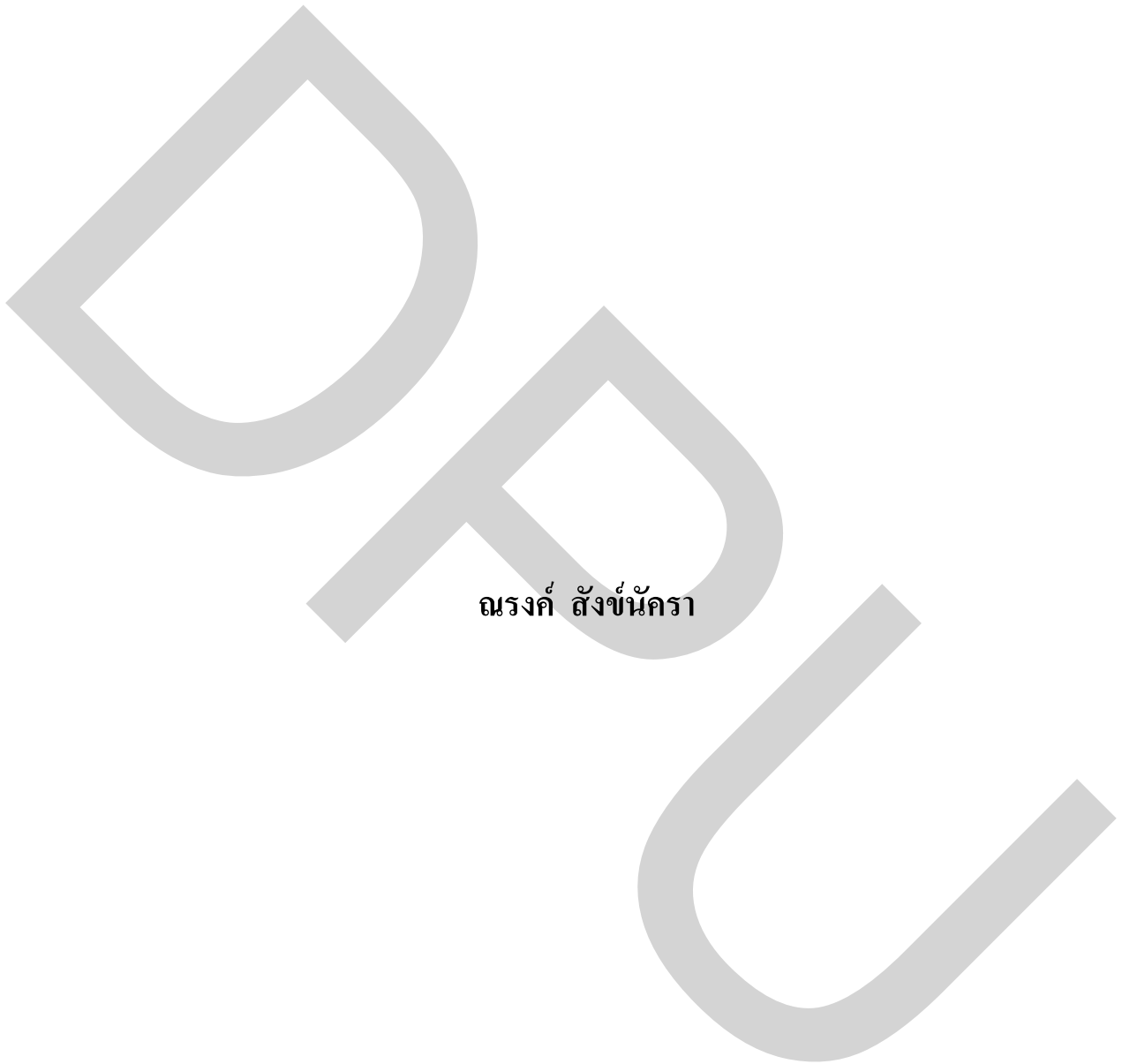


การประยุกต์ใช้ระบบไอโซนกับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กเพื่อลดการใช้พลังงาน



อรรถ ฤกษ์

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีในอาคาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2554

**Application of ozone to the air conditioning system for a small reduction
of energy consumption.**



NARONG SANGNAKKARA

**A Thematic Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program
Department of Building Technology Management
Graduate School, Dhurakij Pundit University**

2010

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จได้ด้วยดี ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณท่านคณะกรรมการเป็นอย่างสูงที่มีส่วนช่วยเหลือ และให้ความสนับสนุนดังต่อไปนี้ ดร.รังสิต ศรจิตติ ประธานกรรมการสารนิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดิเกะ บุนนาค กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุภาพ แยมไตรพัฒน์ กรรมการสารนิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางการศึกษา ตลอดจนถึงแนะนำวิธีการ และแง่คิดในเชิงวิชาการที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อ ผู้ศึกษา จนส่งผลให้ผู้ศึกษาสามารถทำการศึกษาในครั้งนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี ขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ภาควิชาการจัดการพลังงานของ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ใช้ห้องปฏิบัติการในการเก็บข้อมูล

สุดท้ายนี้ ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และขอขอบคุณครอบครัว รวมถึงผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมดของผู้ศึกษาที่ให้การสนับสนุน ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอดมา

ณรงค์ สัจจ์นักรา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ฉ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	2
2. แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 พื้นฐานการทำความเย็น.....	3
2.2 ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ.....	4
2.3 วัฏจักรของการทำความเย็น.....	5
2.4 ประเภทของเครื่องปรับอากาศ.....	10
2.5 ชนิดของคอมเพรสเซอร์.....	12
2.6 ข้อมูลเกี่ยวกับสมรรถนะของคอมเพรสเซอร์.....	14
2.7 การควบคุมฟัดการทำความเย็น.....	15
2.8 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ.....	15
2.9 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู.....	15
2.10 การสูญเสียประสิทธิภาพของคอนเดนเซอร์	
เนื่องจากมีอากาศปนอยู่ในระบบ.....	19
2.11 ก๊าซโอโซน.....	20
2.12 โอโซนพิษ.....	23
2.13 มาตรฐาน โอโซนในอากาศ.....	26
2.14 คุณสมบัติและปฏิกิริยาเคมีของโอโซน.....	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3. ระเบียบวิธีวิจัย และอุปกรณ์.....	29
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	29
3.2 ลักษณะของห้องที่ทำการทดลอง.....	31
3.3 ข้อมูลเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งขนาดเล็กแบบแยกส่วน.....	31
3.4 การวัดปริมาณของการใช้ไฟฟ้า.....	32
3.5 เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าแคลมป์มิเตอร์.....	32
3.6 นาฬิกาจับเวลา.....	34
3.7 การเก็บตัวอย่างจุลชีพในอากาศ MICROFLOW 90.....	35
3.8 เครื่องมือวัดปริมาณ โอโซน.....	36
3.9 เกจวัดความดัน (Pressure Gauge).....	37
3.10 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ.....	37
3.11 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล.....	39
3.12 ขั้นตอนการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์.....	40
3.13 คุณสมบัติของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ดี.....	40
3.14 ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ.....	41
4. ผลการศึกษา และการวิเคราะห์.....	43
4.1 การวิเคราะห์การทำงานของคอมเพรสเซอร์.....	43
4.2 การเปรียบเทียบสภาวะที่ไม่มีโอโซนกับสภาวะที่มีโอโซน.....	44
4.3 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานสภาวะที่ไม่มีโอโซนกับสภาวะที่มีโอโซน.....	45
4.4 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานในช่วงอุณหภูมิต่างๆ.....	46
4.5 การศึกษาจำนวนเชื้อราในอากาศสภาวะที่ไม่มีโอโซนกับมีโอโซนกับ การศึกษาการจำกัดกลิ่นด้วยเครื่องผลิตโอโซน.....	47
4.6 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์สภาวะไม่มีโอโซน กับสภาวะมีโอโซนที่อุณหภูมิที่ต่างกัน.....	48
4.7 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก ร่วมกับเครื่องโอโซนของแต่ละวัน.....	49
4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานในของแต่ละช่วงของอุณหภูมิ ที่ทำการทดลองขณะที่สภาวะไม่มีโอโซนกับสภาวะที่มีโอโซน.....	50
4.9 การศึกษาระดับการทำงานของที่เหมาะสมของเครื่องผลิตโอโซน.....	51

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.10 การเปรียบเทียบจำนวนจุลินทรีย์จากการทดลองของน้ำที่ได้จากถาดรองน้ำใน เครื่องปรับอากาศในสถานะไม่มีโอโซน กับสถานะที่เปิดเครื่องผลิตโอโซน.....	52
4.11 การศึกษาจำนวนของแบคทีเรียในอากาศในสถานะที่ไม่มีโอโซน เปรียบเทียบกับสถานะที่มีโอโซน.....	53
4.12 การศึกษาจำนวนเชื้อราในอากาศในสถานะที่ไม่มีโอโซน เปรียบเทียบกับสถานะที่มีโอโซน.....	54
4.13 การศึกษาการกำจัดกลิ่นด้วยเครื่องผลิตโอโซน โดยใช้ตัวอย่างในการทดลองคือปลาซ่า.....	55
5. สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ.....	56
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	56
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	57
บรรณานุกรม.....	60
ภาคผนวก.....	62
ใบรับรองการตรวจวัดโอโซน.....	95
ประวัติผู้เขียน.....	97

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ขนาดต้นความชื้นของคอมเพรสเซอร์.....	12
4.1 ผลการวิเคราะห์การวัดปริมาณโอโซน.....	52

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การทำความเย็น.....	3
2.2 องค์ประกอบของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ.....	4
2.3 ด้านความดันต่ำและด้านความดันสูง.....	5
2.4 กระบวนการที่เกิดขึ้นกับน้ำยาในวัฏจักร.....	6
2.5 วงจรน้ำยาของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ.....	6
2.6 การระเหยของน้ำยาในห้องระเหย.....	7
2.7 การให้ความร้อนยิ่งยวดกับไออิ่มตัว.....	7
2.8 การอัดไออิ่มตัวในคอมเพรสเซอร์.....	8
2.9 การระบายความร้อนของไอความร้อนยิ่งยวด.....	8
2.10 การทำงานของคอนเดนเซอร์.....	9
2.11 น้ำยาเหลวและไอน้ำยาในถังรับน้ำยา.....	9
2.12 การระบายความร้อนของน้ำยาเหลวที่ท่อของเหลว.....	10
2.13 เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วน.....	11
2.14 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ.....	13
2.15 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู.....	13
2.16 คอมเพรสเซอร์แบบก้านหอย.....	14
2.17 คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ.....	17
2.18 คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ.....	18
2.19 คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนโดยการระเหย.....	18
3.1 แผงคอยล์ยูนิตของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.....	29
3.2 การติดตั้งคอนเดนเซอร์ยูนิต.....	30
3.3 เทอร์โมสตัท.....	30
3.4 เครื่องผลิตไอโซน.....	30
3.5 ลักษณะของห้องทดสอบและการวางตำแหน่งเครื่องผลิตไอโซน.....	31
3.6 วัตต์อาร์มิเตอร์.....	32
3.7 คลิปแอมป์ใช้ทำการตรวจวัดกระแส.....	33
3.8 ตำแหน่งการวางเครื่องผลิตไอโซนที่เหมาะสม.....	34

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
3.9 ลักษณะการทดลองเปิดเครื่องผลิตไอโซน.....	34
3.10 นาฬิกาจับเวลา.....	35
3.11 เครื่องเก็บตัวอย่างจุลชีพในอากาศ.....	35
3.12 หน้าจอของเครื่องเก็บตัวอย่างจุลชีพในอากาศ.....	36
3.13 เครื่องวัดปริมาณ ไอโซน.....	36
3.14 เกจวัดความดันของน้ำยาเครื่องปรับอากาศ.....	37
3.15 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ.....	38
3.16 ชุดทดลองการเก็บตัวอย่าง.....	38
3.17 การเก็บน้ำตัวอย่างในถาดของเครื่องปรับอากาศ.....	39
3.18 การเก็บน้ำตัวอย่างในถาดเครื่องปรับอากาศหลังเปิดเครื่องผลิตไอโซน.....	40
3.19 Plate Control.(อาหารของเชื้อรา).....	42
3.20 Plate Control (อาหารของแบคทีเรีย).....	42
4.1 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อไม่มีไอโซนที่อุณหภูมิ ภายนอก 29.5 °C และอุณหภูมิภายใน 25 °C ในช่วงเวลา 13.00-15.00 น.....	44
4.2 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อไม่มีไอโซนที่อุณหภูมิ ภายนอก 39 °C และอุณหภูมิภายใน 26 °C ในช่วงเวลา 13.00-15.00 น.....	45
4.3 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อไม่มีไอโซนที่อุณหภูมิ ภายนอก 32 °C และอุณหภูมิภายใน 26 °C ในช่วงในช่วงเวลา 14.00-15.00 น.....	46
4.4 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อไม่มีไอโซนที่อุณหภูมิ ภายนอก 28 °C และอุณหภูมิภายใน 26 °C ในช่วงเวลา 20.30-22.00 น.....	47
4.5 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อไม่มีไอโซนที่อุณหภูมิ ภายนอก 28 °C และอุณหภูมิภายใน 25 °C ในช่วงเวลา 13.00-14.00 น.....	48
4.6 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบไม่มีไอโซนกับที่มีไอโซน ควบคุมที่อุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิ 25 – 26 °C และอุณหภูมิภายใน 26 °C กราฟแท่งฟ้าที่สูงหมายถึงการหยุดการทำงานของคอมเพรสเซอร์.....	49

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
4.7 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กที่สภาวะ ไม่มีไอโซนกับสภาวะที่มีไอโซนในขณะที่อุณหภูมิ 25 °C ใกล้เคียงกัน ในช่วงเวลา 13.00-14.00 น.	50
4.8 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กที่สภาวะไม่มี ไอโซนกับสภาวะที่มีไอโซนในขณะที่อุณหภูมิภายนอกและภายในเท่ากัน.....	51
4.9 จำนวนจุลินทรีย์จากถาดรองน้ำในเครื่องปรับอากาศในสภาวะไม่มีไอโซน.....	52
4.10 จำนวนจุลินทรีย์จากถาดรองน้ำในเครื่องปรับอากาศในสภาวะมีไอโซน.....	53
4.11 จำนวนแบคทีเรียในอากาศในสภาวะที่ไม่มีไอโซน.....	53
4.12 จำนวนแบคทีเรียในอากาศในสภาวะที่มีไอโซน.....	54
4.13 จำนวนเชื้อราในอากาศในสภาวะที่ไม่มีไอโซน.....	54
4.14 จำนวนเชื้อราในอากาศในสภาวะที่มีไอโซน.....	55
4.15 การทดสอบการกำจัดกลิ่นของเครื่องผลิต ไอโซน.....	55

หัวข้อสารนิพนธ์	การประยุกต์ใช้ระบบไอโซนกับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กเพื่อลดการใช้พลังงาน
ชื่อผู้เขียน	ณรงค์ ลังชันครา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ติกะ บุนนาค
สาขาวิชา	การจัดการเทคโนโลยีในอาคาร
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาทดลองระบบการทำงานของเครื่องทำไอโซนร่วมกับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วน (Split type Air-Conditioning System) เพื่อลดการรักษารวมถึงยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรคในอากาศ เช่น เชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย ป้องกันการติดเชื้อในห้องปรับอากาศ รวมถึงการเพิ่มปริมาณออกซิเจน และกำจัดกลิ่นรวมถึงสารเคมีที่มีพิษในห้อง

การทดสอบทำในห้องทดลองขนาด 39.5 ตารางเมตร (m^3) โดยใช้เครื่องผลิตไอโซนขนาด 20 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง (mg/hr) เปิดร่วมกับระบบเครื่องปรับอากาศขนาด 12000 British Thermal Units (BTU) โดยในการทดลองจะเก็บข้อมูลของการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ และเครื่องผลิตไอโซน รวมถึงการทำการเก็บตัวอย่างอากาศเสียเพาะเชื้อดูปริมาณของเชื้อโรคที่มีในห้องทดลอง

จากการศึกษาทดลองเพิ่มอุณหภูมิจากเดิม 1-3 องศาเซลเซียส สภาพแวดล้อมเดิมจะทำให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าเมื่อควบคู่กับเครื่องผลิตไอโซนแล้วจะทำให้อากาศที่ออกมาที่นั้นสะอาดบริสุทธิ์ ปริมาณเชื้อโรคในอากาศจะลดลง 60% เมื่อเทียบกับห้องที่ไม่มีเครื่องผลิตไอโซน

คำสำคัญ: การปรับเปลี่ยนการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ สภาพแวดล้อมให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น และทำให้ประหยัดพลังงาน

Thematic Paper Title Ozone Application with Split type Air Conditioning for Energy Saving
Author Narong Sangnakkara
Thematic Paper Advisor Asst. Prof. Dr.Tika Bunnag
Department Building Technology Management
Academic year 2010

ABSTRACT

This study aim to present the usage of an ozone generator and a small split type air conditioning System for reducing the growth of germs in the air such as bacteria and fungi, increasing oxygen level, reducing odor and toxic in the air.

The experiment al was done in the be 39.5 square meters test room by using the 20 mg/h ozone generator and the 12000 BTU air conditioning. The energy consumption of the ozone generator and air conditioning System were recoded. The air was sampling for analyzing the amount of bacteria in the test room.

The experiment shows that when reducing temperature by 1–3 degrees the energy consumption was decrease. The ozone generator also improved the air quality by reducing the amount of bacteria by 60% compared to a room without ozone generator.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย

ปัจจุบัน ประเทศไทยมีความเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วส่งผลให้ประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานสูงขึ้นเป็นจำนวนมากในทุกภาคอุตสาหกรรม และธุรกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคขนส่ง ประกอบกับการผลิตพลังงานในประเทศยังไม่สามารถผลิตให้เพียงพอต่อการใช้พลังงานได้ ทำให้ประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากกลุ่มประเทศผู้ผลิตน้ำมัน ในปริมาณในแต่ละปีที่สูงมากกว่าห้าแสนล้านบาทต่อปี ในขณะที่ประเทศไทยสามารถส่งออกภาคการเกษตรได้ประมาณสามแสนล้านบาทต่อปีซึ่งเท่ากับว่าประเทศไทยต้องขายสินค้าภาคเกษตรเกือบ 2 ปี ถึงจะเทียบเท่าการนำเข้าน้ำมัน และจากรายงานประจำปี Thailand Energy Statistics 2004 ซึ่งจัดทำโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พบว่าในปี พ.ศ. 2547 ที่ผ่านมาประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานประมาณเก้าแสนเจ็ดหมื่นล้านบาทหรือเท่ากับ 15,290 บาทต่อคนต่อปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานกว่าร้อยละ 14.5 ซึ่งถือว่าเป็นภาระค่าใช้จ่ายที่สูงมากของประเทศ นอกจากนี้ ราคาน้ำมันดิบในตลาดโลกก็ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงในอัตราที่สูงอย่างต่อเนื่อง ความต้องการใช้พลังงานของปริมาณการใช้พลังงานมีเพิ่มมากขึ้นตามการอัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ การใช้พลังงานโดย ไม่มีการวางแผน ไม่มีการควบคุมทางด้านประสิทธิภาพ จะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยไม่จำเป็น ฉะนั้นหากมีการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในส่วนของคุณทุนพลังงานได้

ดังนั้น จึงเป็นที่มาของการศึกษาในการใช้เปิดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก (Split type) ควบคู่กับเครื่องทำไอโซนในอาคารสำนักงาน ควรมีการจัด วางแผนในการควบคุมการทำงาน โดยทำการเปรียบเทียบจากทฤษฎีการทำงานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กควบคู่กับเครื่องผลิตไอโซน ถ้าเปิดทำงานพร้อมกันนั้นจะมีผลอะไรต่อค่าพลังงานไฟฟ้า และถ้าเปิดเฉพาะเครื่องปรับอากาศอย่างเดียวจะมีผลแตกต่างกันอย่างไร เพื่อนำมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ ในการกำหนดมาตรการ การควบคุมการเปิดเครื่องปรับอากาศ ในอาคารสำนักงานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อศึกษาการวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนเมื่อใช้ร่วมกับระบบเครื่องผลิตไอโซน

2) วิเคราะห์ความสะอาดของอากาศห้องที่ใช้เครื่องผลิต โอโซนร่วมกับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วน

3) วิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อใช้เครื่องผลิต โอโซนร่วมกับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) การทดสอบในห้องที่มีพื้นที่ของห้องขนาด 39.5 ตารางเมตร

2) การทดสอบใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12000 บีทียูต่อตัน (BTU/TR)

3) เครื่องผลิตโอโซนที่ใช้มีกำลังการผลิต 10-20 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง

4) การวิเคราะห์ความสะอาดของอากาศหลังจากที่ใช้เครื่องผลิต โอโซนควบคู่กับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วน

5) การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนกับเครื่องผลิตโอโซน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1) เป็นแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานในระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

2) เป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพอากาศภายในห้องโดยใช้ระบบโอโซนร่วมกับระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

3) เป็นแนวทางในการลดต้นทุนการบำรุงรักษาในอาคารโดยใช้ระบบโอโซนเข้ามาควบคู่กับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

บทที่ 2

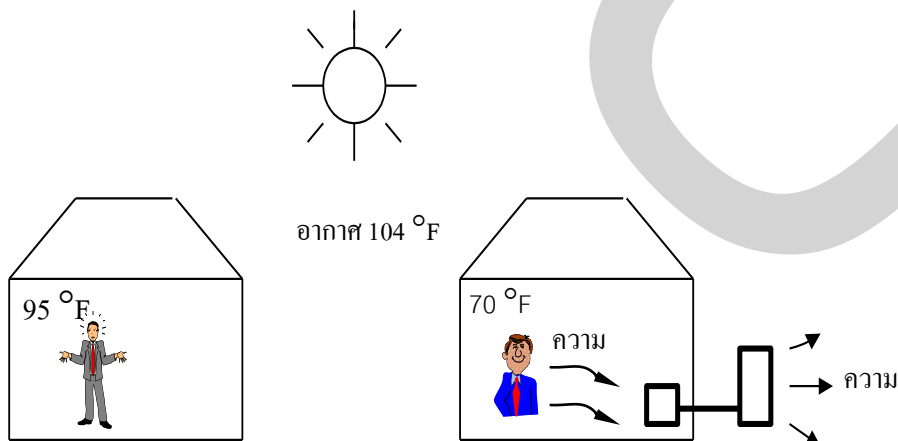
แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พื้นฐานการทำความเย็น

หลักการทำความเย็น เป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากพื้นที่หนึ่ง ซึ่งต้องการทำความเย็น โดยความร้อนจะถูกส่งผ่านน้ำยา จากนั้นน้ำยาจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศภายนอกพื้นที่ น้ำยาจะเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน โดยอาศัยกระบวนการอัดน้ำยาให้เป็นไอ กระบวนการควบแน่น กระบวนการขยายตัว และกระบวนการระเหย ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะเกิดตามส่วนต่างๆ ของระบบ เช่น ที่คอมเพรสเซอร์ ที่คอนเดนเซอร์ ที่อุปกรณ์ควบคุมการไหล เป็นต้น ดังนั้นการเรียนรู้เกี่ยวกับหลักการทำความเย็นในบทนี้ จึงเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้เพื่อให้ นักศึกษาสามารถวิเคราะห์ระบบทำความเย็นได้ถูกต้อง และสามารถซ่อมบำรุงระบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

หลักการทำความเย็น

1. การทำความเย็น (Refrigeration) คือกระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากพื้นที่ หรือวัตถุที่ต้องการทำความเย็น หรือเป็นกระบวนการลดอุณหภูมิ และรักษาอุณหภูมิของพื้นที่ หรือวัตถุที่ต้องการทำความเย็นให้ต่ำกว่าอุณหภูมิรอบๆ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การทำความเย็น

2.2 ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor Compression System)

ระบบทำความเย็นและปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบันอาศัยการทำงานแบบอัดไอน้ำยาทำความเย็นด้วยคอมเพรสเซอร์เพื่อนำน้ำยาทำความเย็นแล้วกลับมาใช้อีก น้ำยาทำความเย็นจะไหลเวียนภายในระบบปิดอยู่ตลอดเวลา รูปที่ 2.2 เป็นระบบทำความเย็นแบบอัดไอซึ่งประกอบด้วย อีแวปโปเรเตอร์ ท่อดูดคอมเพรสเซอร์ ท่อจ่าย คอนเดนเซอร์ ถังรับน้ำยา ท่อของเหลว และอุปกรณ์ควบคุมการไหล ซึ่งอุปกรณ์แต่ละส่วนมีหน้าที่ดังนี้

2.2.1 อีแวปโปเรเตอร์ (Evaporator) ทำหน้าที่ดูดความร้อนจากพื้นที่ หรือวัตถุที่ต้องการทำความเย็นไปใช้ในการเดือดกลายเป็นไอของน้ำยา

2.2.2 ท่อดูด (Suction Line) ทำหน้าที่ส่งไอน้ำยาที่เดือดจากอีแวปโปเรเตอร์แล้ว เข้าคอมเพรสเซอร์

2.2.3 คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่สูบน้ำยาให้ไหลเวียนภายในระบบพร้อมกับอัด ไอน้ำยาที่มีความดันต่ำ ให้เป็นไอน้ำยาที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง

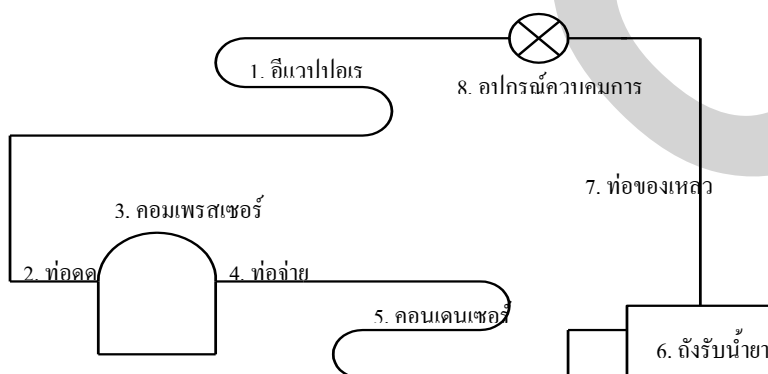
2.2.4 ท่อจ่าย (Discharge Line) ทำหน้าที่ส่งไอน้ำยาที่มีความดันสูง และอุณหภูมิสูงเข้าคอนเดนเซอร์

2.2.5 คอนเดนเซอร์ (Condenser) ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับไอน้ำยาที่มีอุณหภูมิสูง ออกสู่อากาศภายนอกระบบ เมื่อไอน้ำยาได้รับการระบายความร้อนจะเกิดการควบแน่นเป็นน้ำยาเหลวความดันและอุณหภูมิสูง

2.2.6 ถังรับน้ำยา (Receivers) ทำหน้าที่เก็บน้ำยาที่เป็นของเหลว ที่ออกมาจากคอนเดนเซอร์ เพื่อจ่ายให้กับอีแวปโปเรเตอร์ต่อไป

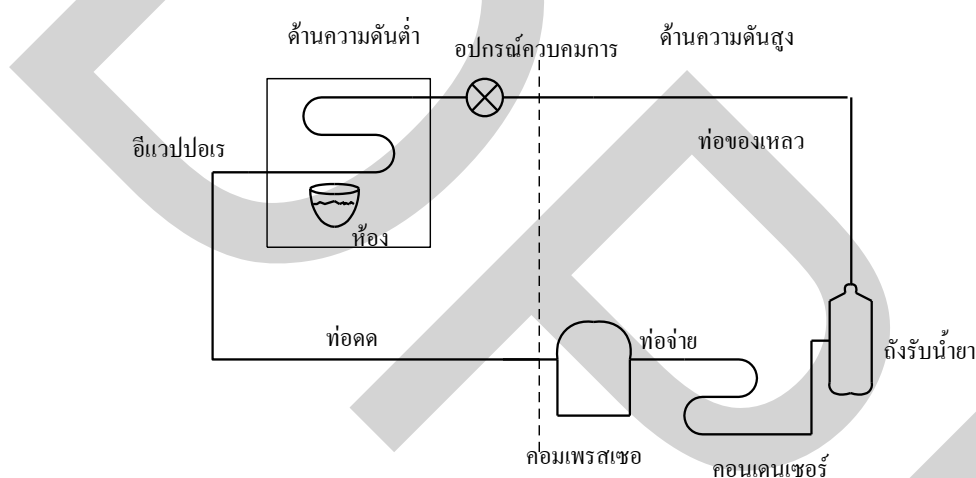
2.2.7 ท่อของเหลว (Liquid Line) ทำหน้าที่ ส่งน้ำยาที่เป็นของเหลวจากถังรับน้ำยาเข้าอุปกรณ์ควบคุมการไหล

2.2.8 อุปกรณ์ควบคุมการไหล ทำหน้าที่ควบคุมน้ำยาที่ไหลเข้าอีแวปโปเรเตอร์



รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

เมื่อพิจารณาความดันของน้ำยาทำความเย็นในระบบเป็นหลัก สามารถแบ่งระบบทำความเย็นแบบอัดไอออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ความดันของน้ำยาต่ำ ส่วนนี้เรียกว่า ด้านความดันต่ำ (Lowside Pressure) หรือความดันอีแวปอเรเตอร์ หรือความดันด้านดูด (Suction Pressure) ด้านนี้ประกอบด้วย อุปกรณ์ควบคุมการไหล อีแวปอเรเตอร์ ท่อดูด ดังรูปที่ 2.3 ส่วนที่สองคือส่วนที่ความดันของน้ำยาสูง ส่วนนี้เรียกว่า ด้านความดันสูง (Highside Pressure) หรือความดันคอนเดนซิ่ง (Condensing Pressure) หรือความดันด้านจ่าย (Discharge Pressure) ด้านนี้ประกอบด้วยคอมเพรสเซอร์ ท่อจ่าย คอนเดนเซอร์ ถังรับน้ำยา และท่อของเหลว ดังรูปที่ 2.3

