุนสั้นกว่าห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำกว่า และมีผลประหยัดมากกว่า

2. ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีระยะเวลาคืนทุน ช่วงกลางวัน 24 วัน ช่วงกลางคืน 1 เดือน 13 วันและตลอด 24 ชั่วโมง 16 วัน ตามลำดับและห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีระยะเวลาคืนทุนช่วงกลางวัน 9 เดือน 16 วัน ช่วงกลางคืน 5 เดือน 19 วันและตลอด 24 ชั่วโมง 3 เดือน 16 วัน ตามลำดับ

3. ถ้ามีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศและจุดนำอากาศระบายส่งลมผ่านคอยล์ร้อนอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กัน จะสามารถลดความยาวของท่อส่งลมทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งท่อลมเป็นผลให้มีระยะเวลาในการคืนทุนเร็วขึ้น

ในการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การนำอากาศระบายมาช่วยระบายความร้อนให้กับคอยล์ร้อนทั้งในกรณีวิถีธรรมชาติและวิถีกลก็สามารถลดการใช้พลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศได้ ทั้งช่วงกลางวัน ช่วงกลางคืนและตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งห้องปรับอากาศติดตั้งช่องเปิดระบายอากาศขนาด 6x6 ตารางนิ้วเพื่อส่งลมเย็นผ่านคอยล์ร้อนเหมาะแก่การลงทุนที่สุด เนื่องจากมีค่าพลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุด ค่า COP และค่า EER มากที่สุดรวมทั้งยังมีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุด ส่วนห้องปรับอากาศติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้วเพื่อส่งลมเย็นผ่านคอยล์ร้อนก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจแต่มีระยะเวลาคืนทุนช้ากว่าเนื่องจากราคาของพัดลมระบายอากาศ

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. จากการพิจารณาข้อมูลอุณหภูมิของอากาศภายนอกพบว่าห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดเมื่อเทียบกับห้องปรับอากาศแบบต่างๆ แต่ก็สามารถลดค่าพลังงานไฟฟ้าลงได้ ดังนั้นควรมีการควบคุมสภาวะอากาศให้เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 1155-2536 และทดลองซ้ำหลายๆ ครั้งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ได้ผลการทดลองมีประสิทธิภาพที่สุด

2. จะเห็นว่าห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน (หน้ากากระบายอากาศขนาด 6x6 นิ้ว) มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมว่าหน้ากากระบายอากาศขนาดเท่าใดเหมาะสมที่สุด

3. ในกรณีเจาะช่องเปิดระบายอากาศต้องพิจารณาขนาดของหน้ากากระบายอากาศและระยะห่างของจุดนำอากาศระบายส่งลมผ่านคอยล์ร้อนกับชุดคอยล์ร้อน ถ้าอยู่ห่างกันเกินไปจะทำให้ไม่สามารถส่งลมผ่านคอยล์ร้อนได้เป็นผลให้หน้าชุดคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิสูง

4. จากการคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศตามมาตรฐานการระบายอากาศ ห้องทดลองต้องการอัตราการไหลของอากาศ $80 \text{ m}^3/\text{hr}$ แต่ในการทดลองเลือกใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 6 นิ้ว เป็นขนาดเล็กที่สุดที่มีขายตามท้องตลาด มีอัตราการไหลของอากาศสูงสุด $216 \text{ m}^3/\text{hr}$ ซึ่งมากกว่าความต้องการของห้องปรับอากาศเกือบ 3 เท่า ดังนั้นควรมีการลดความเร็วรอบของพัดลมระบายอากาศเพื่อให้มีอัตราการไหลของอากาศที่ใกล้เคียงกับความต้องการของห้องปรับอากาศ เพื่อลดการสูญเสียอากาศภายในห้อง

5. เพื่อเพิ่มคุณภาพอากาศและลดการสูญเสียอากาศภายในห้อง ดังนั้นควรมีการติดตั้งเครื่องวัดค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้อง เมื่อมีค่าเกิน 1,000 ppm (ตามมาตรฐาน ASHRAE 62-1989) ให้พัดลมระบายอากาศทำงาน

6. นำแนวคิดนี้ไปประยุกต์ใช้กับระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยการออกแบบระบบท่อลมมาช่วยระบายความร้อนที่ชุดคอยล์ร้อน เพื่อลดการใช้พลังงานและเป็นแนวทางในการออกแบบอาคารหรือโรงงานสำหรับสถาปนิกและวิศวกรในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. เรืองฤทธิ์ ลำมะยศ, ชาญณรงค์ พาประโยชน์, สมใจ เซาว์พานิชและประยุทธ ทะสุนทร. (2556). การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศโดยการติดตั้งท่อความร้อนช่วยระบายความร้อนที่แผงระบายความร้อน โครงการวิจัยและพัฒนาอาชีวศึกษาเพื่อสร้างองค์ความรู้และนวัตกรรมวิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม สาขาวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
2. พูนพงศ์ สวาสดิพันธ์ อำไพศักดิ์ ที่บุญมาและชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์. (2548). การเพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศโดยใช้น้ำควบแน่นจากฮีวโปเรเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
3. ธนสิทธิ์ องค์กรณะสุข. (2546). สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. ชงไชย เดิมดาและอนุภาพ แยมไตรพัฒน์. (2553). การศึกษาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิร่วมกับอินเวอเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
5. ธนวรา ทองล้วน. (2547). การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศโดยการพ่นน้ำ วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. ศศิน วิบูลบัณฑิตยกิจ. (2543). อิทธิพลของการรั่วซึมของอากาศต่อการใช้พลังงานในอาคารปรับอากาศผ่านทางผนังและช่องเปิด วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
7. คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (อาคาร). (2553). ตอนที่ 3 บทที่ 4 ระบบปรับอากาศ
8. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. สืบค้นวันที่ 13 มีนาคม 2558, จาก<http://www.egat.co.th>.
9. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของพัดลมดูดอากาศ (จาก มอก.710-2535). ปัญหาระบบระบายอากาศในโรงพยาบาลและแนวทางแก้ไข. นครสวรรค์ : ศูนย์วิศวกรรมการแพทย์ที่ 3

10. Thibordin Sangsawang. Refrigeration and Air Conditioning Equipments. Mechanical Engineering Dept. Mechanical Engineering Dept. Faculty of Engineering & Industrial Technology Silpakorn University.
11. อานูภาพ ละออ. ปัญหาระบบระบายอากาศในโรงพยาบาลและแนวทางแก้ไข. นครสวรรค์ : ศูนย์วิศวกรรมการแพทย์ที่ 3
12. อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. สืบค้นวันที่ 13 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.eppo.go.th/power/pw-rate-PEA.html#1>
13. Anemometer สืบค้นวันที่ 13 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.weloveshopping.com>
14. Hygrometer สืบค้นวันที่ 13 พฤษภาคม 2558, จาก <http://eastern-energy-plier.com/>
15. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล มาตรฐาน ว.ส.ท. (2540). มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ. (พิมพ์ครั้งที่ 1).
16. หน้ากากระบายอากาศ.สืบค้นวันที่ 13 พฤษภาคม 2558 <http://www.boonthavorn.com/bathroom>
17. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษณุภัณฑ์ แคนลา. (2558). บทที่ 3 การอ่านแผนภูมิไฮโดรเมตริก. วิศวกรรม การทำความเย็น. (พิมพ์ครั้งที่ 1)





แบบจำลองการหาค่าคุณสมบัติของอากาศและตัวอย่างการคำนวณ

ก.1 แบบจำลองการหาค่าคุณสมบัติของอากาศ [17]

ในทางปฏิบัติการใช้แผนภูมิไซโครเมตริกในการหาค่าคุณสมบัติของอากาศอาจเกิดการล่าช้า จึงเลือกใช้แบบจำลองการหาค่าคุณสมบัติของอากาศ เพื่อให้สะดวกต่อการคำนวณ โดยมีขั้นตอนในการหาค่า ดังนี้

1. ความดันอิ่มตัวของไอน้ำ (Saturation vapour pressure : P_{sat})

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

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)

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

เมื่อ h = เอนทาลปี หน่วย kJ/kg
 t = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง หน่วย °C
 ω = อัตราส่วนความชื้น หน่วย kg/kg_{dry air}

ก.2 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP)

เป็นการแสดงตัวอย่างการคำนวณของห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางวัน และจากทฤษฎีที่ 2.13 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ สามารถนำข้อมูลที่วัดได้มาคำนวณเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ได้ดังนี้

หาอัตราการไหลของอากาศผ่านคอยล์เย็น จากสมการ

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

โดยที่ $\rho = 1.184 \text{ kg/m}^3$, $V=1.53 \text{ m/s}$, $A= 0.38 \text{ m}^2$

แทนค่าจะได้
$$\dot{m}_{\text{air}} = (1.184)(1.53)(0.38) = 0.688 \text{ kg/s}$$

จาก ก.1 แบบจำลองการหาค่าคุณสมบัติของอากาศ จะหาค่าเอนทาลปีได้ดังนี้

โดยที่ $T_{\text{supply}} = 16.73 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\%RH_{\text{supply}} = 0.92$ จะได้ $h_{\text{supply}} = 44.433 \text{ kJ/kg}$

$T_{\text{return}} = 27.76 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\%RH_{\text{return}} = 0.59$ จะได้ $h_{\text{return}} = 63.082 \text{ kJ/kg}$

