

ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน
ENERGY SAVING DEVICE FOR SPLIT TYPE
AIR CONDITIONER



นางสาวชญานี ทีพิ่ง
MS. CHAYANEE TEEPUNG
นายธนโชติ ลิ้มถาวรานันต์
MR. THANACHOT LIMTAWARANANT

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ENERGY SAVING DEVICE FOR SPLIT TYPE AIR CONDITIONER



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน
นักศึกษา	นางสาวชญาณี ที่พึ่ง นายธนโชติ ลิมถาวรานันต์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2562
ปีการศึกษา	
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	รศ.ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยไม่มีผลกระทบต่อเวลาการทำงานและอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ การศึกษาได้เริ่มต้นด้วยการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน หลังจากนั้นจึงได้ออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน ด้วยการออกแบบทางวิศวกรรมอุปกรณ์ประหยัดพลังงานประกอบด้วย 2 ส่วนคือ 1) โครงสร้างหลักของอุปกรณ์ประหยัดพลังงานที่มีขนาดกว้าง 643 มม. x ลึก 55 มม. x สูง 442 มม. และ 2) แผ่นไส้ในสามประเภท: แผ่นกระดาษรังผึ้ง แผ่นตาข่ายหรือแผ่นไนลอนที่มีขนาดกว้าง 64 ซม. x ลึก 5 ซม. x สูง 43 ซม. หลังจากนั้นการทดลองครั้งแรกถูกตั้งขึ้นเพื่อคัดเลือกแผ่นไส้ในที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมที่สุดในการทดลองครั้งถัดไปด้วยปัจจัย 2 ประการ 1) ระยะห่างของการติดตั้งอุปกรณ์ของอุปกรณ์ประหยัดพลังงานนี้และเครื่องคอมเพรสเซอร์มี 4 ระดับคือ 0, 3, 5 และ 7 ซม. และ 2) อัตราการไหลของน้ำทิ้งที่ไหลผ่านอุปกรณ์ประหยัดพลังงานนี้มี 3 ระดับคือ 14, 16 และ 18 มิลลิลิตรต่อนาที ในท้ายที่สุดผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า 1) อุปกรณ์ประหยัดพลังงานนี้สามารถลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนได้อย่างมีนัยสำคัญ 2) ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ประหยัดพลังงานแปรผกผันกับอัตราการไหลของน้ำทิ้งและ 3) ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขึ้นอยู่กับระยะของการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน นั่นคือการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนจะลดน้อยลงเมื่อมีระยะการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานประมาณ 3 ซม. จากเครื่องคอมเพรสเซอร์ และอัตราการไหลของน้ำเสียประมาณ 18 มิลลิลิตรต่อนาที และอุณหภูมิของห้องจะลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ เมื่อมีระยะการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานประมาณ 7 ซม. จากเครื่องคอมเพรสเซอร์ และอัตราการไหลของน้ำทิ้งประมาณ 18 มิลลิลิตรต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และตัดเอางอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Energy Saving Device for Split Type Air Conditioner
Student	Ms. Chayanee Teepung Mr. Thanachot Limtawaranant
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2019
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Sakon Klongboonjit

ABSTRACT

The purpose of the thesis is to study and design an energy-saving device for split type air conditioner without an effect on cooling and air conditioner life time. The study has started with collecting the information about current condition of the split type air conditioner, after that an energy-saving device is designed. With an engineering design, the energy-saving device consists of 2 parts: 1) Main structure of energy-saving device with dimensions of 643 mm in width x 55 mm in depth x 442 mm in height and 2) Three types of inner sheet pad: Cooling pad, Mesh sheet or Nylon sheet with dimensions of 64 cm in width x 5 cm in depth x 43 cm in height. After that, the first experiment is set to select the most proper inner sheet pad which is next studied its efficiency in the next experiment with 2 factors: 1) the device installation distance of this energy-saving device and the air compressor with 4 levels of 0, 3, 5 and 7 cm and 2) the flow rate of waste water passing this energy-saving device with 3 levels of 14, 16 and 18 milliliters per minute. Finally, the experimental results show that 1) This energy-saving device can significantly reduce the energy consumption of a split type air conditioner, 2) The efficiency of an energy-saving device inverse varies with waste water flow rate and 3) The electric consumption of a split type air conditioner depends of the energy-saving device installation distance. That is the least electric consumption of a split type air conditioner occurs at the energy-saving device installation distance about 3 cm from the air compressor and the waste water flow rate about 18 milliliters per minute and the room temperature rapidly reduces to the room setting temperature at the energy-saving device installation distance about 7 cm from the air compressor and the waste water flow rate about 18 milliliters per minute.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลือจากคณาจารย์และบุคคลหลายฝ่าย คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบุคคลทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำปริญญาบัตรฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.สกันธ์ คล่องบุญจิต อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้สละเวลาในการให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ช่วยเหลือในการแก้ไขข้อบกพร่องระหว่างการผลิต รวมทั้งตรวจแก้ปริญญาบัตรฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร.พลชัย โชติปราชญ์กุล อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในการออกแบบชุดอุปกรณ์ผลิตผลงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนให้สมบูรณ์และสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่านที่คอยอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติการทดลองต่าง ๆ การดำเนินการด้านเอกสารที่เกี่ยวข้องจนการทดลองสำเร็จไปได้ด้วยดี

อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและอาจารย์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่คณะผู้จัดทำให้มีความรู้ในการคิดแก้ไขปัญหา และนำความรู้ที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้ในการจัดทำปริญญาบัตรฉบับนี้

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา รวมไปถึงผู้เกี่ยวข้องอื่น ๆ ที่ไม่ได้เอ่ยนามและเพื่อน ๆ ที่คอยให้การสนับสนุนและคำแนะนำตลอดมา หากมีสิ่งผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำขออภัยและขออภัยมา ณ ที่นี้