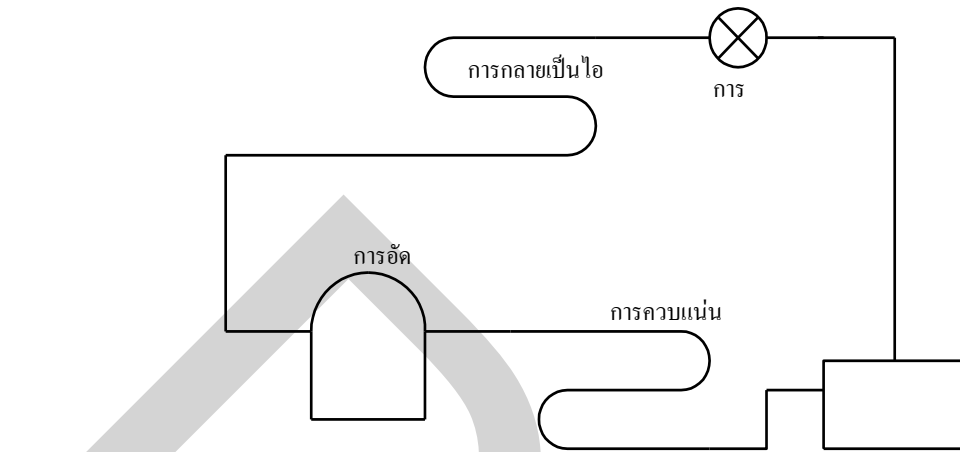


รูปที่ 2.3 ด้านความดันต่ำและด้านความดันสูง

2.3 วัฏจักรของการทำความเย็น (Refrigeration Cycle)

ในระบบทำความเย็นแบบอัดไอ น้ำยาทำความเย็นจะไหลเวียนผ่านส่วนต่างๆ ของระบบอยู่ตลอดเวลา ในแต่ละรอบ น้ำยาจะต้องผ่านกระบวนการต่อไปนี้

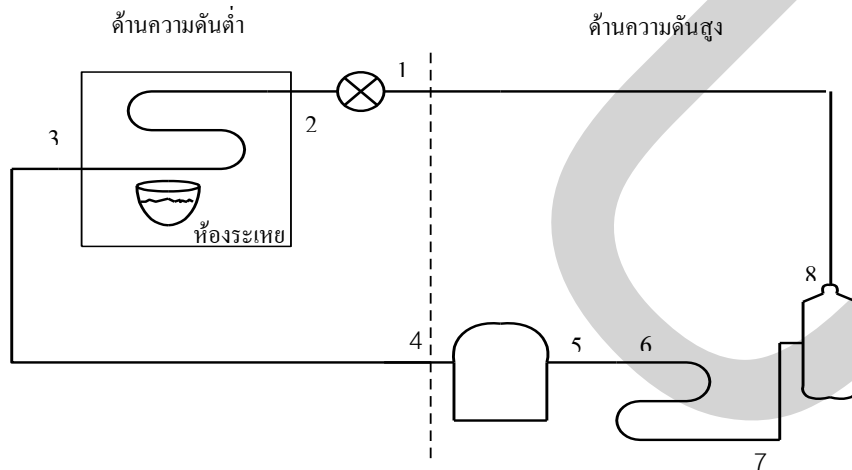
- 2.3.1 การขยายตัว (Expansion) เกิดที่อุปกรณ์ควบคุมการไหล
- 2.3.2 การกลายเป็นไอ (Vaporization) เกิดที่อีแวปอเรเตอร์
- 2.3.3 การอัดไอ (Compression) เกิดที่คอมเพรสเซอร์
- 2.3.4 การควบแน่น (Condensation) เกิดที่คอนเดนเซอร์ ดังรูปที่ 2.4 ในหนึ่งวัฏจักรของการทำความเย็นเบื้องต้น จะต้องประกอบด้วยกระบวนการหลัก 4 กระบวนการดังที่ได้กล่าวมาแล้ว



รูปที่ 2.4 กระบวนการที่เกิดขึ้นกับน้ำยาในหนึ่งวัฏจักร

การทำงานของระบบทำความเย็น

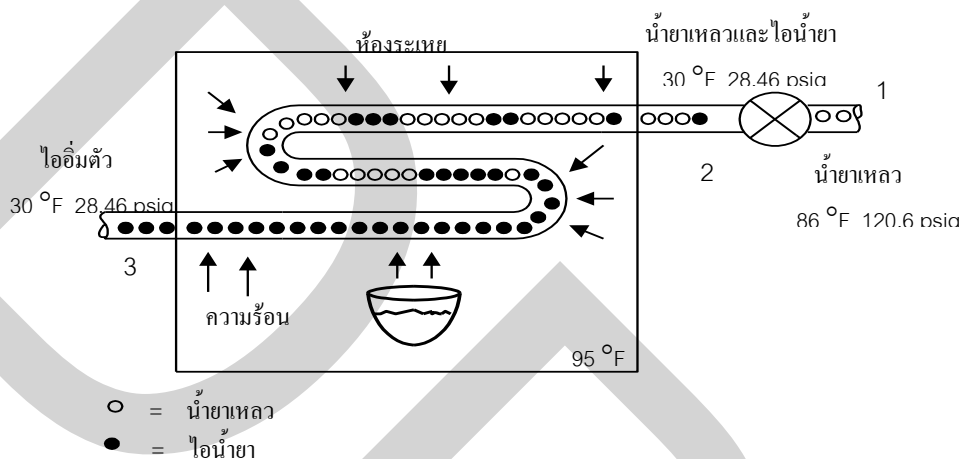
ระบบทำความเย็นจะทำความเย็นได้ น้ำยาภายในระบบจะต้องไหลเวียนอุปกรณ์ที่ทำให้น้ำยาไหลเวียนในระบบคือ คอมเพรสเซอร์ ซึ่งเปรียบเสมือนเครื่องสูบลม ที่สูบน้ำยาให้ไหลเวียนอยู่ตลอดที่ระบบทำงาน รูปที่ 2.5 แสดงวงจรน้ำยาของระบบทำความเย็นแบบอัดไอการทำงานของระบบทำความเย็นอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 2.5 วงจรน้ำยาของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

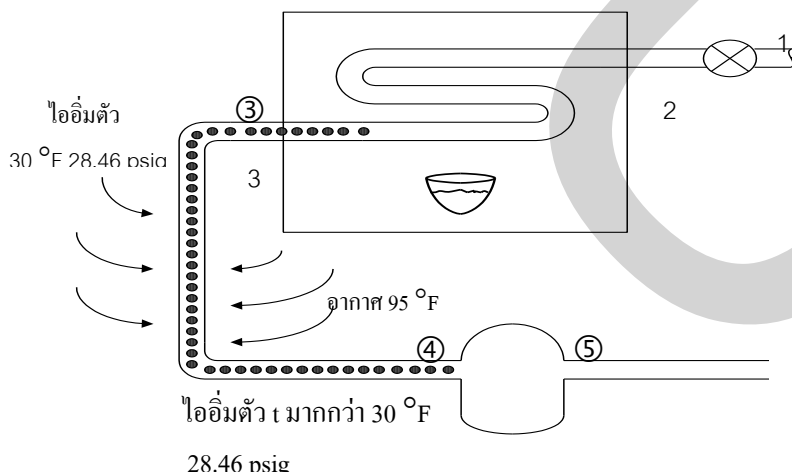
ที่จุด 1 น้ำยาที่ไหลเข้าอุปกรณ์ควบคุมการไหล จะอยู่ในสถานะของเหลวที่มีความดันสูง อุณหภูมิสูง อุปกรณ์ควบคุมการไหลจะลดความดันของน้ำยาลงทำให้จุดเดือดของน้ำยาลดต่ำลง

ที่จุด 2 น้ำยาที่ออกจากอุปกรณ์ควบคุมการไหล จะไหลเข้าอีแวปอเรเตอร์เป็นละอองน้ำยา โดยน้ำยาจะมีจุดเดือดต่ำกว่าอุณหภูมิของวัตถุที่เชื่อมในห้องทำความเย็น ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อน จากวัตถุที่แช่ไปให้น้ำยาๆ เกิดการเดือดกลายเป็นไอ โดยที่อุณหภูมิและความดันของน้ำยาคงที่ ความร้อนที่ใช้ในการเดือดกลายเป็นไอคือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ ดังรูปที่ 2.6



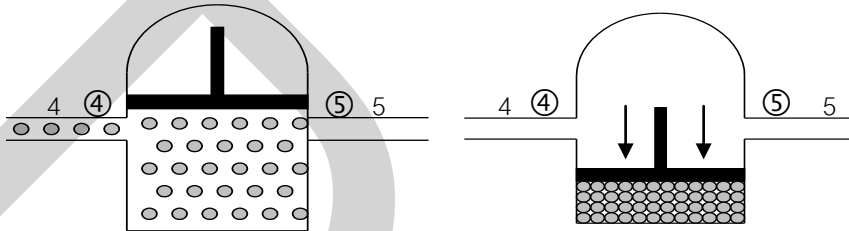
รูปที่ 2.6 การระเหยของน้ำยาในห้องระเหย

ที่จุด 3 น้ำยาที่ออกจากอีแวปอเรเตอร์ จะอยู่ในสถานะไอที่ความดันต่ำ, อุณหภูมิต่ำ ถูกส่งผ่านทางท่อชุด เข้าคอมเพรสเซอร์ ขณะที่ผ่านท่อชุด ไอของน้ำยาจะได้รับความร้อนจากอากาศรอบๆ ทำให้ไอน้ำยามีอุณหภูมิสูงขึ้นแต่ความดันยังคงที่ ความร้อนช่วงนี้คือ ความร้อนยิ่งยวด ดังรูปที่ 2.7



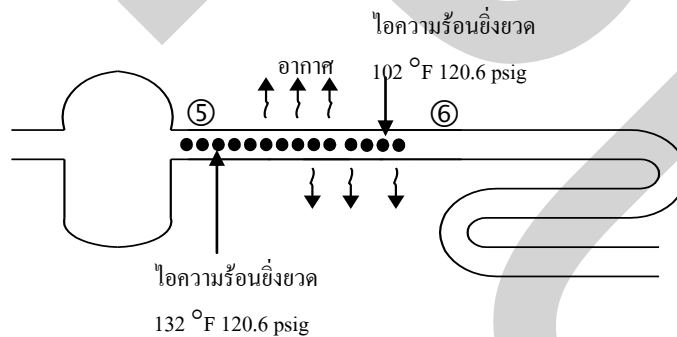
รูปที่ 2.7 การให้ความร้อนยิ่งยวดกับไออิ่มตัว

ที่จุด 4 น้ำยาที่เข้าคอมเพรสเซอร์ จะอยู่ในสถานะไอที่ความดันต่ำ อุณหภูมิต่ำ จากนั้นคอมเพรสเซอร์จะอัดไอน้ำยาให้มีปริมาตรลดลง ทำให้ความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น โดยอุณหภูมิของไอจะสูงกว่าอุณหภูมิไออิ่มตัว กระบวนการนี้แสดงดังรูปที่ 2.8



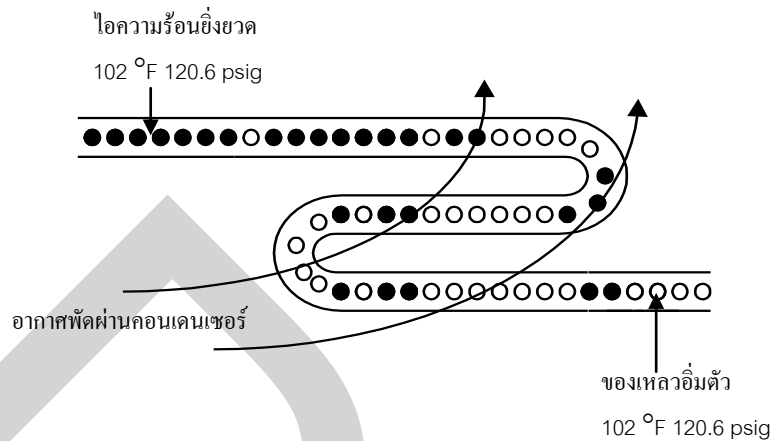
รูปที่ 2.8 การอัดไออิ่มตัวในคอมเพรสเซอร์

ที่จุด 5 ไอน้ำที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศรอบๆ ทำให้เกิดการระบายความร้อนให้กับอากาศ ขณะถูกส่งผ่านท่อจ่ายไปยังคอนเดนเซอร์ทำให้อุณหภูมิจนของไอน้ำลดลงเท่ากับอุณหภูมิไออิ่มตัว แต่ยังคงสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศรอบๆ คอนเดนเซอร์ ดังรูปที่ 2.9



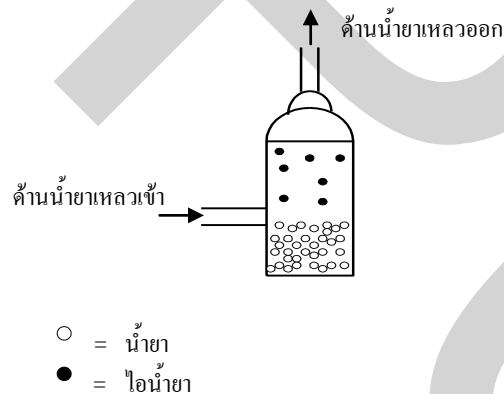
รูปที่ 2.9 การระบายความร้อนของไอความร้อนยิ่งยวด

ที่จุด 6 ไอน้ำที่เข้าคอนเดนเซอร์จะมีความดันสูง อุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิอิ่มตัวแต่สูงกว่าอุณหภูมิของอากาศรอบๆ คอนเดนเซอร์ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อน จากไอน้ำให้กับอากาศรอบๆ คอนเดนเซอร์ ผ่านพื้นผิวคอนเดนเซอร์ ไอน้ำเกิดการควบแน่นเป็นของเหลว โดยที่ความดันและอุณหภูมิยังคงที่ ความร้อนที่ถ่ายเทให้กับอากาศคือ ความร้อนแฝงของการควบแน่น กระบวนการนี้แสดงดังรูปที่ 2.10



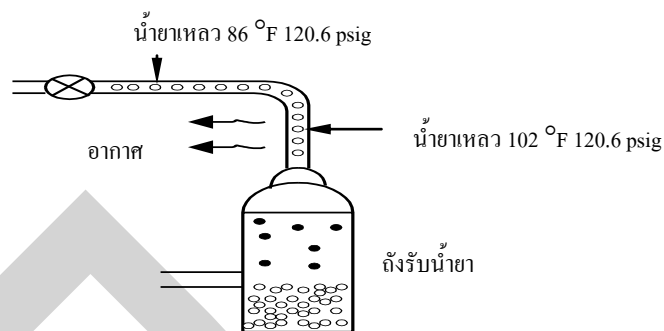
รูปที่ 2.10 การทำงานของคอนเดนเซอร์

ที่จุด 7 น้ำยาที่ออกจากคอนเดนเซอร์ จะอยู่ในสถานะของเหลวอุณหภูมิสูง ความดันสูงจะไหลเข้าถังรับน้ำยา ภายในถังรับน้ำยาจะประกอบด้วยน้ำยาที่อยู่ในสถานะของเหลวกับน้ำยาที่อยู่ในสถานะไอซึ่งยังไม่ควบแน่นลอยอยู่ด้านบน



รูปที่ 2.11 น้ำยาเหลวและไอน้ำยาในถังรับน้ำยา

ที่จุด 8 น้ำยาเหลวจะถูกปล่อยออกจากถังรับน้ำยา ส่งผ่านทางท่อของเหลวเข้าอุปกรณ์ควบคุมการไหล ระหว่างทางน้ำยาซึ่งเป็นของเหลวอิ่มตัวจะมีอุณหภูมิอิ่มตัวสูงกว่าอากาศรอบๆ ท่อทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากน้ำยาไปยังอากาศ ทำให้อุณหภูมิของน้ำยาลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว ซึ่งกระบวนการนี้คือ การจับคู่ และเรียกของเหลวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอิ่มตัวว่า ของเหลวจับคู่ ดังรูปที่ 2.12 ต่อจากนี้การไหลเวียนของน้ำยาทำความเย็นก็จะเริ่มรอบใหม่ซึ่งจะผ่านกระบวนการขยายตัว กระบวนการเดือดเป็นไอ กระบวนการอัดไอและกระบวนการควบแน่นกลับเป็นของเหลวตามเดิม โดยจะหมุนเวียนไปเรื่อยๆ ตลอดเวลาของการทำงาน



รูปที่ 2.12 การระบายความร้อนของน้ำยาเหลวที่ท่อของเหลว

สรุป

1. การทำความเย็น เป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากพื้นที่หรือวัตถุที่ต้องการทำความเย็น
2. ระบบทำความเย็นแบบอัดไอมืออุปกรณ์หลักคืออีแวปอเรเตอร์คอมเพรสเซอร์ ท่อดูด ท่อจ่าย คอนเดนเซอร์ ถังรับน้ำยา ท่อของเหลวและอุปกรณ์ควบคุมการไหล
3. วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ น้ำยาจะต้องผ่านกระบวนการขยายตัวการเกิดไอ การอัดไอ และการควบแน่น
4. การทำงานของระบบทำความเย็นเริ่มที่ไอน้ำยาถูกอัดออกจากคอมเพรสเซอร์เข้าไปควบแน่นกลายเป็นน้ำยาเหลวที่คอนเดนเซอร์ จากนั้นผ่านถังรับน้ำยาเข้าอุปกรณ์ควบคุมการไหล ทำให้น้ำยาเหลวขยายตัว ระเหยกลายเป็นไอน้ำยาที่อีแวปอเรเตอร์ จากนั้นไอน้ำยาจะถูกคอมเพรสเซอร์อัดอีกครั้งเป็นวัฏจักรหมุนเวียนอย่างนี้ไปเรื่อยๆ

2.4 ประเภทของเครื่องปรับอากาศ

ปัจจุบันเครื่องปรับอากาศที่ใช้กันทั่วไปนั้น สามารถจำแนกของระบบปรับอากาศออกได้เป็น 2 แบบ คือ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Ttpe Air-cConnditioning System) และเครื่องปรับอากาศแบบระบบทำความเย็นส่วนกลาง (Central Air-Conditionings System) มีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

เครื่องปรับอากาศแบบนี้สามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วน ดังรูปที่ 2.13 ส่วนแรกคือส่วนที่อยู่ภายในห้องเรียกว่าแฟนคอยล์ยูนิต (Fan Coil Unit) ประกอบด้วย ตัวตู้พัดลม อีวาโปเรเตอร์ ลี้นลดความดันและแผงกรองอากาศ ส่วนที่สองคือส่วนที่อยู่ภายนอกห้องเรียกว่าคอนเดนซิ่งยูนิต (Condensing Unit) ซึ่งประกอบไปด้วยคอมเพรสเซอร์ พัดลม คอนเดนเซอร์ แผงสวิตช์และอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน



รูปที่ 2.13 เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วน

2. เครื่องปรับอากาศแบบระบบทำความเย็นส่วนกลาง

เครื่องปรับอากาศแบบระบบทำความเย็นส่วนกลางหมายถึงกลุ่มของเครื่องทำความเย็นหนึ่งเครื่องหรือมากกว่าที่จ่ายน้ำเย็นให้กับเครื่องส่งลมเย็นขนาดเล็กและเครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่จุดต่างๆ ของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร โดยเครื่องทำน้ำเย็นไม่จำเป็นต้องวางอยู่ตำแหน่งศูนย์กลางเมื่อเทียบกับอาคารทั้งหลายและจำนวนเครื่องทำความเย็นอาจมีหนึ่งหรือสองเครื่องหรือมากกว่าตามขนาดและการใช้งานของอาคาร ซึ่งอาจมีการกระจายสถานที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบระบบทำความเย็นส่วนกลางออกไปถึงสองสามแห่งเนื่องจากพื้นที่การติดตั้งในช่วงแรกไม่เพียงพอสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบระบบทำความเย็นส่วนกลางระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller Air-Conditioning System) และเครื่องปรับอากาศแบบระบบทำน้ำเย็นส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller Air-Conditioning System) จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศพบว่าเครื่องปรับอากาศแบบระบบทำน้ำเย็นส่วนกลางระบายความร้อนด้วยน้ำ มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงเนื่องจากมีอุปกรณ์ประกอบระบบหลายประเภทที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น หอผึ่งน้ำและเครื่องส่งน้ำระบายความร้อน เป็นต้น

สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบระบบทำความเย็นส่วนกลางนั้น สามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนระบบทำความเย็นและส่วนระบบระบายความร้อน ซึ่งในส่วนของระบบทำความเย็นจะใช้คอมเพรสเซอร์ในการขับเคลื่อนสารทำความเย็นซึ่งพลังงานที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์จะเป็นพลังงานไฟฟ้าสามารถแบ่งขนาดของเครื่องปรับอากาศได้ตามลักษณะคอมเพรสเซอร์ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ขนาดตันความเย็นของคอมเพรสเซอร์

ชนิดของคอมเพรสเซอร์	ขนาดตันความเย็นโดยประมาณ
1.แบบลูกสูบ (Reciprocating)	3 – 200 ตันความเย็น
2.แบบสโครล (Scroll)	15 – 60 ตันความเย็น
3.แบบโรตารี (Rotary)	50 – 1300 ตันความเย็น
4.แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal)	150 – 2000 ตันความเย็น

2.5 ชนิดของคอมเพรสเซอร์ (Type of Compressor)

1. คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor) หน้าที่การทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ ดังรูปที่ 2.14 คือจะดูดและอัดน้ำยาในสถานะที่เป็นแก๊ส โดยดูดน้ำยาในสถานะแก๊สที่มีความดันต่ำ และอุณหภูมิต่ำเข้ามาอัดตัวให้เป็นแก๊สที่มีความดันสูง และอุณหภูมิสูงขึ้น ถูกส่งไปคอนเดนเซอร์ หลักการทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบคือ ในแต่ละกระบอกสูบจะประกอบด้วยชุดของลิ้นทางดูดและลิ้นทางอัดซึ่งติดอยู่กับวาล์วแฟลต ขณะที่ลูกสูบหนึ่งลงในจังหวะดูด อีกลูกหนึ่งจะเคลื่อนที่ขึ้นในจังหวะอัดคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบเป็นแบบที่มีการใช้งานแพร่หลาย มีให้เลือกใช้กับงานต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง

การออกแบบคอมเพรสเซอร์จะต้องเลือกให้เหมาะสมที่สุดกับการทำงานภายในขอบเขตที่กำหนดกับสารทำความเย็นที่ใช้การให้คอมเพรสเซอร์ทำงานภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง โดยออกแบบใช้วาล์วทำงานที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้เกิดการสูญเสียความสามารถในการดูดถึง 10 % คอมเพรสเซอร์จำนวนมากมีการใช้งานเกินกำลังของมอเตอร์และเป็นผลให้อุปกรณ์ป้องกันตัดทำให้มอเตอร์หยุดทำงาน

คอมเพรสเซอร์ได้มีการพัฒนาประสิทธิภาพสูงขึ้นตลอดเวลาส่วนสำคัญที่มีการปรับปรุงได้แก่ การลดปริมาตรช่องว่างของลูกสูบปรับปรุงการไหลผ่านวาล์ว

- เส้นทางการไหลที่คล่องขึ้น
- ลดการสูญเสียความดัน

ลดการสูญเสียความร้อนจากไอด้านส่งออกไปสู่ด้านดูดการปรับปรุงดังกล่าวอาจจะทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ถึง 20% แต่อย่างไรก็ตามต้นทุนการผลิตคอมเพรสเซอร์ที่สูงตามไปด้วยเนื่องจากความซับซ้อนในการผลิตที่เพิ่มขึ้น สิ่งที่มีความสำคัญของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบอยู่ที่การป้องกันไม่ให้สารทำความเย็นเหลวหรือน้ำมันหล่อลื่นจำนวนมากหลุดเข้าไปในกระบอกเนื่องจากจะทำให้เคลื่อนที่ขัดข้อง



รูปที่ 2.14 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ

2. คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw Compressor) มีขนาดให้เลือกใช้ได้ตั้งแต่ขนาด 50 Kw โดยทั่วไปถูกนำไปใช้กับงานที่มีอุณหภูมิปานกลางถึงอุณหภูมิสูง รูปทรงทางเรขาคณิตของมันเป็นตัวกำหนดอัตราส่วนความดันที่เหมาะสมที่สุดการทำงานที่อัตราส่วนความดันผิดไปจากนี้จะทำให้ประสิทธิภาพตกลงไป ด้วยเหตุนี้ผู้ผลิตจึงมักผลิตคอมเพรสเซอร์ให้มามีการทำงานที่กว้างเพื่อให้ได้ลักษณะสมบัติการทำงานที่แตกต่างกัน

น้ำมันหล่อลื่นจำนวนมากจะถูกฉีดเข้าไปในคอมเพรสเซอร์แบบสกรูเพื่อเป็นการซีลช่องว่างระหว่างโรเตอร์กับเปลือกหุ้ม น้ำมันดังกล่าวจะต้องแยกออกจากสารทำความเย็นโดย ตัวแยกที่มีขนาดที่เหมาะสม สำหรับความร้อนที่เกิดจากการอัดส่วนหนึ่งจะถูกกลืนไว้โดยน้ำมัน ซึ่งจะต้องได้รับการระบายทิ้งไปโดยตัวระบายความร้อนซึ่งตามปกติมักใช้อากาศหรือน้ำ การใช้สารทำความเย็นเป็นตัวระบายความร้อนจะทำให้กำลังความจุของระบบหายไป 10% และทำให้ประสิทธิภาพลดลงไปด้วย ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู

3. คอมเพรสเซอร์แบบก้นหอย (Scroll Compressor) ได้รับความสนใจเมื่อไม่นาน และได้มีการพัฒนาอย่างกว้างขวางด้วยเทคนิคการผลิตที่ดีขึ้นทำให้สามารถผลิตคอมเพรสเซอร์ชนิดนี้เป็นที่แพร่หลาย ได้มีงานปรับอากาศขนาดเล็กและขนาดกลาง เนื่องจากการทำงานที่เงียบ การสันตะเทียนต่ำ รวมทั้งมีประสิทธิภาพสูงที่เหนือกว่าคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบซึ่งอัตราการอัดต่ำทำให้คอมเพรสเซอร์แบบก้นหอยมีความเหมาะสมกับการทำความเย็นที่มีอุณหภูมิสูง เช่น ช่องเก็บเบียร์ ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 คอมเพรสเซอร์แบบก้นหอย

2.6 ข้อมูลเกี่ยวกับสมรรถนะของคอมเพรสเซอร์ (Scroll Compressors)

อัตราการดึงความร้อนออกและกำลังป้อนเข้าคอมเพรสเซอร์ โดยมากจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการระเหยและอุณหภูมิการควบแน่นสมรรถนะของคอมเพรสเซอร์ตามปกติจะแสดงเป็นรูปกราฟ

ข้อมูลเหล่านี้ถูกแสดงไว้เป็นสภาวะที่ระบุไว้ ตามข้อกำหนดจำเป็นต้องทำการปรับแก้เพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะการทำงานจริงกล่าวคือ

อุณหภูมิไอทางด้านดูด

ระดับความเย็นยิ่งของของเหลว (Liquid Sub cooling) สำหรับคอมเพรสเซอร์ชนิดเปิด (Open type) จะต้องระมัดระวังเรื่องความเร็วที่ใช้งานจริงของคอมเพรสเซอร์ ส่วนคอมเพรสเซอร์ชนิดกึ่งปิดความเร็วจะถูกกำหนดตายตัวโดยมอเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายใน

2.7 การควบคุมพิกัดการทำงาน (Capacity control)

สิ่งที่สำคัญจะต้องรักษาประสิทธิภาพของระบบให้สูงอยู่เสมอในขณะที่ระบบมีการเปลี่ยนแปลงของภาระในช่วงกว้างดังนั้น คอมเพรสเซอร์จะต้องสามารถทำงานเปลี่ยนแปลงการทำงานตามภาระได้ในระบบที่ใช้คอมเพรสเซอร์หลายตัวเราสามารถแปรเปลี่ยนพิกัดการทำงานได้โดยไม่ต้องหยุดการทำงานของคอมเพรสเซอร์บางตัวหรือลดกำลังความจุของคอมเพรสเซอร์บางตัววิธีที่ดีที่สุดที่จะช่วยประหยัดพลังงานคือหยุดการทำงานของเครื่องที่ไม่จำเป็น

2.8 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating Compressors)

วิธีการในการลดกำลังความจุของคอมเพรสเซอร์มีหลายวิธีคือ การปิดกั้นการไหลของแก๊สทางด้านดูด การยกวาล์วทางด้านดูดขึ้น การให้ไอร้อนด้านอัดไหลหมุนเวียนกลับมาที่เดิม

สิ่งที่สำคัญในการเลือกคอมเพรสเซอร์ คือจะต้องตรวจสอบข้อมูลของผู้ผลิตเพื่อให้อุ่นใจว่ารุ่นที่เลือกเป็นชนิดที่ประหยัดพลังงานการใช้พลังงานต้องสอดคล้องกับภาระงานเมื่อภาระการทำงานเย็นลดลงการใช้พลังงานก็จะลดลงด้วย

ควรทำการตรวจสอบด้วยว่าคอมเพรสเซอร์จำเป็นต้องมีการระบายความร้อนเสริมหรือไม่ในขณะที่มีการควบคุมพิกัดการทำงานเนื่องจากการระบายความร้อนดังกล่าวต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น

จำนวนของขั้นตอนในการลดกำลังความจุที่สามารถยอมรับได้ของคอมเพรสเซอร์จะขึ้นอยู่กับการออกแบบคอมเพรสเซอร์และมีผลโดยตรงกับจำนวนกระบอกสูบสำหรับคอมเพรสเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยไอของสารทำความเย็นด้านดูดกำลังความจุบางส่วนถูกใช้ไปในการระบายความร้อนให้กับมอเตอร์

2.9 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw compressors)

ขนาดพิกัดทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์แบบสกรูขนาดใหญ่สามารถแปรเปลี่ยนได้จาก 100% ถึง 10% โดยใช้แผ่นเลื่อน (Slide Vane) ขณะเปิดเครื่องที่ภาระบางส่วน (Portland) ประสิทธิภาพจะลดลงเหลือ 50% ของพิกัดทำความเย็นแต่ถ้าค่าพิกัดทำความเย็นต่ำกว่านี้ประสิทธิภาพก็จะตกลงอย่างรวดเร็ว