หาความสามารถในการทำความเย็นได้จากสมการ

$$Q_L = \dot{m}_{\text{air}}(h_R - h_S) \quad (2.15)$$

แทนค่าจะได้
$$Q_L = (0.688)(63.082 - 44.433) = 12.831 \text{ kW}$$

หาค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (COP) ได้จากสมการ

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

โดยที่ $W_C = 3.09 \text{ kW}$ แทนค่าจะได้
$$\text{COP} = \frac{12.831}{3.09} = 4.152$$

หาอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ได้จากสมการ

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

แทนค่าจะได้
$$\text{EER} = 3.412 \times \text{COP} = 3.412 \times 4.152 = 14.167$$

ก.3 ตัวอย่างการคำนวณเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน โดยกำหนดให้เป็นห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางวัน (6.00-18.00 น.) จากตารางที่ 3.1 อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 2.5 บาทต่อหน่วย (กรณีเกิน 150 หน่วยต่อเดือน ช่วง 150-400 หน่วย) หน้ากากระบายอากาศราคา 105 บาท ท่อลมราคา 100 บาท ให้ 1 สัปดาห์มีวันทำงาน 5 วัน

ค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ = ค่าพลังงานไฟฟ้า x อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

ใช้ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 0-400 หน่วย อัตราค่าไฟฟ้า 2.5 บาทต่อหน่วย

ดังนั้น ค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ต่อปี = $3.46 \text{ kWh} \times 365 \times 2.5$

= 3157.25 บาท

เงินลงทุนค่าอุปกรณ์ = หน้ากากระบายอากาศ + ท่อลม

= $105 + 100$ บาท

= 205 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = $\frac{\text{เงินลงทุน}}{\text{กระแสเงินสดต่อปี}}$

= $\frac{205}{3157.25}$

= 0.065 ปี หรือ 24 วัน

ถ้า 1 สัปดาห์มีวันทำงาน 5 วัน จะสามารถคืนทุนได้ใน 1 เดือน 2 วัน

ก.3 ตัวอย่างการคำนวณเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (ต่อ)

การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน โดยกำหนดให้เป็นห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงตลอด 24 ชั่วโมง จากตารางที่ 3.1 อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 2.5 บาทต่อหน่วย (กรณีเกิน 150 หน่วยต่อเดือน ช่วง 150-400 หน่วย) พัดลมระบายอากาศราคา 700 บาท ท่อลมราคา 100 บาท ให้ 1 สัปดาห์มีวันทำงาน 5 วัน

ค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ = ค่าพลังงานไฟฟ้า x อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

ใช้ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 0-400 หน่วย อัตราค่าไฟฟ้า 2.5 บาทต่อหน่วย

ดังนั้น ค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ต่อปี = $3.02 \text{ kWh} \times 365 \times 2.5$

= 2755.75 บาท

เงินลงทุนค่าอุปกรณ์ = พัดลมระบายอากาศ + ท่อลม

= 700 + 100 บาท

= 800 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = $\frac{\text{เงินลงทุน}}{\text{กระแสเงินสดต่อปี}}$

= $\frac{800}{2755.75}$

= 0.29 ปี หรือ 106 วัน

ถ้า 1 สัปดาห์มีวันทำงาน 5 วัน จะสามารถคืนทุนได้ใน 4 เดือน 28 วัน



ภาคผนวก ข

เครื่องมือตรวจวัดและวิธีการใช้งาน

มหาวิทยาลัยนเรศวร

เครื่องมือตรวจวัดและวิธีการใช้งาน

1. เครื่อง SILA AP-104



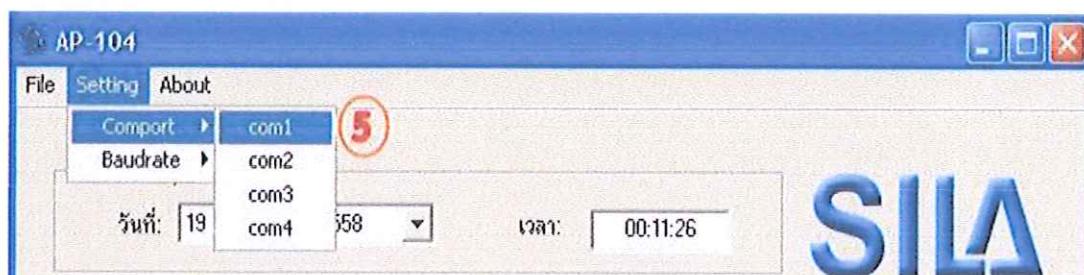
รูปที่ ข.1 เครื่อง SILA AP-104

วิธีการใช้งาน

1. ติดตั้งโปรแกรม SILA AP-104
2. เสียบปลั๊กไฟของเครื่อง SILA AP-104
3. ต่อพอร์ทของเครื่อง SILA AP-104 โดยใช้สาย RS-232 ต่อเข้ากับพอร์ทของเครื่อง

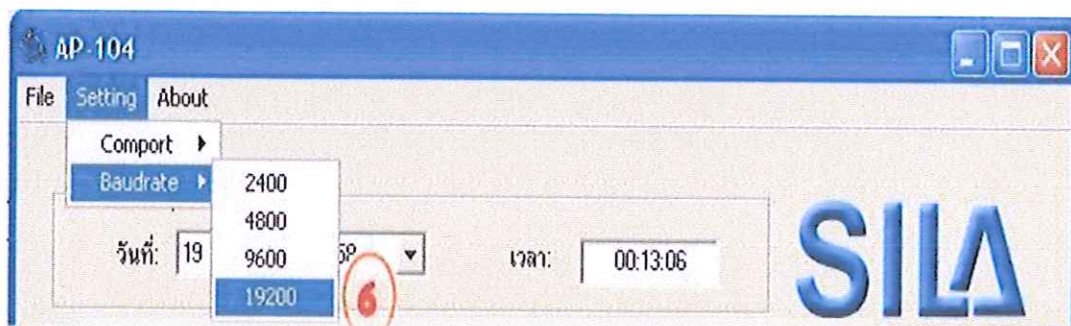
คอมพิวเตอร์

4. เปิดโปรแกรม SILA AP-104
5. ตั้งค่าโปรแกรม กด Setting แล้วเลือก Comport เลือก com1