นางสาวชญาณี ที่พึ่ง
นายธนโชติ สัมถาวรานันต์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 ตารางการดำเนินการ.....	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีทางเทอร์โมไดนามิกส์.....	4
2.2 ของผสมอากาศชื้น.....	5
2.2.1 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับอากาศชื้นที่ควรทราบ.....	6
2.2.2 กระบวนการทำให้อากาศชื้นอิ่มตัวแบบแอเดียแบติก.....	7
2.2.3 ไฮโครเมตรริกชาร์ต.....	8
2.3 ระบบปรับอากาศ.....	11
2.3.1 หลักการของเทคโนโลยี.....	11
2.3.2 วัฏจักรของระบบทำความเย็นแบบกดดันไอหรือแบบอัดไอ.....	12
2.3.3 องค์ประกอบของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน.....	13
2.3.4 ระบบปรับอากาศแบบการระเหยของน้ำ.....	16
2.4 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ.....	18
2.4.1 ความหมายของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ.....	18
2.4.2 สมการความถดถอยเชิงพหุ.....	19
2.4.3 หน่วยของสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน.....	19
2.4.4 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน.....	19
2.4.5 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ.....	19
2.4.6 ความหมายของสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน.....	19
2.4.7 เงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ.....	20
2.4.8 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ.....	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
2.4.9 การใช้ Microsoft Excel ในการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ.....	22
2.4.10 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ.....	22
2.5 เกณฑ์การให้คะแนน	23
2.5.1 คำนิยาม	23
2.5.2 การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน.....	23
2.5.3 ประเภทของเกณฑ์การให้คะแนน	23
2.5.4 แนวทางการสร้างเกณฑ์การให้คะแนน	24
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 ศึกษาเนื้อหาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	30
3.2 ศึกษาหลักการออกแบบและวัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์ทดลอง.....	30
3.2.1 การศึกษาวัสดุที่ใช้ทำชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	30
3.2.2 การศึกษาข้อมูลสภาพปัจจุบันเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการออกแบบชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.....	31
3.3 การออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบ.....	33
3.4 การสร้างและประกอบชุดอุปกรณ์ต้นแบบ	34
3.4.1 การสร้างโครงของชุดอุปกรณ์ต้นแบบ	34
3.4.2 การสร้างใส่ในสำหรับใช้ในชุดอุปกรณ์ต้นแบบ	34
3.5 ติดตั้ง ทดสอบประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์และสรุปผล	35
3.5.1 การทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพใส่ในที่ดีที่สุด.....	35
3.5.2 การทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ต้นแบบ.....	35
3.5.3 สรุปผล	38
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	
4.1 ผลการศึกษาผลิตภัณฑ์พลังงานที่มีในปัจจุบัน.....	41
4.1.1 วัสดุที่ใช้สร้างอุปกรณ์ลดพลังงาน	41
4.1.2 ศึกษาสินค้าที่มีในปัจจุบัน.....	41
4.1.3 ผลการศึกษาสภาพปัจจุบัน.....	42
4.2 ผลของการออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	46
4.2.1 ขั้นตอนในการสร้างชุดอุปกรณ์.....	46
4.3 ผลของการติดตั้งและทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต้นแบบ	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตัดใจอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
4.3.1 ผลของการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพใส่ในที่ดีที่สุด	49
4.3.2 ผลการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ต้นแบบ	50
4.4 สรุปผล	75
4.4.1 ผลสรุปของปัจจัยเรื่องระยะห่างระหว่างชุดอุปกรณ์กับคอมเพลสเซอร์	77
4.4.2 ผลสรุปของปัจจัยเรื่องอัตราการไหลของน้ำ	77
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล	
5.1 สรุปผลการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพใส่ในที่ดีที่สุด	79
5.2 สรุปผลการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ลดพลังงาน	79
5.3 ข้อเสนอแนะ	80
5.3.1 ข้อเสนอแนะการเก็บข้อมูลสภาพปัจจุบัน	80
5.3.2 ข้อเสนอแนะการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพใส่ในที่ดีที่สุด	80
5.3.3 ข้อเสนอแนะการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ต้นแบบ	80
เอกสารอ้างอิง	81
ภาคผนวก	ผ1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการการศึกษาและออกแบบชุดอุปกรณ์ลดพลังงาน สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.....	3
ตารางที่ 2.1 กระบวนการปรับสภาวะอากาศ	9
ตารางที่ 2.2 ค่าเอนทาลปีของอากาศ	11
ตารางที่ 2.3 ตัวเลขแสดงระดับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	16
ตารางที่ 2.4 1-WAY ANOVA สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอย	20
ตารางที่ 3.1 แบบฟอร์มการบันทึกข้อมูล.....	33
ตารางที่ 3.2 แบบฟอร์มข้อมูลสำหรับนำไปใช้วิเคราะห์	33
ตารางที่ 3.3 แบบฟอร์มการบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพไฟใสใน	37
ตารางที่ 3.4 แบบฟอร์มการบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์	37
ตารางที่ 3.5 แบบฟอร์มข้อมูลประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ที่นำไปใช้วิเคราะห์	37
ตารางที่ 3.6 ผลสรุปคะแนนระยะห่างระหว่างชุดอุปกรณ์กับคอมเพรสเซอร์	39
ตารางที่ 3.7 ผลสรุปคะแนนอัตราการไหลของน้ำ	40
ตารางที่ 4.1 สรุปผลลัพธ์ของสมการถดถอย.....	42
ตารางที่ 4.2 ผลทดสอบประสิทธิภาพไฟใสใน.....	49
ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าและการลดอุณหภูมิภายในห้อง ระหว่างไม่มีการใช้ อุปกรณ์ลดพลังงานกับการใช้อุปกรณ์ลดพลังงาน	76
ตารางที่ 4.4 ผลสรุปคะแนนระยะห่างระหว่างชุดอุปกรณ์กับคอมเพรสเซอร์.....	77
ตารางที่ 4.5 ผลสรุปคะแนนอัตราการไหลของน้ำ.....	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 กระบวนการทำให้อากาศชื้นอิมตัวแบบแอดเดียวแบบติก ก) ช่องทางเก็บน้ำหุ้มฉนวน ข) แผนภาพ T-s แสดงกระบวนการ.....	8
รูปที่ 2.2 แผนภาพไซโครเมตริกชาร์ต.....	8
รูปที่ 2.3 กระบวนการปรับสภาวะอากาศ.....	10
รูปที่ 2.4 การใช้งานแผนภาพไซโครเมตริก.....	10
รูปที่ 2.5 วัฏจักรของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ.....	12
รูปที่ 2.6 หลักการของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ.....	12
รูปที่ 2.7 แผนภาพของวัฏจักรการอัดไอ ก) ค่าอุณหภูมิกับค่าเอนทัลปี ข) ค่าความดันกับค่า เอนทัลปี.....	13
รูปที่ 2.8 วัฏจักรการทำงานอัดไอของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.....	15
รูปที่ 2.9 แผนภาพความดัน-เอนทัลปี (P-h Diagram).....	15
รูปที่ 2.10 องค์ประกอบและหลักการการทำงานของระบบปรับอากาศแบบการระเหยของน้ำ.....	16
รูปที่ 2.11 การติดตั้งแบบฟรีโบล.....	17
รูปที่ 2.12 การติดตั้งแบบใช้ท่อล่อลม.....	18
รูปที่ 2.13 หน้าจอคำสั่ง Regression.....	22
รูปที่ 3.1 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับเวลา.....	38
รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้ากับเวลา.....	38
รูปที่ 4.1 กราฟ Residual Plot ก) ข้อมูลของ X_1 ข) ข้อมูลของ X_2	44
รูปที่ 4.2 กราฟ Line Fit Plot ของตัวแปรความชื้นในห้อง (X_2).....	44
รูปที่ 4.3 กราฟ Line Fit Plot ของตัวแปรความชื้นด้านนอก (X_4).....	45
รูปที่ 4.4 กราฟ Normal Probability Plot.....	45
รูปที่ 4.5 ลักษณะของโครงอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.....	46
รูปที่ 4.6 ลักษณะรูที่เจาะบริเวณรางน้ำและโครงอุปกรณ์.....	47
รูปที่ 4.7 โครงชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.....	47
รูปที่ 4.8 แผ่นใส่ในชนิดกระดาษรังผึ้ง (Cooling Pad).....	47
รูปที่ 4.9 แผ่นใส่ในชนิดตาข่าย.....	48
รูปที่ 4.10 แผ่นใส่ในชนิดเส้นเอ็น.....	48
รูปที่ 4.11 ลักษณะการทดลองทดสอบประสิทธิภาพใส่.....	49
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา แบบไม่มีชุดอุปกรณ์ลดพลังงาน.....	50
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา แบบไม่มีชุดอุปกรณ์ลดพลังงาน..	51
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา ที่อัตราการไหล 14 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะเวลา 0 เซนติเมตรจากคอมเพรสเซอร์.....	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา ที่อัตราการไหล 14 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 7 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์.....	70
รูปที่ 4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา ที่อัตราการไหล 14 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 7 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์.....	71
รูปที่ 4.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา ที่อัตราการไหล 16 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 7 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์.....	72
รูปที่ 4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา ที่อัตราการไหล 16 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 7 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์.....	73
รูปที่ 4.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา ที่อัตราการไหล 18 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 7 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์.....	74
รูปที่ 4.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา ที่อัตราการไหล 18 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 7 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์.....	75

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียด ขอบเขต และขั้นตอนการดำเนินการของงานวิจัยเรื่องชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1. ที่มาและความสำคัญ
2. วัตถุประสงค์ของโครงการ
3. ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
5. ตารางการดำเนินการ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ชัดเจน นั่นคือ ประเทศไทยมีจำนวนวันที่มีอุณหภูมิสูงสุดมากกว่า 33 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้น 2 - 3 สัปดาห์ต่อปี และมีวันที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส นั้นลดลง 2 - 3 สัปดาห์ต่อปี [1] แสดงให้เห็นว่าสภาพอากาศของประเทศไทยนั้นมีอากาศร้อนมากกว่าอากาศเย็น และในช่วงปี พ.ศ.2513 ถึง 2560 หรือ 47 ปีที่ผ่านมาจะพบว่าแนวโน้มอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยนั้นเพิ่มมากขึ้น และยังคงมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วย [2] สำหรับที่พักอาศัยและสำนักงานขนาดเล็กในประเทศไทยนั้นยังต้องคำนึงอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งส่งผลกระทบต่อให้มีอุณหภูมิเพิ่มมากขึ้น นั่นคือ เรื่องของลักษณะการสร้างอาคาร เนื่องจากคนไทยมีความนิยมในการสร้างอาคารด้วยคอนกรีต หรือก่อสร้างผนังด้วยระบบก่ออิฐ - ฉาบปูน โดยการสร้างลักษณะนี้จะมีข้อดีในเรื่องของต้นทุนการก่อสร้างที่ต่ำและมีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อน แต่ยังมีข้อเสียคือผนังภายนอกนั้นจะได้รับพลังงานความร้อนจากสภาพแวดล้อมโดยตรง ซึ่งจะเกิดการกักเก็บความร้อนและส่งผ่านความร้อนเข้ามาภายในอาคาร [3] โดยเฉพาะด้านที่รับแสงอาทิตย์ส่องโดยตรงจะมีความร้อนมากเป็นพิเศษ เช่น บริเวณหน้าต่างที่มีแสงอาทิตย์ส่อง เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ทำให้อุณหภูมิภายในที่พักอาศัยและสำนักงานขนาดเล็กมีอุณหภูมิที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) เพื่อทำการปรับอากาศภายในที่พักอาศัยและสำนักงานขนาดเล็กในประเทศไทยจำนวนเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเครื่องปรับอากาศชนิดนี้มีราคาถูกและติดตั้งได้ง่ายเมื่อเทียบกับแบบอื่น ๆ จึงเหมาะที่จะติดตั้งในที่พักอาศัยและสำนักงานขนาดเล็กที่ไม่มีระบบการระบายอากาศที่ดี [4]

สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ที่ใช้ในที่พักอาศัยและสำนักงานขนาดเล็ก ส่วนใหญ่จะมีขนาดทำความเย็นที่ไม่เกิน 40,000 บีทียูต่อชั่วโมง [5] ซึ่งจะทำให้การปรับสภาพอากาศภายในห้องให้มีอุณหภูมิตามความต้องการ แต่การใช้เครื่องปรับอากาศนั้นยังคงมีข้อเสียหลักทั้งหมด 3 ประการ ได้แก่ ประการแรกคือ การระบายอากาศที่ไม่สามารถรักษาความชื้นสัมพัทธ์ของห้องให้มีค่าที่เหมาะสมในช่วงประมาณ 50 - 60 %RH ตลอดได้ เนื่องจากค่าความชื้นสัมพัทธ์นี้จะขึ้นกับปริมาณความชื้นที่เข้ามาตามช่วงเวลาการใช้งาน โดยช่วงเวลากลางวันวันที่มีอุณหภูมิสูงนั้นจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำซึ่งตรงกันข้ามกับช่วงเวลากลางคืน ประการที่สองคือ การใช้ปริมาณของ