คอนเดนเซอร์ (Condenser) ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายมี 3 ชนิดคือชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ ใช้อากาศจากบรรยากาศระบายความร้อนด้วยน้ำ (ใช้น้ำประปา น้ำแม่น้ำ หรือจากหอผึ่งน้ำ Cooling tower) ระบายความร้อนโดยการระเหย (Evaporative Cooled) ใช้อากาศจากบรรยากาศและน้ำที่ไหลเวียนสองชนิดหลังมีข้อดี คืออุณหภูมิกระเปาะเปียกที่ต่ำกว่าอุณหภูมิรอบๆ และการถ่ายเทความร้อนของน้ำดี สามารถทำงานที่อุณหภูมิควบแน่นที่ต่ำลงได้ สำหรับการเปรียบเทียบการใช้งานของ

คอนเดนเซอร์ต่างชนิดกันต้องนำเอากำลังป้อนเข้าของพัลลัมปีมน้ำและเครื่องทำความร้อนมาคิดด้วย โดยทั่วไประบบทำความเย็นขนาดกำลังความจุต่ำกว่า 100 kW จะใช้คอนเดนเซอร์ชนิดที่ระบายความร้อนด้วยอากาศเว้นแต่จะมีข้อจำกัดทางด้านเนื้อที่และเสียงรบกวน

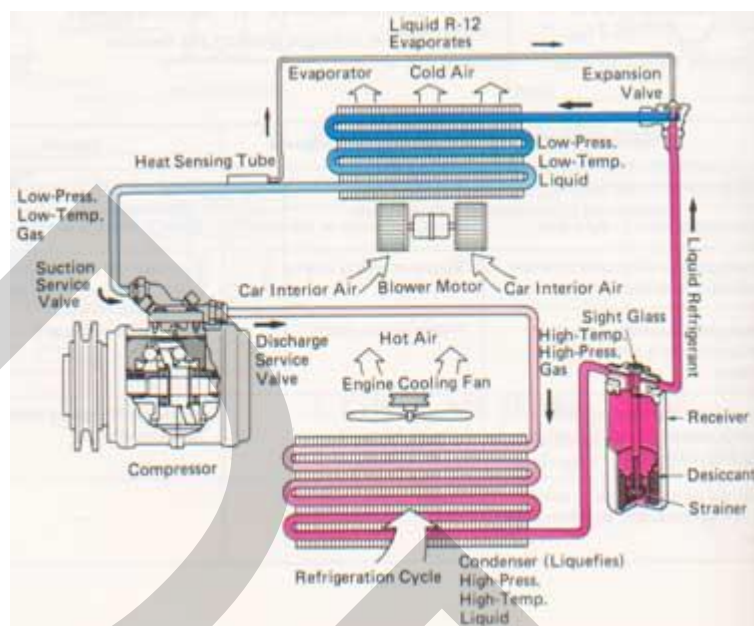
กรณีที่มีการกำหนดกำลังความจุค่าหนึ่ง และมีการเลือกคอนเดนเซอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่าจะมีผลทำให้อุณหภูมิควบแน่นต่ำกว่าปกติซึ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพดีกว่าปกติ แต่อาจจะเกิดปัญหาเกิดขึ้นในกรณีที่ระบบมีการใช้วาล์วขยายตัวแบบเทอร์โมสแตติกได้ถ้าความดันควบคุมการไหลของสารทำความเย็นอย่างถูกต้องภายใต้สภาวะดังกล่าว ก็จะมีผลต่อความน่าเชื่อถือประสิทธิภาพของระบบได้ ในกรณีเช่นนี้สามารถทำการควบคุมความดันควบแน่น โดยเพิ่มความดันเทียมเข้าไปในระบบ ถึงแม้ว่าการกระทำเช่นนี้จะให้ประสิทธิภาพที่ไม่ดี และอาจจะไม่จำเป็นถ้าใช้อุปกรณ์ขยายตัวที่ซับซ้อนขึ้นแทนเช่น วาล์วขยายตัวแบบอิเล็กทรอนิกส์

คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Condensers) ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศนั้น สารทำความเย็นจะเกิดการควบแน่นภายในท่อโดยใช้พัลลัมพัดอากาศให้ไหลผ่านผิวท่อด้านนอกเพื่อทำให้การถ่ายเทความร้อนดีขึ้นพื้นผิวภายนอกของท่อมักจะได้รับการเสริมด้วยครีบลโลหะลูกฟูก

ระบบทำความเย็นที่ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมควรจะทำงานโดยมีอุณหภูมิควบแน่นสูงกว่าอุณหภูมิรอข้างไม่เกิน 14°C สำหรับคอนเดนเซอร์ขนาดใหญ่ วิธีปฏิบัติทั่วไปในการควบคุมความดันคอนเดนเซอร์ก็คือการปิดพัลลัมหรือให้พัลลัมหมุนช้าลงแม้จะเป็นวิธีที่ประสิทธิภาพไม่ดีนักก็ตาม

ถ้าคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศทำงานในบริเวณที่มีการกัดกร่อน เช่น อยู่ใกล้ทะเลหรือในอากาศที่มีมลพิษ ควรเลือกใช้วัสดุสำหรับท่อหรือครีบลให้เหมาะสมและทำการเคลือบป้องกันผิว

คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศมักจะมีความเสี่ยงต่อการอุดตันจากเศษวัสดุที่ลอยมาในอากาศเช่น ฝุ่น ขนนก เป็นต้นจึงต้องมีการทำความสะอาดเป็นระยะๆ (ไม่ใช่ด้วยสารทำความเย็น) เพื่อป้องกันการสะสมของสิ่งสกปรกซึ่งจะลดการไหลผ่านของอากาศ และทำให้ความดันควบแน่นสูงขึ้น



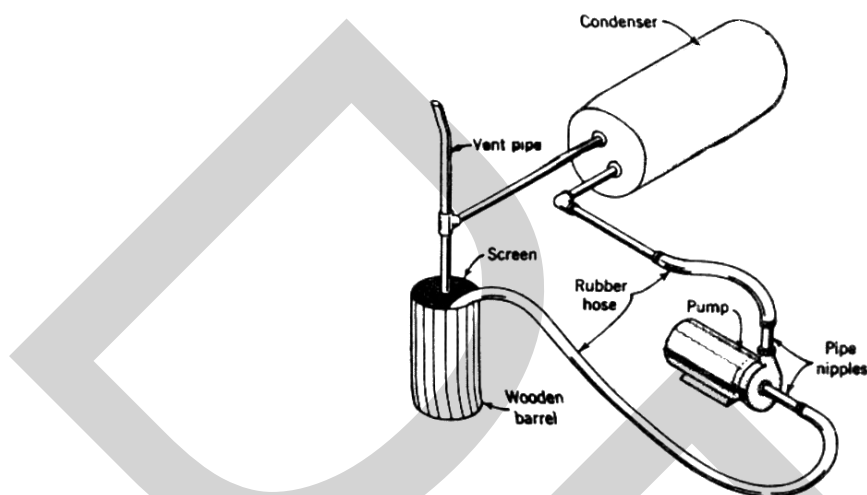
รูปที่ 2.17 คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ

คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-Cooled Condensers) จะเป็นแบบเปลือก และท่อ (Shell and tube) โดยน้ำที่ระบายความร้อนจะไหลอยู่ในท่อภายในเปลือกหุ้มส่วนสารทำความเย็นจะไหลอยู่ในเปลือกหุ้มและเกิดการควบแน่นตามบริเวณพื้นผิวภายนอกของท่อที่เป็นการถ่ายเทความร้อนจากคอนเดนเซอร์จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นประมาณ 5°C ส่วนอุณหภูมิของน้ำที่ออกจากคอนเดนเซอร์จะมีค่าแตกต่างกับอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่เกิดการควบแน่น ประมาณ 5°C

สำหรับระบบทำความเย็นขนาดเล็กมากที่ใช้ในเชิงพาณิชย์โดยทั่วไปจะใช้น้ำประปาระบายความร้อนโดยตรง แต่ถ้าระบบใหม่ๆ จะมีการออกแบบให้มีการใช้น้ำน้อยลงเนื่องจากราคาน้ำประปามีราคาสูงขึ้น

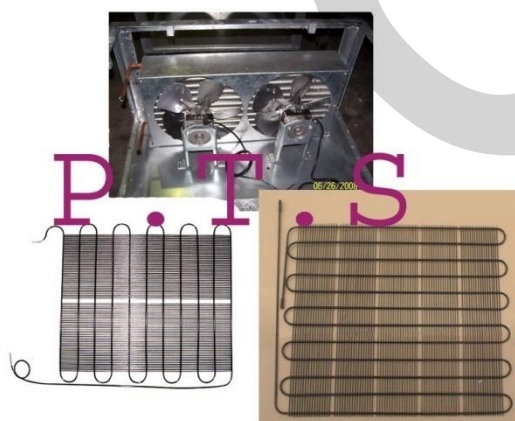
ส่วนระบบขนาดใหญ่ที่ระบายความร้อนจะถูกทำให้เย็นลงโดยใช้หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) ผลของการระบายความร้อนให้กับน้ำบางส่วนก็ระเหยไปกับอากาศ และถ้าหากทางเดินของอากาศและน้ำเกิดการอุดตันจะทำให้ประสิทธิภาพของการระบายความร้อนลดลงอย่างมาก การอุดตันดังกล่าวเกิดขึ้นได้เสมอ โดยมีต้นเหตุจากตะกอนในน้ำกระด้างหรือตะไคร่น้ำ ดังนั้นน้ำที่ระบายความร้อนได้รับการบำบัดเพื่อป้องกันปัญหาข้างต้นและป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสำหรับหอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) ควรมีอุณหภูมิระหว่าง $13\text{-}18^{\circ}\text{C}$ ของอุณหภูมิของกระเปาะเปียกของอากาศ (ซึ่งอาจจะต่ำกว่าอุณหภูมิของกระเปาะแห้ง 10°C)

สำหรับน้ำที่ใช้กับคอนเดนเซอร์อาจมีการเสี่ยงต่อการอุดตัน เนื่องจากตะกอนของน้ำกระด้าง กรณีที่มีแนวโน้มว่าเกิดปัญหาดังกล่าวควรเลือกคอนเดนเซอร์ที่สามารถทำความสะอาดได้



รูปที่ 2.18 คอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ

คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนโดยการระเหย (Evaporative Condensers) โดยการระเหยนั่น สารทำความเย็นจะเกิดการควบแน่นในท่อภายนอกเปียกน้ำ มีอากาศพัดผ่านสำหรับน้ำที่ใช้ในการฉีดพ่นพื้นผิวผ่านนอกของท่อจะถูกปั๊มให้หมุนเวียน โดยต้องมีการเติมน้ำ เพื่อชดเชยน้ำที่หายไป คอนเดนเซอร์ ชนิดระบายความร้อนโดยการระเหยควรจะทำงานที่อุณหภูมิคล้ายคลึงกันกับคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนโดยใช้หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) สำหรับน้ำที่ใช้จำเป็นต้องได้รับการบำบัดเช่นเดียวกับในคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ



รูปที่ 2.19 คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนโดยการระเหย

2.10 การสูญเสียประสิทธิภาพของคอนเดนเซอร์ เนื่องจากมีอากาศปนอยู่ในระบบ (Loss of Condenser Efficiency due to air in system)

อากาศและก๊าซต่างๆ ที่ควบแน่นโดยปนอยู่ในระบบทำความเย็นจะทำให้อุณหภูมิควบแน่นสูงขึ้นซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง ตัวอย่างเช่น ระบบทำความเย็นอุณหภูมิปานกลางที่ใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น เมื่อทำงานในขณะที่มีอากาศปนอยู่ในคอนเดนเซอร์ 15% จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องเพิ่มขึ้นถึง 12

อากาศที่ค้างอยู่ในระบบหลังการติดตั้งหรือการให้บริการถ้าดูดอากาศออกมาจากระบบไม่ได้ดีพอ หรือในระบบมีการซีลไม่ดีพอเมื่อทำการอัดสารทำความเย็นเข้าไป ขณะที่ทำการเดินระบบ ถ้าหากระบบมีการรั่วด้านแรงดันต่ำอากาศภายนอกสามารถไหลเข้าไปในระบบได้เนื่องจากในระบบมีความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

มีความเป็นไปได้ที่จะทำการตรวจหาอากาศหรือก๊าซอื่นๆ ที่ไม่ควบแน่นในขณะที่ระบบหยุดทำงานและปล่อยให้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะเสถียร ถ้าไม่มีอากาศปนอยู่ในคอนเดนเซอร์ควรมีอุณหภูมิของอากาศรอบข้างหรืออุณหภูมิของน้ำที่ไหลผ่านเพื่อระบายความร้อนแก่คอนเดนเซอร์ ถ้ามีอากาศตกค้างอยู่ในระบบอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์จะสูงขึ้น ดังนั้นการไล่อากาศหรือก๊าซใดๆ จะต้องไล่ออกไปจากระบบอย่างปลอดภัยโดยช่างเครื่องทำความเย็นที่ชำนาญโดยให้มีการรั่วไหลของสารทำความเย็นออกไปสู่อากาศน้อยที่สุด

คอนเดนเซอร์ คืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่ง ซึ่งมักจะมี โครงสร้างคล้ายกับอีวาพอเรเตอร์ การระบายความร้อนจากสารทำความเย็นจะใช้อากาศหรือน้ำก็ได้ ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเลือกคอนเดนเซอร์จะคล้ายกับการเลือกอีวาพอเรเตอร์คอนเดนเซอร์ที่มีขนาดใหญ่จะสามารถลดความดันควบแน่นให้ต่ำลงได้ซึ่งจะช่วยทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น ตามราคาของคอนเดนเซอร์จะสูงขึ้นเป็นสัดส่วนกับขนาดของมัน ในการเลือกคอนเดนเซอร์จะต้องไม่ลืมว่าระบบท่อและการระบายความร้อนโดยอุปกรณ์เก็บคืนความร้อนจะมีการสูญเสียความร้อนอยู่บ้างเล็กน้อยแต่มีคอนเดนเซอร์เป็นอุปกรณ์หลักที่ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากระบบทำความเย็นซึ่งเป็นความร้อนที่มาจากอีวาพอเรเตอร์ คอมเพรสเซอร์ ภาชนะเสริมต่างๆ เช่น แสงสว่าง ปุ่ม พัดลม เป็นต้น

1. การหุ้มฉนวนความร้อนปกติกความร้อนจะส่งผ่านจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า คือจะมีความร้อนไหลเข้ามาอย่างต่อเนื่องอยู่เสมอจากสภาพรอบนอก ที่อุ่นกว่าไปยังบริเวณทำความเย็น เพื่อที่จะจำกัดการไหลของความร้อนไม่ให้เข้ามาในบริเวณทำความเย็นให้มีค่าต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในทางปฏิบัติจำเป็นต้องแยกบริเวณทำความเย็นออกจากสภาพแวดล้อมด้วยฉนวนกันความร้อน

2. ภาวะความร้อน อัตราความร้อนที่ต้องนำออกจากบริเวณทำความเย็น วัตถุประสงค์ที่จะสร้างและรักษาภาวะที่มีอุณหภูมิตามที่ต้องการเราเรียกว่า ภาวะความร้อน ในการทำความเย็นโดยทั่วไป ภาวะความร้อนรวมของอุปกรณ์ทำความเย็น คือผลรวมของความร้อนที่รั่วไหลเข้าสู่บริเวณทำความเย็น ผ่านผนังที่หุ้มห่อด้วยฉนวนกันความร้อนที่ไหลเข้าสู่บริเวณทำความเย็น โดยเปิดประตูรวมทั้งความร้อนที่ต้องเอาออกจากวัตถุเป้าหมายการทำความเย็นเพื่อที่จะลดอุณหภูมิของวัตถุนั้นให้เท่ากับอุณหภูมิของบริเวณที่ทำความเย็น นอกจากนี้ความร้อนที่ปล่อยออกมาจากคนที่กำลังทำงานมอเตอร์ แสงไฟ และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ในบริเวณทำความเย็นก็จะต้องนับรวมเข้ามาเป็นภาระของเครื่องทำความเย็นด้วย

2.11 ก๊าซโอโซน

เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นในโลกนี้ควบคู่กับการเกิดก๊าซออกซิเจน ในบรรยากาศชั้นสูงขึ้นไป 10-50 Km มีก๊าซโอโซนหนาแน่น และรวมตัวเป็นชั้นบางๆ ทำหน้าที่เป็นเกราะหรือหลังคาป้องกันรังสีจากภายนอกไม่ให้ตกกระทบผิวโลกมากจนเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม หากไม่มีก๊าซโอโซน สิ่งแวดล้อมก็จะถูกทำลายเสียสมดุล สิ่งมีชีวิตก็ไม่อาจดำรงชีวิตอยู่ได้ โอโซนจึงเปรียบเสมือนเป็นผู้ให้ชีวิตแก่โลกของเรา

สำหรับก๊าซโอโซนธรรมชาติซึ่งมีอยู่ใกล้ผิวโลก แม้จะมีในปริมาณเล็กน้อย แต่ก็มีประโยชน์ที่เป็นตัวช่วยให้พื้นดินพื้นน้ำสะอาด มีอากาศที่บริสุทธิ์ ดังที่เราจะสามารถสัมผัสได้กับความสดชื่นของบรรยากาศแถบชายทะเล บนภูเขาสูง ที่โล่งแจ้งภายหลังฝนตก เพราะเป็นบริเวณที่มีก๊าซโอโซนอยู่มาก มนุษย์ที่อาศัยอยู่ในถิ่นฐานที่มีก๊าซโอโซนอยู่ด้วยก็มักจะมีสุขภาพที่ดี และมีอายุยืน พืชพันธุ์ธัญญาหารอุดมสมบูรณ์ต้นไม้มีภูมิคุ้มกันต่อโรคพืชได้ดีกว่า แต่ในเมืองใหญ่ๆ ก๊าซโอโซนอาจเกิดขึ้นร่วมกับควันพิษจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ โรงงานอุตสาหกรรม มีการใช้ก๊าซโอโซนเป็นตัวช่วยบ่งระดับมลพิษของอากาศ ทำให้มีการเข้าใจผิดคิดว่าก๊าซโอโซนเป็นก๊าซพิษ ที่จริงก๊าซโอโซนในปริมาณความเข้มข้นที่มีอยู่ตามธรรมชาติกลับเป็นสลายสารพิษ ไม่ได้จัดอันดับของก๊าซโอโซนไว้ในก๊าซพิษอันตรายร้ายแรงอย่าง เช่น ก๊าซคลอรีน ไซยาไนต์ มีการพิสูจน์ได้ว่าก๊าซโอโซนไม่ได้เป็นอนุมูลอิสระและไม่เป็นสารก่อมะเร็ง

ก๊าซโอโซนสามารถผลิตขึ้นได้ด้วยกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ โดยการแยกสลายก๊าซออกซิเจน โดยที่ก๊าซโอโซนจะให้พลังงานที่สูงกว่า มีความไวในการทำปฏิกิริยากับสารต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว ไม่ทำให้เกิดสารตกค้างที่เป็นพิษเหมือนสารเคมีอย่างอื่น เมื่อสลายตัวก็จะให้ก๊าซออกซิเจนซึ่งยังคงเป็นประโยชน์ต่อการหายใจ จึงมีการผลิตเครื่องให้กำเนิดโอโซนเพื่อประยุกต์ใช้กับวงการต่างๆ โดยเริ่มมีการนำมาใช้ในการป้องกันโรคระบาดในประเทศเยอรมันและการทำน้ำดื่มในประเทศเนเธอร์แลนด์เมื่อราวร้อยปีเศษมาแล้ว ปี ค.ศ. 1973 มีการก่อตั้งสมาคมโอโซนนานาชาติหรือไอโอเอ โดยมีสำนักงานใหญ่อยู่ที่

ประเทศสหรัฐอเมริกาเพื่อเป็นองค์กรระหว่างประเทศในการศึกษาวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตเครื่องให้กำเนิดโอโซนที่ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพกับการใช้งานทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม เกษตรกรรม การแพทย์ อื่นๆ ทั้งนี้เพราะก๊าซโอโซนมีคุณสมบัติที่เด่นชัดในการฆ่าเชื้อโรค กำจัดสารพิษ คับกลิ่น ฟอกสี และการเพิ่มออกซิเจนในน้ำ

สำหรับประเทศไทย ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา มีการใช้ก๊าซโอโซนในการบำบัดน้ำเสียและอากาศเสียกันบ้าง แต่มีไม่มากนัก จะมีใช้กันอย่างแพร่หลายก็ในระยะ 3-4 ปีมานี้ ซึ่งมักเป็นเครื่องที่มีกำลังผลิตขนาดเล็ก เพื่อใช้การดับกลิ่นและบำบัดอากาศเสียภายในบ้าน สำนักงาน ยานพาหนะ ใช้น้ำโอโซนแช่พืชผัก เนื้อสัตว์ และมีแนวโน้มที่จะขยายตัวมากขึ้นเช่นเดียวกับในต่างประเทศ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ทำน้ำดื่ม การใช้ในอุตสาหกรรมผลิตอาหาร การถนอมอาหาร การเลี้ยงสัตว์ การประมง การเพาะปลูก การใช้ในสระว่ายน้ำ การบำบัดน้ำเสีย การกำจัดขยะ การแพทย์และการป้องกันโรคระบาด

ก๊าซโอโซนธรรมชาติเริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่เช้าทันทีที่บรรยากาศชั้นบนได้รับแสงแดด บริเวณเหนือเส้นศูนย์สูตรซึ่งเป็นเขตร้อนได้รับรังสียูวีมาก ก็จะเกิดก๊าซโอโซนได้มากกว่าดินแดนแถบขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ โดยเพราะในฤดูหนาวซึ่งมีรังสีน้อยราว 400-600 เท่าในชั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกทั้งหมด มีก๊าซโอโซนสะสมอยู่ในชั้นร้อยละ 90 ที่เหลือจะกระจายตัวลงต่ำ และพัดพาตามกระแสลมไปได้ไกลๆ ทะเล มหาสมุทรซึ่งเป็นพื้นน้ำอันกว้างใหญ่ถึง 3 ใน 4 ของผิวโลกจึงเป็นแหล่งที่มีก๊าซโอโซนสะสมอยู่มาก มีเพียงเล็กน้อยที่ประจุไฟฟ้าแรงสูงจากฟ้าผ่าสลายโมเลกุลของก๊าซออกซิเจนให้กลายเป็นก๊าซโอโซน

บรรยากาศใกล้ผิวโลกที่ระดับความสูงไม่เกิน 10 km ประกอบด้วยก๊าซผสมมากกว่า 10 ชนิด ถ้านำอากาศแห้งที่ระดับน้ำทะเลมาวิเคราะห์จะได้สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซต่างๆดังนี้

ไนโตรเจน	78.110	
ออกซิเจน	20.953	
อาร์กอน	0.934	
คาร์บอนไดออกไซด์	0.01-0.10	
นีออน	0.001818	(18 PPM)
ฮีเลียม	0.000524	(5.2 PPM)
มีเทน	0.0002	(2 PPM)
คริปทอน	0.000114	(1.14 PPM)
ไฮโดรเจน	0.00005	(0.5 PPM)
ไนตรัสออกไซด์	0.00005	(0.5 PPM)
ซีนอน	0.0000087	(0.08 PPM)

(จาก Russell Ash, The Top 10 of Everything 1999, DK p26)

ชนิดของก๊าซอาจแตกต่างกันไปตามปริมาณไอน้ำ ฝุ่นละออง ก๊าซโอโซนและก๊าซอื่นๆ ที่เจือปนเพิ่มขึ้นไป

สำหรับก๊าซโอโซนที่เกิดตามธรรมชาติใกล้ผิวโลก มีปริมาณอยู่น้อยมาก คิดเป็นร้อยละได้ 0.000001-0.000004 เพื่อให้่ายขึ้นจึงปรับหน่วยวัด เป็นปริมาณส่วนในล้าน หรือย่อว่า (สนล.) (part per million, PPM) ก็ได้ 0.01-0.04 โดยปริมาตร หรือคิดเป็นน้ำหนักได้ 20-80 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มกค./ลบ.ม, $\mu\text{g}/\text{m}^3$) สำหรับบริเวณชายทะเล มักจะมีระดับเฉลี่ยสูงกว่า เป็น 0.03-0.35 PPM ซึ่งถ้าวัดความเข้มข้นในชั้นโอโซนบางแห่งก็อาจจะสูงถึง 0.040 PPM หรือ 1000-4000 เท่าของที่พบบนผิวโลก ในการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซโอโซน (Ozone monitoring) ในชั้นโอโซน อาจใช้ดาวเทียมตรวจการดูดซับรังสียูวี หรือใช้เครื่องบินเก็บตัวอย่างของก๊าซไปตรวจสอบทางเคมี โดยทำปฏิกิริยากับสารโปแตสเซียมไอโอไดด์ (Potassium Iodide) ส่วนการวัดที่ผิวโลก (Ground Base) ก็สามารถใช้การดูดซับรังสียูวีหรือการทำปฏิกิริยาเคมีเดียวกันซึ่งมักจะตอนกลางวันที่ชายทะเลและตามชนบท เพราะเมื่อเข้าเขตตัวเมือง มีสิ่งกีดขวางปิดบังทิศทางลม และมีสิ่งที่จะทำปฏิกิริยากันได้ง่าย ไม่ว่าจะเป็นก๊าซพิษ ก๊าซพิษ ไอเสีย สารเคมี ฝุ่นละออง เชื้อโรค ขยะ สิ่งปฏิกูล หรือสารกัมมันตรังสี จนสลายไปด้วยกัน จนมักไม่มีก๊าซโอโซนธรรมชาติหลงเหลือให้ตรวจสอบ ชาวเมืองได้สุดหายใจโครอยกได้กลิ่นอายของก๊าซโอโซนก็ต้องขึ้นไปบนภูเขาสูง หรือไม่ก็ไปพักผ่อนที่ชายทะเล ซึ่งหลายคนจะปฏิเสธไม่ได้ว่าเป็นสถานที่ที่มีอากาศสดชื่น รู้สึกหายใจโล่งอก หายใจได้เต็มปอดมากกว่าอยู่ในเมือง และยังมีเหตุผลที่น่าเชื่อถือที่ว่าผู้ที่อาศัยอยู่ในดินแดนที่มีก๊าซโอโซนธรรมชาติอยู่ตลอดเวลา มักมีสุขภาพดี และอายุยืน

นายแพทย์เฮลเฟรด เออร์วิน ซาโครี ผู้เชี่ยวชาญทางด้านก๊าซโอโซนผู้หนึ่งของสหรัฐอเมริกา ได้กล่าวถึงการค้นคว้าพบว่าชาวพื้นเมืองที่อาศัยบนเขาสูงอย่างชาวอินเดียนแดงบนเทือกเขาแอนดีส ทวีปอเมริกาใต้ชาวอัคคาเซียนบนเทือกเขาคอเคซัส ชาวจีนบนที่ราบสูงทิเบตชาวฮันซาบนเทือกเขาหิมาลัย ซึ่งแต่ละแห่งมีความสูงมากกว่า 5,000 m หรือ 5 km จากระดับน้ำทะเล และมีก๊าซโอโซนธรรมชาติอยู่โดยเฉลี่ย 0.2 PPM มากกว่าที่ราบ 5-10 เท่าผู้ที่อาศัยอยู่ไม่ค่อยมีการเจ็บป่วยด้วยโรคหัวใจ โรคกระเพาะ และโรคเรื้อรังอื่นๆ คณะแพทย์จากอังกฤษ อเมริกาได้สำรวจชาวฮันซาซึ่งมีอยู่ราว 70,000 คน พบว่ามีอายุเฉลี่ยถึง 120 ปี และก็มีหลายคนที่มีอายุถึง 140 ปี

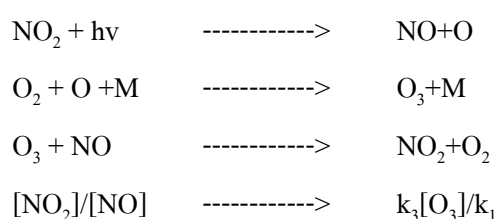
ปี ค.ศ. 1999 หรือ พ.ศ. 2542 ชาวไทยมีอายุคาดหวังเฉลี่ย 66 ปี หญิง 71 ปี สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขรายงานว่า มีคนไทยที่มีอายุเกิน 100 ปีมีอยู่ 256 คนโดยทั้งหมดอาศัยอยู่ต่างจังหวัด ถ้าจะเทียบกับคนที่อยู่ในเมืองใหญ่อย่างกรุงเทพมหานคร จะพบว่ามีอัตราการเจ็บป่วยโรคติดต่อร้ายแรงมากกว่าต่างจังหวัด โดยเฉพาะโรคกระเพาะก็สูงกว่า 3 เท่า จากรายงานประจำปีของสถาบันทรัพยากร โลกระบุปัญหาสิ่งแวดล้อมโทรรมมีผลทำให้เด็กทั่วโลกเสียชีวิตปีละไม่น้อยกว่า 11 ล้านคนมีผู้ตั้งสังเกตว่าที่เป็นเช่นนี้เป็นเพราะว่าในเมืองใหญ่มีก๊าซโอโซนธรรมชาติเล็กน้อย หรือ

อาจจะไม่มีเลย พื้นที่สีเขียวถูกแทนที่ด้วยอาคารตึกสูง ก๊าซออกซิเจน และอากาศบริสุทธิ์ถูกแทนที่ด้วยมลพิษ ซึ่งมีข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดว่าที่ใดไม่มีก๊าซโอโซน อากาศเสีย ของเสียก็จะมามากขึ้นที่ใดมีก๊าซโอโซน พื้นดิน พื้นน้ำ อากาศ อาหารและสิ่งแวดล้อมก็จะมีแต่ความสะอาด มีการศึกษาพบว่าพืชที่เจริญเติบโตในที่ที่มีก๊าซโอโซนอยู่ด้วยจะมีความต้านทานต่อโรคพืชดีกว่าพืชทั่วไป ส่วนมนุษย์และสัตว์ก็จะมี ความต้านทานดี มีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ ผู้ที่อยู่ท่ามกลางก๊าซโอโซนธรรมชาติจึงกลายเป็นมนุษย์โอโซนที่มีอายุยืนร่อยปีกันทุกคน

2.12 โอโซนพิษ

สาเหตุของมลภาวะอากาศในตัวเมืองส่วนใหญ่เกิดจากฝุ่นละออง และก๊าซพิษ ซึ่งเป็นปัจจัยส่งเสริมให้มีอัตราการเกิดโรคมะเร็งปอดมากขึ้น สารก่อมะเร็งที่ร้ายแรงที่สุดก็คือ เบนโซไพรีน (Benzopyrene) เมื่อเกาะติดกับฝุ่นละอองก็จะมี ความคงทน 4-40 วัน สามารถปลิวไปได้ไกล มีฝุ่นละอองมากกว่า 100 ชนิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงพวกปิโตรเลียม น้ำมันเบนซินและดีเซลที่ตรวจพบสารก่อมะเร็ง ส่วนในรูปก๊าซพิษมักจะเกิดจากควันของโรงงานอุตสาหกรรม ไอเสียของรถยนต์ และก๊าซจากแหล่งธรรมชาติ