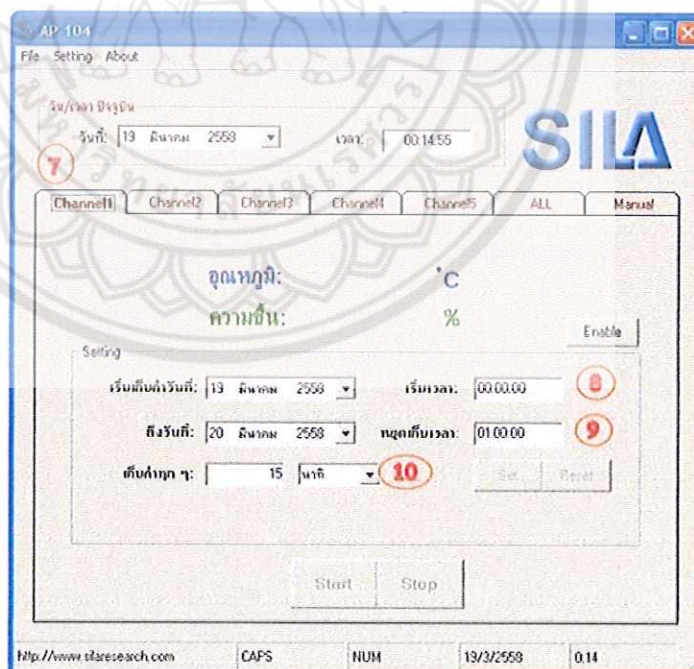
รูปที่ ข.2 การเลือก Comport

6. ตั้งค่าโปรแกรม กด Setting แล้วเลือก Baudrate เลือก 19200



รูปที่ ข.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

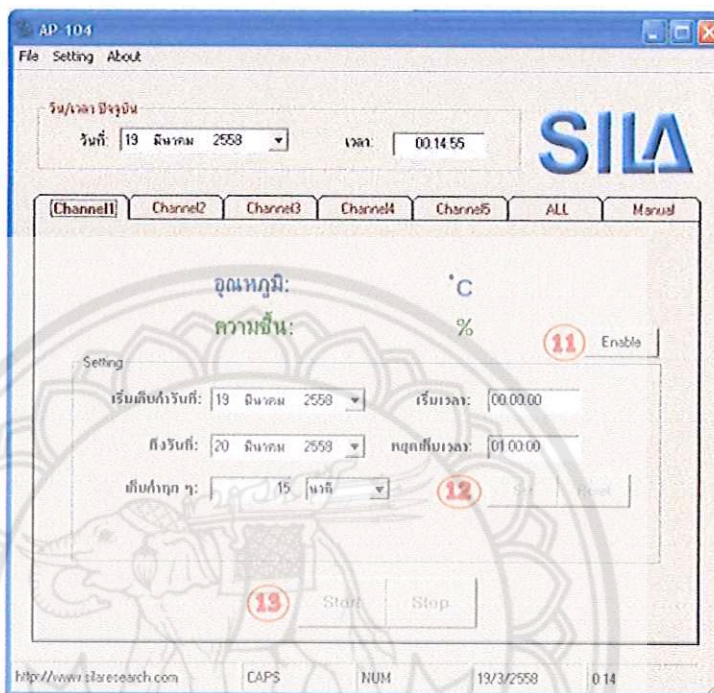


รูปที่ ข.4 การกำหนดช่วงเวลา

11. กด Enable
12. กด Set

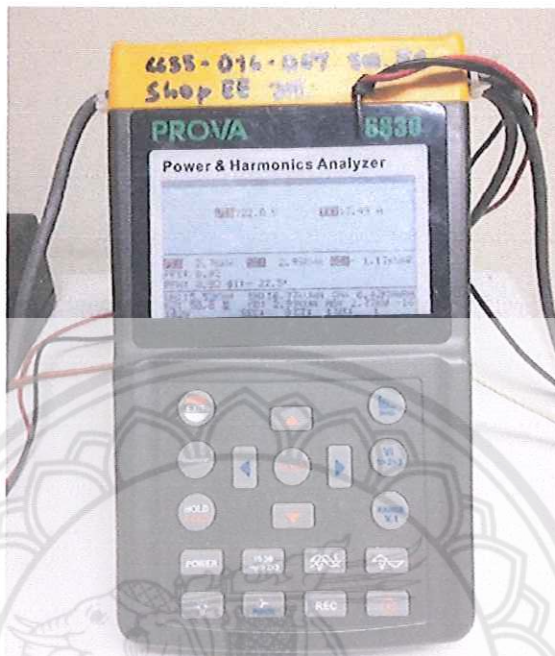
13. กด Start เพื่อเริ่มการทำงานของโปรแกรม

14. ไฟล์ข้อมูลที่ได้ จะเป็นไฟล์ Text มีชื่อตาม Channel ที่ทำงาน อยู่ที่ ไดรฟ์ C:



รูปที่ ข.5 การ set ค่าเพื่อบันทึก

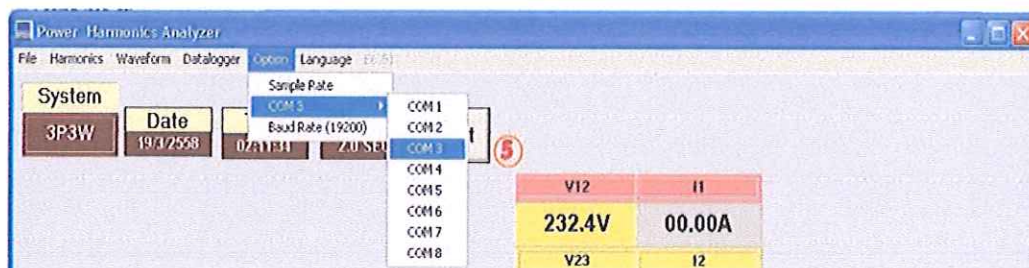
2. เครื่อง POWER & HARMONICS Analyzer Prova6830



รูปที่ ข.6 เครื่อง POWER & HARMONICS Analyzer Prova6830

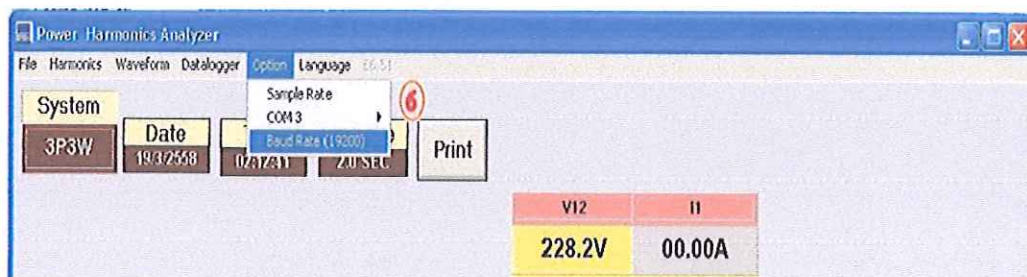
วิธีการใช้งาน

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



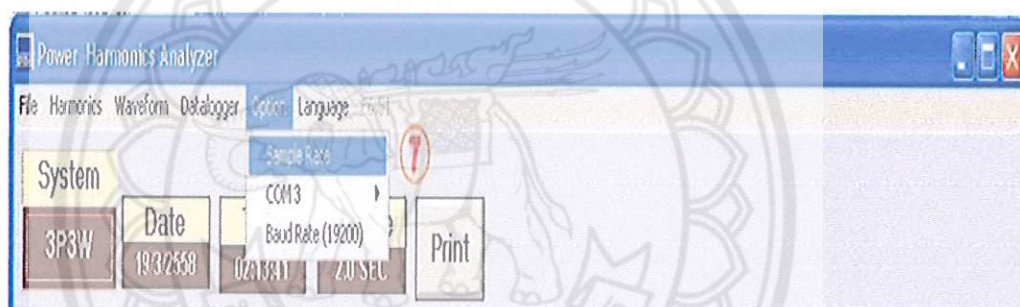
รูปที่ ข.7 การตั้งค่าโปรแกรม

6. ตั้งค่าโปรแกรม กด Option แล้วเลือก Baud Rate (19200)

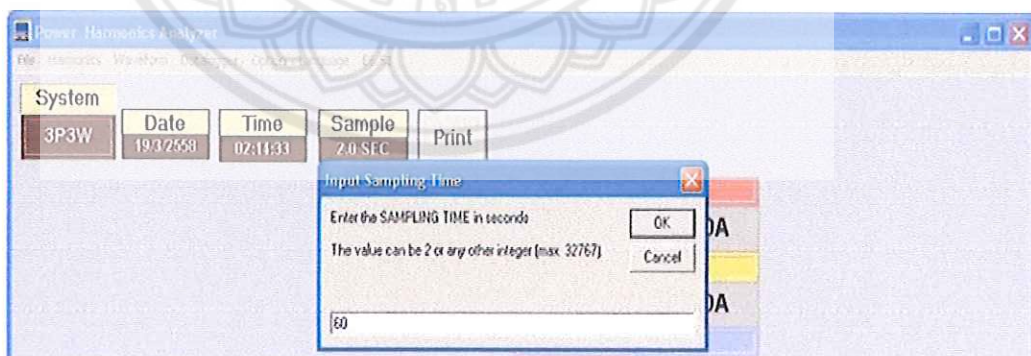


รูปที่ ข.8 การตั้งค่า Baud Rate (19200)