พลังงานเพิ่มมากขึ้น จากสถิติการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าปี 2561 พบว่าเครื่องปรับอากาศเป็นสินค้าที่มีความต้องการเพิ่มมากขึ้น [6] เมื่อมีจำนวนการใช้เครื่องปรับอากาศมากขึ้นส่งผลให้จำนวนการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจึงมีการนำเข้าเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น ภาระค่าไฟฟ้าจึงเพิ่มขึ้นเช่นกัน และประการที่สามคือ การสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ กล่าวคือ เมื่อมีการใช้งานเครื่องปรับอากาศจะมีพลังงานความร้อนและพลังงานความเย็นถูกปล่อยออกมา โดยพลังงานความเย็นที่ถูกปล่อยออกมานั้น จะอยู่ในรูปของน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะมีอุณหภูมิที่ 4 - 5 องศาเซลเซียส [7] ดังนั้นหากมีการใช้ประโยชน์ของน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศมาลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศนี้ได้ ก็จะส่งผลให้ข้อเสียของการใช้เครื่องปรับอากาศนั้นลดลงได้

ปัจจุบันได้มีการนำน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศมาใช้ประโยชน์ในการลดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ แต่ส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ กล่าวคือมีการประหยัดพลังงานจริงแต่อายุการใช้งานเครื่องปรับอากาศนั้นสั้นลง นอกจากนี้มีปัญหาเรื่องของต้นทุนในการดำเนินการ หรือปัญหาเรื่องการจัดตั้งสำหรับเครื่องปรับอากาศที่มีคอมเพรสเซอร์อยู่ใกล้กับผนัง หรือมีพื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์ลดพลังงานนี้อย่างจำกัด จากที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ทางผู้ศึกษาวิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญของการนำน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศมาใช้ช่วยลดพลังงานโดยไม่ส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ และคำนึงถึงตำแหน่งในการติดตั้งตัวอุปกรณ์ช่วยลดพลังงาน จึงได้จัดทำปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ขึ้น เพื่อเป็นการศึกษาและออกแบบอุปกรณ์ช่วยลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนจากน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ โดยวัสดุที่ใช้ทำใส่ในสำหรับให้น้ำทิ้งนี้ไหลผ่านมีทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ ตาข่าย เส้นเอ็นและกระดาษรังผึ้ง ซึ่งจะทำการทดสอบระยะห่างที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยลดพลังงานนี้กับเครื่องคอมเพรสเซอร์ที่ระยะ 0 3 5 และ 7 เซนติเมตร

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาและออกแบบชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน แบ่งออกเป็น 2 ประการ ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาและออกแบบอุปกรณ์ช่วยลดพลังงานของเครื่องปรับอากาศโดยไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงาน และอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ
2. พัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบที่ช่วยลดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ โดยใช้ น้ำทิ้งที่เกิดจากเครื่องปรับอากาศกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์

1.3 ขอบเขตของปฏิญานิพนธ์

ขอบเขตของการศึกษาและออกแบบชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน แบ่งออกเป็น 3 ประการ ดังต่อไปนี้

1. สร้างชุดอุปกรณ์ช่วยลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศด้วยน้ำทิ้งที่เกิดจากเครื่องปรับอากาศ โดยใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดไม่เกิน 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง คอมเพรสเซอร์มีระยะห่างจากผนังห้อง 18 เซนติเมตร และวัสดุที่ใช้ทำแผ่นใส่ใน 3 ชนิด คือ ตาข่าย เส้นเอ็น และกระดาษรังผึ้ง

2. ออกแบบอุปกรณ์ลดพลังงานอ้างอิงข้อมูลที่เก็บได้จากเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาดไม่เกิน 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง และคอมเพรสเซอร์มีระยะห่างจากผนังห้อง 18 เซนติเมตร ในช่วงเวลาเดือนตุลาคม 2562 ถึง มกราคม 2563

3. ในการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ และเปรียบเทียบผลการทดลองโดยใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 ประชากรด้วยสถิติทดสอบ t

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้อุปกรณ์ต้นแบบสำหรับดึงพลังงานความเย็นในน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาดไม่เกิน 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง และมีคอมเพรสเซอร์ที่มีระยะห่างจากผนังห้อง 18 เซนติเมตร กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์

1.5 ตารางการดำเนินการ

ทางผู้ศึกษาวิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังแสดงในตารางที่ 1.1

1. ศึกษาเนื้อหาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาหลักการออกแบบและวัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์ทดลอง
3. ออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบ
4. สร้างและประกอบอุปกรณ์ต้นแบบ
5. ติดตั้ง ทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต้นแบบและสรุปผล
6. รวบรวมเนื้อหาและทฤษฎีทำรูปเล่มปริยญานิพนธ์

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการการศึกษาและออกแบบชุดอุปกรณ์ลดพลังงาน สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ขั้นตอนการดำเนินการ	2562					2563		
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาเนื้อหาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	←	→						
2. ศึกษาหลักการออกแบบและวัสดุ		←	→					
3. ออกแบบอุปกรณ์			←		→			
4. สร้างและประกอบอุปกรณ์						←	→	
5. ติดตั้ง ทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ และสรุปผล							←	→
6. รวบรวมเนื้อหาและทฤษฎีทำรูปเล่มปริยญานิพนธ์							←	→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต่อ3อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาและออกแบบชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ผู้ศึกษาวิจัยได้กล่าวถึงองค์ความรู้ แนวคิดและทฤษฎี โดยแบ่งหัวข้อที่เกี่ยวข้องต่อไปนี้

1. ทฤษฎีทางเทอร์โมไดนามิกส์
2. ของผสมอากาศชื้น
3. ระบบปรับอากาศ
4. การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ
5. เกณฑ์การให้คะแนน
6. วิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีทางเทอร์โมไดนามิกส์

กฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์ มีพื้นฐานมาจากกฎอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งมีใจความว่า พลังงานสามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้ แต่ไม่สามารถสร้าง หรือทำให้พลังงานหายไป ได้ ซึ่งสามารถตรวจสอบความถูกต้องของกฎนี้ได้โดยการวัดการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของระบบ (ใช้สัญลักษณ์เป็น ΔE หรือ ΔU) เทียบกับความแตกต่างระหว่างสภาวะเริ่มต้นกับสภาวะสุดท้ายของระบบ [8]

$$E = E_f - E_i \quad (2.1)$$

กำหนดให้ E คือ พลังงานภายในของระบบ
 E_f คือ พลังงานภายในเมื่อสภาวะเริ่มต้นของระบบ
 E_i คือ พลังงานภายในเมื่อสภาวะสุดท้ายของระบบ

ในทางเคมี มักจะสนใจการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบมากกว่าในสิ่งแวดล้อม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของระบบเป็นดังต่อไปนี้

$$\Delta E = q - w \quad (2.2)$$

กำหนดให้ ΔE คือ พลังงานภายในของระบบ
 q คือ ผลรวมของความร้อน
 w คือ งาน

กฎข้อที่ 2 ของเทอร์โมไดนามิกส์ ซึ่งมีใจความว่า สำหรับกระบวนการที่เกิดขึ้นได้เองและย้อนกลับไม่ได้ (Spontaneous & Irreversible Process) เอนโทรปีของจักรวาลจะมากกว่าศูนย์ และสำหรับกระบวนการที่ย้อนกลับได้ (Reversible Process) และอยู่ในสมดุล เอนโทรปีของจักรวาลจะไม่เปลี่ยนแปลง [9]

กระบวนการที่เกิดขึ้นได้เอง

$$\Delta S_{\text{univ}} = \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{surr}} > 0 \quad (2.3)$$

กระบวนการที่สมดุล

$$\Delta S_{\text{univ}} = \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{surr}} = 0 \quad (2.4)$$

กระบวนการที่เกิดขึ้นทิศทางตรงข้าม

$$\Delta S_{\text{univ}} = \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{surr}} < 0 \quad (2.5)$$

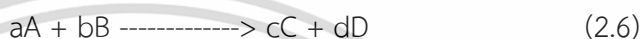
กำหนดให้ ΔS_{univ} คือ การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีของจักรวาล

ΔS_{sys} คือ การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีในระบบ

ΔS_{surr} คือ การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีของสิ่งแวดล้อม

ซึ่งในการคำนวณหาค่า ΔS_{univ} นี้จำเป็นต้องทราบค่าการเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีในระบบ และการเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีของสิ่งแวดล้อม

พิจารณาปฏิกิริยาระหว่างสาร A และ B



สามารถหาการเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีในระบบ ($\Delta S_{\text{sys}}^\circ$) ได้จาก

$$\Delta S_{\text{sys}}^\circ = \Delta S_{\text{rxn}}^\circ = \sum_m \Delta S^\circ (\text{สารผลิตภัณฑ์}) - \sum_n \Delta S^\circ (\text{สารตั้งต้น}) \quad (2.7)$$

$$\Delta S_{\text{rxn}}^\circ = [cS^\circ(C) + dS^\circ(D)] - [aS^\circ(A) + bS^\circ(B)] \quad (2.8)$$

กำหนดให้ a b c และ d คือ สัมประสิทธิ์ปริมาณสัมพันธ์ของสารในปฏิกิริยา

$\sum_m \Delta S^\circ$ คือ การเปลี่ยนแปลงรวมของเอนโทรปีของสารผลิตภัณฑ์

$\sum_n \Delta S^\circ$ คือ การเปลี่ยนแปลงรวมของเอนโทรปีของสารตั้งต้น

m คือ สัมประสิทธิ์ปริมาณสัมพันธ์ของสารผลิตภัณฑ์

n คือ สัมประสิทธิ์ปริมาณสัมพันธ์ของสารตั้งต้น

หมายเหตุ S° หมายถึง เอนโทรปีที่สถานะมาตรฐาน โดยอุณหภูมิเป็น 25°C และความดันเท่ากับ 1 atm