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าก๊าซโอโซนธรรมชาติในตัวเมืองมักสลายตัว ทำปฏิกิริยากับสารอื่นไปจนไม่มีหลงเหลืออยู่ แต่ในระยะ 50 ปีที่มีการขยายตัวของตึกรามบ้านช่องในตัวเมือง มีการหุงต้ม มีรถยนต์ ยานพาหนะ โรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น จึงเกิดการสะสมของก๊าซโอโซน และก๊าซพิษอื่นจากการเผาไหม้มาแทนก๊าซธรรมชาติ เมื่อรวมตัวกับฝุ่นละอองก็จะกลายเป็นหมอกควันสีน้ำตาล สมีอก (Smog) โดยกลุ่มก๊าซพิษชนิดหนึ่งเรียกว่าน็อกซ์ หรือไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen oxides, OX) มีบทบาทสำคัญในการเกิดก๊าซโอโซน น็อกซ์ตัวแรกเป็นก๊าซไนโตรเจน (Nitrogen dioxide, NO₂) ถูกรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีพลังงานต่ำ (ความยาวคลื่นสูงกว่า 400 นาโนเมตร) ซึ่งไม่มีพลังงานพอที่จะแยกโมเลกุลของก๊าซออกซิเจน แต่เพียงพอสำหรับการแยกโมเลกุลของน็อกซ์ สารประกอบที่มีออกซิเจนอื่นจนเกิดเป็นอะตอมอิสระของก๊าซออกซิเจน แล้วทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของออกซิเจนกลายเป็นก๊าซโอโซน ไนโตรเจนออกไซด์ตอนเริ่มต้นอาจจะเปลี่ยนเป็นก๊าซไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide, NO) ซึ่งเป็นน็อกซ์อีกตัวหนึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีดังนี้



สารไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) ที่เกิดจากการเผาไหม้แล้วเจือปนออกมากับน็อกซ์ จะทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ แล้วรวมตัวกับไนตริกออกไซด์ก็จะได้สารเพอรอกซีอะซิเตต ไนเตรต หรือพีเอเอ็น (Peroxy Acety Nitrate, PAN) และก๊าซโอโซนขึ้น

การที่ก๊าซโอโซนมีที่มาจากแหล่งกำเนิดมาจากก๊าซพิษ ผสมรวมอยู่กับก๊าซพิษอื่นประกอบกับการตรวจสอบความเข้มข้นได้ง่ายกว่า จึงมีการใช้ก๊าซโอโซนเป็นตัววัด ตัวเปรียบเทียบความเป็นพิษของมลภาวะอากาศ ทำให้คนหลายคนเข้าใจว่าก๊าซโอโซนเป็นพิษ แล้วเรียกกันติดปากว่าโอโซนพิษ

ในปี ค.ศ. 1921 มีรายงานผลการตรวจสอบความเป็นพิษของโอโซนเป็นสหรัฐอเมริกา โดยกำหนดความเป็นพิษของก๊าซโอโซนไว้ที่ 1 PPM และระบุการสัมผัสที่ระดับ 20 PPM นาน 2 ชั่วโมง อาจทำให้เสียชีวิตได้ มีการโทษว่าคนอเมริกันเสี่ยงต่อการเป็นโรคปอดมากขึ้นเพราะได้รับก๊าซโอโซนพิษ ที่นิวซีแลนด์ และอีกหลายประเทศก็มีการระบุอัตราการเกิดมะเร็งเพิ่มขึ้นจากอากาศเป็นพิษเพราะก๊าซโอโซน ทำให้ผู้คนตื่นตระหนกหวาดกลัวเพราะเข้าใจผิดคิดว่าโอโซนเป็นก๊าซพิษตัวกลาง มีคำเตือนว่าใครที่ได้กลิ่นฉุนของก๊าซโอโซนจะต้องรีบระบายอากาศออก ไม่ก็หนีออกไปให้ไกล แต่เมื่อทำการวิจัยซ้ำ และทดสอบใหม่อีกหลายครั้งก็พบว่าที่แท้จริงเป็นพิษที่เกิดขึ้นสืบเนื่องมาจากการปนเปื้อนของก๊าซพิษของก๊าซพิษอื่น โดยเฉพาะก๊าซในกลุ่มของไนโตรเจนออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอนจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ที่ติดมากับท่อไอเสีย จากโรงงานผลิตเครื่องยนต์ โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานผลิตสารเคมีและอุตสาหกรรมอื่นๆ โดยมีข้อสรุปได้รับการยืนยันอย่างชัดเจนว่าในสถานที่ที่มีก๊าซโอโซนซึ่งปราศจากก๊าซพิษอื่นๆ แม้ว่า จะสัมผัสสูงถึงระดับ 50 PPM ก็ยังไม่มีอันตรายแต่อย่างใด

ที่กล่าวมาข้างต้น เกี่ยวกับปัญหาต่อสุขภาพ เพราะมีบางรายที่มีความไวต่อก๊าซโอโซนก็อาจจะเกิดปฏิกิริยาภูมิแพ้ แม้แต่สัมผัสในระดับความเข้มข้นเพียง 0.001 PPM ซึ่งต่ำกว่าที่มีอยู่ในบรรยากาศทั่วไป 10-40 เท่า ซึ่งคนปกติก็มักจะไม่ค่อยจะได้กลิ่น อาการที่เกิดขึ้นอาจจะเป็นส่วนคันตามผิวหนัง น้ำตาไหล จาม มีน้ำมูก ไปจนถึงหอบหืด มีบางประการที่มีการสะสมของก๊าซโอโซนมากจนไปทำปฏิกิริยาเคมีกับเยื่อในทางเดินหายใจ แต่ที่ร้ายแรงที่สุดยังไม่ถึงแก่ชีวิต เช่นการเกิดหมอกสีน้ำตาลในนครลอสแอนเจลิส เมื่อปี 1985 ซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่าระดับที่อาจเป็นอันตรายถึง 3.3 เท่า

กลิ่นฉุนของก๊าซโอโซนปกติจะรับรู้ได้ที่ระดับความเข้มข้น 0.0008-0.02 PPM โดยทั่วไปไม่มีอันตราย เพียงแต่บางคนอาจจะไม่คุ้นเคย แต่จมูกของคนเราจะปรับจนเคยชิน และไม่รู้สึกรู้สึกรู้สึกได้กลิ่นเลยในเวลา 1-2 นาที ก๊าซโอโซนที่ระดับความเข้มข้นเฉลี่ย 0.1 PPM (200 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ใน 1 ชั่วโมงเป็นเกณฑ์สูงสุดที่จะต้องมีความคุมเพราะถ้าความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 0.10-0.15 PPM จะทำให้เคืองตา น้ำตาไหล แต่ถ้าเปรียบกับสารออกซิแดนซ์อื่นๆ เช่น พีเอเอ็น พีบีเอ็น และอะโครลีน ก๊าซโอโซนยังระคายเคืองน้อยกว่าจากการทดลองของแฮมเมอร์และคณะกับนักเรียนพยาบาลในนครลอสแอนเจลิสเมื่อ 1970 พบอาการตามความเข้มข้น ดังนี้

0.05 PPM มีอาการปวดศีรษะ

0.15 PPM เคืองตา

0.27 PPM ไอ

0.29 PPM ทำให้แน่นหน้าอก

จากการสังเกตอาการของเด็กนักเรียนญี่ปุ่น ที่กรุงโตเกียวเมื่อปี 1975 ก็ได้ผลเช่นเดียวการสูญหายใจในที่มีก๊าซโอโซน 0.15-2 PPM จะทำให้เกิดแรงเสียดทานในหลอดลมสูงขึ้น สมรรถภาพในการจับก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ลดลง ความยืดหยุ่นของปอดลดลง อาจทำให้เกิดอาการปากแห้ง คอแห้ง แน่นหน้าอก สมองเนื้อเยื่อ พุดไม่รู้เรื่อง เบื่ออาหาร และไอ แต่จะหายใจได้เองภายใน 1-14 วัน ไม่พบการเปลี่ยนแปลงหรือทำให้เจ็บป่วยอย่างถาวรบางคนที่ทนได้ แม้ว่าจะเพิ่มความเข้มข้นเป็น 10 PPM และหายใจติดต่อกัน 1 นาทีก็ยังไม่มีอาการผิดปกติ

ในเดือนกันยายน ปี 1979 นครลอสแอนเจลิส ซึ่งมีความเข้มข้นของก๊าซโอโซนใน 1 ชั่วโมงที่สูงถึง 0.35 PPM ติดต่อกันเป็นเวลา 10 วันหลังจากกลุ่มหมอกควันหายไปมีการสำรวจอาการผิดปกติกับประชากรตัวอย่างกลุ่มหนึ่ง ก็พบว่าร้อยละ 83 รู้สึกหายใจไม่สะดวกร้อยละ 57 รู้สึกปวดแสบปวดร้อนในตา เคืองตา ร้อยละ 25 มีรายงานการปวดหัว หายใจขัด เจ็บคอ และแน่นจมูก ที่โรงพยาบาลมีการรับผู้ป่วย หอบหืด และถุงลมโป่งพองเพิ่มขึ้นร้อยละ 50 จากการทดลองในสัตว์ที่หายใจในก๊าซโอโซนที่มีความเข้มข้น 0.02 PPM เป็นเวลานาน พบอาการทางเดินหายใจเป็นลักษณะปอดของผู้สูงอายุผู้ป่วยเป็นโรคหอบหืด การทดลองเมื่อความเข้มข้นของก๊าซโอโซนสูงขึ้น ไม่ได้มีส่วนทำให้อัตราการตายเพิ่มขึ้น จากการประชุมของสมาคมโอโซนนานาชาติ ที่สหรัฐอเมริกาเมื่อปี 1979 สรุปว่าก๊าซโอโซนไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมการพิการแต่กำเนิด การหมันและการเกิดโรคมะเร็ง

ผลของก๊าซโอโซนมีต่อวัตถุ และพันธุ์พืช ที่มีระดับความเข้มข้น 0.01-0.02 PPM ในเวลา 1 ชั่วโมง อุปกรณ์ที่ผลิตภัณฑ์ที่ทำด้วยยาง เช่น ยางรถยนต์ ฉนวนยาง จะถูกออกซิไดซ์จนเสียหาย บางครั้งกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำให้เกิดก๊าซโอโซนโดยรอบ แล้วก็ลดกร่อนสายไฟฟ้าทำให้เกิดการลัดวงจร โอโซนที่มีความเข้มข้นสูงจะทำปฏิกิริยากับเซลล์โลสของผิวหนัง ภาพเขียนวัตถุโบราณในพิพิธภัณฑ์ทำให้ใบพืชที่มีจุดสีน้ำตาล รอยด่างขาว เติบ โตช้าและขยายพันธุ์ช้า ป่าไม้เสียหายพืชที่มีความไวต่อก๊าซโอโซนได้แก่ ผักโขม มะเขือเทศ ถั่วพินโตและยาสูบ จะเสียหายเมื่อสัมผัสก๊าซโอโซนที่มีความเข้มข้น 0.05 PPM เป็นเวลา 3 ชั่วโมงหรือ 0.03 PPM เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

สำหรับสถานการณ์โอโซนพิษในประเทศไทย ยังมีไม่มากนัก เพราะที่สำรวจตัวเมืองใหญ่ เฉพาะกรุงเทพมหานคร โดยกรมควบคุมมลภาวะ เมื่อปี 1998 พบว่าปัญหาหลักของมลพิษและฝุ่นละออง จะมีก๊าซโอโซนบนท้องถนนเกินมาตรฐาน (<0.1 PPM) ก็เฉพาะช่วงลาดพร้าวถึงรังสิต เฉลี่ยที่ 0.080-

0.174 PPM ส่วนที่อื่นๆ เฉพาะตัวเมืองเล็ก ต่างจังหวัด และในชนบท ไม่มีรายงานก๊าซโอโซนพิษการ
ทำลายทรัพย์สิน พืช และสัตว์จากก๊าซโอโซน

2.13 มาตรฐานโอโซนในอากาศ

เพื่อป้องกันอันตรายผลเสียต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการสูดดมหายใจเอาก๊าซโอโซนที่มี
ความเข้มข้นสูงเข้าไป องค์การอนามัยโลกจึงได้กำหนดมาตรฐานความเข้มข้นโดยปริมาตรของก๊าซโอโซน
ในอากาศที่หายใจไว้ที่ 0.1-0.12 PPM หรือ 100-120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) สำหรับการหายใจ
ติดต่อกันนาน 8 ชั่วโมง ในปริมาณ 0.15-0.2 PPM สำหรับการหายใจติดต่อกันนาน 1 ชั่วโมง ประเทศใน
กลุ่มสหภาพยุโรปกำหนดไว้ที่ 0.11 PPM ในเวลา 8 ชั่วโมง ในปริมาณ 0.18 PPM ถ้าในเวลา 1 ชั่วโมง
สหรัฐอเมริกากำหนดไว้ที่ 0.08 PPM ในการหายใจเป็นเวลา 8 ชั่วโมงที่ปริมาณ 0.12 PPM ในเวลา 1
ชั่วโมง ส่วนของประเทศไทยเราใช้ตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก

ปี ค.ศ. 1997 สมาคมโอโซนนานาชาติ ได้รวบรวมผลกระทบของก๊าซโอโซนที่ระดับความ
เข้มข้นแตกต่างกันดังนี้

0.001 PPM เป็นความเข้มข้นต่ำสุดของผู้ที่มีประสาทสัมผัสไวจะรู้สึกได้กลิ่น เป็นความเข้มข้น
ต่ำกว่าที่เครื่องมือจะวัดได้

0.003 PPM สามารถได้กลิ่นในห้องทดลอง

0.003-0.010 PPM สามารถได้กลิ่นในสถานที่ตากอากาศบริสุทธิ์

0.001-0.125 PPM เป็นความเข้มข้นที่พบตามธรรมชาติซึ่งขึ้นกับความสูง ลักษณะอากาศ และ
พื้นที่

0.040 PPM ความเข้มข้นสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ในที่อยู่อาศัย

0.050 PPM ความเข้มข้นสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ได้ในห้องที่มีเครื่องปรับอากาศ และพื้นที่ที่มี
การระบายอากาศได้ เป็นความเข้มข้นสูงสุดที่อนุญาตให้มีการผลิตเป็นเครื่องฟอกอากาศที่ใช้ระบบไฟฟ้า

0.064 PPM ข้อเสนอของสำนักงานมาตรฐานคุณภาพอากาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา ที่ให้ก๊าซ
โอโซนรวมทั้งสารออกซิแดนอื่นในอากาศที่หายใจได้ไม่เกิน 1 ชั่วโมง ให้เกิดขึ้นได้ไม่เกินปีละครั้ง

0.100 PPM เป็นความเข้มข้นสูงสุดที่อนุญาตให้ให้มืออย่างต่อเนื่องในสถานที่พักที่จำกัดอากาศ
ของกองทัพเรือสหรัฐอเมริกา เช่น ในเรือดำน้ำปรมาณู

0.100 PPM เป็นความเข้มข้นสูงสุดที่อนุญาตให้มีโรงงานอุตสาหกรรม สถานที่สาธารณะที่พัก
อาศัยในประเทศอังกฤษ ญี่ปุ่น ฝรั่งเศส เนเธอร์แลนด์ และเยอรมนี

0.15-0.51 PPM เป็นความเข้มข้นที่เคยพบในตัวเมืองของสหรัฐอเมริกา

0.200 PPM เป็นความเข้มข้นที่สามารถได้รับเป็นเวลานานโดยไม่ทำให้เกิดการเจ็บป่วย

0.300 PPM อาจมีการระคายเคืองต่อจมูก ลำคอ ทำให้จามมีน้ำมูกไหล เจ็บคอ

0.500 PPM เป็นระดับที่ประกาศเตือนครั้งที่ 1 ในเมืองลอสแอนเจลิส สหรัฐอเมริกา สามารถทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ ปวดศีรษะ ถ้าได้รับเป็นเวลานาน อาจเป็นสาเหตุของน้ำคั่งในปอด และติดเชื้อง่าย

1.00-2.00 PPM ที่ปริมาณ 1.00 PPM เป็นระดับที่ประกาศเตือนครั้งที่ 2 ในเมืองลอสแอนเจลิส สหรัฐอเมริกา ที่ปริมาณ 1.50 PPM เป็นระดับที่ประกาศเตือนครั้งที่ 3 ในเมืองลอสแอนเจลิส สหรัฐอเมริกา ถ้าสูดหายใจเข้าไปมากช่วงความเข้มข้น ผู้ที่ไม่สามารถทนได้จะมีอาการปวดศีรษะเจ็บอก และทางเดินหายใจแห้ง

1.40-5.60 PPM มีการทดลองพบว่าใบแก่ของถั่วพิน โดถูกทำลายถ้าให้อยู่ในที่ที่มีก๊าซโอโซนในระดับนี้นานเกิน 70 นาที

5.00-25.00 PPM หนูตะเภาจะตายถ้าสูดหายใจในก๊าซโอโซนที่ระดับ 12.00 PPM ในเวลานาน 3 ชั่วโมง ช่วงเชื่อมโลหะที่ได้รับก๊าซโอโซนขนาด 9.00 PPM ร่วมกับก๊าซมลพิษอื่น จะทำให้เกิดสภาวะน้ำคั่งในปอด แต่อีก 2-3 สัปดาห์ ผลการถ่ายรังสีเอ็กซเรย์ทรวงอกก็จะเป็นปกติ แต่อีก 9 เดือนต่อมาจะมีอาการเมื่อยล้า และหอบเหนื่อยเวลาทำงาน

25.00- มากกว่า PPM ที่ความเป็นจริงความเข้มข้นที่จะเป็นอันตรายต่อมนุษย์จริงๆ ยังไม่มีใครทราบ แต่อาจจะทำให้สัตว์ที่ทดลองตาย เมื่อสูดหายใจที่ความเข้มข้น 50.00 PPM เป็นเวลาติดต่อกัน 60 นาที

2.14 คุณสมบัติ และปฏิกิริยาเคมีของโอโซน

ชื่อทางเคมี OZONE (โอโซน)

สูตรเคมี O_3 ประกอบด้วยธาตุออกซิเจน 3 อะตอม น้ำหนักโมเลกุล 48

คุณสมบัติของเครื่องผลิตก๊าซโอโซน

1. สามารถทำลายและยับยั้งการแพร่เจริญพันธุ์ของเชื้อโรคภายในห้องทดลอง และภายในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก
2. สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา เชื้อไวรัส ปลายความมีพิษของโลหะหนัก เช่น คิวบิวรี ไอพิชจากอากาศภายนอก ก๊าซโอโซนทำปฏิกิริยาเคมีกับผนังเซลล์ของเชื้อโรคทำให้เสื่อม
3. สามารถกำจัดกลิ่น กลิ่นอับ กลิ่นบูหรี กลิ่นสัตว์เลี้ยง กลิ่นอาหาร กลิ่นสี (ก๊าซโอโซน ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารมีกลิ่นทำให้โครงสร้างเปลี่ยนกลิ่นจึงสลายไป)
4. สลายพิษให้เป็นกลางเพื่อให้เป็นอากาศบริสุทธิ์เสมือนท่านอยู่ภายในป่าเขา

เพื่อการใช้งานตามบ้าน

1. ถูทำความสะอาดให้ใบหน้าคุณ
2. ฆ่าเชื้อโรคบริเวณแผลติดเชื้อ
3. ล้างสารพิษในผักสด และเนื้อสด
4. กำจัดกลิ่นอับชื้นในห้อง
5. ฆ่าเชื้อโรคในอากาศ

เพื่อการใช้ในงานพาณิชย์

1. กำจัดกลิ่นต่างๆ และอากาศที่ไม่บริสุทธิ์
2. กำจัดกลิ่นอับชื้น กลิ่นเหม็นของพรมในห้องทำงานสำนักงาน Office
3. ฆ่าเชื้อโรคในอากาศ

การใช้ในงานอุตสาหกรรม

1. ฆ่าเชื้อโรคในน้ำ และบ่อบำบัด
2. กำจัดก๊าซพิษ ในงานอุตสาหกรรมต่างๆ
3. กำจัดกลิ่นอับชื้นในห้องทำงานสำนักงานและโรงงาน
4. สลายตะกอนใน Cooling Tower

ระบบการทำงานของเครื่องผลิตก๊าซโอโซน

อากาศที่มีมลพิษเป็นอันตรายต่อสุขภาพ สาเหตุทำให้เกิดโรคมะเร็ง เช่น ฝุ่นละออง เศษผง เกสรดอกไม้ ขนสัตว์ เส้นใย จุลชีพ เชื้อแบคทีเรีย ไวรัส สิ่งขับถ่ายของเสียจากจุลชีพ สัตว์ต่างๆ ก๊าซพิษ ไอระเหยสารเคมี คาร์บอนหรือ โอโซนออกซิไดซ์ จะเป็นตัวทำลาย และสลายมลพิษนั้น

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย และอุปกรณ์

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยใช้เทอร์โมสแตทแบบ Electronic Type (รูปที่ 3.1-3.3) ควบคู่กับเครื่องทำไอโซน (รูปที่ 3.4) เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนอย่างเดียวกับการใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนควบคู่เครื่องไอโซน ว่าสามารถผลิตไอโซนออกมาได้มากน้อยกว่าที่มาตรฐานกำหนด กำจัดกลิ่นเหม็นอับของอากาศภายในห้อง และสามารถกำจัดเชื้อโรคที่อยู่ในอากาศได้เพิ่มออกซิเจนในอากาศมากขึ้นทำให้อากาศบริสุทธิ์



รูปที่ 3.1 แฟนคอยล์ยูนิต (FCU) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน



รูปที่ 3.2 การติดตั้งคอนเดนซิ่งยูนิต (CDU) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน



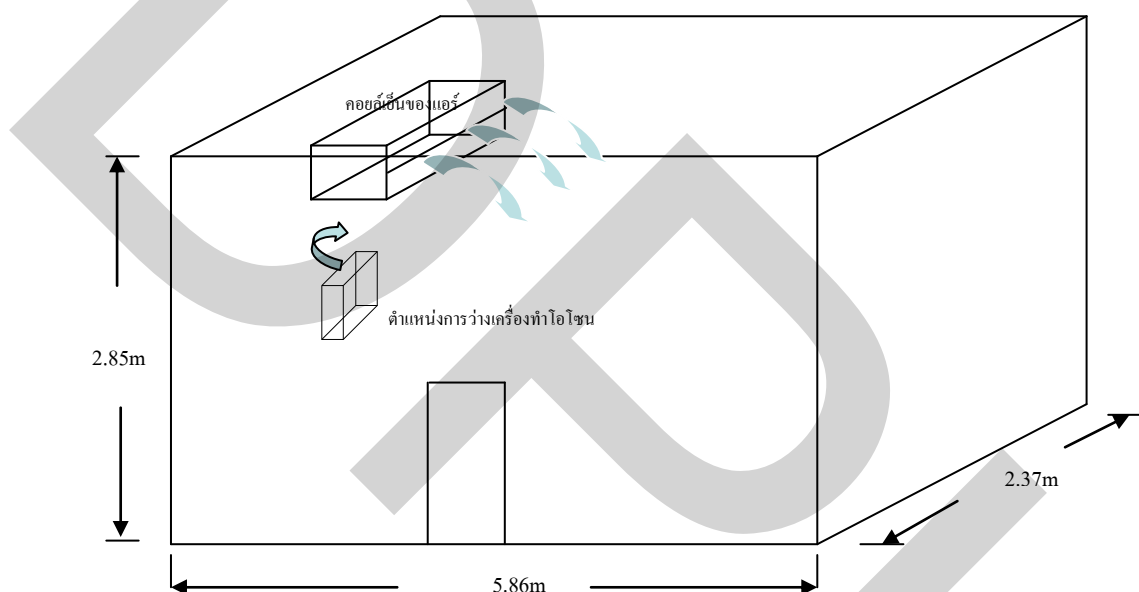
รูปที่ 3.3 เทอร์โมสแตทแบบ Electronic Type



รูปที่ 3.4 เครื่องผลิตไอโซน

3.2 ลักษณะห้องที่ทำการทดลอง

ห้องที่ทำการทดสอบเป็นห้องทดสอบของภาควิชาการจัดการพลังงาน ภายในซึ่งมีความกว้าง 2.85 m ยาว 5.86 m และสูง 2.37 m ผนังเป็นแผ่นไฟเบอร์ล๊อคชั้นในใส่โฟม ส่วนกระจกเป็นแบบ Double glass ภายในห้องติดตั้งดังรูปที่ 3.5 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12000 BTU (British Thermal Units) / TR (1 ตัน) ใช้เทอร์โมสตัท



รูปที่ 3.5 ลักษณะของห้องทดลอง และการวางตำแหน่งเครื่องทำไอโซน

3.3 ข้อมูลเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งขนาดเล็กแบบแยกส่วน

เครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งในห้องทดลองเป็นแบบแยกส่วน ขนาด 12000 BTU โดยมีรายละเอียด

ยี่ห้อ CACCIER

แบบแยกส่วน ชนิดส่งลมเย็นโดยตรง (Serial No) 6210263

คอมเพรสเซอร์รุ่น RM 5515 FN 96 มอเตอร์รุ่น HF-240-424

แรงดันไฟฟ้า 220/1/50 V/PH/Hz

สารทำงานสารที่ใช้ทำความเย็น R-22

ปริมาณสารทำความเย็น 850 กรัม

ชื่อแบบ (CDU.Model) 38TA0125B

ขีดความสามารถทำความเย็น (วัตต์)	3,708	3,900
(BTU/hr)	12,624	13,327
ปริมาณการหมุนเวียน(CFM)	400	400
พิกัดกำลังไฟฟ้า (วัตต์)	1,174	1,249
พิกัดกระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	5.47	5.8
อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน(W/W)	3.15	3.12
(BTU/hr/W)	10.7	10.67
แรงดันไฟฟ้า (V/PH/Hz)	220/1/50	

3.4 การวัดปริมาณของการใช้ไฟฟ้า วัดค่าอวาร์มิเตอร์ (Watt-hour Meter)

เป็นมิเตอร์ที่ทำงานด้วยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ถูกสร้างขึ้นมาให้ใช้งานเป็นมิเตอร์วัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านเรือน ในโรงงานอุตสาหกรรมและในที่ต่างๆ ที่ต้องใช้ไฟฟ้าในการทำงาน โดยวัดพลังงานไฟฟ้าออกมาเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง หรือกิโลวัตต์อวาร์ (Kilowatt-hours; kWh) รูปร่างของวัดค่าอวาร์มิเตอร์ แสดงดังรูปที่ 3.6 ค่าความผิดพลาดของกิโลวัตต์มิเตอร์ / ชั่วโมง



รูปที่ 3.6 วัดค่าอวาร์มิเตอร์

3.5 เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าแคลมป์มิเตอร์ (Clamp meter)

ยี่ห้อเคียวริทสึ รุ่น 2017 (Kyoritsu 2017) ดิจิตอลแคลมป์มิเตอร์คล้องสายไฟที่มีขนาดไม่เกิน 38 mm วัดกระแสไฟสูงสุด 600 A ย่านต่ำที่ 200 A วัดแรงไฟฟ้ากระแสสลับ แบบเสียบสายหน้าเครื่องได้ที่ 200/600 V วัดความต้านทานไม่เกิน 200 Ω และเช็คความต่อเนื่องเดือนด้วยเสียง ล้อค่าวัดได้สภาพ

AC A	200/600A $\pm 1.5\%rdg \pm 4dgt$ [50/60Hz] (200A) $ \pm 1\%rdg \pm 3dgt$ [50/60Hz] (600A) $\pm 2\%rdg \pm 5dgt$ [45Hz~1kHz]
AC V	200/600V $\pm 1\%rdg \pm 2dgt$ [50/60Hz] $\pm 1.5\%rdg \pm 4dgt$ [45Hz~1kHz]
Ω	200 Ω $ \pm 1.2\%rdg \pm 2dgt$
Continuity buzzer	buzzer sounds below 30 $\pm 20\Omega$
Conductor Size	$\varnothing 33mm$ max.
Safety Standard	IEC 61010-1 CAT.III 600V Pollution Degree 2 IEC 61010-2-031
Frequency Response	45Hz~1kHz
Withstand Voltage	5550V AC for 1 minute
Power Source	6F22 (9V) $\times 1$
Dimensions	208(L) \times 91(W) \times 40(D)mm
Weight	400g approx.
Accessories	7066 (Test Leads) 9079 (Carrying Case) 6F22 \times 1 Instruction Manual
Optional	8004/8008 (Multi-Tran)

ใช้ในการวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศในการทำงาน เพื่อนำค่าที่ได้จากการทดลอง มาคำนวณหาค่า ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ Energy Efficiency Rating (EER) ค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ $\pm 0.1\%$ ใช้วัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 3.7 คลิปแอมป์ในการทำการตรวจวัดกระแส

การวางตำแหน่งของเครื่องผลิตโอโซนควรจะต้องติดตั้งอยู่ภายใต้ตัวรีเทรนของเครื่องปรับอากาศ เพราะจะได้ดูดเอาอากาศที่เกิดการแตกตัวของออกซิเจนเพิ่มขึ้นเข้าไปในเครื่องปรับอากาศ และพ่นออกมาทางคอยล์เย็น จะทำให้อากาศที่ออกมานั้นมีออกซิเจนเพิ่มขึ้นด้วย อากาศจะรู้สึกสดชื่น และสะอาดแสดงตาม รูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ตำแหน่งการวางเครื่องผลิตโอโซนที่เหมาะสม

การใช้งานของเครื่องผลิตโอโซนในห้องที่มีพื้นที่

เครื่องผลิตโอโซน รุ่น AA-020

ปรับ Low สำหรับพื้นที่ 10 ถึง 20 m³ อัตราการปล่อยโอโซน 10 mg/hr

ปรับ High สำหรับพื้นที่ 20 ถึง 35 m³ อัตราการปล่อยโอโซน 20 mg/hr



รูปที่ 3.9 ลักษณะการทดลองเปิดเครื่องผลิตโอโซน

3.6 นาฬิกาจับเวลา

นาฬิกาจับเวลาใช้ในการจับเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ขณะที่ทำงานของคอมเพรสเซอร์ และขณะที่หยุดการทำงานตลอดช่วงเวลาที่กำหนดในการทดลองเพื่อตรวจวิเคราะห์จำนวนครั้งการตัดต่อของคอมเพรสเซอร์ตามที่แสดงตามรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 นาฬิกาจับเวลา