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

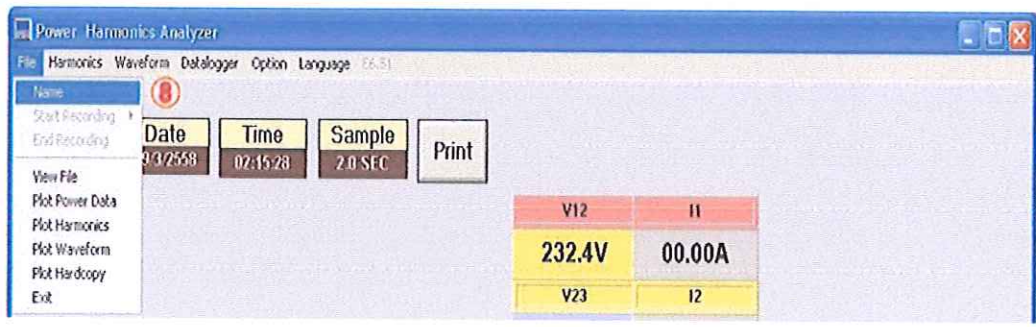


รูปที่ ข.9 การตั้งค่าเวลา

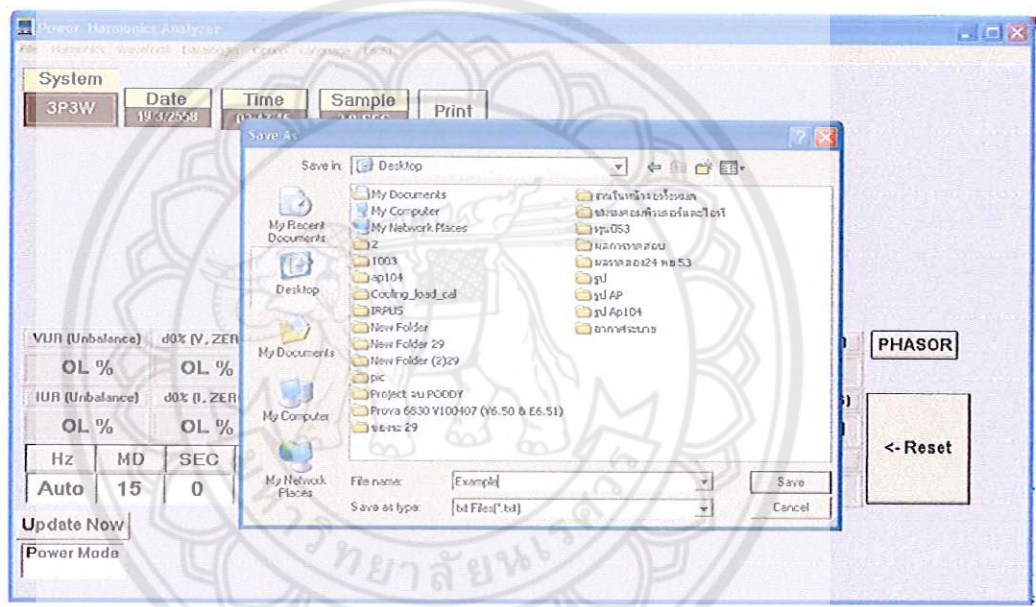


รูปที่ ข.10 การกำหนดเวลา

8. กด File แล้ว เลือก Name แล้วทำการตั้งชื่อไฟล์ที่จะทำการบันทึกค่า

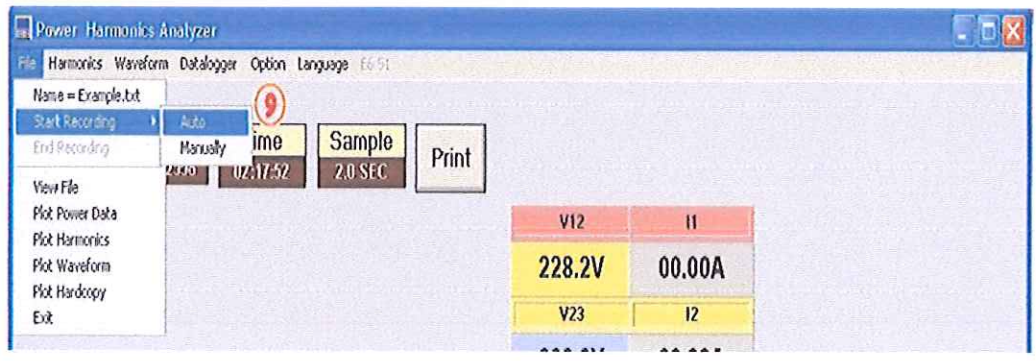


รูปที่ ข.11 การตั้งชื่อไฟล์



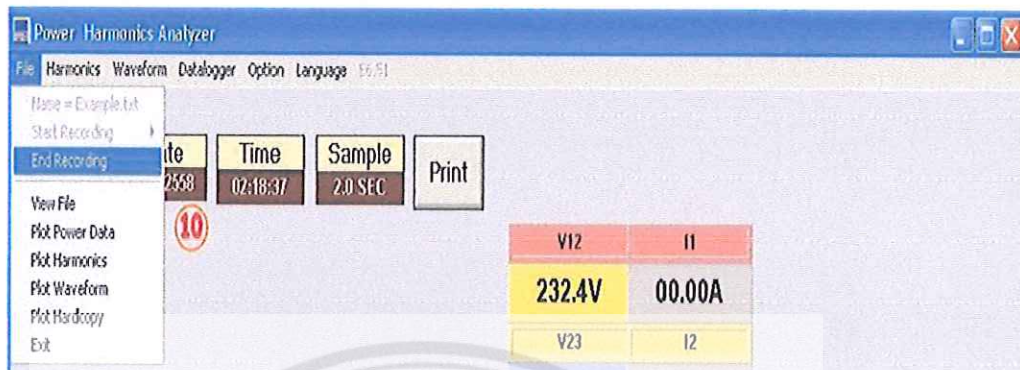
รูปที่ ข.12 การกำหนดชื่อไฟล์

9. กด Start recording แล้ว กด Auto โปรแกรมจะเริ่มบันทึกค่า ณ ตั้งแต่เวลานั้น

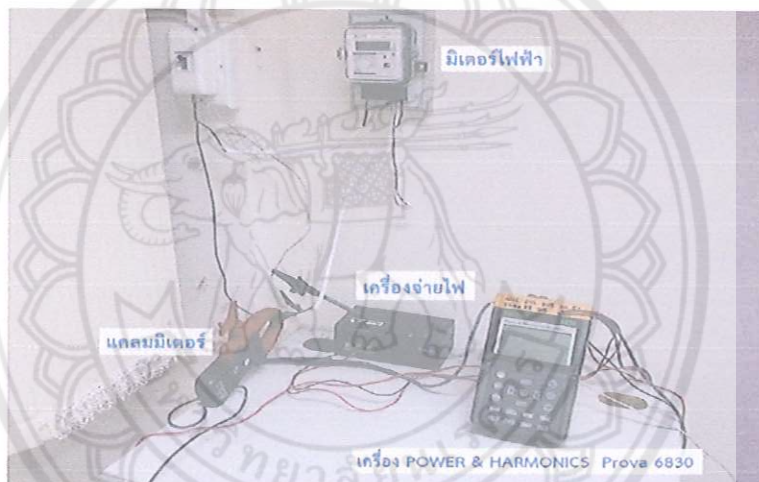


รูปที่ ข.13 การเริ่มบันทึกข้อมูล

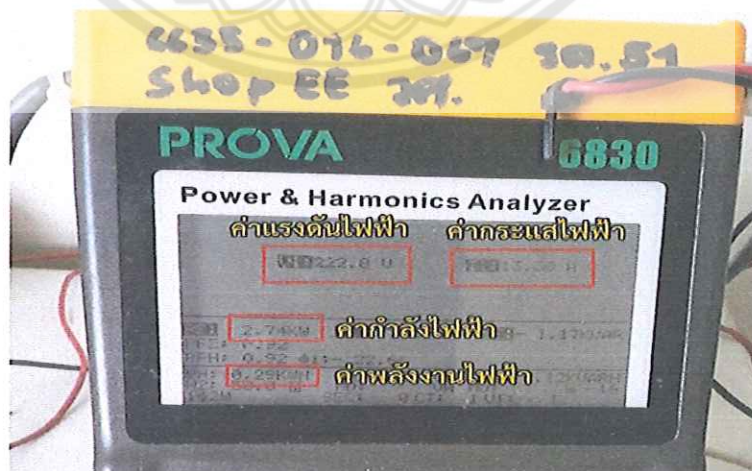
10. กด End Recording แล้วกด Auto โปรแกรมจะเริ่มบันทึกค่า ณ ตั้งแต่เวลานั้น



รูปที่ ข.14 การยกเลิกบันทึกข้อมูล



รูปที่ ข.15 การต่อวงจรของเครื่อง POWER & HARMONICS



รูปที่ ข.16 การอ่านข้อมูลของเครื่อง POWER & HARMONICS

3. เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (Smart Power Meter Socket)



รูปที่ ข.17 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (Smart Power Meter Socket)

Input : AC 220V 50 Hz

Load ampere or power : 10A/2200W

Measuring accuracy : Watt-hour Power and Voltage $\pm 1\%$

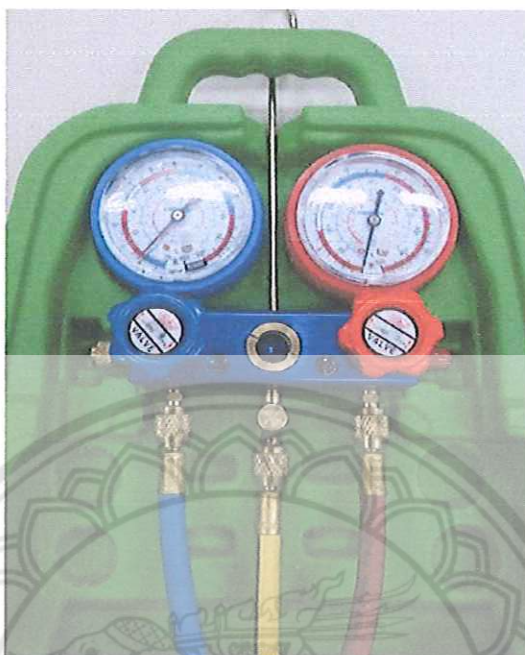
: Temperature (inside the socket) $\pm 1\%$

วิธีการใช้งาน

1. เสียบปลั๊กอุปกรณ์ที่ต้องการวัดค่าลงเต้าเสียบของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแล้วสามารถอ่านค่าต่างๆได้เลย

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

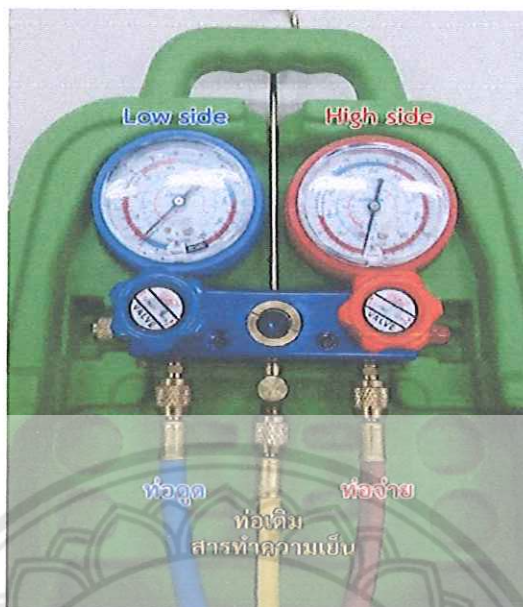
4. แมนิโฟลด์เกจ (Manifold gauge)



รูปที่ ข.18 แมนิโฟลด์เกจ

ส่วนประกอบของแมนิโฟลด์เกจ

1. เกจวัดความดันต่ำ (Low side) สีของเกจจะเป็นสีน้ำเงิน วัดได้ทั้งค่าความดันต่ำและค่าสุญญากาศ สามารถอ่านค่าความดันได้ตั้งแต่ 0 - 120 Psi ซึ่งขึ้นอยู่กับยี่ห้อของเกจแมนิโฟลด์ด้วย และสามารถอ่านค่าสุญญากาศได้ตั้งแต่ 0 - 30 in.Hg
2. เกจวัดความดันสูง (High side) สีของเกจจะเป็นสีแดง วัดได้เฉพาะค่าความดัน สามารถอ่านค่าความดันได้ตั้งแต่ 0 - 500 Psi
3. สายสีน้ำเงินต่อกับเกจด้านความดันต่ำและท่อดูดของเครื่องปรับอากาศ
4. สายสีแดงต่อกับเกจด้านความดันสูงและท่อจ่ายของเครื่องปรับอากาศ
5. สายสีเหลืองใช้สำหรับงานบริการต่างๆ เช่น การถ่ายสารทำความเย็นหรือการเติมสารทำความเย็น เป็นต้น