กฎของที่ 0 ของเทอร์โมไดนามิกส์ ซึ่งมีใจความว่า หากมีระบบ (หรือวัตถุ) อยู่ 3 ระบบ เช่น ระบบ ก ข และ ค ระบบทั้งสามนี้สัมผัสกันอยู่ และสามารถถ่ายเทความร้อนไปมาระหว่างกันได้ ถ้าหากว่า ระบบ ก กับ ระบบ ข อยู่ในสภาวะสมดุลกันทางความร้อน (มีความร้อนเท่ากัน) และ ระบบ ข กับ ระบบ ค อยู่ในสภาวะสมดุลกันทางความร้อนเช่นกัน นั้นย่อมหมายความว่า ระบบ ก กับ ระบบ ค อยู่ในสภาวะสมดุลกันทางความร้อนเหมือนกัน [10]

2.2 ของผสมอากาศชื้น

ประกอบไปด้วยอากาศแห้งและไอน้ำความดันต่ำ อาจเรียกว่าของผสมระหว่างอากาศ น้ำ และไอน้ำ เนื่องจากในระหว่างดำเนินการจะมีการระเหยของน้ำ หรือควบแน่นของไอน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งข้อสมมติฐานที่ใช้วิเคราะห์ของผสมอากาศชื้นมีดังต่อไปนี้

1. ในขณะที่มีการดำเนินการกระบวนการจะมีการควบแน่นเป็นน้ำของไอน้ำความดันต่ำในอากาศของเหลว หรือน้ำจะไม่ละลายก๊าซอุดมคติได้

2. ในการพิจารณาเป็นของผสมก๊าซอุดมคติ จะพิจารณาเพียงเฟสของก๊าซเท่านั้น

3. ในการพิจารณาของผสมก๊าซอุดมคติ (อากาศแห้งและไอน้ำ) และเฟสของเหลว (Condensed Phase) ที่ความดันและอุณหภูมิคงที่หนึ่ง ๆ เนื่องจากเกิดสมดุลระหว่างเฟสของเหลวกับเฟสไอของของเหลวนั้น ซึ่งถือว่าไม่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบอื่น ๆ ในของผสม หรือกล่าวคือ ใน

ส่วนของผสมก๊าซอุดมคติจะประกอบด้วยอากาศแห้งและไอน้ำในอากาศ ความดันย่อยไอน้ำในของผสมอากาศชื้นนี้คือ ความดันอิมิตัวที่อุณหภูมิของของผสมขณะนั้น

2.2.1 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับอากาศชื้นที่ควรทราบ

1. อากาศแห้ง (Dry air) คือ อากาศในบรรยากาศ ซึ่งเป็นของผสมที่ประกอบไปด้วย ไนโตรเจน 78.10 เปอร์เซ็นต์ ออกซิเจน 20.95 เปอร์เซ็นต์ อาร์กอน 0.92 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซอื่น ๆ 0.03 เปอร์เซ็นต์ (เปอร์เซ็นต์โดยโมล) ซึ่งปกติแล้วในบรรยากาศจะประกอบไปด้วยความชื้นจำนวนหนึ่ง ซึ่งจะเรียกว่าอากาศชื้น และในส่วนของอากาศที่ไม่มีไอน้ำเป็นองค์ประกอบนั้นจะเรียกว่าอากาศแห้ง โดยทั่วไปแล้วถ้ากล่าวถึงอากาศ จะกำหนดให้เป็นของผสมระหว่างอากาศแห้งกับไอน้ำ โดยองค์ประกอบของอากาศแห้งค่อนข้างคงที่ แต่ปริมาณของไอน้ำนั้นเปลี่ยนแปลงซึ่งมีผลมาจากการระเหย หรือการควบแน่นของน้ำ

ช่วงอุณหภูมิใช้งานด้านการปรับอากาศจะมีค่าประมาณ $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ถึง $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งในช่วงอุณหภูมินี้สามารถสมมติให้อากาศแห้งเป็นก๊าซอุดมคติที่มี C_{p0} คงที่เท่ากับ $1.005\text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ โดยจะต้องใช้อุณหภูมิอ้างอิงที่ $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งค่าเอนทาลปีและการเปลี่ยนแปลงของเอนทาลปีของอากาศแห้งนั้นสามารถเขียนได้ดังนี้

$$h_a = C_{p0}T = 1.005T\text{ kJ/kg} \quad (2.9)$$

$$\Delta h_a = C_{p0}\Delta T = 1.005\Delta T\text{ kJ/kg} \quad (2.10)$$

กำหนดให้

T คือ อุณหภูมิ หน่วยองศาเซลเซียส

ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิของอากาศชื้น

2. อัตราส่วนความชื้นและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio, ω) คือ อัตราส่วนของมวลไอน้ำ (m_v) ต่อมวลของอากาศแห้ง (m_a) ภายใต้อุณหภูมิของอากาศนั้น ๆ จะมีค่าดังสมการต่อไปนี้

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = \frac{P_v/R_v T}{P_a V/R_a T} = \frac{P_v/R_v}{P_a/R_a} \quad (2.11)$$

$$\omega = 0.622 \frac{P_v}{P_a} = \frac{0.622 P_v}{P - P_a} \quad (2.12)$$

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity, ϕ หรือ RH) คือ ปริมาณความชื้นในอากาศมีผลต่อความรู้สึกสบายตัวของคนในบรรยากาศ โดยระดับความสบายตัววัดด้วยค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\phi = \frac{\text{ปริมาณความชื้นในอากาศ}}{\text{ปริมาณความชื้นสูงสุดที่อากาศรับได้ที่อุณหภูมิเดียวกัน}} \quad (2.13)$$

$$= \frac{m_v}{m_g} = \frac{P_v/R_v T}{P_g/R_g T} = \frac{P_v}{P_g} \quad (2.14)$$

$$\text{สรุป } \phi = \frac{P_v}{P_g} = \frac{\rho_v}{\rho_a} = \frac{V_g}{V_v} \quad (2.15)$$

3. เอนทาลปีของอากาศชื้น พิจารณาเป็นเอนทาลปีรวมของทั้งอากาศแห้งและไอน้ำ นั่นคือ

$$H = H_a + H_v = m_a h_a + m_v h_v \quad (2.16)$$

ปกติเอนทาลปีของอากาศชื้นจะมีหน่วยต่อ 1 kg ของอากาศแห้ง ดังนั้นเมื่อหารสมการข้างต้นด้วย m_a จะได้สมการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h = h_a + \omega h_v = h_a + \omega h_g \quad (2.17)$$

กำหนดให้ h มีหน่วยเป็น kJ/kg - อากาศแห้ง

4. อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ภายใต้ความดันคงที่หนึ่ง ๆ ของอากาศชื้น (P_v คงที่) เมื่ออากาศถูกทำให้เย็นลง อุณหภูมิของอากาศชื้นจะลดลงจนถึงจุดหนึ่ง ซึ่งอากาศชื้นนั้นเริ่มควบแน่นพอดี โดยจะเรียกอุณหภูมิของอากาศชื้นที่จุดนี้ว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew - Point Temperature, T_{dp})

อุณหภูมิจุดน้ำค้าง คือ อุณหภูมิที่ไอน้ำในอากาศเริ่มควบแน่น เมื่ออากาศชื้นถูกทำให้เย็นตัวลง ภายใต้ความดันที่คงที่ (P_v คงที่) นั่นคือ

$$T_{dp} = T_{sat@P_v} \quad (2.18)$$

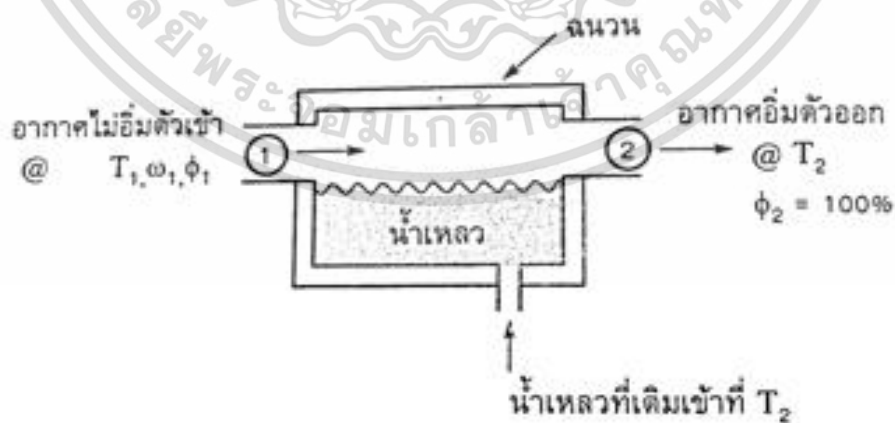
5. อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T_{db}) และอุณหภูมิกระเปาะเปียก (T_{wb})

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature, T_{db}) เป็นอุณหภูมิที่วัดโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ชนิดธรรมดา

อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature, T_{wb}) เป็นอุณหภูมิของอากาศที่วัดโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่มีผ้า หรือสำลีที่ชุบน้ำเปียกหุ้มรอบ ๆ กระเปาะ และในขณะที่วัดจะต้องมีลมผ่านที่ความเร็วไม่ต่ำกว่า 3 m/s และเมื่อนำไปวัดในที่แห่งเดียวกันจะพบว่าอุณหภูมิ T_{wb} ส่วนมากจะต่ำกว่า T_{db}

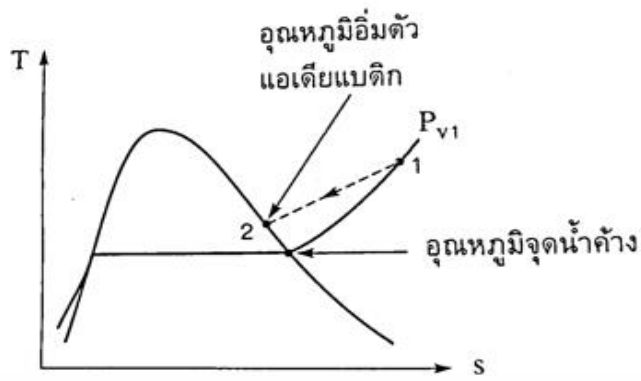
2.2.2 กระบวนการทำให้อากาศชื้นอิ่มตัวแบบแอดเดียแบติก

กระบวนการทำให้อากาศชื้นอิ่มตัวแบบแอดเดียแบติก เป็นอีกทางหนึ่งที่ทำให้ทราบค่าอัตราส่วนความชื้น หรือความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศชื้นที่สถานะหนึ่ง ๆ ได้ โดยให้อากาศชื้นไม่อิ่มตัวมีอุณหภูมิ T_1 และไม่ทราบค่าอัตราส่วนความชื้น (ω_1) ซึ่งจะผ่านเข้าไปในช่องทางเก็บน้ำหุ้มฉนวน มีลักษณะดังรูปที่ 2.1 ขณะที่อากาศชื้นไหลผ่านเหนือผิวน้ำ น้ำบางส่วนจะระเหยแล้วเข้าไปผสมกับอากาศชื้น เนื่องจากอากาศชื้นสูญเสียความร้อนแฝงให้กับน้ำเพื่อใช้ในการระเหยตัวจึงทำให้อุณหภูมิของอากาศชื้นที่ไหลผ่านนั้นลดลง ถ้าสมมติว่าช่องทางเก็บน้ำนี้มีความยาวมากพอ จะสามารถทำให้อากาศชื้นที่ทางออกอยู่ในสภาพอากาศอิ่มตัว กล่าวคือ มีความชื้นสัมพัทธ์ $\phi_2 = 100\%$ และอุณหภูมิขณะนั้นของอากาศชื้นเรียกว่า อุณหภูมิอิ่มตัวแบบแอดเดียแบติก T_2



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

รูปที่ 2.1 กระบวนการทำให้อากาศชื้นอิ่มตัวแบบแอเดียแบติก

ก) ช่องทางเก็บน้ำหุ้มฉนวน

ข) แผนภาพ T-s แสดงกระบวนการ

ภายใต้กระบวนการไหลคงตัว อัตราการเติมน้ำเข้าช่องทางเก็บนั้นเท่ากับอัตราการระเหยตัวของไอน้ำที่อุณหภูมิ T_2 เนื่องจากไม่คิดงาน ความร้อน การเปลี่ยนแปลงของพลังงานจลน์ และการเปลี่ยนแปลงของพลังงานศักย์ จากกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ โดยพิจารณาพลังงานต่อ 1 กิโลกรัมของอากาศแห้ง

$$(h_{a1} + \omega_1 h_{v1}) + (\omega_2 - \omega_1) h_{f2} = (h_{a2} + \omega_2 h_{v2}) \quad (2.19)$$

$$\omega_1 (h_{v1} - h_{f2}) = C_{pa} (T_2 - T_1) + \omega_2 (h_{v2} - h_{f2}) \quad (2.20)$$

จะได้

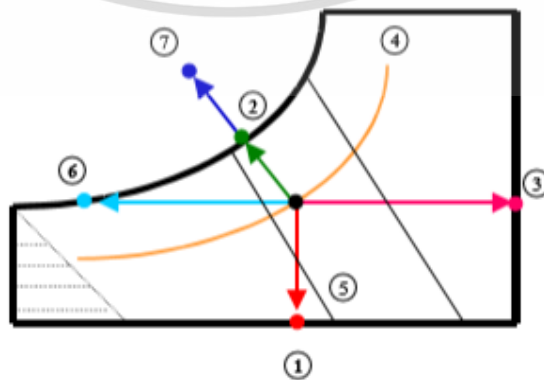
$$\omega_1 = \frac{C_{pa}(T_2 - T_1) + \omega_2(h_{f2} - h_{v2})}{h_{v1} - h_{f2}} \quad (2.21)$$

โดยที่

$$\omega_2 = \frac{0.622 P_{g2}}{P_2 - P_{g2}} \quad (2.22)$$

จากสมการนั้นจะสรุปได้ว่า เมื่อทราบค่าความดันและอุณหภูมิของอากาศชื้นที่ทางเข้า และทางออกของเครื่องมือทำอากาศชื้น ($\phi_2 = 100\%$) จะสามารถคำนวณหาอัตราส่วนความชื้นของอากาศชื้นตรงทางเข้า (ω_1) ได้ [11]

2.2.3 ไชโครเมตริกชาร์ต



รูปที่ 2.2 แผนภาพไชโครเมตริกชาร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศที่อยู่รอบตัวประกอบด้วยอากาศแห้งและไอน้ำซึ่งเรียกว่าอากาศชื้น ดังนั้นการหาปริมาณไอน้ำ หรือปริมาณความร้อนที่อยู่ในอากาศชื้นจะต้องใช้แผนภาพไซโครเมตริกชาร์ต โดยแผนภาพไซโครเมตริกชาร์ตจะแสดงคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature, DB) คือ อุณหภูมิที่อ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะแห้ง

2. อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature, WB) คือ อุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะหุ้มด้วยผ้าสำลีที่ขึ้นโดยต้องมีกระแสลมพัดผ่านกระเปาะเปียกที่ความเร็วไม่น้อยกว่า 5 m/s

3. ความชื้นจำเพาะ (Humidity Ratio) คือ อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างไอน้ำในอากาศต่ออากาศแห้ง 1 กิโลกรัม

4. ความชื้นในอากาศ (Relative Humidity, RH) คือ อัตราส่วนความดันระหว่างความดันของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศชื้นและความดันอิ่มตัวของไอน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน

5. ปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้น (Specific Volume, v) คือ ปริมาตรของอากาศชื้นต่อ 1 กิโลกรัมของอากาศแห้ง

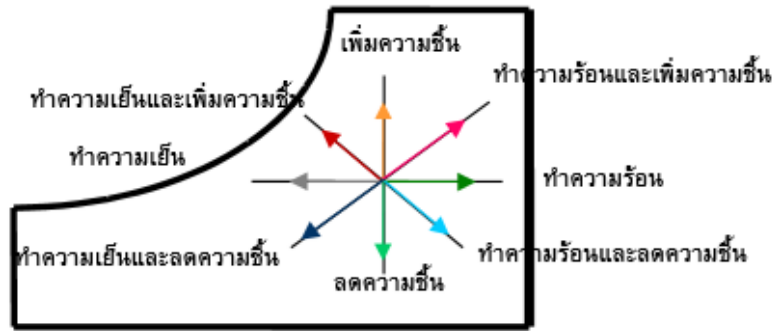
6. อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point, DP) คือ อุณหภูมิที่ไอน้ำในอากาศเริ่มควบแน่นเป็นหยดน้ำ เมื่ออากาศชื้นถูกทำให้เย็นลง

7. ความร้อนจำเพาะของอากาศ (Specific Enthalpy, h) คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้อากาศแห้ง 1 กิโลกรัม และน้ำ x กิโลกรัมร้อนขึ้นจาก 0 องศาเซลเซียส เป็น 1 องศาเซลเซียส

สภาวะอากาศทั่วไปจะมีสภาวะที่ไม่เหมาะสมกับความต้องการเพื่อความสบายของคนหรือความต้องการเพื่อการผลิตในอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการปรับสภาวะอากาศให้ได้ตามต้องการ ซึ่งกระบวนการปรับสภาวะอากาศโดยทั่วไปมีอยู่ 8 กระบวนการดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 กระบวนการปรับสภาวะอากาศ

กระบวนการปรับสภาวะอากาศ	วิธีการ
1. อากาศร้อนขึ้นโดยความชื้นคงที่	ทำโดยใช้ท่อขดความร้อน
2. อากาศร้อนขึ้นและเพิ่มความชื้น	ทำโดยใช้ท่อความร้อนและใช้ไอน้ำพ่นเข้าไปในอากาศ
3. อากาศร้อนขึ้นและลดความชื้น	ทำโดยใช้ชุดท่อความเย็นเพื่อลดความชื้นแล้วจึงให้ความร้อนโดยชุดท่อความร้อน
4. อากาศเย็นโดยความชื้นคงที่	ทำโดยใช้ท่อขดความเย็นที่อุณหภูมิผิวท่อสูงกว่าอุณหภูมิอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (อุณหภูมิกันตัว) ของความชื้นในอากาศ
5. อากาศเย็นและเพิ่มความชื้น	ทำโดยใช้น้ำเย็นพ่นเข้าไปในอากาศ
6. อากาศเย็นและลดความชื้น	ทำโดยใช้ชุดท่อความเย็นที่อุณหภูมิผิวท่อต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (อุณหภูมิกันตัว) ของความชื้นในอากาศ
7. การเพิ่มความชื้น	ทำโดยใช้น้ำที่มีอุณหภูมิเท่ากับกระเปาะแห้งของอากาศ
8. การลดความชื้น	ทำโดยใช้สารดูดความชื้น หรือใช้ชุดท่อความเย็นเพื่อทำให้ความชื้นกลั่นตัว แล้วจึงใช้ชุดท่อความร้อนเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้คงที่