3.7 การเก็บตัวอย่างจุลชีพในอากาศ MICROFLOW 90

เครื่องมือสำหรับการเก็บตัวอย่างจากอากาศโดยอาศัยผ่านช่องเก็บตัวอย่างด้วยความเร็วลมคงที่และสามารถตั้งเวลาได้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการเก็บตัวอย่าง โดยกระแสอากาศจะกระทบกับบริเวณผิวของอาหารเพาะเชื้อที่ขนาด 90 mm และหลังจากการเก็บตัวอย่างเสร็จแล้วต้องนำจานเพาะเชื้อไปเข้าสู่เพาะเลี้ยง จากนั้นนำจำนวน Colony Forming Units per cubic meter (CFU/cm³) ทำการประเมินค่าระดับของ Biocontaminantion ในบริเวณนั้นกับจำนวนอากาศที่เก็บไว้ รูปที่ 3.11-3.12



รูปที่ 3.11 เครื่องเก็บตัวอย่างจุลชีพในอากาศ MICROFLOW 90

ส่วนประกอบของชุดปั๊มควบคุมการทำงาน ประกอบด้วย

ON/OFF Button: ปุ่มใช้ในการเปิด-ปิดเครื่อง

Printer: ชนิด Serial Port (เป็นอุปกรณ์เสริม) ใช้ในการถ่ายโอนข้อมูลจากหน่วยความจำตู้
เครื่องคอมพิวเตอร์

Batt. Ch. ช่องต่อสายใช้ประจุไฟ

Remot ช่องรับสัญญาณ Infra-red sensor

Display เป็นจอแบบ LCD แสดงผล 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด



รูปที่ 3.12 หน้าจอเครื่องเก็บตัวอย่างจุลชีวะในอากาศ MICROFLOW 90

3.8 เครื่องมือวัดปริมาณโอโซน

เครื่องวัดปริมาณโอโซน รุ่น Z-1200 เป็นอุปกรณ์วัดปริมาณโอโซนในอากาศภายนอกและภายในห้องก่อนทำการเดินเครื่องผลิตโอโซนทำการทดสอบ หลังทำการทดสอบ รูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 เครื่องวัดปริมาณโอโซน รุ่น Z-1200

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องวัดปริมาณโอโซน

1. เลขระบุรุ่นจะระบุ Firm wares และ Revision
2. ถ้าไม่ได้ปิดฝาครอบให้ทำการปิดก่อน
3. เครื่องมือจะเริ่ม Automatic Zeroing โดยใช้เวลาประมาณ 1 นาที
4. เปิดฝาครอบ Sensor และกดปุ่ม Yes จากนั้นเครื่องจะเริ่มตรวจวัดแสดงผลเป็น PPM (Update ข้อมูล 10 วินาที) กดปุ่ม (15 MIN AVE) เพื่อดูค่าเฉลี่ยในการตรวจวัด 15 นาที กดปุ่ม (PEAK) เพื่อดูค่าสูงสุดในการตรวจวัด กดปุ่ม (8 HR AVE) เพื่อดูค่าเฉลี่ยในการตรวจวัดในช่วงเวลาที่ผ่านมา
5. หลังจากการตรวจวัดครบ 8 ชั่วโมงแล้วสามารถดูผลค่าเฉลี่ยในการตรวจวัดโดยการกดปุ่ม (8 HR AVE)

3.9 เกจวัดความดัน (Pressure Gauge)

การทดลองเก็บข้อมูลจะต้องดำเนินการบันทึกข้อมูลของความดันของสารทำความ เย็นในระบบปรับอากาศมีอยู่ในระบบด้านส่ง (Hi Pressure) และด้านดูด (Low Pressure) ได้ทำการตรวจสอบ น้ำยาของเครื่องปรับอากาศปริมาณมาก หรือน้อยก่อนทำการทดลองอยู่ในสภาวะปกติ รูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 เกจวัดความดันของน้ำยาเครื่องปรับอากาศ

3.10 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ

เครื่องมือที่ช่วยในการบอกค่าของอุณหภูมิ และความชื้นของอากาศที่เครื่องปรับอากาศในส่วนคอยล์เย็น อุณหภูมิและความชื้นในอากาศภายในห้องปริมาณที่เหมาะสมต่อสภาพร่างกายของมนุษย์ที่รู้สึกสบายตัว ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ

คุณลักษณะเครื่องตรวจวัดการแสดงผลค่าความชื้น อุณหภูมิ เวลา และสามารถใช้เป็นนาฬิกาได้พร้อมกันยังสามารถใช้ได้ทั้งภายในห้องทดสอบ ภายนอกทดสอบ

อุณหภูมิ-ช่วงของการวัด

ในอาคารวัดได้ตั้งแต่ -30°C ถึง 50°C

กลางแจ้งวัดได้ตั้งแต่ -50°C ถึง 70°C

ค่าความละเอียด(Resolution) 1°C ค่าความถูกต้อง $\pm 1^{\circ}\text{C}$

ความชื้น-ช่วงของการวัด

ความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่ 20-95% RH (Relative Humidity)

ค่าความละเอียด (Resolution) 1%

ค่าความถูกต้อง $\pm 5\%RH$



รูปที่ 3.16 ชุดทดลองการเก็บตัวอย่าง

3.11 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

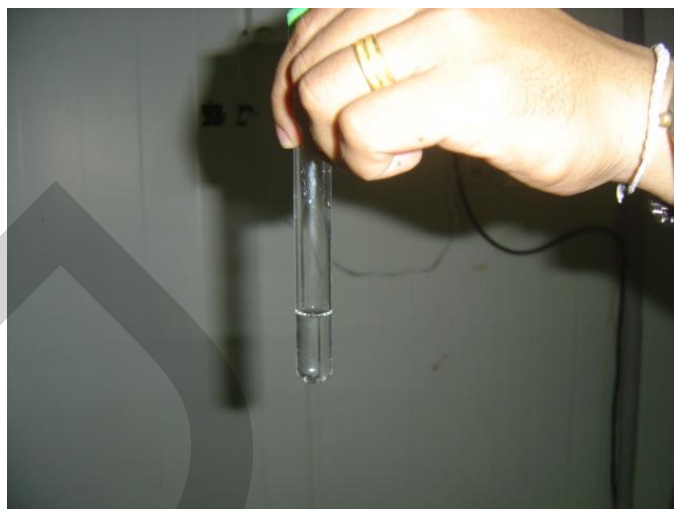
เนื่องจากการทดลองเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้งานร่วมกับเครื่องทำไอโซนว่าในขณะที่มีการทำงานของคอมเพรสเซอร์และหยุดทำงานในเวลา 60 นาทีมีการตัด-ต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์ทั้งหมดก็ครั้งในเวลา 1 ชั่วโมง โดยการทดลองในครั้งนี้ได้ทำเป็นส่วนๆ ส่วนแรกจะเป็นการจับเวลาขณะที่มีการทำงานของคอมเพรสเซอร์ที่ทำงานร่วมกับเครื่องทำไอโซนว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าไปเป็นจำนวนเล็กน้อย กว่าระบบเครื่องปรับอากาศทำงานอย่างเดียว ส่วนที่สองเป็นการเก็บน้ำตัวอย่างในถาดของเครื่องปรับอากาศมาวิเคราะห์หาเชื้อโรครที่ประปนอยู่นำมาเปรียบเทียบระหว่างการเปิดเครื่องปรับอากาศอย่างเดียวมีการเจริญเติบโตของเชื้อโรคน้อยเพียงใด กับการทำงานของเครื่องปรับอากาศร่วมกับเครื่องทำไอโซนสามารถช่วยในการกำจัดการเจริญเติบโตของโรคได้หรือไม่



รูปที่ 3.17 การเก็บน้ำตัวอย่างในถาดของเครื่องปรับอากาศ

เป็นการเก็บตัวอย่างของน้ำที่อยู่ในถาดของเครื่องปรับอากาศน้ำได้คอนเดนซึ่ง ก่อนทำการทดลองเปิดเครื่องทำไอโซน เพื่อทดสอบการเจริญเติบโตของเชื้อโรครที่อยู่น้ำว่ามีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงมากน้อยเพียงใด

เป็นการเก็บตัวอย่างของน้ำที่อยู่ในถาดน้ำได้คอนเดนซึ่ง หลังจากที่ทำการเปิดเครื่องทำไอโซนไปได้ประมาณ 1 ชั่วโมง ทำการทดลองเก็บน้ำตัวอย่างอีกครั้ง เพื่อทดสอบการเจริญเติบโตของเชื้อโรครที่อยู่น้ำว่าก่อนทำการเปิดเครื่องทำไอโซนและหลังที่เปิดเครื่องไปแล้ว มีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงมากน้อย



รูปที่ 3.18 การเก็บน้ำตัวอย่างในภาชนะปรับอากาศหลังเปิดเครื่องทำไอโซน

3.12 ขั้นตอนการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์

ในการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ต้องเพาะในลักษณะที่เป็นเชื้อบริสุทธิ์ (Pure Culture) ต้องเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อหรือฆ่าเชื้อต่างๆ ที่อยู่ในอาหารก่อน อาหารเลี้ยงเชื้อจะบรรจุอยู่ในภาชนะต่างๆ เช่น จานเลี้ยงเชื้อ ขวด หลอดเลี้ยงเชื้อ หรือ Flask จะเห็นได้ว่าการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ การบรรจุการฆ่าเชื้ออาหารเลี้ยงเชื่อนั้นจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาและการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์

อุปกรณ์ที่ใช้ทำอาหารของการเลี้ยงเชื้อ

1. Flask หรือ Plate
2. หม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave)
3. บีกเกอร์ขนาดใหญ่
4. เครื่องชั่งสารเคมี
5. หม้อต้มน้ำ

3.13 คุณสมบัติของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ดี

1. มีธาตุอาหารที่เหมาะสมแก่ชนิดของจุลินทรีย์ และมีความเข้มข้นพอสมควร
2. มีความเป็นกรดและด่างที่เหมาะสมกับจุลินทรีย์ที่ใช้เลี้ยง โดยทั่วไปค่าความเป็นกรด-ด่าง pH จะเป็นกลาง
3. มีออกซิเจนและความชื้นพอเพียง

4. อยู่ในอุณหภูมิที่พอเหมาะ
5. ไม่มีสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

3.14 ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. การเตรียมอาหารของเชื้อรา Potato Dextrose Agar (PDA) เป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของราหลายชนิด โดยเฉพาะราที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคแก่พืช (phyto-pathogenic fungi) และ Bacteria บางชนิด ส่วนประกอบต่างๆ ตามสูตรอาหารของเชื้อรา

Potato (peeled) 200 g หรือ (กรัม)

Dextrose 20 g

Agar 15 g

Distilled water 1000 ml หรือ (มิลลิลิตร)

แบ่งน้ำกลั่นออกเป็น 2 ส่วน ส่วนละเท่ากับ 500 ml ให้นำมันฝรั่งเป็นชิ้นเล็กๆ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส นำไปต้มกับน้ำกลั่น 500 ml ส่วนหนึ่ง จนมันฝรั่งสุก จากนั้นให้ต้มต่อไปอีกสักครู่หนึ่ง จึงนำมากรองโดยใช้ผ้าขาวบาง เอาส่วนของเนื้อมันฝรั่งทิ้งไป ใช้แต่น้ำมันฝรั่งที่กรองได้ เติม Dextrose ลงไปในน้ำมันฝรั่งนั้นแล้วต้มจนละลาย นำส่วนผสมนี้ไปรวมกับวุ้นที่ต้มจนละลายแล้วในน้ำกลั่น 500 ml อีกส่วนหนึ่ง เมื่อรวมกันแล้วให้นำไปตั้งไฟและคนให้เข้ากัน จากนั้นจึงเติมน้ำกลั่นลงไปแทนที่น้ำที่ระเหยไปเนื่องจากการต้มจนได้ปริมาตรครบ 1000 ml

2. การเตรียมอาหารสำหรับการเพาะเชื้อแบคทีเรีย Nutrient Agar (NA) เป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย ส่วนประกอบต่างๆ ตามสูตรอาหารของเชื้อแบคทีเรีย

Beef extract 3 g

Peptone 5 g

Agar 15 g

Distilled water 1000 ml

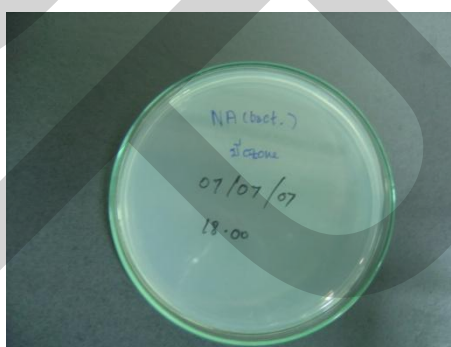
แบ่งน้ำกลั่นออกเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 500 ml ละลาย Peptone (สารประกอบโปรตีนหลายๆชนิด มาจากการใช้กรด หรือเอนไซม์ไปย่อยสลายโปรตีนธรรมชาติ) และ Beef extract ลงในน้ำส่วนที่หนึ่ง นำน้ำส่วนที่สองไปต้มกับวุ้นหลอมละลายดีแล้ว จึงนำทั้งสองส่วนผสมมาเทปนกัน เติมน้ำกลั่นที่ขาดหายไปจากกระเหยจนครบ 1000 ml

การเตรียมอาหารสำหรับเชื้อในอากาศในห้องทดลองแบบที่มีการเปิดทดลองเครื่องผลิตไอโซนและแบบไม่เปิดเครื่องผลิตไอโซน โดยการเอาจานอาหารไปวางในห้องที่ต้องการทดลองเปิดฝาทิ้ง

ไว้ประมาณ 1 ชั่วโมงแล้วก็ค่อยกลับไปเก็บ ปิดฝาแล้วนำมาเพาะเชื้ออีกอย่างน้อย 2-3 วัน ก็จะเกิดเชื้อรา และแบคทีเรียเกิดมาให้เห็น



รูปที่ 3.19 Plate Control (อาหารเชื้อรา)



รูปที่ 3.20 Plate Control (อาหารเชื้อแบคทีเรีย)

จากการตรวจคุณภาพของอากาศหลังทำการเปิดทดลองเครื่องผลิตโอโซนโดยใช้เครื่องตรวจวัดเครื่องวัดปริมาณโอโซนในรุ่น Z-1200 จะเห็นได้ว่าการเปิดทดลองเครื่องผลิตโอโซนที่มีสถานะปกติในอากาศจะมีโอโซนน้อยประมาณ 0.02 PPM หลังทำการเปิดทดลองเครื่องโอโซน จากการทดลองพบว่ามีโอโซนเพิ่มขึ้น ถ้าในการปรับตำแหน่งที่ค่าระดับ Low ที่ 10 mg/hr ปริมาณของโอโซนเพิ่มขึ้น 0.32 PPM ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ที่ใช้งานว่ามากน้อยเพียงใด จะสามารถเลือกใช้ตำแหน่งของระดับของระดับ Low หรือระดับ High จะต้องดูความเหมาะสมของห้องที่ใช้

มาตราตวง = มาตรฐานเมตริก

1 ลิตร (liter, l) = 1000 มิลลิลิตร (milliliter, ml)

1 มิลลิลิตร = 1 ซีซี (c.c.)

1 มิลลิกรัม/ชั่วโมง = 1 mg/hr

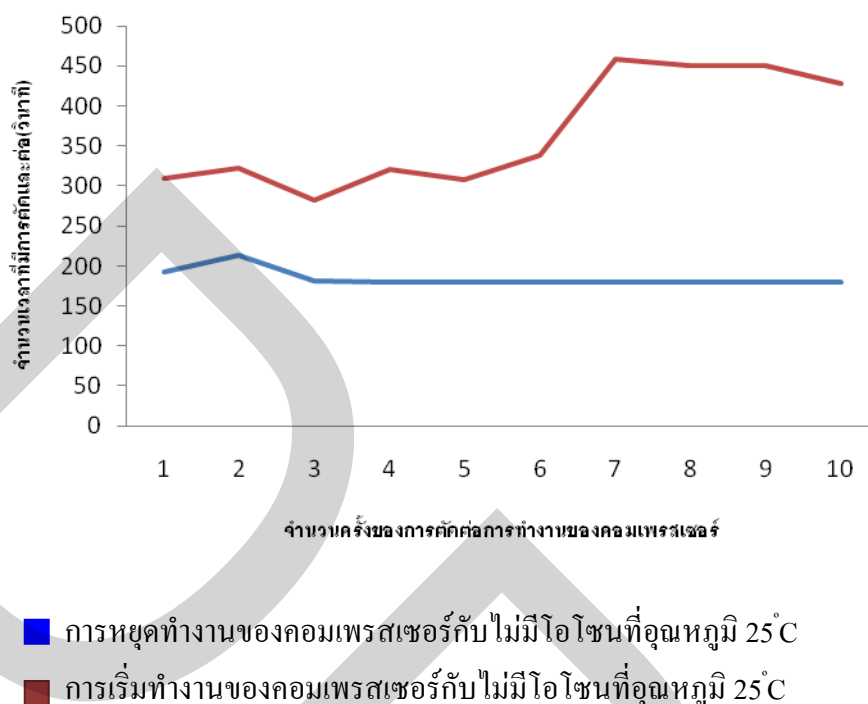
บทที่ 4

ผลการทดลอง และการวิเคราะห์

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถของเครื่องผลิตโอโซนในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา แบคทีเรีย และการกำจัดกลิ่น อีกทั้งยังวิเคราะห์อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อใช้เครื่องผลิตโอโซน ร่วมกับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก แบบแยกส่วนที่ขนาด 1 ตัน หรือ 12,624 BTU และมีการเปรียบเทียบการทำงานในสภาพอากาศภายนอกที่แตกต่างกัน (ฤดูหนาว ฤดูฝน และฤดูร้อนทั้งตอนกลาง วันกลางคืน) การกำหนดระดับที่เหมาะสมของการทำงานของระบบเครื่องผลิตโอโซน ผลการทดลองและการทำการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังนี้

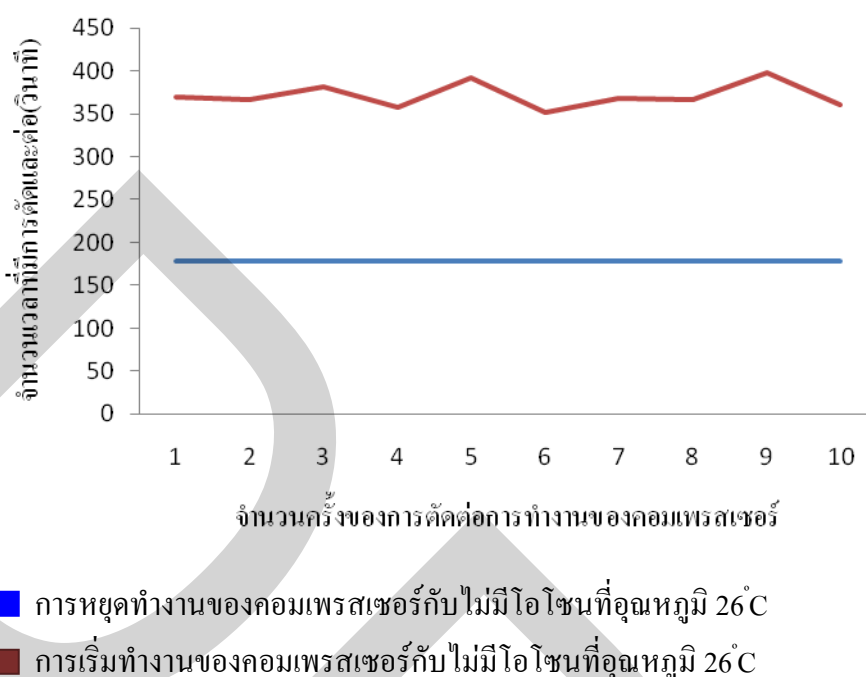
ในการทำการทดลองได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งเพื่อศึกษาการวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กเมื่อใช้ร่วมกับระบบเครื่องทำโอโซน ส่วนที่สองวิเคราะห์ความสะอาดของอากาศห้องที่ใช้เครื่องทำโอโซนร่วมกับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก และส่วนที่สามวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อใช้เครื่องทำโอโซนร่วมกับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

4.1 ในการตรวจวัดจำนวนครั้ง เวลาในการทำงานตัดและต่อของการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ขณะที่ไม่มีโอโซนใน วันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ. 2549 ช่วงเวลา 13.00-15.00 น. ขณะที่อุณหภูมิภายนอกห้องทดลอง 29.5°C และอุณหภูมิภายในห้องทดลองอยู่ที่ 25°C พบว่าการหยุดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ค่อนข้างจะคงที่ประมาณ 179-190 วินาทีในแต่ละช่วงเวลา ขณะที่การเริ่มทำงานของคอมเพรสเซอร์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยอยู่ในช่วงแรก 1 ถึงช่วงที่ 6 จะมีการทำงานในช่วงเวลาสั้นๆ ประมาณ 179 วินาที การทำงานของคอมเพรสเซอร์จะใช้เวลาเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน ตั้งแต่ช่วงที่ 7 จะคงที่ไปจนถึงช่วงที่ 10 ประมาณ 270-280 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าช่วงเวลาที่เพิ่มมากขึ้นมีการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์ที่นานขึ้นด้วย ซึ่งอาจจะเกิดจากอุณหภูมิภายนอกมีการเปลี่ยนแปลง



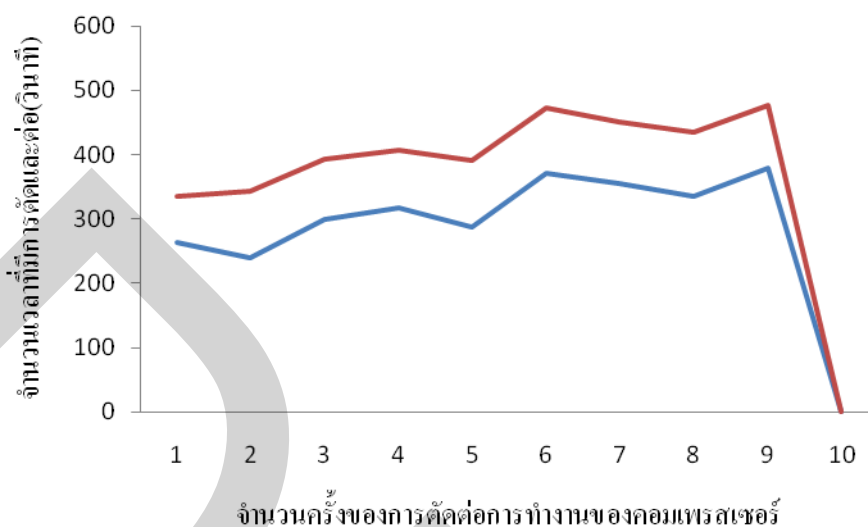
รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อไม่มีไอโซนที่อุณหภูมิภายนอกห้องทดสอบ 29.5°C และอุณหภูมิภายในห้องทดสอบ 25°C ในช่วงเวลา 13.00-15.00 น.

4.2 การตรวจวัดจำนวนครั้ง เวลาในการตัดและต่อของการทำงานของคอมเพรสเซอร์ขณะที่ไม่มีไอโซน วันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 13.00-15.00 น. เมื่อมีอุณหภูมิภายนอกห้อง ทดลอง 39°C และอุณหภูมิภายในห้องทดลองมีอุณหภูมิอยู่ที่ 26°C พบว่าการเริ่มทำงานและหยุดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ในแต่ละช่วงมีแนวโน้มคงที่ โดยจำนวนเวลาที่มีการตัดและต่อของการทำงานของคอมเพรสเซอร์ประมาณ 180-200 วินาที และจำนวนเวลาที่มีการตัดและต่อของการหยุดทำงานของคอมเพรสเซอร์ประมาณ 179 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 1 พบว่าในการทดลอง นี้มีการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์ที่นานขึ้นในช่วงเวลาแรก ซึ่งเนื่องมาจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในห้องทดลองที่มากขึ้น เป็นผลทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น ทำให้อัตราการใช้พลังงานมากขึ้นไปด้วย



รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อไม่มีไอโซนที่อุณหภูมิภายนอกห้องทดลอง 39°C และอุณหภูมิภายในห้องทดลอง 26°C ในช่วงเวลา 13.00-15.00

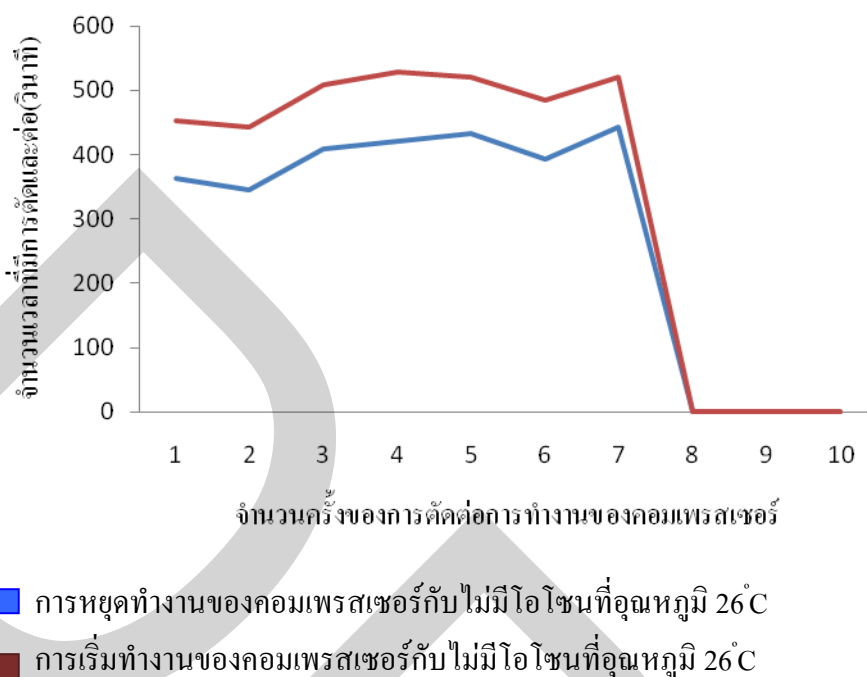
4.3 การตรวจวัดจำนวนครั้งเวลาในการตัดและต่อ ของการทำงานของคอมเพรสเซอร์ขณะที่ไม่มีไอโซน วันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 14.00-15.00 น. เมื่ออุณหภูมิภายนอกห้องทดลอง ขณะที่กำลังฝนตก 32°C และอุณหภูมิภายในห้องทดลอง 26°C พบว่าจะมีการหยุดการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์ ก่อนการเริ่มทำงานอีกครั้งในแต่ละช่วงเวลาที่นานมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองที่ 1 และ 2 จากการทดลองนี้พบว่าเวลาเฉลี่ยในการหยุดทำงานของคอมเพรสเซอร์ประมาณ 240-280 วินาที ขณะที่เวลาเฉลี่ยในการทำงานของคอมเพรสเซอร์ประมาณ 70-100 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายนอกห้องทดลองที่ลดลงเนื่องจากฝนตกลงมา นั้นส่งผลต่อการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์ที่ลดน้อยลง ทำให้เป็นการประหยัดในการใช้ไฟฟ้าที่น้อยลงด้วย



- การหยุดทำงานของคอมเพรสเซอร์กับไม่มีไอโซนที่อุณหภูมิ 26°C
- การเริ่มทำงานของคอมเพรสเซอร์กับไม่มีไอโซนที่อุณหภูมิ 26°C

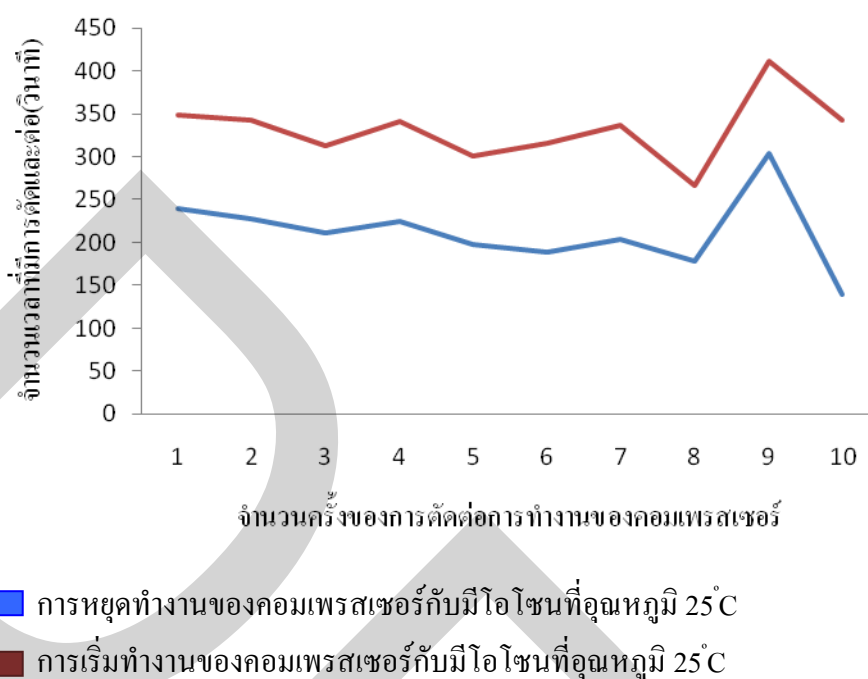
รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อไม่มีไอโซนที่อุณหภูมิภายนอก 32°C และที่อุณหภูมิภายในห้อง 26°C ขณะที่ฝนตกลงมาในช่วงเวลา 14.00-15.00 น.