รูปที่ ข.19 ส่วนประกอบของแมนิโฟลด์เกจ



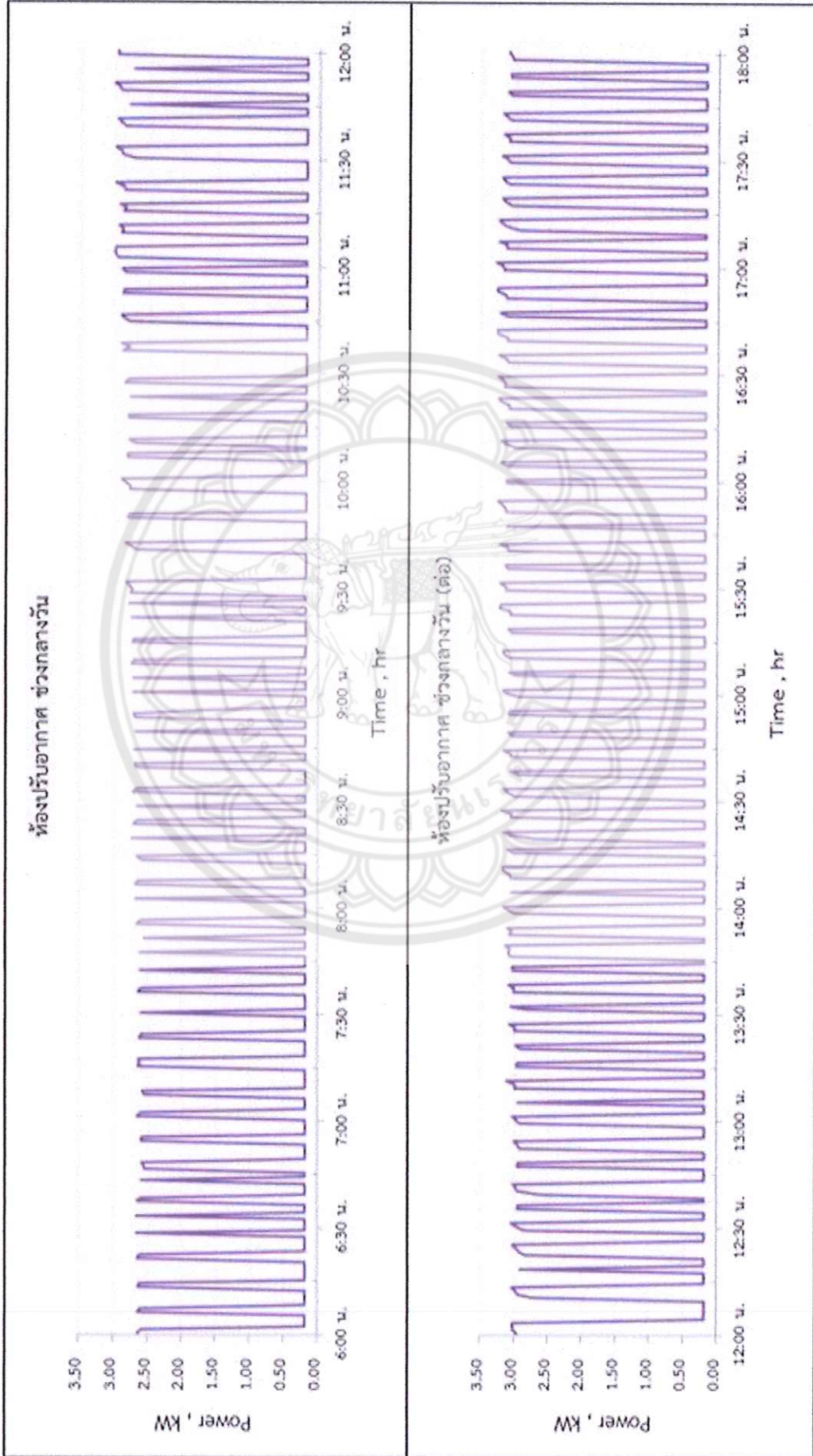
รูปที่ ข.20 การต่อสายแมนิโฟลด์เกจเข้ากับหัวดูดและท่อจ่าย

ข้อควรจำ

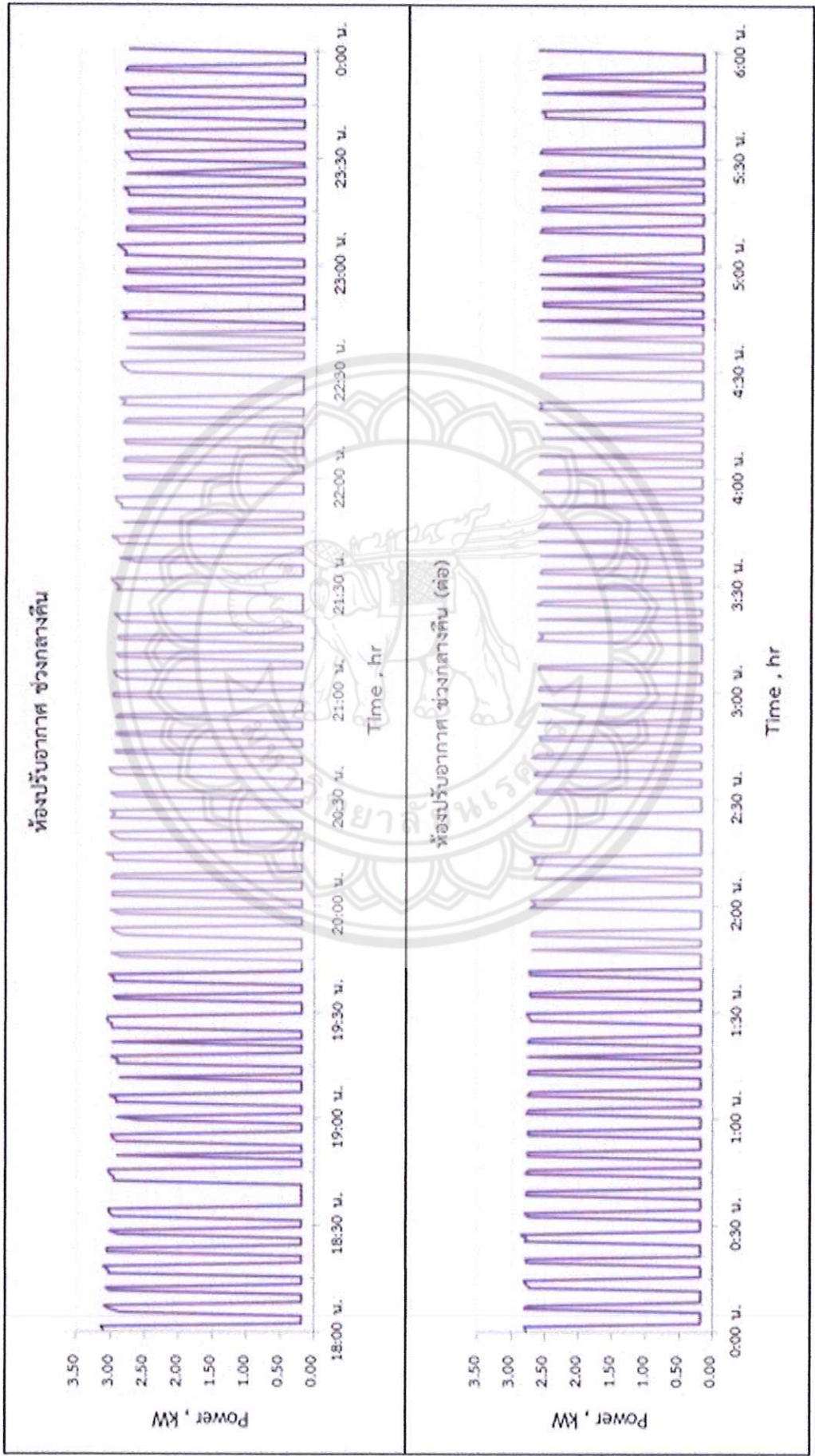
1. เครื่องปรับอากาศปกติจะมีความดันด้านต่ำ 60-75 psi และความดันด้านสูง 250-270 psi
2. ห้ามนำแมนิโฟลด์เกจไปใช้กับสารทำความเย็นอื่นนอกจากเบอร์ที่กำหนดเพราะจะทำให้ค่าความดันคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง



รูปแสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้องแต่ละแบบ



รูปที่ ค.1 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ห้องปรับอากาศ ช่วงกลางวัน



รูปที่ ค.2 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ห้องรับอากาศ ช่วงกลางคืน