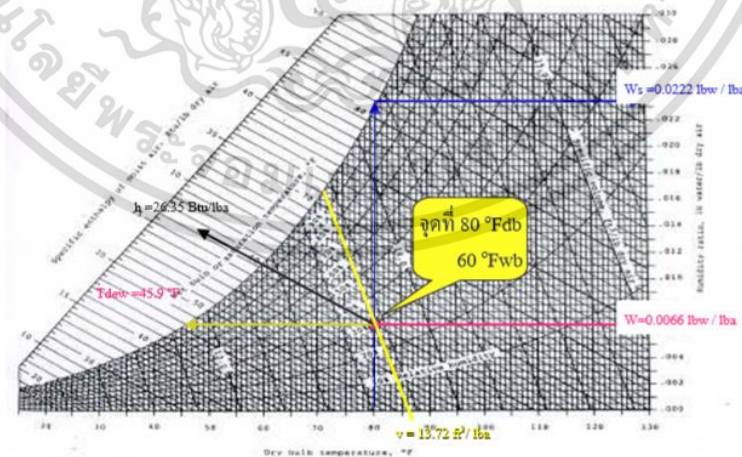
รูปที่ 2.3 กระบวนการปรับสภาวะอากาศ

2.2.3.1 การวิเคราะห์สาเหตุจากคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ได้จากไซโครเมตริกชาร์ต

1. อุณหภูมิผิวขดท่อความเย็นที่อากาศผ่านจะต้องต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (TOP) ของอากาศที่เข้าถึงจะทำให้ความชื้นในอากาศกลั่นตัวเป็นของเหลวได้
2. อุณหภูมิน้ำที่ได้จากห่อฉนวนเย็นควรจะสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศที่เข้าระบายความร้อนไม่เกิน 3 องศาเซลเซียส
3. ความสามารถในการทำความเย็นของขดท่อความเย็น หรือทำความร้อนของขดท่อความร้อนเป็นเท่าใดจะต้องหาจากผลต่างของเอนทัลปีของอากาศที่เข้าและออกจากขดท่อ

2.2.3.2 การใช้งานไซโครเมตริกชาร์ต

การใช้งานไซโครเมตริกชาร์ตนั้นจะต้องทราบคุณสมบัติของอากาศ 2 คุณสมบัติเพื่อจะสามารถกำหนดจุดลงไปได้เช่นตรวจวัดอากาศในห้องได้อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 80 °F และความชื้นสัมพัทธ์ 30% เมื่อนำมากำหนดจุดบนไซโครเมตริกชาร์ตจะได้อุณหภูมิกระเปาะเปียก 60 °F อุณหภูมิจุดน้ำค้าง 45.9 °F อัตราส่วนความชื้น 0.0066 lbw/ba ปริมาตรจำเพาะ 13.72 ft³/ba และเอนทัลปี 26.35 BTU/ba [12]



รูปที่ 2.4 การใช้งานแผนภาพไซโครเมตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 10 อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ค่าเอนทัลปีของอากาศ

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (°C)	ค่าเอนทัลปีของอากาศ (Btu/lb)											
	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)											
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
15	18.764	19.343	19.924	20.506	21.089	21.673	22.257	22.843	23.43	24.018	24.607	25.197
16	19.506	20.126	20.746	21.368	21.99	22.614	23.239	23.865	24.493	25.121	25.751	26.381
17	20.268	20.929	21.591	22.255	22.92	23.586	24.254	24.923	25.593	26.265	26.938	27.612
18	21.048	21.754	22.461	23.169	23.879	24.591	25.304	26.018	26.734	27.451	28.17	28.89
19	21.85	22.602	23.356	24.112	24.87	25.629	26.39	27.153	27.917	28.683	29.451	30.22
20	22.672	23.475	24.279	25.085	25.893	26.703	27.515	28.329	29.145	29.962	30.782	31.604
21	23.518	24.373	25.23	26.09	26.951	27.815	28.681	29.549	30.419	31.292	32.167	33.044
22	24.387	25.298	26.211	27.127	28.046	28.966	29.89	30.815	31.744	32.674	33.608	34.543
23	25.281	26.251	27.224	28.2	29.178	30.159	31.143	32.13	33.12	34.112	35.108	36.106
24	26.201	27.234	28.269	29.309	30.351	31.396	32.444	33.496	34.551	35.609	36.67	37.735
25	27.148	28.247	29.35	30.456	31.565	32.679	33.795	34.916	36.04	37.167	38.299	39.433
26	28.124	29.294	30.467	31.644	32.825	34.01	35.199	36.392	37.589	38.791	39.996	41.206
27	29.131	30.374	31.622	32.874	34.13	35.392	36.657	37.928	39.203	40.482	41.767	43.056
28	31.24	32.644	34.054	35.47	36.891	38.318	39.751	41.19	42.635	44.085	45.542	47.005
29	31.24	32.644	34.054	35.47	36.891	38.318	39.751	41.19	42.635	44.085	45.542	47.005
30	32.346	33.838	35.336	36.84	38.351	39.869	41.393	42.923	44.461	46.005	47.555	49.113
31	33.489	35.073	36.664	38.262	39.868	41.481	43.101	44.729	46.365	48.008	49.658	51.317
32	34.67	36.351	38.041	39.738	41.444	43.158	44.851	46.612	48.351	50.099	51.856	53.621
33	35.89	37.675	39.468	41.271	43.083	44.904	46.735	48.575	50.425	52.284	54.153	56.032
34	37.153	39.046	40.949	42.863	44.787	46.722	48.667	50.623	52.59	54.567	56.556	58.555
35	38.46	40.467	42.487	44.515	46.561	48.615	50.652	52.76	54.851	56.954	59.069	61.196
36	39.812	41.941	44.083	46.235	48.406	50.588	52.782	54.991	57.213	59.449	61.698	63.962
37	41.213	43.47	45.741	48.027	50.328	52.643	54.974	57.32	59.682	62.058	64.451	66.859
38	42.664	45.056	47.464	49.885	52.329	54.787	57.262	59.783	62.263	64.789	67.333	69.895
39	44.168	46.702	49.284	51.825	54.414	57.022	59.65	62.296	64.962	67.647	70.352	73.078
40	45.727	48.411	51.116	53.841	56.587	59.355	62.143	64.953	67.785	70.64	73.516	76.415

2.3 ระบบปรับอากาศ

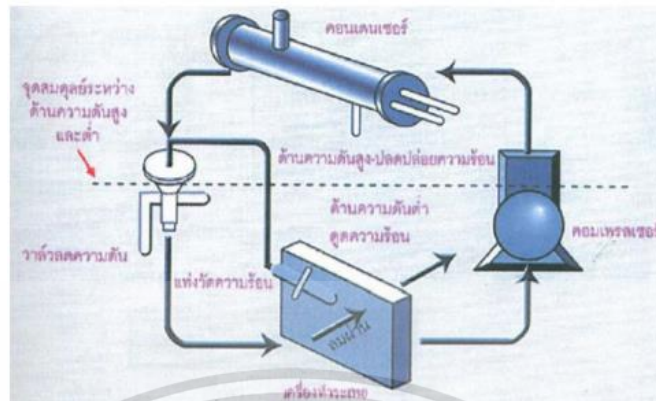
2.3.1 หลักการของเทคโนโลยี

ระบบทำความเย็นส่วนมากใช้ในการปรับอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิความชื้น การไหลเวียนคุณภาพ และความสะอาดของอากาศ รวมถึงการควบคุมเสียงรบกวน เพื่อให้เกิดความสบาย และเป็นผลดีต่อสุขภาพของคนที่ต้องทำงานในพื้นที่นั้น ๆ นอกจากนี้ระบบทำความเย็นยังเข้ามามีความสำคัญในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งที่ต้องการความเย็นสำหรับเก็บรักษาอาหารให้มีความสดเป็นเวลานาน

การทำงานของระบบทำความเย็นจะใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก จากการสำรวจพบว่า ระบบปรับอากาศที่ใช้ในอาคารขนาดใหญ่ จะใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าครึ่งหนึ่งของพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด เช่น โรงพยาบาล โรงแรม เป็นต้น และในส่วนของภาคอุตสาหกรรมนั้นจะมีการใช้ระบบทำความเย็นในกระบวนการผลิตต่าง ๆ เช่นกัน

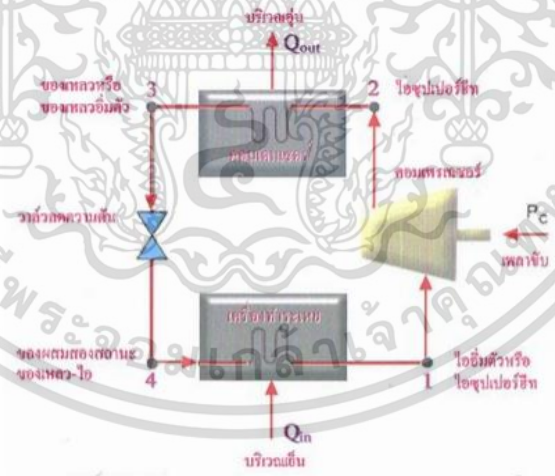
การจะสร้างระบบทำความเย็นได้นั้นต้องอาศัยหลักการ 2 อย่าง คือ การเดือดกลายเป็นไอของของเหลว และการถ่ายเทความร้อนออกจากไอของของเหลว ซึ่งของเหลวที่รับความร้อนแล้วเดือดกลายเป็นไอ และถ่ายเทความร้อนออกจากไอให้กลายเป็นของเหลว ของเหลวกลุ่มนี้เรียกว่าสารทำความเย็น (Refrigerant) สารทำความเย็นได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเป็นลำดับ ในปัจจุบันมีหลายชนิดให้เลือกใช้ตามความเหมาะสม [13]