4.4 การตรวจวัดจำนวนครั้งเวลาในการตัดและต่อของการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ขณะที่ไม่มีไอโซน วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 20.30-22.00 น. เมื่ออุณหภูมิภายนอกห้อง ทดลอง 28°C และอุณหภูมิภายในห้องทดลอง 26°C ตอนกลางคืนขณะที่ฝนกำลังตก พบว่ามี การหยุดการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์เฉลี่ยประมาณ 340-400 วินาที ขณะที่เครื่องคอมเพรสเซอร์ทำงานเฉลี่ยประมาณ 80-100 วินาที ดังที่แสดงในรูปที่ 4.4 ยังแสดงให้เห็นว่า ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกห้องทดลอง และอุณหภูมิภายในห้องทดลองมีน้อยมากประมาณ 2 องศาเซลเซียส นั้นมีผลทำให้เครื่องคอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลง ทำให้ประหยัดพลังงานได้มากขึ้น ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกับการทดลองที่ 3



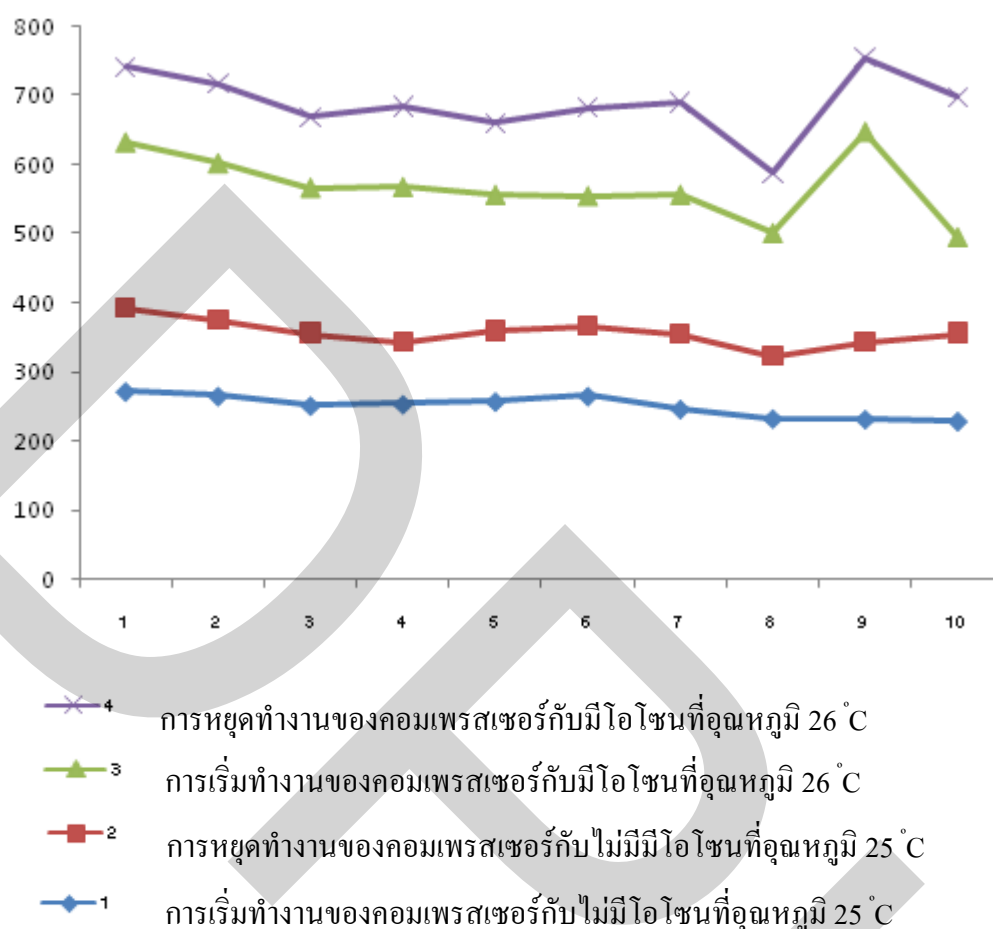
รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อไม่มีไอโซนที่อุณหภูมิภายนอก 28°C และที่อุณหภูมิภายในห้องทดลองที่ 26°C ขณะที่ฝนตกลงมาในช่วงเวลา 20.30-22.00 น.

4.5 การตรวจวัดจำนวนครั้ง เวลาในการตัดและต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ขณะที่มีการเปิดเครื่องผลิตไอโซน วันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 13.00-14.00 น. เมื่ออุณหภูมิภายนอกห้องทดลอง 28°C และ อุณหภูมิภายในห้องทดลอง 25°C ขณะที่ฝนกำลังตก พบว่ามี การหยุดการทำงาน of เครื่องคอมเพรสเซอร์เฉลี่ยประมาณ 180-340 วินาที ขณะที่เครื่องคอมเพรสเซอร์ทำงานเฉลี่ยประมาณ 100-130 วินาที ดังที่แสดงในรูปที่ 4.5 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองที่ 1 ที่ไม่มีไอโซน และมีสภาวะภายนอกห้องทดลองใกล้เคียงกันนั้น จะเห็นว่าการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์ในการทดลองที่มีเครื่องผลิตไอโซนใช้เวลาน้อยกว่าการทดลองที่ 1 ซึ่งแตกต่างกันประมาณ 30-45 วินาทีดังแสดงในรูปที่ 4.6 ดังนั้นเครื่องผลิตไอโซนจึงมีผลต่อการต่อการทำงานของเครื่องคอมเพรสเซอร์ทำงานลดลง จึงเป็นอีกวิธีที่หนึ่งในการช่วยประหยัดพลังงาน



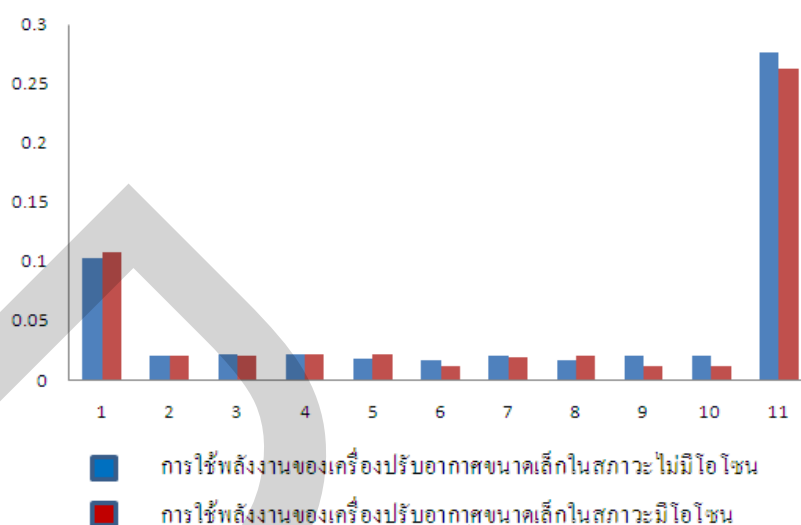
รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่อไม่มีไอโซนที่อุณหภูมิภายนอกห้องทดลอง 28°C และที่อุณหภูมิภายในห้องทดลองที่ 25°C ขณะที่ฝนตกลงมาในช่วงเวลา 13.00-14.00 น.

4.6 การเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์สภาวะไม่มีไอโซนกับสภาวะมีไอโซนที่อุณหภูมิที่ต่างกัน จะเห็นได้ จากรูปที่ 4.6 พบว่าในสภาวะไม่มีไอโซนจะมีการใช้พลังงานมากกว่าสภาวะที่มีไอโซน และโดยภาพรวมแล้วจะเห็นได้ว่าการลดพลังงานได้น้อยมาก



รูปที่ 4.6 เป็นการเปรียบเทียบการทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบไม่มีไอโซนกับที่มีไอโซนควบคู่ไปด้วยอยู่ที่ระหว่างอุณหภูมิ 25°C-26°C กราฟแท่งฟ้าที่สูงหมายถึงการหยุดการทำงานของคอมเพรสเซอร์

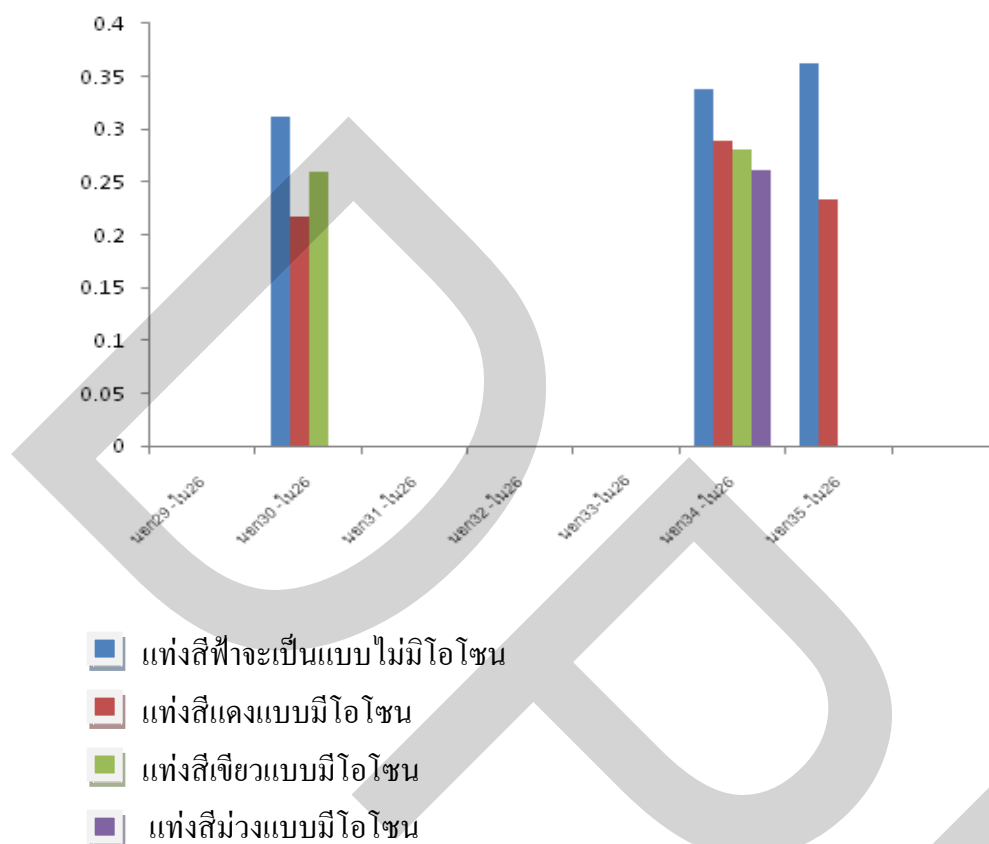
4.7 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กพร้อมกับเครื่องผลิตไอโซน ของแต่ละวันในช่วงเวลา 13.00-14.00 น. ที่อุณหภูมิภายนอก 34°C อุณหภูมิภายใน 25°C การตรวจวัดการใช้พลังงานจำนวนครั้งจะเห็นได้ว่าขณะที่ในช่วงที่ 1 ถึงช่วงที่ 5 การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กในสภาวะไม่มีไอโซนและมีไอโซนจะใกล้เคียงกันหลังจากเครื่องผลิตไอโซนทำงานมาระยะหนึ่งจะเห็นได้ว่าช่วงที่ 6 ถึงช่วงที่ 10 การใช้พลังงานลดลงไปจึงสรุปได้ว่าเครื่องผลิตไอโซนช่วยลดพลังงานได้แต่ไม่ได้มากนัก ส่วนในช่วงที่ 11 เป็นการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศสภาวะไม่มีไอโซนกับสภาวะมีไอโซนจะเห็นได้ว่าในสภาวะไม่มีไอโซนจะใช้พลังงานมากกว่าสภาวะที่มีไอโซนเล็กน้อย ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กที่สถานะไม่มีโอโซนกับสถานะที่มีโอโซนในขณะที่อุณหภูมิ 25°C ใกล้เคียงกันในช่วงเวลา 13.00-14.00 น.

4.8 จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานในของแต่ละช่วงของอุณหภูมิที่ทำการทดลองขณะที่สถานะไม่มีโอโซนกับสถานะที่มีโอโซนโดยกราฟ ชุดแรกจะพบว่ามียู่ด้วยกัน 3 แท่งด้วยกันได้ว่าแท่งที่สูงที่สุดอยู่ในสถานะที่ไม่มีโอโซนส่วนที่เหลือนั้นเป็นสถานะที่มีโอโซนที่อุณหภูมิภายนอก 30°C อุณหภูมิภายในห้อง 26°C ชุดที่สองได้ทดลองอีกหลายครั้งโดยมีการเปลี่ยนอุณหภูมิให้สูงขึ้น ที่อุณหภูมิภายนอก 34°C อุณหภูมิภายในห้อง 26°C ยังได้ผลออกมาคล้ายกับกราฟชุดแรกจึงสามารถบอกได้ว่าเครื่องผลิตโอโซนช่วยลดพลังงานได้แต่มีจำนวนน้อยมาก ดังรูปที่ 4.8

กราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานในของแต่ละช่วงของอุณหภูมิ



รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กที่สถานะไม่มีโอโซนกับสถานะที่มีโอโซนในขณะที่อุณหภูมิภายนอกและภายในเท่ากัน 30-26°C ช่วง 34-26°C และช่วง 35-26°C ใกล้เคียงกันในช่วงเวลา 13.00-14.00 น.

4.9 การศึกษาระดับการทำงานของที่เหมาะสมของเครื่องผลิตโอโซน โดยใช้เครื่องตรวจวัดปริมาณโอโซนในอากาศรุ่น Z-1200 พบว่าในสภาพปกติในห้องทดลองมีปริมาณของโอโซนอยู่เพียง 0.02 PPM. (หรือหนึ่งในล้านส่วน) และเมื่อมีการเปิดการทำงานของเครื่องผลิตโอโซนที่ดั่งการทำงานไว้ที่ระดับ LOW ที่ 10 มก./ชม.พบว่าปริมาณโอโซนในห้องทดลอง 0.32 PPM. และถ้าต้องการตั้งระดับการทำงานของเครื่องผลิตโอโซนที่ระดับ HIGH ที่ระดับ 20 มก./ชม. พบว่าปริมาณโอโซนในห้องทดลองมีการเพิ่มขึ้นเป็น 0.45 PPM ดังแสดงในตารางที่ ดั่งนั้นในการใช้งานเครื่องผลิตโอโซนนั้น ในการพิจารณาว่าจะใช้ระดับโอโซนมากน้อยเพียงใดให้คำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ เช่น ขนาดของพื้นที่ของห้องที่ใช้ เพื่อให้ได้เหมาะสมกับปริมาณ โอโซนที่ออกมาใช้งาน

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโอโซน

รายงานผลการวิเคราะห์ปริมาณโอโซน

สถานะของการทำงานของเครื่องผลิตโอโซน	ปริมาณโอโซน(PPM)
ระดับ Low ที่ 10 มก. /ชม.	0.32
ระดับ High ที่ 20 มก. /ชม.	0.45
ภายในห้องทดลอง	0.02

หมายเหตุ : พีพีเอ็ม = หนึ่งในล้านส่วน

4.10 การเปรียบเทียบจำนวนจุลินทรีย์จากการทดลองของน้ำที่ได้จากถาดรองน้ำในเครื่อง ปรับ อากาศในสถานะไม่มีโอโซน กับสถานะที่เปิดเครื่องผลิตโอโซน พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ในสถานะ ที่ไม่มีโอโซน ดังแสดงในรูปที่ 4.9 มีจำนวนจุลินทรีย์มากกว่าจำนวนแบคทีเรียจากการทดลองที่ สถานะที่เปิดเครื่องผลิตโอโซน ดังแสดงในรูปที่ 4.10 ซึ่งจะพบว่า ความหนาแน่นของการ เจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดเจน และสามารถสรุปได้ว่า เครื่องผลิต โอโซนสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำได้

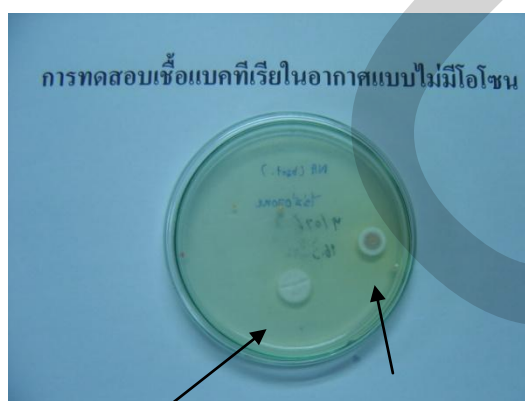


รูปที่ 4.9 จำนวนจุลินทรีย์จากถาดรองน้ำในเครื่องปรับอากาศในสถานะไม่มีโอโซน

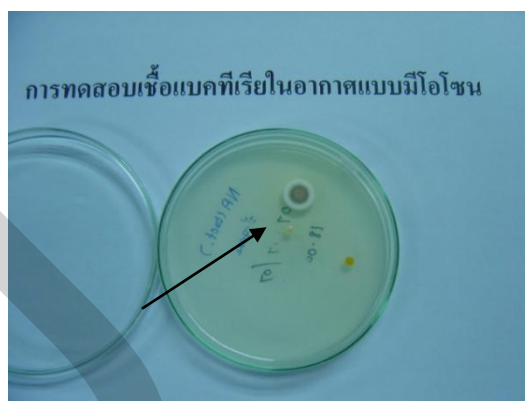


รูปที่ 4.10 จำนวนจุลินทรีย์จากถาดรองน้ำในเครื่องปรับอากาศในสภาวะที่เปิดเครื่องผลิตโอโซน

- 4.11 การศึกษาจำนวนของแบคทีเรียในอากาศในสภาวะที่ไม่มีโอโซน เปรียบเทียบกับสภาวะที่มีโอโซน ทำการเก็บตัวอย่างจำนวนของแบคทีเรียที่อยู่ในอากาศ ผ่านทางเครื่องเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ รุ่น MICROFLOW 90 ใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างนานประมาณ 1-2 ชั่วโมง แล้วนำจานเพาะเชื้อแบคทีเรียที่ได้ไปทำการบ่มเชื้อต่ออีก 2-3 วัน พบว่าจำนวนแบคทีเรียที่สภาวะไม่มีโอโซน ดังผลที่แสดงในรูปที่ 4.11 และจำนวนแบคทีเรียที่ในสภาวะที่มีโอโซน ดังผลที่แสดงในรูปที่ 4.12 ซึ่งพบว่าเมื่อมีการใช้เครื่องผลิตโอโซนจำนวนแบคทีเรียจะลดลง ดังนั้นการใช้เครื่องผลิตโอโซน จึงมีผลในการช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในอากาศได้

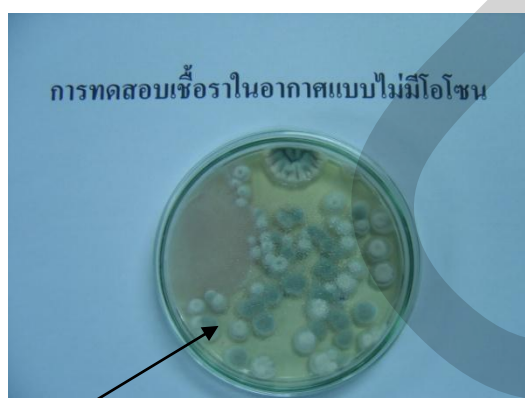


รูปที่ 4.11 จำนวนแบคทีเรียในอากาศในสภาวะที่ไม่มีโอโซน

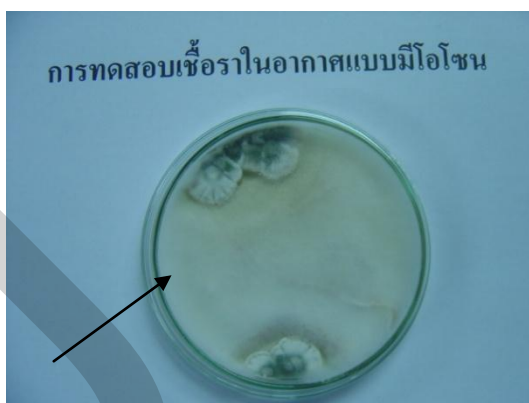


รูปที่ 4.12 จำนวนแบคทีเรียในอากาศในสภาวะที่มีโอโซน

- 4.12 การศึกษาจำนวนเชื้อราในอากาศในสภาวะที่ไม่มีโอโซน เปรียบเทียบกับสภาวะที่มีโอโซน ทำการเก็บตัวอย่างเชื้อราผ่านทางเครื่องตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ โดยใช้อุปกรณ์และวิธีการเช่นเดียวกับ การทดลองที่ 8 พบว่าจำนวนเชื้อราในอากาศในสภาวะที่ไม่มีโอโซนจะเกิดเชื้อราเต็มจานทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.13 ซึ่งมีจำนวนมากกว่า จำนวนเชื้อราในอากาศในสภาวะที่มีโอโซน ดังแสดงในรูปที่ 4.14 จะลดลงเป็นอย่างมาก ดังนั้นการใช้เครื่องผลิตโอโซนจึงมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอากาศได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 4.13 จำนวนเชื้อราในอากาศในสภาวะที่ไม่มีโอโซน



รูปที่ 4.14 จำนวนเชื้อราในอากาศในสภาวะที่มีไอโซน

- 4.13 การศึกษาการกำจัดกลิ่นด้วยเครื่องผลิตไอโซน โดยใช้ตัวอย่างในการทดลองคือปลาร้า ดังแสดงในรูปที่ 4.15 ทำการทดลองโดยการนำตัวอย่างไปวางไว้ในห้องทดลองระยะเวลาประมาณ 20 นาที ขณะที่ยังไม่ได้ทำการเปิดเครื่องผลิตไอโซน ปรากฏว่ามีกลิ่นคุ้งทั่วห้องทดลอง และหลังจากนั้นได้ทำการเปิดเครื่องผลิตไอโซนเป็นเวลาประมาณ 30 นาที ทดสอบกลิ่นโดยใช้ผู้ศึกษาจำนวน 5 คนทำการทดลองทั้งในสภาพที่ปิดการเดินเครื่องผลิตไอโซนและหลังจากทำการเปิดเครื่องผลิตไอโซนเป็นเวลา 30 นาทีแล้วพบว่า ผู้ทดสอบไม่สามารถรับกลิ่นของตัวอย่างที่นำมาทดลองดังกล่าวได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เครื่องผลิตไอโซนมีประสิทธิภาพในการกำจัดกลิ่นได้ดี



รูปที่ 4.15 การทดสอบการกำจัดกลิ่นของเครื่องผลิตไอโซน

หมายเหตุ : ซีเอฟยู/ลูกบาศก์เมตร = โคลโลนิฟอร์มมิ่งต่อลูกบาศก์เมตร

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

หลักการเบื้องต้นในการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก (Split type Air-Conditioning System) เพื่อลดค่าการใช้จ่ายไฟฟ้าประกอบด้วย

1. การควบคุมเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ด้วยการเลื่อนเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศในช่วงที่อุณหภูมิแวดล้อมต่ำนอกจากจะช่วยลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศแล้ว ยังส่งผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศลดลงเช่นกันในการควบคุมอุณหภูมิของความเย็น ด้วยการเพิ่มอุณหภูมิความเย็น 1-2 °C

โดยไม่ให้เกิดผลกระทบต่อผู้อาศัยภายในห้อง ซึ่งในการปรับเพิ่มอุณหภูมิการทำงานความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่ 1°C ในทางทฤษฎีสามารถช่วยลดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 1.3%-1.8% ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องปรับอากาศขนาดต่างๆ และการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ

2. การควบคุมค่ากระแสไฟฟ้าในการใช้งานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กการควบคุมระยะเวลาการทำงาน ด้วยการปรับลดระยะเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศในช่วงอุณหภูมิแวดล้อมต่ำ

จากการศึกษาพบว่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในห้องขนาด 39.5 m² ที่เปิดเครื่องปรับอากาศและเครื่องผลิตโอโซนพร้อมกัน ค่าของพลังงานไฟฟ้าที่วิเคราะห์ได้จากเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ในการศึกษาพบว่ามียุทธศาสตร์การเปิดและปิดคอมเพรสเซอร์ในกรณีที่เปิดเครื่องผลิตโอโซนจะใช้เวลานานกว่า กรณีที่ใช้เพียงเครื่องปรับอากาศตามปกติ ประมาณ 10% โดยดูได้จากตารางการเก็บข้อมูลที่ได้จากเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์ ทั้งนี้ขึ้นกับอุณหภูมิแวดล้อมภายนอก ถ้าอุณหภูมิภายนอกมีค่าที่สูงกว่าอุณหภูมิภายในห้องทดลองมาก จะทำให้การทำงานของคอมเพรสเซอร์ ในการเปิด และปิดที่เร็วกว่าในกรณีที่อุณหภูมิภายในและอุณหภูมิภายนอก มีความต่างกันไม่มากนัก ในการเปิดเครื่องผลิตโอโซนใช้พลังงาน 4 Watt มีค่าไฟฟ้าเท่ากับ 10 บาทต่อเดือน ซึ่งเห็นว่าเป็นจำนวนเงินที่น้อยมากเมื่อเทียบกับอัตราการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไป สรุปได้ว่าเครื่องผลิตโอโซนไม่ได้เป็นตัวเพิ่มอัตราการค่าไฟฟ้า อีกทั้งปริมาณ โอโซนที่ผลิตออกมาจากเครื่องผลิตโอโซนยังส่งผลต่อเวลาที่คอมเพรสเซอร์ ทำงานในแต่ละครั้งซึ่งส่งผลต่ออัตราการใช้ไฟฟ้าโดยตรง และ โอโซนมีประโยชน์ เช่น ใช้ฆ่าเชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย เชื้อโรครภายในเครื่องปรับอากาศ

และในห้องใช้สลายกลิ่นอาหาร กลิ่นสัตว์เลี้ยง กลิ่นบุหรี กลิ่นอับชื้นใช้สลายพิษไอระเหยเคมี ยามาแมลง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ พิษในควันบุหรี สร้างอากาศสะอาดสดชื่นในห้องนอน ห้องทำงาน เพื่อให้ร่างกายได้รับออกซิเจนสมบูรณ์ เป็นต้น

จากการวิเคราะห์อากาศภายในห้องจากการทดลองโดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างจุลชีพในอากาศรุ่น MICROFLOW 90 และเครื่องวัดปริมาณ โอโซนรุ่น Z-1200 จะพบว่าปริมาณโอโซนมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น จากผลการทดลองเครื่องผลิตโอโซนภายนอกมีค่าเท่ากับ 0.02 PPM ขณะที่ทำการทดลองเปิดเครื่องผลิตโอโซนภายในห้องทดลองพบว่าค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.32 PPM ในกรณีที่ทำการเปิดเครื่องผลิตโอโซนในตำแหน่งที่ (LOW) กรณีที่ห้องมีพื้นที่ใช้สอยมากจำเป็นต้องเปิดเครื่องผลิตโอโซนตำแหน่งที่ (HIGH) ขณะที่ทำการทดลองปรากฏว่ามีโอโซนเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.45 PPM เพราะในอากาศที่ผ่านเครื่องปรับอากาศจะมีเชื้อรา และเชื้อแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในอากาศจำนวนมาก โดยที่ผ่านเครื่องปรับอากาศที่มีการเปิดเครื่องผลิตโอโซน จากผลการทดลองที่วิเคราะห์พบว่ามีปริมาณที่ของเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียในอากาศมีปริมาณ 25 CFU/m³ จากปกติจะมีประมาณแบคทีเรียในอากาศ 750 CFU/m³ เห็นได้ว่าการลดลงของเชื้อแบคทีเรีย ลดลงอย่างเห็นได้ชัด จากการทดลองหาเชื้อราในอากาศ ที่หมุนเวียนในห้อง ขณะที่ไม่ได้ทำการเปิดเครื่องผลิตโอโซน พบว่ามีเชื้อราเป็นจำนวนมาก และทำการเปิดเครื่องทำโอโซน เชื้อราลดลง ยังช่วยเพิ่มอากาศออกซิเจนภายในห้องทดลอง ดีกว่าการใช้เครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว

3. การทดลองสรุปได้ว่าเครื่องผลิตโอโซนสามารถช่วยลดการพลังงานไฟฟ้าได้แต่มีจำนวนน้อยมาก แต่จะช่วยในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรียได้ดี ช่วยเพิ่มอากาศบริสุทธิ์ให้ภายในห้อง ช่วยกำจัดกลิ่นอับในอากาศภายในห้อง

ข้อดี คือการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำโอโซนของระบบการทำงานไม่ยุ่งยาก แค่เปิดตามขนาดของห้องที่ใช้งาน และจำนวนที่ต้องการผลิตโอโซนที่ออกมา

ข้อเสีย คือจะต้องลงทุนในการติดตั้งและค่าใช้จ่ายในการซื้อเครื่องทำโอโซนซ่อมบำรุง

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในปัจจุบันระบบเครื่องปรับอากาศในห้องเรียนจะตั้งอุณหภูมิประมาณ 22-24°C แต่ถ้าเราเพิ่มอุณหภูมิเป็น 24-26°C แล้วนำเครื่องผลิตโอโซนเข้ามาช่วย จะช่วยประหยัดค่าพลังงานได้

สำหรับการอนุรักษ์พลังงานในอาคารมีวิธีการปฏิบัติหลายวิธีการที่จะช่วย แต่ให้เกิดความมั่นใจควรศึกษารายละเอียดการใช้งานของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีว่าใช้งานครบทุกทางเลือกหรือยัง เมื่อพบข้อผิดพลาดควรทำการปรับปรุงอย่างไร เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการวางแผนการทำงานด้านพลังงานต่อไป

การศึกษาโอโซนสามารถนำไปใช้ประโยชน์

เช่นการศึกษาผลการกระทบของฝุ่นกับระบบปรับอากาศ อธิบายรายละเอียดเบื้องต้น ในการศึกษาผลกระทบของการใช้เครื่องปรับอากาศร่วมกับเครื่องผลิตก๊าซโอโซน สามารถช่วยในการกำจัดกลิ่นอับภายในห้อง ยังสามารถช่วยลดเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่อยู่ในอากาศให้มีปริมาณต่ำกว่ามาตรฐาน และยังเพิ่มอากาศออกซิเจนภายในห้องทำให้มีอากาศบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น ทำให้ผู้ที่อยู่ให้จะมีความสดชื่นและลดอาการภูมิแพ้ได้ระดับหนึ่ง ถ้าติดเครื่องผลิตก๊าซโอโซนร่วมกับเครื่องปรับอากาศในห้องเรียนจะช่วยให้นักศึกษารู้สึกสดชื่นขึ้นเพราะภายในห้องมีอากาศที่บริสุทธิ์และไม่มีกลิ่นต่างๆ