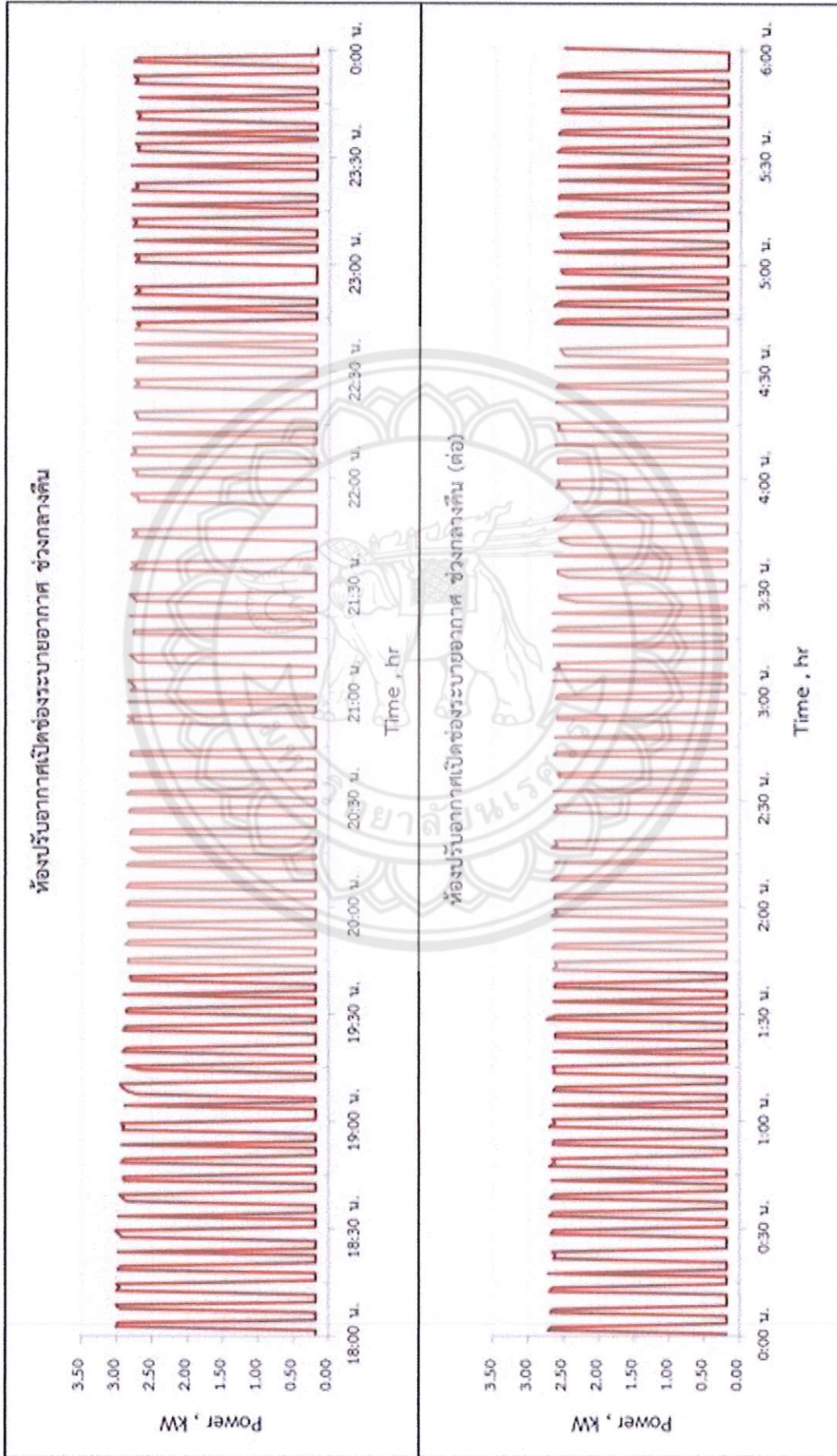
ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศ ช่วงกลางวัน



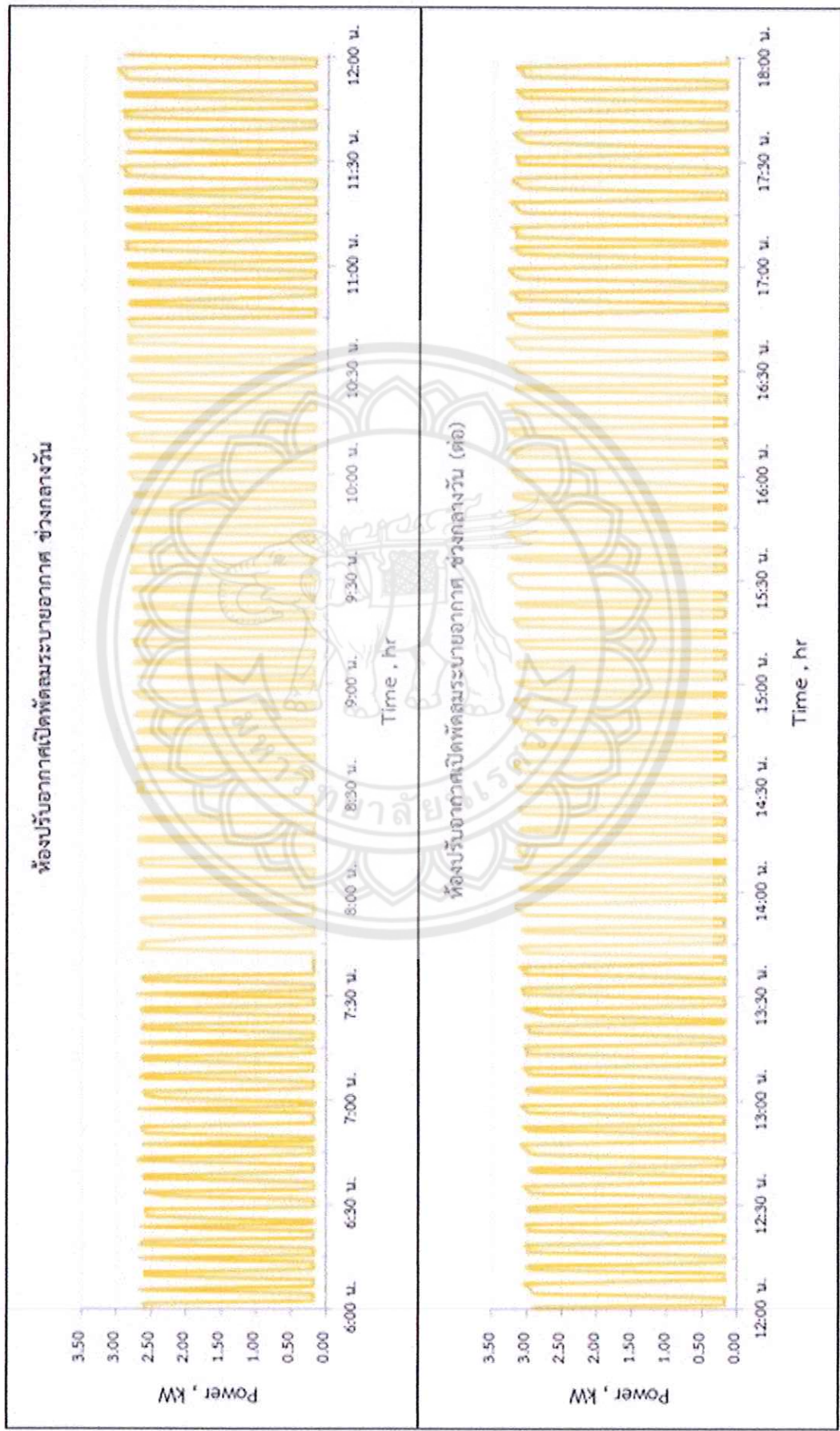
ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศ ช่วงกลางวัน (ต่อ)



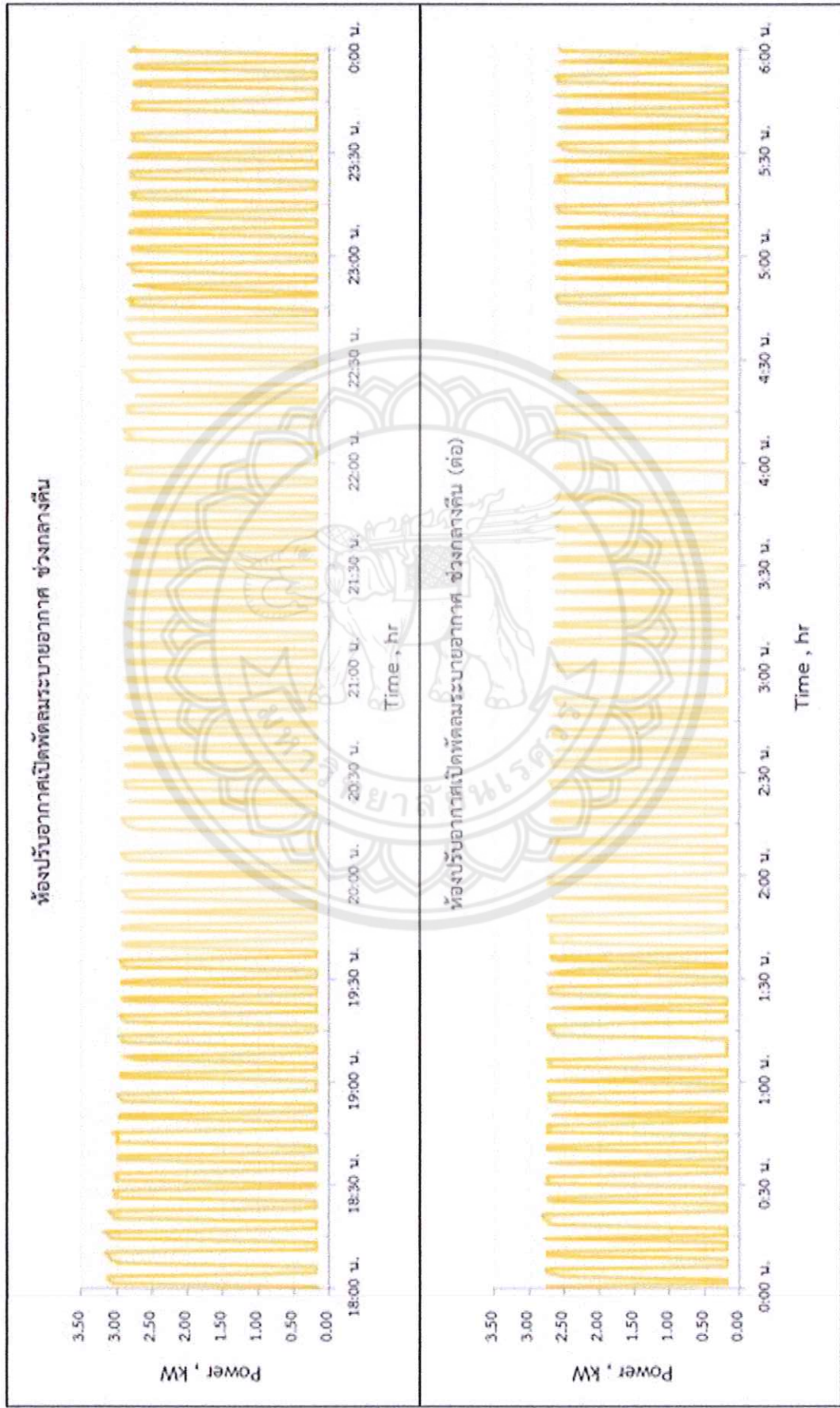
รูปที่ ค.3 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศ ช่วงกลางวัน