2.3.2 วัฏจักรของระบบทำความเย็นแบบกดดันไอหรือแบบอัดไอ



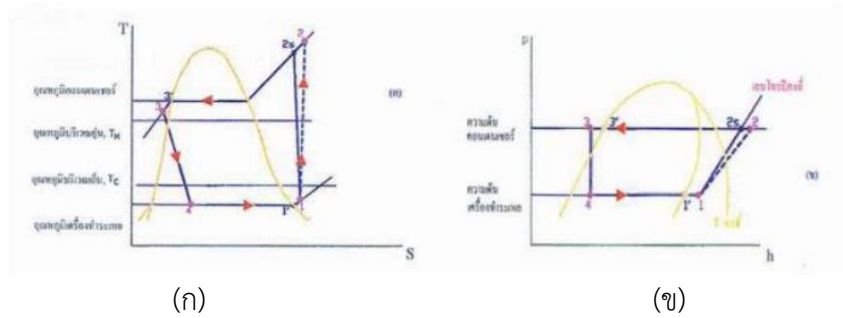
รูปที่ 2.5 วัฏจักรของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

ระบบการอัดไอโดยทั่วไปใช้หลักการอัดไอสารทำความเย็นให้มีอุณหภูมิและความดันสูง ก่อนถ่ายโอนความร้อนออก เพื่อให้เกิดการกลั่นตัวแล้วลดความดันให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะอีกครั้งแล้วใช้คอมเพรสเซอร์อัดเพื่อป้อนงานให้กับระบบสำหรับกระบวนการ และการนำไปใช้งานกับระบบเครื่องปรับอากาศ โดยการนำสารทำความเย็นอุณหภูมิต่ำไปรับความร้อนออกจากพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น สารทำความเย็นที่ใช้กันมาก ได้แก่ อากาศ น้ำ แอมโมเนีย ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และเมทิลคอลไรด์



รูป 2.6 หลักการของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

ในวัฏจักรการทำความเย็นเมื่ออุณหภูมิของไอสารทำความเย็นถูกอัดออกมาจากคอมเพรสเซอร์ที่อุณหภูมิ T_C ถึงอุณหภูมิ T_H เป็นขอบเขตที่แสดงการเพิ่มความร้อน จากในรูปที่ 2.7 (ก) การเพิ่มความร้อนให้กับไอที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยอุณหภูมิที่ T_C และอุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์จะต้องสูงกว่าอุณหภูมิที่เพิ่มเข้าไปคือ ได้อุณหภูมิที่ T_H



รูปที่ 2.7 แผนภาพของวัฏจักรการอัดไอ

ก) ค่าอุณหภูมิกับค่าเอนทัลปี

ข) ค่าความดันกับค่าเอนทัลปี

โดยประสิทธิภาพสูงสุดของวัฏจักรการทำความเย็นที่อุณหภูมิ T_c และจากสมการที่ 2.23 สามารถใช้หาค่าการเพิ่มความร้อนให้ที่อุณหภูมิสูง (T_H) ได้ [13]

$$COP_{max} = \frac{T_c}{T_H - T_c} \quad (2.23)$$

กำหนดให้ COP_{max} คือ ประสิทธิภาพสูงสุดของวัฏจักรการทำความเย็น
 T_c คือ อุณหภูมิของการทำความเย็น มีหน่วย K
 T_H คือ อุณหภูมิของการเพิ่มความร้อนให้ มีหน่วย K

2.3.3 องค์ประกอบของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

2.3.3.1 ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

เครื่องปรับอากาศมีส่วนประกอบ (Components) 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนประกอบภายนอกเครื่อง คือ ส่วนที่มองเห็นโดยที่ไม่ได้ถอดชิ้นส่วนของเครื่องปรับอากาศ และส่วนประกอบภายในเครื่อง คือ ส่วนที่จะเห็นเมื่อถอดชิ้นส่วนของเครื่องปรับอากาศออก

ส่วนประกอบภายนอก ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศจะแตกต่างกันตามแบบและรุ่นของเครื่องปรับอากาศนั้น ๆ ในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดติดตั้งจะรายละเอียด ดังนี้

1. ฝาครอบเครื่องปรับอากาศมีลักษณะเป็นตะแกรงเพื่อให้อากาศที่ดูดจากใบพัดส่งลมเย็นไหลผ่าน
2. แผงกรองอากาศติดตั้งอยู่ด้านหลังฝาครอบเครื่องปรับอากาศ ใช้เพื่อกรองฝุ่น ละอองที่ปะปนอยู่ในอากาศ เครื่องปรับอากาศบางรุ่นจะมีสารฟอกอากาศอยู่ที่แผงกรองอากาศนี้
3. แผ่นเกล็ดกระจายลมเป็นอุปกรณ์ หรือชิ้นส่วนของเครื่องปรับอากาศที่สามารถปรับเปลี่ยนทิศทางลมขึ้น ลง ด้านซ้าย และด้านขวาได้ เพื่อกำหนดทิศทางของลมเย็นที่ออกมาจากเครื่องปรับอากาศ
4. สวิตช์เปิดและปิดส่วนใหญ่เครื่องปรับอากาศจะเปิดสวิตช์นี้ค้างไว้เพื่อรับคำสั่งการเปิดและปิดจากรีโมทคอนโทรล ดังนั้นสวิตช์เปิดและปิดจึงมักติดตั้งอยู่หลังฝาครอบเครื่องปรับอากาศ
5. ตัวรับสัญญาณรีโมทคอนโทรลเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่ในปัจจุบันสั่งงานด้วยสัญญาณจากรีโมทคอนโทรลเพื่อให้สะดวกในการสั่งงาน ตัวรับสัญญาณรีโมทคอนโทรลจึงเป็นอุปกรณ์ หรือชิ้นส่วนของเครื่องปรับอากาศที่สำคัญชิ้นหนึ่ง

6. ไฟแสดงการทำงาน ลักษณะไฟจะแตกต่างกันไปตามประเภทและรุ่นของเครื่องปรับอากาศ ปกติจะมี 3 ดวง คือ ไฟสีแดงแสดงสถานะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (Power) ไฟสีเขียวแสดงสถานะในขณะที่คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศไม่ทำงาน แต่ใบพัดส่งลมเย็นทำงานอยู่ (Sleep) และไฟสีเหลืองแสดงสถานะการตั้งเวลาของเครื่องปรับอากาศ (Time)

7. ช่องอากาศออก มีลักษณะเป็นตะแกรงอยู่ที่เครื่องปรับอากาศภายนอกอาคาร เป็นช่องระบายอากาศที่ถูกพัดลมดูดอากาศจากอีกด้านหนึ่งพัดผ่านแผงท่อระบายความร้อนออกมา

8. ท่อระบายน้ำทิ้งเมื่อเครื่องปรับอากาศดูดอากาศและความชื้นภายในห้องเข้ามา ความชื้นเหล่านั้นจะกลั่นตัวจนกลายเป็นหยดน้ำ และถูกระบายออกทางท่อระบายน้ำทิ้ง

ส่วนประกอบภายใน ภายในของเครื่องปรับอากาศจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ หรือชิ้นส่วนที่สำคัญต่าง ๆ ดังนี้

1. ท่อนำสารทำความเย็น (Refrigerant Pipe) แบ่งออกเป็น 2 ท่อ ทำหน้าที่ส่งสารทำความเย็นเข้าสู่แผงทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศส่วนที่อยู่ภายในอาคาร และนำสารจากแผงทำความเย็นไปยังคอมเพรสเซอร์ที่อยู่ภายนอกอาคาร

2. แผงท่อทำความเย็น (Cooling Coil) มีลักษณะเป็นตะแกรงติดตั้งอยู่ด้านหน้าของเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร ภายในแผงท่อทำความเย็นจะมีสารทำความเย็นไหลเวียนอยู่เพื่อรับลมจากใบพัดส่งลมเย็น และส่งไปยังแผ่นเกล็ดกระจายลม

3. มอเตอร์ (Motor) มีหน้าที่หมุนใบพัดส่งลมเย็นเพื่อให้เกิดแรงลม

4. ใบพัดส่งลมเย็น (Blower) ต่อเชื่อมกับมอเตอร์สำหรับพัดส่งลมเย็นไปยังแผงท่อทำความเย็น

5. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ติดตั้งอยู่ที่เครื่องปรับอากาศภายนอกอาคาร ทำหน้าที่รับสารทำความเย็นที่อยู่ในสภาพเป็นไอจากเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร และอัดไอจากสารทำความเย็นไปยังแผงท่อระบายความร้อนต่อไป

6. แผงท่อระบายความร้อน (Condensing Coil) ต่อเชื่อมกับคอมเพรสเซอร์ มีลักษณะเป็นท่อตะแกรง ภายในมีสารทำความเย็นที่ส่งมาจากคอมเพรสเซอร์ไหลเวียนอยู่