การใช้โอโซนในชีวิตประจำวันภายในบ้าน

1. ฆ่าเชื้อโรคในอากาศ
2. สามารถนำเอาโอโซนมาใช้ในการล้างสารพิษในผักสดและเนื้อสัตว์ต่างๆได้
3. สามารถกำจัดกลิ่นอับขึ้นในห้อง

การใช้โอโซนบำบัดน้ำหอมผึ่งเย็นและประโยชน์ที่ได้รับ

1. ขจัดความต้องการใช้สารเคมีอื่นๆและลดค่าใช้จ่าย
2. ทำลายจุลินทรีย์ทุกชนิดรวมเชื้อ ลิจิโอเนลลลาและตะไคร่น้ำ
3. ทำการแยกอินทรีย์ต่างๆจากสารเสียโดยการออกซิไดซ์และทำลายหินปูน
4. ป้องกันการเกิดตะกรันและขจัดตะกรันดินที่มีอยู่
5. ทำให้น้ำใสสะอาดและขจัดกลิ่น

สรุป การบำบัดน้ำระบบหอมผึ่งเย็นด้วย โอโซนมีข้อดีมากกว่าการใช้เคมีและประหยัดค่าใช้จ่าย

การใช้โอโซนฆ่าเชื้อโรคในสระน้ำ สปา ประโยชน์ที่ได้

1. ฆ่าเชื้อโรคในน้ำ สารปนเปื้อนในน้ำเร็วกว่าวิธีการอื่นๆ
2. ทำให้น้ำสะอาด กำจัดกลิ่นที่ไม่พึงปรารถนา
3. โอโซนฆ่าเชื้อโรคมากกว่าคลอรีน 152% และเร็วกว่า 3,125 เท่า
4. ไม่มีปัญหาจากการตกค้าง หลังจากฆ่าเชื้อโรค โอโซนจะกลับเป็นออกซิเจนไม่เกิดสาร

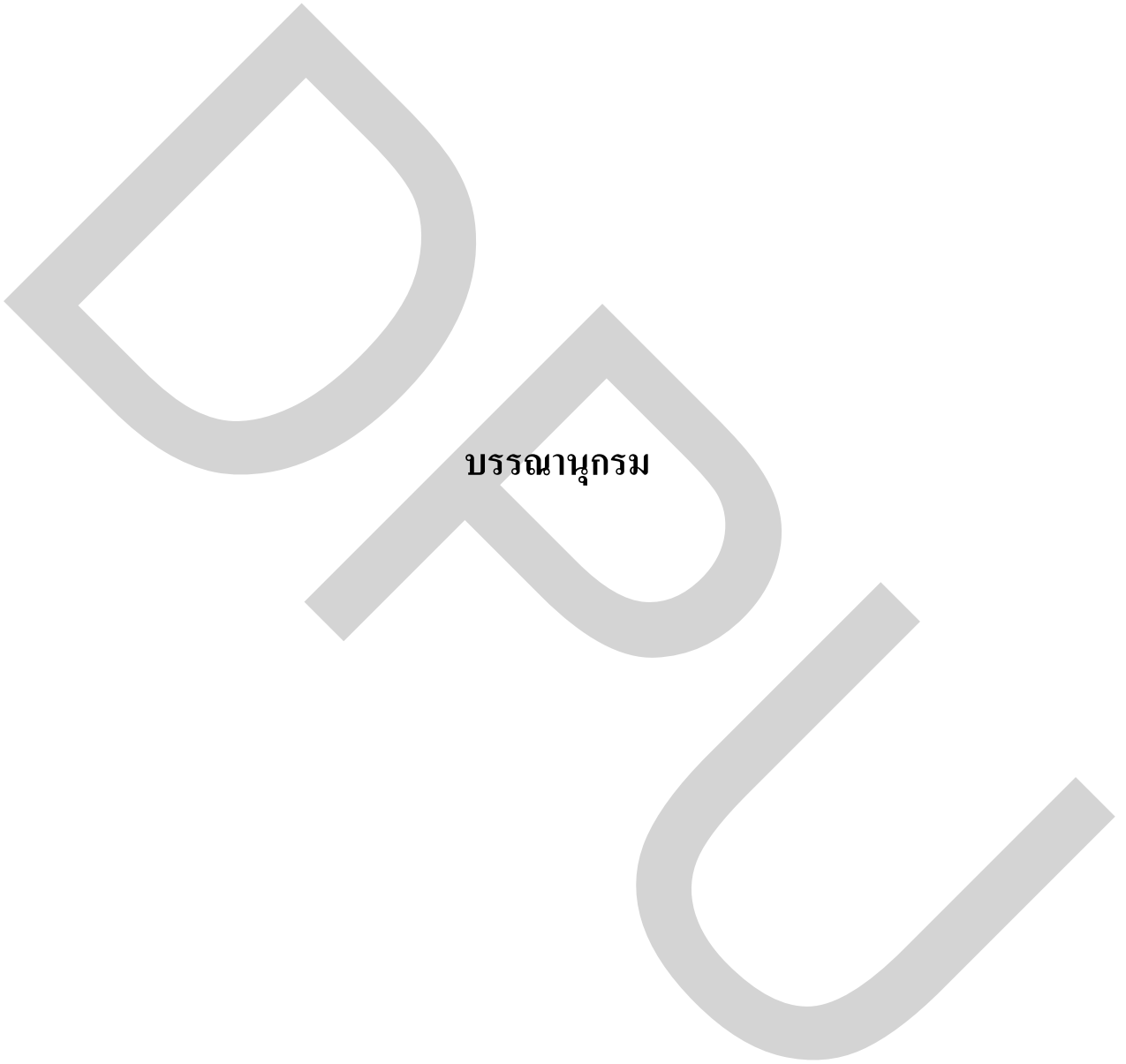
Trichloromethane ซึ่งเป็นสารตกค้างจากคลอรีนและเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็งได้

5. โอโซนฆ่าเชื้อโรคที่คลอรีนไม่สามารถฆ่าได้เช่น ไวรัส เชื้อไออาเดรีย เชื้ออีโคไล ฯลฯ

สามารถใช้ระบบโอโซนกับสระว่ายน้ำ สปาทุกประเภทและถูกต้องตาม พรบ.สาธารณสุข พ.ศ. 2535 ว่าด้วยการควบคุมและดูแลสระว่ายน้ำในด้านคุณภาพน้ำในสระว่ายน้ำมี 5 ข้อ

1. น้ำต้องใสสะอาด
2. มีการตรวจวัดค่าคลอรีนอิสระตกค้าง อยู่ระหว่าง 0.6-1.0 mg/l

3. มีการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง pH อยู่ระหว่าง 7.2-8.4
4. มีการตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มน้อยกว่า 10MPN ต่อน้ำ 100 ml ไม่นานเกินกว่า 1 เดือนก่อนวันที่ทำการสำรวจ
5. มีผลการตรวจวิเคราะห์ซึ่งไม่มีแบคทีเรียชนิดอีโคไลและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคย้อนหลังไป ไม่นานเกิน 1 เดือนก่อนวันที่ทำการสำรวจ



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

หนังสือ

- เกชา ชีระโกเมน. (2540). **ความรู้เรื่องเครื่องปรับอากาศ**. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนทั้ง ฮั่วชินจำกัด.
- ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์. (2535). **การทำความเย็นและการปรับอากาศ**. กรุงเทพฯ.
- ไพบูรณ์ หังสพฤกษ์. (2538). **การปรับอากาศ**. กรุงเทพฯ: ดวงกมล.
- ลีอชัย ทองนิล. (2548). **การตรวจสอบความปลอดภัยระบบไฟฟ้า**. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- วัชร มั่งวิฑิตกุล. (2544). **กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงาน (พิมพ์ครั้งที่ 2)** กรุงเทพฯ: ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย.
- สุรพล รักปทุม. (2543). **ไอโซนเพื่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม (พิมพ์ครั้งที่ 1)**. กรุงเทพฯ.
- สมเจตน์ ทองคำวงศ์. (2535). **เครื่องปรับอากาศภายในบ้าน**. ปทุมธานี: ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย.

วิทยานิพนธ์

- จันทนา กุญชรรัตน์ และ ไพรวลัย เชียงหลิว. (2548). **การใช้เทคโนโลยีระบบไอโซนเพื่อการประหยัดพลังงานในเครื่องซักผ้าขนาดใหญ่**. การประชุมวิชาการเชิงวิชาการเครื่องปรับอากาศแห่งประเทศไทย. สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- เดชะธร สุขชัยศรี. (2550). **การควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบระบบทำน้ำเย็นส่วนกลางระบายความร้อนด้วยน้ำในช่วงอุณหภูมิแวดล้อมต่ำ**. สารนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการเทคโนโลยีในอาคาร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.



ภาคผนวก



ตารางที่ 3.1 การเก็บข้อมูลที่ได้จากเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์

วันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2549 ในช่วงเวลา 10.00-11.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ
จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier บิดความ
สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 34 °C อุณหภูมิที่ตั้งไว้ภายในห้อง 26 °C

ครั้งที่	ระยะการทำงานของ คอมเพรสเซอร์		ความชื้น	เวลา	อุณหภูมิ	การหมุนของกิโลวัตต์ มิเตอร์		กำลังไฟฟ้าที่ ใช้	ค่าใช้ไฟฟ้า ต่อชั่วโมง
	หยุด ทำงาน	เริ่ม ทำงาน				ขณะหยุด ทำงาน	ขณะเริ่ม ทำงาน		
	(วินาที)	(วินาที)	%	(วินาที)	°C	(จำนวน รอบ)	(จำนวน รอบ)	kW.h ต่อ ชั่วโมง	(บาท)
1	179	166	68/67	345	25.1	18	73	0.126430723	0.632153614
2	179	183	69/68	362	25.2	18	89	0.02431694	0.121584699
3	179	205	69/68	384	25.3	18	96	0.023414634	0.117073171
4	179	199	69/68	378	25.4	18	94	0.02361809	0.118090452
5	179	208	69/68	387	25.5	18	97	0.023317308	0.116586538
6	179	238	69/66	417	25.5	18	106	0.022268908	0.111344538
7	178	193	69/67	371	25.5	18	92	0.023834197	0.119170984
8	179	220	69/67	399	25.6	18	100	0.022727273	0.113636364
9	179	213	69/67	392	25.6	18	98	0.023004695	0.115023474
10	179	181	69/68	360	25.6	18	89	0.024585635	0.122928177
		2006		3795			934	0.337518402	1.687592012

ตารางที่ 3.2 การเก็บข้อมูลที่ได้จากเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์

วันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2549 ในช่วงเวลา 13.00-14.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ
จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีดความ
สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 38 °C อุณหภูมิภายในห้อง 25 °C

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์		ความชื้น %	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ °c	การหมุนของกิโวลต์มิเตอร์		กำลังไฟฟ้าที่ใช้ kW.h ต่อชั่วโมง	ค่าใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมง (บาท)
	หยุดทำงาน (วินาที)	เริ่มทำงาน (วินาที)				ขณะหยุดทำงาน (จำนวนรอบ)	ขณะเริ่มทำงาน (จำนวนรอบ)		
	1	228				128	78/77		
2	231	112	78/78	343	24.7	14	38	0.020472441	0.102362205
3	232	91	78/78	323	24.7	14	32	0.020833333	0.104166667
4	246	108	78/78	354	24.7	16	37	0.0208	0.104
5	265	102	78/78	367	24.7	17	35	0.01712963	0.085648148
6	257	105	78/77	362	24.6	16	36	0.016666667	0.083333333
7	253	90	78/68	343	24.6	16	32	0.0203125	0.1015625
8	251	105	71/70	356	24.6	16	36	0.016525424	0.082627119
9	265	109	77/68	374	24.5	17	37	0.020564516	0.102822581
10	272	120	70/68	392	24.5	17	40	0.01962963	0.098148148
		1219		3570			464	0.275711918	1.378559589

ตารางที่ 3.3 การเก็บข้อมูลที่ได้จากเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์

วันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2549 ในช่วงเวลา 13.00 -14.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ
จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีดความ
สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 35°C อุณหภูมิที่ตั้งไว้ภายในห้อง 26°C

ครั้งที่	ระยการทำงานของ คอมเพรสเซอร์		ความชื้น	เวลา	อุณหภูมิ	การหมุนของกิโลวัตต์ มิเตอร์		กำลังไฟฟ้า ที่ใช้	ค่าใช้ไฟฟ้า ต่อชั่วโมง
	หยุด ทำงาน	เริ่มทำงาน				ขณะหยุด ทำงาน	ขณะเริ่ม ทำงาน		
	(วินาที)	(วินาที)	%	(วินาที)	°c	(จำนวน รอบ)	(จำนวน รอบ)	kW.h ต่อ ชั่วโมง	(บาท)
1	179	292	68/65	471	25.6	18	134	0.180119863	0.900599315
2	183	141	69/68	324	25.4	19	66	0.023404255	0.117021277
3	179	193	69/68	372	25.5	18	93	0.024093264	0.120466321
4	179	286	70/65	465	25.5	18	132	0.023076923	0.115384615
5	179	194	69/67	373	25.4	18	93	0.023969072	0.119845361
6	216	274	70/65	490	25.4	23	128	0.023357664	0.116788321
7	179	274	69/66	453	25.3	18	99	0.018065693	0.090328467
8	178	230	69/66	408	25.3	18	104	0.022608696	0.113043478
9	179	274	69/65	453	25.3	18	128	0.023357664	0.116788321
10									0
		2158		3809			977	0.362053095	1.810265477

ตารางที่ 3.4 การเก็บข้อมูลที่ได้จากเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์

วันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2549 ในช่วงเวลา 14.00-15.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ
จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีตความ
สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 34°C อุณหภูมิภายในห้อง 25°C

ครั้งที่	ระยการทํางานของ คอมเพรสเซอร์		ความชื้น %	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ °c	การหมุนของกิโลวัตต์ มิเตอร์		กำลังไฟฟ้า ที่ใช้ kW.h ต่อ ชั่วโมง	ค่าใช้ไฟฟ้า ต่อชั่วโมง (บาท)
	หยุด ทํางาน (วินาที)	เริ่มทํางาน (วินาที)				ขณะหยุด ทํางาน (จำนวน รอบ)	ขณะเริ่ม ทํางาน (จำนวน รอบ)		
	1	292				159	78/77		
2	249	138	78/78	387	24.7	16	54	0.019565217	0.097826087
3	237	133	78/78	370	24.7	14	53	0.019924812	0.09962406
4	275	146	78/78	421	24.7	17	56	0.019178082	0.095890411
5	254	145	78/78	399	24.7	17	56	0.019310345	0.096551724
6	236	124	78/77	360	24.6	14	51	0.020564516	0.102822581
7	236	126	78/68	362	24.6	14	51	0.020238095	0.101190476
8	241	135	71/70	376	24.6	16	53	0.01962963	0.098148148
9	245	131	77/68	376	24.5	16	52	0.019847328	0.099236641
10									
		1237		3502			485	0.297718193	1.488590967

ตารางที่ 3.5 การเก็บข้อมูลที่ได้จากเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์

วันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2549 ในช่วงเวลา 13.00-14.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ
จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีคความ
สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 33°C อุณหภูมิภายในห้อง 25°C

ครั้งที่	ระยการทำงานของ คอมเพรสเซอร์		ความชื้น %	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ °c	การหมุนของกิโลวัตต์ มิเตอร์		กำลังไฟฟ้า ที่ใช้ kW.h ต่อ ชั่วโมง	ค่าใช้ไฟฟ้า ต่อชั่วโมง (บาท)
	หยุด ทำงาน (วินาที)	เริ่มทำงาน (วินาที)				ขณะหยุด ทำงาน (จำนวน รอบ)	ขณะเริ่ม ทำงาน (จำนวน รอบ)		
	1	272				120	78/77		
2	265	109	78/78	374	24.7	17	37	0.020472441	0.102362205
3	251	105	78/78	356	24.7	16	36	0.020833333	0.104166667
4	253	90	78/78	343	24.7	16	32	0.0208	0.104
5	257	102	78/78	359	24.7	16	36	0.01712963	0.085648148
6	265	102	78/77	367	24.6	17	35	0.016666667	0.083333333
7	246	108	78/68	354	24.6	16	37	0.0203125	0.1015625
8	232	91	71/70	323	24.6	14	32	0.016525424	0.082627119
9	231	112	77/68	343	24.5	14	38	0.020564516	0.102822581
10	228	128	70/68	356	24.5	14	52	0.01962963	0.098148148
		1067		3567			464	0.275711918	1.378559589

ตารางที่ 3.6 การเก็บข้อมูลที่ได้จากเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์

วันที่ 19 ธันวาคม พ.ศ. 2549 ในช่วงเวลา 13.00-14.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ
จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีดความ
สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 30°C อุณหภูมิภายในห้อง 25°C

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของ คอมเพรสเซอร์		ความชื้น %	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ °c	การหมุนของกิโลวัตต์ มิเตอร์		กำลังไฟฟ้า ที่ใช้ kW.h ต่อ ชั่วโมง	ค่าใช้ไฟฟ้า ต่อชั่วโมง (บาท)
	หยุด ทำงาน (วินาที)	เริ่ม ทำงาน (วินาที)				ขณะหยุด ทำงาน (จำนวน รอบ)	ขณะเริ่ม ทำงาน (จำนวน รอบ)		
	1	292				159	78/77		
2	249	138	78/78	387	24.7	16	54	0.020472441	0.102362205
3	237	133	78/78	370	24.7	14	53	0.020833333	0.104166667
4	285	146	78/78	431	24.7	17	56	0.0208	0.104
5	284	145	78/78	429	24.7	17	56	0.01712963	0.085648148
6	236	124	78/77	360	24.6	14	51	0.016666667	0.083333333
7	236	126	78/68	362	24.6	14	51	0.0203125	0.1015625
8	241	135	71/70	376	24.6	16	53	0.016525424	0.082627119
9	245	131	77/68	376	24.5	16	52	0.020564516	0.102822581
10	283	150	70/68	433	24.5	17	57	0.01962963	0.098148148
		1387		3975			464	0.275711918	1.378559589

ตารางที่ 3.7 การเก็บข้อมูลที่ได้จากเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์

วันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2549 ในช่วงเวลา 13.00-14.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ
จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีดความ
สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอกห้อง 33°C อุณหภูมิภายในห้อง 25°C

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์		ความชื้น	เวลา	อุณหภูมิ	การหมุนของกิโลวัตต์มิเตอร์		กำลังไฟฟ้าที่ใช้	ค่าใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมง
	หยุดทำงาน	เริ่มทำงาน				ขณะหยุดทำงาน	ขณะเริ่มทำงาน		
	(วินาที)	(วินาที)	%	(วินาที)	°c	(จำนวนรอบ)	(จำนวนรอบ)	kW.h ต่อชั่วโมง	(บาท)
1	283	150	78/77	433	26.7	17	57	0.137116667	0.685583333
2	245	131	78/78	376	26.7	16	52	0.019847328	0.099236641
3	241	135	78/78	376	26.7	16	53	0.01962963	0.098148148
4	236	126	78/78	362	26.7	14	51	0.020238095	0.101190476
5	236	124	78/78	360	26.7	14	51	0.020564516	0.102822581
6	284	145	78/77	429	26.6	17	56	0.019310345	0.096551724
7	285	146	78/68	431	26.4	17	56	0.019178082	0.095890411
8	237	133	71/70	370	26.3	14	53	0.019924812	0.09962406
9	249	138	77/68	387	26.2	16	54	0.019565217	0.097826087
10									
		1228		3524			483	0.295374692	1.476873462

ตารางที่ 3.8 การเก็บข้อมูลที่ได้จากเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์

วันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2549 ในช่วงเวลา 13.00 -14.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ
จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีตความ
สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 35°C อุณหภูมิภายในห้อง 25°C

ครั้งที่	ระยะการทำงานของ คอมเพรสเซอร์		ความชื้น	เวลา	อุณหภูมิ	การหมุนของกิโวลต์ มิเตอร์		กำลังไฟฟ้า ที่ใช้	ค่าใช้ไฟฟ้า ต่อชั่วโมง
	หยุด ทำงาน (วินาที)	เริ่ม ทำงาน (วินาที)				ขณะหยุด ทำงาน (จำนวน รอบ)	ขณะเริ่ม ทำงาน (จำนวน รอบ)		
			%	(วินาที)	°c			kW.h ต่อ ชั่วโมง	(บาท)
1	253	117	78/77	370	24.7	16	39	0.102777778	0.513888889
2	238	127	78/78	365	24.7	14	52	0.020472441	0.102362205
3	308	120	78/78	428	24.7	20	50	0.020833333	0.104166667
4	272	125	78/78	397	24.7	17	52	0.0208	0.104
5	260	108	78/78	368	24.7	16	37	0.01712963	0.085648148
6	260	117	78/77	377	24.6	16	39	0.016666667	0.083333333
7	255	128	78/68	383	24.6	16	52	0.0203125	0.1015625
8	248	118	71/70	366	24.6	16	39	0.016525424	0.082627119
9	252	124	77/68	376	24.5	16	51	0.020564516	0.102822581
10	272	135	70/68	407	24.5	17	53	0.01962963	0.098148148
		1219		3837			464	0.275711918	1.378559589

ตารางที่ 3.9 การเก็บข้อมูลที่ได้จากเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์

วันที่ 24 ธันวาคม พ.ศ. 2549 ในช่วงเวลา 13.00-14.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ
จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีดความ
สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 30°C อุณหภูมิภายในห้อง 25°C

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของ คอมเพรสเซอร์		ความชื้น %	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ °c	การหมุนของกิโวลต์ มิเตอร์		กำลังไฟฟ้า ที่ใช้ kW.h ต่อ ชั่วโมง	ค่าใช้ไฟฟ้า ต่อชั่วโมง (บาท)
	หยุด ทำงาน (วินาที)	เริ่มทำงาน (วินาที)				ขณะหยุด ทำงาน (จำนวน รอบ)	ขณะเริ่ม ทำงาน (จำนวน รอบ)		
	1	192				117	78/77		
2	213	109	78/78	322	26.7	22	43	0.019724771	0.098623853
3	182	101	78/78	283	26.7	22	40	0.01980198	0.099009901
4	179	141	78/78	320	26.7	18	63	0.022340426	0.111702128
5	179	129	78/78	308	26.7	18	60	0.023255814	0.11627907
6	179	159	78/77	338	26.6	18	69	0.021698113	0.108490566
7	179	280	78/68	459	26.4	18	127	0.022678571	0.113392857
8	179	272	71/70	451	26.3	18	125	0.022977941	0.114889706
9	179	272	77/68	451	26.2	18	127	0.023345588	0.116727941
10	179	249	70/68	428	26	18	118	0.023694779	0.118473896
		1829		3669			817	0.298556445	1.492782225

ตารางที่ 3.10 การเก็บข้อมูลที่ได้จากเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์

วันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ. 2549 ในช่วงเวลา 13.00-14.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ
จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีดความ
สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอกห้อง 29.5°C อุณหภูมิภายในห้อง 25°C

ครั้งที่	ระยะการทำงานของ คอมเพรสเซอร์		ความชื้น	เวลา	อุณหภูมิ	การหมุนของกิโลวัตต์ มิเตอร์		กำลังไฟฟ้า ที่ใช้	ค่าใช้ไฟฟ้า ต่อชั่วโมง
	หยุด ทำงาน (วินาที)	เริ่ม ทำงาน (วินาที)				ขณะหยุด ทำงาน (จำนวน รอบ)	ขณะเริ่ม ทำงาน (จำนวน รอบ)		
			%	(วินาที)	°c			kW.h ต่อ ชั่วโมง	(บาท)
1	192	117	78/77	309	26.7	21	45	0.099038462	0.495192308
2	213	109	78/78	322	26.7	22	43	0.019724771	0.098623853
3	182	101	78/78	283	26.7	22	40	0.01980198	0.099009901
4	179	141	78/7821 3.03+	320	26.7	18	63	0.022340426	0.111702128
5	179	129	78/78	308	26.7	18	60	0.023255814	0.11627907
6	179	159	78/77	338	26.6	18	69	0.021698113	0.108490566
7	179	280	78/68	459	26.4	18	127	0.022678571	0.113392857
8	179	272	71/70	451	26.3	18	125	0.022977941	0.114889706
9	179	272	77/68	451	26.2	18	127	0.023345588	0.116727941
10	179	249	70/68	428	26	18	118	0.023694779	0.118473896
		1829		3669			817	0.298556445	1.492782225

ตารางที่ 3.11 การเก็บข้อมูลที่ได้จากเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์ร่วมกับเครื่องผลิตไอโซนว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 13.00-14.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีดความสามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 35°C อุณหภูมิภายในห้อง 26°C

ครั้งที่	ระยะการทำงานของคอมเพรสเซอร์		ความชื้น %	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ %	การหมุนของกิโลวัตต์มิเตอร์		กำลังไฟฟ้าที่ใช้ kW.h ต่อ ชั่วโมง	ค่าใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมง (บาท)
	หยุดทำงาน (วินาที)	เริ่มทำงาน (วินาที)				ขณะหยุดทำงาน (จำนวนรอบ)	ขณะเริ่มทำงาน (จำนวนรอบ)		
	1	179				191	69/68		
2	179	188	69/68	367	25.7	18	91	0.024202128	0.121010638
3	179	203	69/68	382	25.7	18	95	0.023399015	0.116995074
4	179	178	69/68	357	25.6	18	76	0.021348315	0.106741573
5	179	213	69/68	392	25.6	18	98	0.023004695	0.115023474
6	179	173	70/69	352	25.6	18	74	0.021387283	0.106936416
7	178	190	69/68	368	25.7	18	92	0.024210526	0.121052632
8	179	187	69/68	366	25.6	18	91	0.024331551	0.121657754
9	179	219	69/67	398	25.6	18	100	0.02283105	0.114155251
10	179	182	69/68	361	25.6	18	89	0.024450549	0.122252747
		1924		3713			898	0.233248882	1.166244408

ตารางที่ 3.12 การเก็บข้อมูลและการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์ และร่วมกับเครื่องทำไอโซนว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 14.00-15.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีคความ สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 32°C อุณหภูมิภายในห้อง 26°C (ฝนกำลังจะตก)

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์		ความชื้น %	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ °C	การหมุนของกิโลวัตต์มิเตอร์		กำลังไฟฟ้าที่ใช้ kW.h ต่อ ชั่วโมง	ค่าใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมง (บาท)
	หยุดทำงาน (วินาที)	เริ่มทำงาน (วินาที)				ขณะหยุดทำงาน (จำนวนรอบ)	ขณะเริ่มทำงาน (จำนวนรอบ)		
	1	263				72	65/67		
2	239	104	69/70	343	28.1	21	47	0.022596154	0.112980769
3	300	94	70/72	394	27.8	29	43	0.02287234	0.114361702
4	318	90	73/75	408	27.5	30	42	0.023333333	0.116666667
5	287	104	75/76	391	27.4	26	47	0.022596154	0.112980769
6	372	100	76/76	472	27.3	36	45	0.0225	0.1125
7	355	96	77/77	451	27.2	32	44	0.022916667	0.114583333
8	336	98	77/77	434	27.1	31	44	0.02244898	0.112244898
9	380	97	77/77	477	27.1	38	44	0.022680412	0.113402062
10				0			0		0
		855		3705			392	0.321527373	1.607636867

ตารางที่ 3.13 การเก็บข้อมูลและการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์
ว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 11.30-12.30 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ
จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier จีคความ
สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 36°C อุณหภูมิที่ตั้งไว้ภายในห้อง 26°C

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของ คอมเพรสเซอร์		ความชื้น	เวลา	อุณหภูมิ	การหมุนของกิโลวัตต์ มิเตอร์		กำลังไฟฟ้า ที่ใช้	ค่าใช้ไฟฟ้า ต่อชั่วโมง
	หยุด ทำงาน (วินาที)	เริ่มทำงาน (วินาที)				ขณะหยุด ทำงาน (จำนวน รอบ)	ขณะเริ่ม ทำงาน (จำนวน รอบ)		
			%	(วินาที)	°c			kW.h ต่อ ชั่วโมง	(บาท)
1	179	191	69/68	370	25.6	18	92	0.148516579	0.742582897
2	179	188	69/68	367	25.7	18	91	0.024202128	0.121010638
3	179	203	69/68	382	25.7	18	95	0.023399015	0.116995074
4	179	177	69/68	356	25.6	18	76	0.021468927	0.107344633
5	179	212	69/68	391	25.6	18	98	0.023113208	0.115566038
6	179	173	70/69	352	25.6	18	74	0.021387283	0.106936416
7	179	190	69/68	369	25.7	18	92	0.024210526	0.121052632
8	179	187	69/68	366	25.6	18	91	0.024331551	0.121657754
9	179	219	69/67	398	25.6	18	100	0.02283105	0.114155251
10	179	182	69/68	361	25.6	18	89	0.024450549	0.122252747
		1922		3712			898	0.357910816	1.78955408

ตารางที่ 3.14 การเก็บข้อมูลและการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์
ว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 13.00-14.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ จัด
การพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีตความ สามารถ
ทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 38°C อุณหภูมิภายในห้อง 26°C

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของ คอมเพรสเซอร์		ความชื้น	เวลา	อุณหภูมิ	การหมุนของกิโวลต์ มิเตอร์		กำลังไฟฟ้า ที่ใช้	ค่าใช้ไฟฟ้า ต่อชั่วโมง
	หยุด ทำงาน (วินาที)	เริ่ม ทำงาน (วินาที)				ขณะหยุด ทำงาน (จำนวน รอบ)	ขณะเริ่ม ทำงาน (จำนวน รอบ)		
			%	(วินาที)	°c			kW.h ต่อ ชั่วโมง	(บาท)
1	192	117	78/77	309	26.7	21	45	0.099038462	0.495192308
2	203	109	78/78	312	26.7	22	43	0.019724771	0.098623853
3	200	101	78/78	301	26.7	22	40	0.01980198	0.099009901
4	179	141	78/78	320	26.7	18	63	0.022340426	0.111702128
5	179	129	78/78	308	26.7	18	60	0.023255814	0.11627907
6	179	159	78/77	338	26.6	18	69	0.021698113	0.108490566
7	179	280	78/68	459	26.4	18	127	0.022678571	0.113392857
8	179	272	71/70	451	26.3	18	125	0.022977941	0.114889706
9	179	280	77/68	459	26.2	18	127	0.022678571	0.113392857
10	179	249	70/68	428	26	18	118	0.023694779	0.118473896
		1837		3685			817	0.297889428	1.489447141