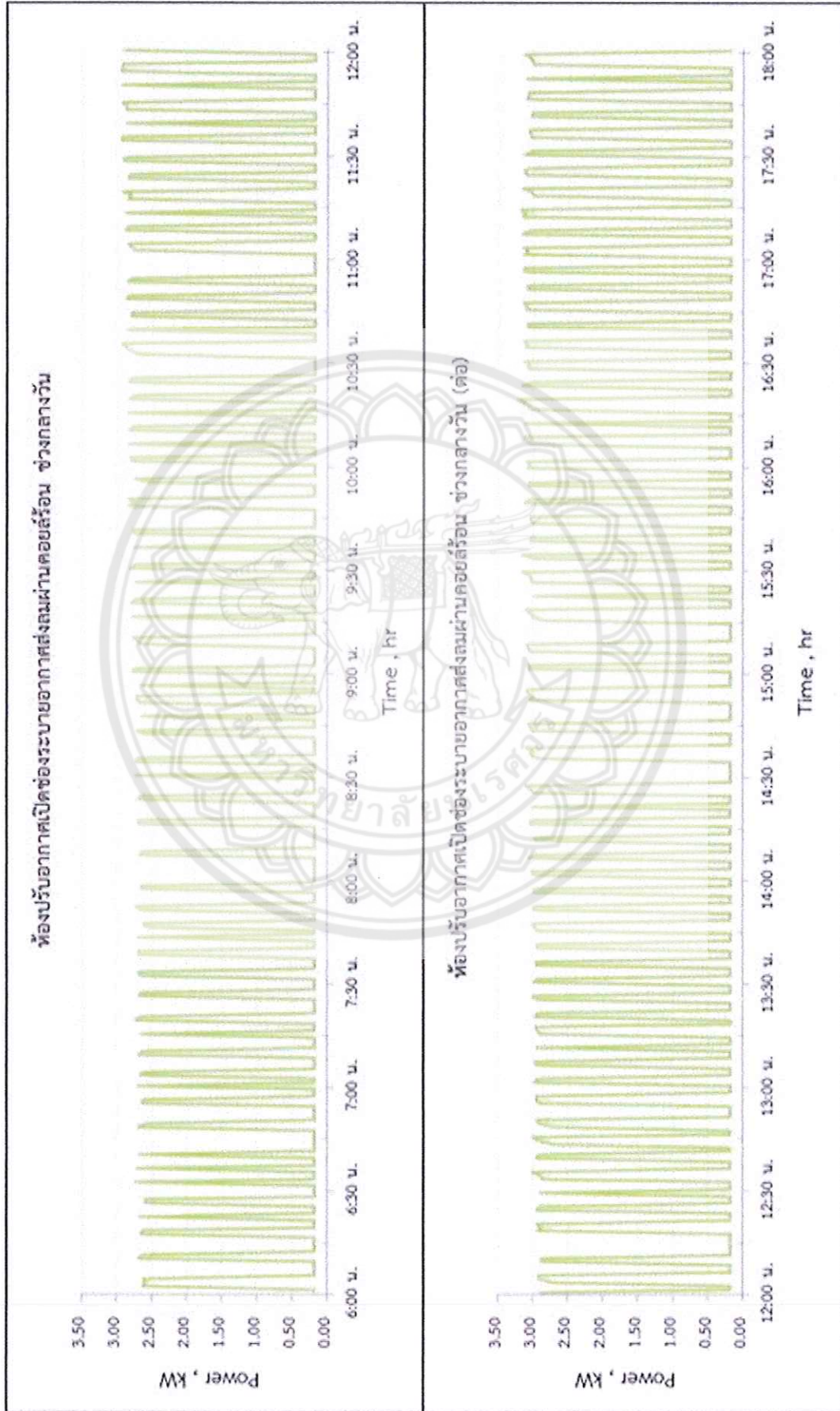
รูปที่ ค.4 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศ ช่วงกลางคืน



รูปที่ ค.5 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศ ช่วงกลางวัน



รูปที่ ค.6 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศ ช่วงกลางคืน

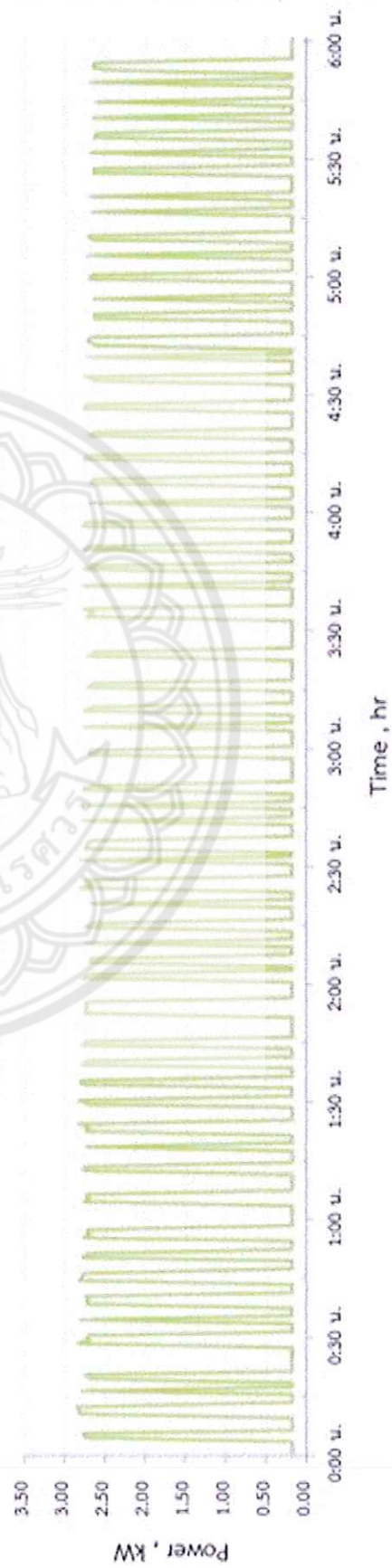


รูปที่ ค.7 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศห้องปรับอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางวัน

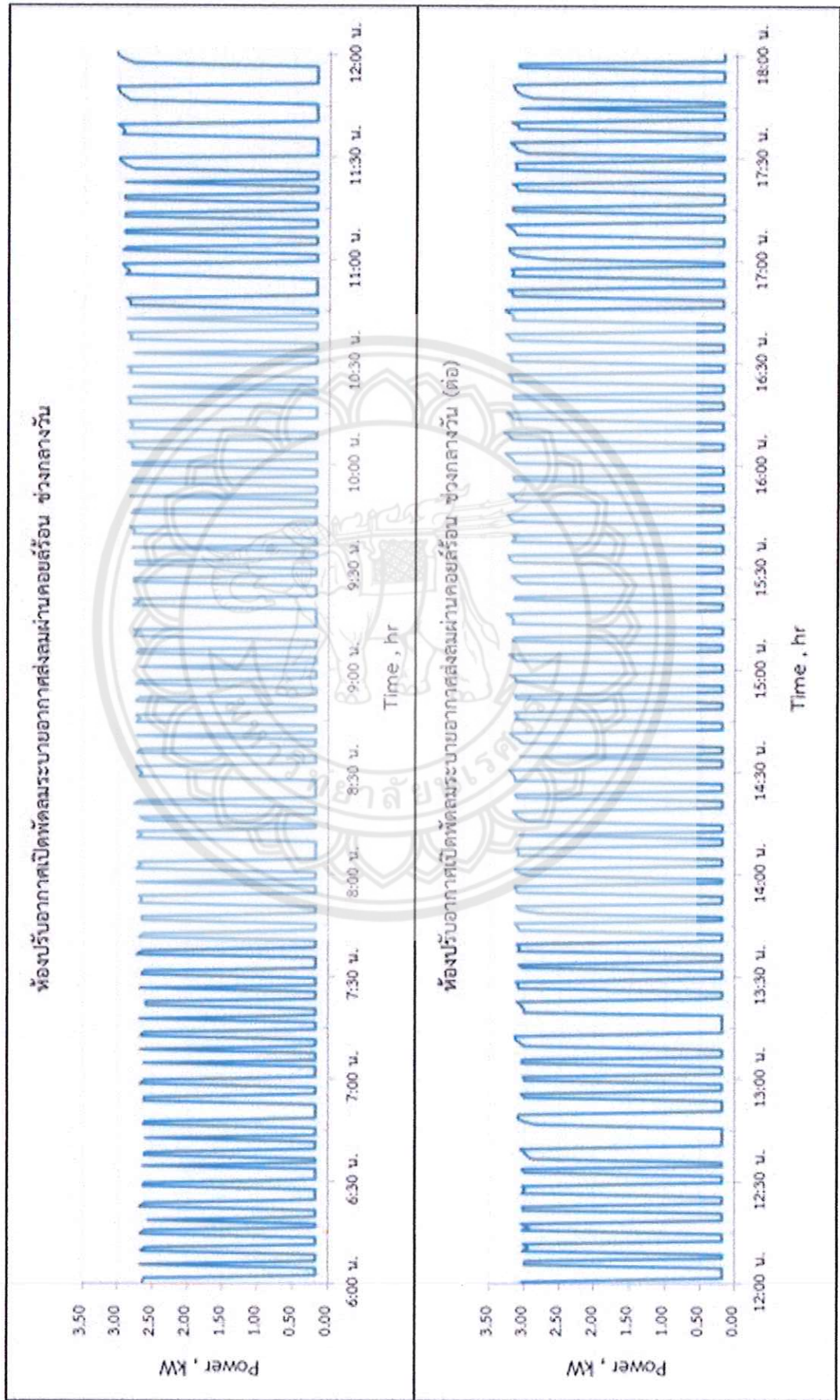
ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางวัน



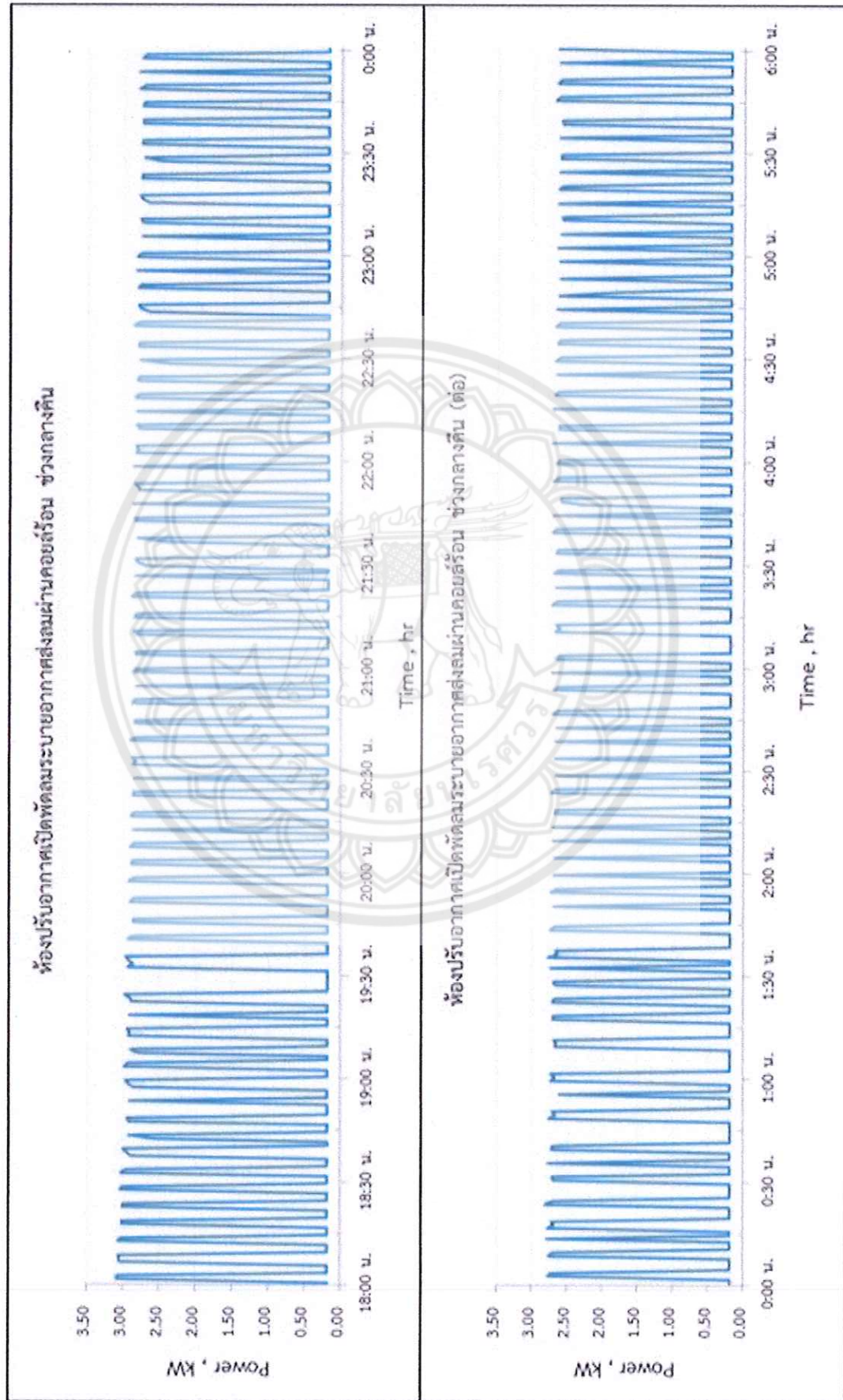
ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางคืน (ต่อ)



รูปที่ ค.8 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางวัน



รูปที่ ค.9 แสดงลักษณะการทำงานของรับอากาศ ห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน ช่วงกลางวัน



จากรูปที่ ค.1 - รูปที่ ค.10 จะเห็นได้ว่า ช่วงกลางวัน เมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกเพิ่มสูงขึ้น จะทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามและช่วงกลางคืน อุณหภูมิอากาศภายนอกลดลง จะทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าลดลงตาม ดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอากาศภายนอก ส่วนลักษณะการทำงานนั้น เครื่องปรับอากาศจะทำงานประมาณ 3 นาทีแล้วจึงหยุด ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าลดลงเหลือ 0.18 kW เนื่องจากยังมีส่วนอื่นที่ยังทำงานอยู่ เช่น ระบบควบคุม และพัดลมคอยล์เย็น เป็นต้น และจากรูปที่ ค.7-รูปที่ ค.10 จะเห็นได้ว่า เมื่อมีการนำอากาศระบายมาช่วยระบายความร้อนที่คอยล์ร้อนจะทำให้เครื่องปรับอากาศมีชั่วโมงการทำงานลดลง โดยบางช่วงการทำงานลดลงเหลือ 1-2 นาที

ในโครงการนี้ได้ทำการตรวจวัดข้อมูลในช่วงเดือนมีนาคม - เมษายน 2558

ห้องปรับอากาศ

- ทำการตรวจวัดข้อมูล วันที่ 18 มีนาคม 2558 และวันที่ 1 เมษายน 2558

ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศ

- ทำการตรวจวัดข้อมูล วันที่ 28 มีนาคม 2558 และวันที่ 10 เมษายน 2558

ห้องปรับอากาศเปิดช่องระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน

- ทำการตรวจวัดข้อมูล วันที่ 13 มีนาคม 2558

ห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศ

- ทำการตรวจวัดข้อมูล วันที่ 29 มีนาคม 2558 และวันที่ 5 เมษายน 2558

ห้องปรับอากาศเปิดพัดลมระบายอากาศส่งลมผ่านคอยล์ร้อน

- ทำการตรวจวัดข้อมูล วันที่ 14,31 มีนาคม 2558 และวันที่ 11,16 เมษายน 2558

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ

ชื่อ : นายสกลทรรศน์ อินแก้ว

วัน เดือน ปีเกิด : 14 ธันวาคม 2535

ประวัติการศึกษา

ระดับประถมศึกษา : โรงเรียนอนุบาลอุตรดิตถ์

ระดับมัธยมศึกษา : โรงเรียนอุตรดิตถ์

ปีที่สำเร็จการศึกษา : 2557

ชื่อ : นายนพตล อ่ำภา

วัน เดือน ปีเกิด : 30 พฤศจิกายน 2535

ประวัติการศึกษา

ระดับประถมศึกษา : โรงเรียนบ้านตะกรุด

ระดับมัธยมศึกษา : โรงเรียนการุญวิทยาคม

ปีที่สำเร็จการศึกษา : 2557

ชื่อ : นายปฐวี ถือแก้ว

วัน เดือน ปีเกิด : 18 กุมภาพันธ์ 2536

ประวัติการศึกษา

ระดับประถมศึกษา : โรงเรียนอนุบาลอุตรดิตถ์

ระดับมัธยมศึกษา : โรงเรียนอุตรดิตถ์

ปีที่สำเร็จการศึกษา : 2557