ตารางที่ 3.15 การเก็บข้อมูลและการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์
ว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 14.00-15.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ
จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีคความ
สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 39°C อุณหภูมิที่ตั้งไว้ภายในห้อง 25°C

ครั้งที่	ระยการทำงานของ คอมเพรสเซอร์		ความชื้น %	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ °c	การหมุนของกิโลวัตต์ มิเตอร์		กำลังไฟฟ้า ที่ใช้ kW.h ต่อ ชั่วโมง	ค่าใช้ไฟฟ้า ต่อชั่วโมง (บาท)
	หยุด ทำงาน (วินาที)	เริ่มทำงาน (วินาที)				ขณะหยุด ทำงาน (จำนวน รอบ)	ขณะเริ่ม ทำงาน (จำนวน รอบ)		
	1	192				117	78/77		
2	203	109	78/78	312	26.7	22	43	0.019724771	0.098623853
3	200	101	78/78	301	26.7	22	40	0.01980198	0.099009901
4	179	141	78/78	320	26.7	18	63	0.022340426	0.111702128
5	179	129	78/78	308	26.7	18	60	0.023255814	0.11627907
6	179	159	78/77	338	26.6	18	69	0.021698113	0.108490566
7	179	280	78/68	459	26.4	18	127	0.022678571	0.113392857
8	179	272	71/70	451	26.3	18	125	0.022977941	0.114889706
9	179	280	77/68	459	26.2	18	127	0.022678571	0.113392857
10	179	249	70/68	428	26	18	118	0.023694779	0.118473896
		1837		3685			817	0.297889428	1.489447141

ตารางที่ 3.16 การเก็บข้อมูลและการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์
ว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ
จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีตความ
สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 40°C อุณหภูมิภายในห้อง 25°C

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์		ความชื้น %	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ °c	การหมุนของกิโลวัตต์มิเตอร์		กำลังไฟฟ้าที่ใช้ kW.h ต่อ ชั่วโมง	ค่าใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมง (บาท)
	หยุดทำงาน (วินาที)	เริ่มทำงาน (วินาที)				ขณะหยุดทำงาน (จำนวนรอบ)	ขณะเริ่มทำงาน (จำนวนรอบ)		
	1	179				206	78/77		
2	178	291	78/78	469	26.7	22	63	0.084613402	0.42306701
3	179	300	78/78	479	26.7	22	65	0.086486111	0.432430556
4	179	242	78/78	421	26.7	18	52	0.075385675	0.376928375
5	178	190	78/78	368	26.7	18	41	0.066175439	0.330877193
6	179	279	78/77	458	26.6	18	60	0.082078853	0.410394265
7	179	259	78/68	438	26.4	18	56	0.078918919	0.394594595
8	179	178	71/70	357	26.3	18	38	0.063511236	0.31755618
9	178	223	71/70	401	26.3	18	48	0.071928251	0.359641256
10		0		0			0		0
		2168		3776			468	0.679182837	3.395914186

ตารางที่ 3.17 การเก็บข้อมูลและการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์
ว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 19.30-20.30 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ
จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีคความ
สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 30.6°C อุณหภูมิภายในห้อง 26°C

ครั้งที่	ระยะการทำงานของคอมเพรสเซอร์		ความชื้น	เวลา	อุณหภูมิ	การหมุนของกิโลวัตต์มิเตอร์		กำลังไฟฟ้าที่ใช้	ค่าใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมง
	หยุดทำงาน	เริ่มทำงาน				ขณะหยุดทำงาน	ขณะเริ่มทำงาน		
	(วินาที)	(วินาที)	%	(วินาที)	%	(จำนวนรอบ)	(จำนวนรอบ)	kW.h ต่อชั่วโมง	(บาท)
1	263	72	65/67	335	28.5	25	36	0.139583333	0.697916667
2	239	104	69/70	343	28.1	21	47	0.022596154	0.112980769
3	300	94	70/72	394	27.8	29	43	0.02287234	0.114361702
4	318	90	73/75	408	27.5	30	42	0.023333333	0.116666667
5	287	104	75/76	391	27.4	26	47	0.022596154	0.112980769
6	372	100	76/76	472	27.3	36	45	0.0225	0.1125
7	355	96	77/77	451	27.2	32	44	0.022916667	0.114583333
8	336	98	77/77	434	27.1	31	44	0.02244898	0.112244898
9	362	97	77/77	459	27.1	38	44	0.022680412	0.113402062
10				0					0
		855		3687			392	0.321527373	1.607636867

ตารางที่ 3.18 การเก็บข้อมูลและการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์
ว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 20.30-21.30 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ
จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีคความ
สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 28°C อุณหภูมิภายในห้อง 26°C

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์		ความชื้น %	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ °c	การหมุนของกิโลวัตต์มิเตอร์		กำลังไฟฟ้า ที่ใช้ kW.h ต่อ ชั่วโมง	ค่าใช้ไฟฟ้า ต่อชั่วโมง (บาท)
	หยุดทำงาน (วินาที)	เริ่มทำงาน (วินาที)				ขณะหยุดทำงาน (จำนวนรอบ)	ขณะเริ่มทำงาน (จำนวนรอบ)		
	1	363				90	77/78		
2	345	98	77/78	443	27.1	31	35	0.017857143	0.089285714
3	409	100	78//79	509	27	37	35	0.0175	0.0875
4	420	108	78/80	528	27	40	35	0.016203704	0.081018519
5	432	89	79/80	521	27	41	35	0.019662921	0.098314607
6	393	91	79/81	484	27	36	35	0.019230769	0.096153846
7	443	78	80/81	521	27	41	35	0.022435897	0.112179487
8				0			35		0
9				0			35		0
10				0			35		0
		654		3459			350	0.25969599	1.298479951

ตารางที่ 3.19 การเก็บข้อมูลและการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์
ว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 13.00-14.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ
จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีตความ
สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 37°C อุณหภูมิภายในห้อง 26°C

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของ คอมเพรสเซอร์		ความชื้น %	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ °c	การหมุนของกิโลวัตต์ มิเตอร์		กำลังไฟฟ้า ที่ใช้ kW.h ต่อ ชั่วโมง	ค่าใช้ไฟฟ้า ต่อชั่วโมง (บาท)
	หยุด ทำงาน (วินาที)	เริ่ม ทำงาน (วินาที)				ขณะหยุด ทำงาน (จำนวน รอบ)	ขณะเริ่ม ทำงาน (จำนวน รอบ)		
1	178	149	65/67	327	28.5	13	129	0.235922819	1.179614094
2	179	187	69/70	366	28.1	13	161	0.043048128	0.215240642
3	179	157	70/72	336	27.8	13	135	0.042993631	0.214968153
4	179	187	73/75	366	27.5	13	161	0.043048128	0.215240642
5	179	191	75/76	370	27.4	13	162	0.042408377	0.212041885
6	180	169	76/76	349	27.3	13	148	0.043786982	0.218934911
7	179	237	77/77	416	27.2	13	205	0.043248945	0.216244726
8	179	165	77/77	344	27.1	13	142	0.043030303	0.215151515
9	178	184	77/77	362	27.1	13	159	0.043206522	0.216032609
10		0		0					0
		1626		3236			1402	0.580693835	2.903469176

ตารางที่ 3.20 การเก็บข้อมูลและการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์
ว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 9 กรกฎาคม 2550 พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 12.30-13.30 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ
จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีตความ
สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 40°C อุณหภูมิภายในห้อง 26°C

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของ คอมเพรสเซอร์		ความชื้น %	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ °c	การหมุนของกิโลวัตต์ มิเตอร์		กำลังไฟฟ้า ที่ใช้ kW.h ต่อ ชั่วโมง	ค่าใช้ไฟฟ้า ต่อชั่วโมง (บาท)
	หยุด ทำงาน (วินาที)	เริ่มทำงาน (วินาที)				ขณะหยุด ทำงาน (จำนวน รอบ)	ขณะเริ่ม ทำงาน (จำนวน รอบ)		
	1	179				175	64/63		
2	179	228	66/63	407	26.8	13	100	0.021929825	0.109649123
3	179	131	65/65	310	26.7	13	61	0.023282443	0.116412214
4	179	175	67/66	354	26.7	13	74	0.021142857	0.105714286
5	179	202	67/66	381	26.7	13	93	0.023019802	0.11509901
6	179	203	67/65	382	26.7	13	93	0.022906404	0.11453202
7	179	190	67/66	369	26.7	13	89	0.023421053	0.117105263
8	179	135	67/66	314	26.6	13	62	0.022962963	0.114814815
9	179	196	68/66	375	26.7	13	91	0.023214286	0.116071429
10	179	164	67/66	343	26.7	13	70	0.021341463	0.106707317
		1799		3589			807	0.327963952	1.639819761

ตารางที่ 3.21 การเก็บข้อมูลและการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์
ว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 9 กรกฎาคม 2550 พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 13.00-14.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ
จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชี้ดความ
สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 35°C อุณหภูมิภายในห้อง 26°C

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของ คอมเพรสเซอร์		ความชื้น	เวลา	อุณหภูมิ	การหมุนของกิโวลต์ มิเตอร์		กำลังไฟฟ้า ที่ใช้	ค่าใช้ไฟฟ้า ต่อชั่วโมง
	หยุด ทำงาน (วินาที)	เริ่ม ทำงาน (วินาที)				ขณะหยุด ทำงาน (จำนวน รอบ)	ขณะเริ่ม ทำงาน (จำนวน รอบ)		
			%	(วินาที)	°c			kW.h ต่อ ชั่วโมง	(บาท)
1	179	162	67/66	341	26.6	12	67	0.11752572	0.587628601
2	179	125	67/66	304	26.5	12	56	0.0224	0.112
3	178	137	68/68	315	26.5	12	60	0.02189781	0.109489051
4	179	112	68/68	291	26.6	12	42	0.01875	0.09375
5	178	193	69/68	210	26.7	12	92	0.023834197	0.119170984
6	179	129	68/68	308	26.6	12	57	0.022093023	0.110465116
7	178	312	68/68	490	26.6	12	141	0.022596154	0.112980769
8	179	265	68/68	444	26.7	12	117	0.022075472	0.110377358
9	179	152	70/68	331	26.7	12	64	0.021052632	0.105263158
10	178	170	70/68	348	26.7	12	69	0.020294118	0.101470588
		1757		3382			765	0.312519125	1.562595627

ตารางที่ 3.22 การเก็บข้อมูลและการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์ และร่วมกับเครื่องทำไอโซนว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 13.00-14.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีดความสามารถ ทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 28°C อุณหภูมิภายในห้อง 25°C

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์		ความชื้น %	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ °c	การหมุนของกิโลวัตต์มิเตอร์		กำลังไฟฟ้าที่ใช้ kW.h ต่อ ชั่วโมง	ค่าใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมง (บาท)
	หยุดทำงาน (วินาที)	เริ่มทำงาน (วินาที)				ขณะหยุดทำงาน (จำนวนรอบ)	ขณะเริ่มทำงาน (จำนวนรอบ)		
	1	240				109	78/77		
2	228	115	78/78	343	26.7	20	66	0.028695652	0.143478261
3	211	102	78/78	313	26.7	19	58	0.028431373	0.142156863
4	225	116	78/78	341	26.7	20	67	0.02887931	0.144396552
5	198	103	78/78	301	26.7	18	59	0.028640777	0.143203883
6	188	128	78/77	316	26.6	17	73	0.028515625	0.142578125
7	203	133	78/68	336	26.4	19	76	0.028571429	0.142857143
8	179	87	71/70	266	26.3	16	50	0.028735632	0.143678161
9	304	107	77/68	411	26.2	27	61	0.028504673	0.142523364
10	140	202	70/68	342	26	13	116	0.028712871	0.143564356
		1202		1202			689	0.425783672	2.12891836

ตารางที่ 3.23 การเก็บข้อมูลและการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์ และร่วมกับเครื่องทำไอโซนว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 4 มิถุนายน พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 13.00-15.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีตความ สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 34°C อุณหภูมิภายในห้อง 26°C

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์		ความชื้น	เวลา	อุณหภูมิ	การหมุนของกิโวลต์มิเตอร์		กำลังไฟฟ้าที่ใช้	ค่าใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมง
	หยุดทำงาน	เริ่มทำงาน				ขณะหยุดทำงาน	ขณะเริ่มทำงาน		
	(วินาที)	(วินาที)	%	(วินาที)	%	(จำนวนรอบ)	(จำนวนรอบ)	kW.h ต่อชั่วโมง	(บาท)
1	178	149	69/68	327	26.2	17	59	0.107902685	0.539513423
2	179	187	70/66	366	26.1	17	79	0.021122995	0.105614973
3	179	157	73/69	336	25.6	17	61	0.019426752	0.097133758
4	179	187	75/69	366	25.5	17	79	0.021122995	0.105614973
5	179	191	75/69	370	25.4	17	80	0.020942408	0.104712042
6	180	169	75/69	349	25.3	19	64	0.018934911	0.094674556
7	179	235	75/68	414	25.2	17	92	0.019574468	0.09787234
8	179	165	73/69	344	25.1	17	63	0.019090909	0.095454545
9	178	184	75/69	362	25	17	78	0.021195652	0.105978261
10	179	216	75/68	395	25	17	86	0.019907407	0.099537037
		1840		3629			741	0.289221182	1.446105909

ตารางที่ 3.24 การเก็บข้อมูลและการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์ และร่วมกับเครื่องทำไอโซนว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 6 เมษายน พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 13.00-15.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีตความ สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 34°C อุณหภูมิที่ตั้งภายในห้อง 26°C

ครั้งที่	ระยะการทำงานของคอมเพรสเซอร์		ความชื้น	เวลา	อุณหภูมิ	การหมุนของกิโวลต์มิเตอร์		กำลังไฟฟ้าที่ใช้	ค่าใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมง
	หยุดทำงาน	เริ่มทำงาน				ขณะหยุดทำงาน	ขณะเริ่มทำงาน		
	(วินาที)	(วินาที)	%	(วินาที)	%	(จำนวนรอบ)	(จำนวนรอบ)	kW.h ต่อชั่วโมง	(บาท)
1	179	156	73/69	335	25.1	17	60	0.107371795	0.536858974
2	179	157	74/69	336	25	17	60	0.01910828	0.095541401
3	178	196	76/69	374	25	17	80	0.020408163	0.102040816
4	179	118	75/71	297	25	17	40	0.016949153	0.084745763
5	178	151	77/71	329	25.1	17	58	0.019205298	0.09602649
6	179	151	77/72	330	25.2	17	58	0.019205298	0.09602649
7	179	196	77/69	375	25.2	17	80	0.020408163	0.102040816
8	179	136	75/71	315	25.1	17	54	0.019852941	0.099264706
9	179	176	77/70	355	25.1	17	65	0.018465909	0.092329545
10	178	132	76/71	310	25.1	17	53	0.020075758	0.100378788
		1569		3356			608	0.281050758	1.40525379

ตารางที่ 3.25 การเก็บข้อมูลและการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์ และร่วมกับเครื่องทำไอโซนว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 9 กรกฎาคม 2550 พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 17.00-18.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการจัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีดความสามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 34°C อุณหภูมิที่ตั้งภายในห้อง 26°C

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์		ความชื้น %	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ °c	การหมุนของมิเตอร์		กำลังไฟฟ้าที่ใช้ kW.h ต่อ ชั่วโมง	ค่าใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมง (บาท)
	หยุดทำงาน (วินาที)	เริ่มทำงาน (วินาที)				ขณะหยุดทำงาน (จำนวนรอบ)	ขณะเริ่มทำงาน (จำนวนรอบ)		
	1	179				128	71/70		
2	179	135	71/70	314	26.5	14	55	0.02037037	0.101851852
3	179	159	71/70	338	26.6	14	62	0.019496855	0.097484277
4	179	129	71/70	308	26.5	14	54	0.020930233	0.104651163
5	179	132	71/70	311	26.5	14	55	0.020833333	0.104166667
6	179	163	71/71	342	26.5	14	37	0.011349693	0.056748466
7	179	174	72/70	353	26.6	14	65	0.018678161	0.093390805
8	178	156	71/70	334	26.5	14	62	0.019871795	0.099358974
9	178	154	71/70	332	26.4	14	34	0.011038961	0.055194805
10	178	162	71/71	340	26.5	14	37	0.011419753	0.057098765
		1492		3279			515	0.261918842	1.309594211

ตารางที่ 3.26 การเก็บข้อมูลและการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์ และร่วมกับเครื่องทำไอโซนว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 9 กรกฎาคม 2550 พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 18.00-19.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier จีดีความ สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 30°C อุณหภูมิที่ตั้งภายในห้อง 26°C (ตอนฝนตก)

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์		ความชื้น	เวลา	อุณหภูมิ	การหมุนของกิโวลต์มิเตอร์		กำลังไฟฟ้าที่ใช้	ค่าใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมง
	หยุดทำงาน	เริ่มทำงาน				ขณะหยุดทำงาน	ขณะเริ่มทำงาน		
	(วินาที)	(วินาที)	%	(วินาที)	°c	(จำนวนรอบ)	(จำนวนรอบ)	kW.h ต่อ ชั่วโมง	(บาท)
1	192	141	70/69	333	28.1	13	55	0.108244681	0.541223404
2	278	97	71/72	375	27.4	18	34	0.017525773	0.087628866
3	242	164	75/73	406	27.2	16	60	0.018292683	0.091463415
4	433	124	78/77	557	26.7	29	50	0.02016129	0.100806452
5	664	85	83/81	749	26.9	44	31	0.018235294	0.091176471
6	595	87	83/82	682	27	39	31	0.017816092	0.08908046
7	652	91	85/83	743	27	43	32	0.017582418	0.087912088
8				0					0
9				0					0
10				0					0
		789		3845			293	0.217858231	1.089291155

ตารางที่ 3.27 การเก็บข้อมูลและการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์ และร่วมกับเครื่องทำไอโซนว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 10 กรกฎาคม พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 20.30-21.30 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ปิดความ สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 29°C อุณหภูมิที่ตั้งภายในห้อง 26°C (ตอน กลางคืน)

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์		ความชื้น	เวลา	อุณหภูมิ	การหมุนของกิโวลต์มิเตอร์		กำลังไฟฟ้าที่ใช้	ค่าใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมง
	หยุดทำงาน	เริ่มทำงาน				ขณะหยุดทำงาน	ขณะเริ่มทำงาน		
	(วินาที)	(วินาที)	%	(วินาที)	°c	(จำนวนรอบ)	(จำนวนรอบ)	kW.h ต่อ ชั่วโมง	(บาท)
1	179	148	67/67	327	27.4	13	66	0.12152027	0.607601351
2	178	138	67/67	316	27.2	13	63	0.022826087	0.114130435
3	179	117	67/67	296	27	13	45	0.019230769	0.096153846
4	179	104	68/68	283	26.9	13	41	0.019711538	0.098557692
5	178	96	69/70	274	26.8	13	39	0.0203125	0.1015625
6	179	114	71/71	293	26.8	13	45	0.019736842	0.098684211
7	179	129	71/71	308	26.7	13	60	0.023255814	0.11627907
8	187	112	72/72	299	26.7	15	45	0.020089286	0.100446429
9	179	108	72/72	287	26.6	13	42	0.019444444	0.097222222
10	185	101	74/73	286	26.5	17	41	0.02029703	0.101485149
		1167		2969			487	0.306424581	1.532122904

ตารางที่ 3.28 การเก็บข้อมูลและการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์ และร่วมกับเครื่องทำไอโซนว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 12.00-13.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการจัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีตความสามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 31 °C อุณหภูมิที่ตั้งภายในห้อง 26 °C

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์		ความชื้น	เวลา	อุณหภูมิ	การหมุนของกิโวลต์มิเตอร์		กำลังไฟฟ้าที่ใช้	ค่าใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมง
	หยุดทำงาน	เริ่มทำงาน				ขณะหยุดทำงาน	ขณะเริ่มทำงาน		
	(วินาที)	(วินาที)	%	(วินาที)	%	(จำนวนรอบ)	(จำนวนรอบ)	kW.h ต่อชั่วโมง	(บาท)
1	178	233	59/59	411	26.9	13	96	0.14111588	0.705579399
2	179	305	61/59	484	26.6	13	137	0.022459016	0.112295082
3	180	154	61/59	334	26.3	15	112	0.036363636	0.181818182
4	178	131	61/62	309	26.2	13	57	0.021755725	0.108778626
5	179	160	64/64	339	26.2	13	65	0.0203125	0.1015625
6	179	177	66/65	356	26.3	13	69	0.019491525	0.097457627
7	179	210	66/64	389	26.3	13	89	0.021190476	0.105952381
8	179	245	66/63	424	26.2	13	110	0.02244898	0.112244898
9	179	169	65/64	348	26.1	13	67	0.019822485	0.099112426
10				0					0
		1784		3394			802	0.324960224	1.624801121

ตารางที่ 3.29 การเก็บข้อมูลและการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์ และร่วมกับเครื่องทำไอโซนว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 12 กรกฎาคม พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 16.00-18.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการ จัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier จีดีความ สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 34°C อุณหภูมิที่ตั้งภายในห้อง 26°C

ครั้งที่	ระยะการทำงานของคอมเพรสเซอร์		ความชื้น %	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ °c	การหมุนของกิโลวัตต์มิเตอร์		กำลังไฟฟ้าที่ใช้ kW.h ต่อ ชั่วโมง	ค่าใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมง (บาท)
	หยุดทำงาน (วินาที)	เริ่มทำงาน (วินาที)				ขณะหยุดทำงาน (จำนวนรอบ)	ขณะเริ่มทำงาน (จำนวนรอบ)		
	1	179				222	53/53		
2	179	224	56/56	403	27.1	13	97	0.021651786	0.108258929
3	178	149	58/58	327	26.8	13	64	0.02147651	0.10738255
4	178	119	59/59	297	26.7	13	45	0.018907563	0.094537815
5	179	164	61/61	343	26.7	13	68	0.020731707	0.103658537
6	179	152	62/62	331	26.6	13	65	0.021381579	0.106907895
7	179	132	63/64	311	26.5	13	60	0.022727273	0.113636364
8	179	139	66/65	318	26.5	13	62	0.022302158	0.111510791
9	179	126	66/66	305	26.4	13	58	0.023015873	0.115079365
10	179	112	66/66	291	26.4	13	43		0
		1539		3327			659	0.318204209	1.591021044

ตารางที่ 3.30 การเก็บข้อมูลและการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์ และร่วมกับเครื่องทำไอโซนว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 12 กรกฎาคม พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 18.00-19.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการจัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier บิดความสามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 30°C อุณหภูมิที่ตั้งภายในห้อง 26°C

ครั้งที่	ระยะการทำงานของคอมเพรสเซอร์		ความชื้น	เวลา	อุณหภูมิ	การหมุนของกิโวลต์มิเตอร์		กำลังไฟฟ้าที่ใช้	ค่าใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมง
	หยุดทำงาน	เริ่มทำงาน				ขณะหยุดทำงาน	ขณะเริ่มทำงาน		
	(วินาที)	(วินาที)	%	(วินาที)	%	(จำนวนรอบ)	(จำนวนรอบ)	kW.h ต่อชั่วโมง	(บาท)
1	178	118	68/68	296	26.4	13	45	0.094067797	0.470338983
2	179	128	69/68	307	26.3	13	59	0.023046875	0.115234375
3	185	99	69/69	284	26.3	15	39	0.01969697	0.098484848
4	190	117	71/70	307	26.3	15	45	0.019230769	0.096153846
5	235	112	71/71	347	26.3	17	43	0.019196429	0.095982143
6	280	116	71/72	396	26.4	22	44	0.018965517	0.094827586
7	376	129	73/72	505	26.4	31	59	0.022868217	0.114341085
8	179	132	71/71	311	26.4	13	60	0.022727273	0.113636364
9	234	113	72/71	347	26.3	17	43	0.019026549	0.095132743
10	443	114	72/71	557	26.4	36	43		0
		1178		3657			480	0.258826395	1.294131974

ตารางที่ 3.31 การเก็บข้อมูลเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์ว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 15.30-16.30 น. ห้องทดลองของภาควิชาการจัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีคความ สามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 29°C อุณหภูมิที่ตั้งภายในห้อง 25°C

ครั้งที่	ระยะเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์		ความชื้น %	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ °c	การหมุนของกิโวลต์มิเตอร์		กำลังไฟฟ้าที่ใช้ kW.h ต่อ ชั่วโมง	ค่าใช้ไฟฟ้าต่อ ชั่วโมง (บาท)
	หยุดทำงาน (วินาที)	เริ่มทำงาน (วินาที)				ขณะหยุดทำงาน (จำนวนรอบ)	ขณะเริ่มทำงาน (จำนวนรอบ)		
	1	222				144	74/73		
2	231	136	74/73	367	25.5	16	53	0.019485294	0.097426471
3	248	176	74/73	424	25.5	17	68	0.019318182	0.096590909
4	202	88	73/73	290	25.5	14	34	0.019318182	0.096590909
5	188	139	74/74	327	25.5	13	54	0.01942446	0.097122302
6	254	130	74/74	384	25.5	17	50	0.019230769	0.096153846
7	243	135	75/75	378	25.6	17	53	0.01962963	0.098148148
8	308	153	75/75	461	25.6	21	59	0.019281046	0.096405229
9	299	173	76/75	472	25.6	20	67	0.019364162	0.096820809
10			75/	0					0
		1274		3469			494	0.273662836	1.368314179

ตารางที่ 3.32 การเก็บข้อมูลเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์ว่ามีการทำงานกี่ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

วันที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2550 ในช่วงเวลา 09.00-10.00 น. ห้องทดลองของภาควิชาการจัดการพลังงานมีขนาดพื้นที่ 39.5 m² เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Carrier ชีคความสามารถทำความเย็น 12,624 BTU/hr ที่อุณหภูมิภายนอก 36°C อุณหภูมิที่ตั้งภายในห้อง 25°C (ตอนฝนตก)

ครั้งที่	ระยะการทำงานของคอมเพรสเซอร์		ความชื้น	เวลา	อุณหภูมิ	การหมุนของกิโลวัตต์มิเตอร์		กำลังไฟฟ้าที่ใช้	ค่าใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมง
	หยุดทำงาน	เริ่มทำงาน				ขณะหยุดทำงาน	ขณะเริ่มทำงาน		
	(วินาที)	(วินาที)	%	(วินาที)	°c	(จำนวนรอบ)	(จำนวนรอบ)	kW.h ต่อชั่วโมง	(บาท)
1	179	139	66/66	318	25.6	13	61	0.116294964	0.58147482
2	178	199	66/67	377	25.6	13	87	0.021859296	0.109296482
3	179	194	67/67	373	25.5	13	85	0.021907216	0.109536082
4	179	151	67/67	330	25.4	13	66	0.021854305	0.109271523
5	283	198	67/67	481	25.3	20	87	0.021969697	0.109848485
6	241	172	68/68	413	25.3	17	75	0.021802326	0.109011628
7	210	153	69/69	363	25.3	15	67	0.021895425	0.109477124
8	192	151	69/69	343	25.3	14	66	0.021854305	0.109271523
9	206	153	69/69	359	25.3	15	67	0.021895425	0.109477124
10	307	149	69/69	456	25.2	22	65	0.021812081	0.109060403
		1659		3813			726	0.313145039	1.565725195

SGS

COPY

รายงานเลขที่ : 2007-00156/001 วันที่รายงานผล : 21 มีนาคม 2550
 ลูกค้า : คุณณรงค์ สังข์นาคควา
 บุคคลที่ติดต่อ : คุณณรงค์ สังข์นาคควา
 ที่อยู่ : 110/1-4 ถนนประชาชื่น หลีกสี่ กรุงเทพมหานคร 10210
 โทรศัพท์ : 0-2954-7300 ต่อ 441

รายงานผลการวิเคราะห์

ชนิดตัวอย่าง : ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศ วันที่เก็บตัวอย่าง : 14 มีนาคม 2550
 สถานที่เก็บตัวอย่าง : มหาวิทยาลัยอริรักษ์ปทุมธานี ระยะเวลาเก็บตัวอย่าง : 10.00-12.00

สถานีตรวจวัด	ปริมาณแบคทีเรียรวมในอากาศ (ซีเอฟยู/ลูกบาศก์เมตร)
ห้องทดสอบพลังงาน	25
มาตรฐาน	750

หมายเหตุ : - ซีเอฟยู/ลูกบาศก์เมตร - โคโลนิฟอร์มมิงยูนิตต่อลูกบาศก์เมตร
 ที่มา : บริษัท เอสจีเอส (ประเทศไทย) จำกัด ดำเนินการตามมาตรฐาน ACGIH

(จารุภัทร สำเรียนรัมย์)

ผู้จัดการส่วนงานคุณภาพอากาศในอาคาร
 และกลไกการพัฒนาที่สะอาด

(สมปอง เกียรติพร)

ผู้จัดการฝ่ายตรวจสอบด้านสิ่งแวดล้อม

บริษัท เอสจีเอส (ประเทศไทย) จำกัด



SK/CS/WH/Pp

SGS

COPY

Report No. : 2007- 00156/ 001

Issued date : March 21, 2007

CLIENT : KHUN NARONG SUNGNAKARA
 CONTACT : Khun Narong Sungnakara
 ADDRESS : 110/1-4 Prachachuen Road, Laksi, Bangkok 10210, Thailand
 Tel. 0-2954-7300 ext. 441

Analysis Report

SAMPLE DESIGNATED AS : Airborne Microorganism
 SAMPLING LOCATION : Dhurakij Pundit University

SAMPLING DATE : March 14, 2007
 MEASUREMENT TIME : 10.00-12.30

Station	Bacteria (CFU/m ³)
Energy Room	25
Standard*	≥ 750

Remark : - CFU/m³ = Colony Forming Units per cubic meter

Source : * SGS recommended concentration from American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)



(Jarupat Sumrainum)
IEQ & CDM Manager



(Sompong Kiatiporn)
Environmental Manager

SK/CS/WH/Pp

SGS (THAILAND) LIMITED



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล

ณรงค์ สัจฉ์นักรา

ประวัติการศึกษา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ)
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
ปีการศึกษา 2543

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

ครูปฏิบัติการวิชาฟิสิกส์
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
เลขที่ 110/1-4 ถนนประชาชื่น แขวงทุ่งสองห้อง
เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10120