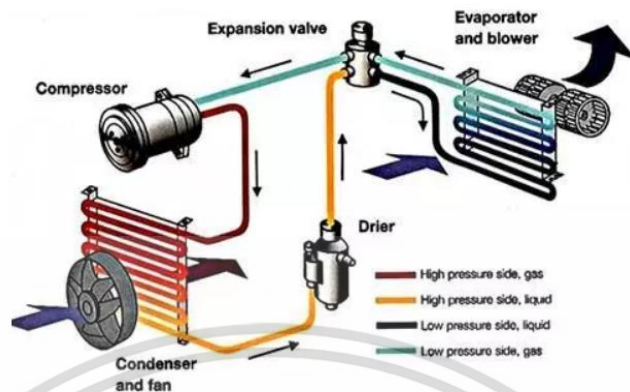
7. พัดลมระบายความร้อน (Condensing Fan) อยู่ด้านหลังแผงท่อระบายความร้อน ทำหน้าที่ดูดอากาศภายนอกอาคารเข้ามาผ่านแผงท่อระบายความร้อน เพื่อให้สารทำความเย็นเย็นลง และกลั่นตัวกลายเป็นของเหลวอีกครั้งหนึ่ง [14]

2.3.3.2 หลักการทำงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

เป็นระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานง่าย มีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูงแต่ประสิทธิภาพต่ำกว่า เหมาะสำหรับอาคารที่แบ่งเป็นพื้นที่ขนาดเล็กหลาย ๆ ส่วน เช่น อาคารชุดพักอาศัย ในบางอาคารอุตสาหกรรมอาจจะติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภทนี้เป็นบางห้องเพื่อที่ว่าห้องนั้นอาจจะมีคนมาใช้นอกเวลา โดยที่ไม่ต้องขึ้นกับเครื่องปรับอากาศชนิดทำน้ำเย็นที่ส่งน้ำเย็นมายังห้องต่าง ๆ เมื่อเครื่องทำน้ำเย็นหยุดทำงานก็ยังสามารถใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนได้

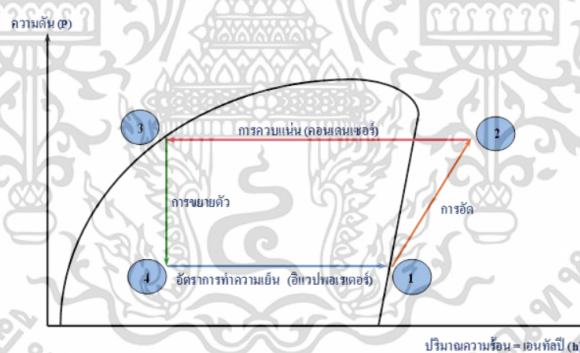
วัฏจักรการทำงานแบบอัดไอของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนใช้หลักการการทำงานของกระบวนการอัดไอ ซึ่งมีหน้าที่หลักในการลดอุณหภูมิของอากาศในพื้นที่ โดยการใช้สารทำความเย็นหรือน้ำยาแอร์เป็นตัวกลางในการรับความร้อนจากอากาศภายในห้อง ออกไประบายทิ้งทางด้านนอก

ห้องปรับอากาศ ซึ่งส่งผลให้อากาศภายในห้องเย็นลง และมีความชื้นที่ลดลง โดยสามารถแสดงวัฏจักรการทำงานแบบอัดไอของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 วัฏจักรการทำงานแบบอัดไอของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

เมื่อได้ทราบถึงอุปกรณ์หลักที่มีในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแล้วนั้น หลักการทำงานของระบบปรับอากาศแบบอัดไอ จะสามารถอธิบายร่วมกับรูปที่ 2.9 แผนภาพความดัน - เอนทัลปี (P-h Diagram) โดยจากแผนภาพ จะเห็นได้ว่ากระบวนการทำงานในระบบอัดไอนั้นมีอยู่ทั้งสิ้น 4 กระบวนการ [14]



รูปที่ 2.9 แผนภาพความดัน - เอนทัลปี (P-h Diagram)

2.3.3.3 ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศนั้น วิเคราะห์บนพื้นฐานของ สิ่งที่ป้อนเข้าไป (Input) กับ สิ่งที่จ่ายออกมา (Output) ซึ่งสามารถเขียนในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ได้ ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \quad (2.24)$$

สำหรับประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศนั้น โดยทั่วไปมักกล่าวแทนด้วย ค่าอัตราส่วน ประสิทธิภาพพลังงาน (EER ; Energy Efficiency Ratio) ซึ่งสามารถแสดงในเชิงของสมการได้ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (EER)} = \frac{\text{ความเย็นที่ทำได้ (Btu/hr)}}{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (W)}} \quad (2.25)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 15 อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ อาจแสดงในอีกรูปแบบหนึ่งที่มีมักเป็นที่นิยมใช้ คือ ค่าพลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อตันความเย็น ที่ทำได้ โดยที่ 1 ตันความเย็น เท่ากับ 12,000 บีทียู/ชั่วโมง

$$kW/Tr = \frac{\text{พลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW)}}{\text{ตันความเย็นที่ทำได้ (Tr)}} \quad (2.26)$$

การกำหนดระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ด้วยค่า อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และสามารถแสดงตัวอย่าง ฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนได้ ดังตารางที่ 2.3 [14]

ตารางที่ 2.3 ตัวเลขแสดงระดับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ระดับที่ (เบอร์)	ระดับประสิทธิภาพ	ค่า EER
5	ดีมาก	ตั้งแต่ 10.6 ขึ้นไป
4	ดี	ตั้งแต่ 9.6 ขึ้นไปแต่ไม่ถึง 10.6
3	ปานกลาง	ตั้งแต่ 8.6 ขึ้นไปแต่ไม่ถึง 9.6
2	พอใช้	ตั้งแต่ 7.6 ขึ้นไปแต่ไม่ถึง 8.6
1	ต่ำ	ตั้งแต่ 6.6 ขึ้นไปแต่ไม่ถึง 7.6

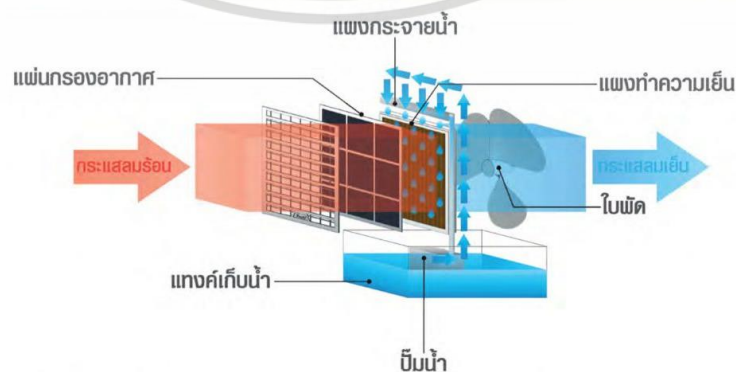
2.3.3.4 การประเมินการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ

จากที่ทราบแล้วว่า พลังงานไฟฟ้าคือผลคูณของค่าพลังไฟฟ้า กับชั่วโมงการทำงานของ อุปกรณ์นั้นๆ ดังนั้น สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน สามารถใช้สมการ 2.27 เพื่อประเมินค่า พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ได้ [13]

$$\text{พลังงานที่ใช้} = \frac{\text{พลังไฟฟ้า} \times \text{ชั่วโมงการเปิดใช้งาน} \times \% \text{การทำงานของคอมเพรสเซอร์}}{100} \quad (2.27)$$

2.3.4 ระบบปรับอากาศแบบการระเหยของน้ำ

ระบบปรับอากาศแบบการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling Systems) เป็นการลด อุณหภูมิของอากาศโดยธรรมชาติ โดยใช้น้ำในการดูดซับความร้อนของอากาศเพื่อให้อากาศมีอุณหภูมิ ที่ลดลง รูปที่ 2.10 แสดงองค์ประกอบและหลักการทำงานของระบบปรับอากาศแบบการระเหยของ น้ำ [15, 16, 17 และ 18]



รูปที่ 2.10 องค์ประกอบและหลักการทำงานของระบบปรับอากาศแบบการระเหยของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 16 ว่าจะอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4.1 หลักการของเทคโนโลยี

หลักการทำงานของตัวเครื่องทำลมเย็น คือ อาศัยการออกแบบโดยหลักการพื้นฐานของธรรมชาติ ใช้การระเหยของน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนแฝงของอากาศ โดยการไหลของน้ำผ่าน Cooling Pad เมื่อน้ำไหลผ่าน Cooling Pad ก็จะถูกเพิ่มพื้นที่ผิว และลดแรงตึงผิวระหว่างน้ำกับอากาศ ทำให้น้ำระเหยทันที โดยดึงเอาความร้อนจากอากาศรอบ ๆ Cooling Pad มาใช้ในการระเหย เมื่ออากาศถูกดึงความร้อนก็จะทำให้อุณหภูมิลดลง อุณหภูมิที่ลดจะมากหรือน้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิอากาศในขณะนั้น และความเร็วลมที่ไหลผ่านผิวหน้าของ Cooling Pad กับระบบ Wind Chill Effect โดยประโยชน์ของระบบปรับอากาศแบบการระเหยของน้ำมีดังต่อไปนี้

1. อากาศที่ได้มีอุณหภูมิลดลง 7 - 10 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับอุณหภูมิภายนอก สามารถทำความเย็นให้กับพื้นที่โรงงานที่เป็นทั้งพื้นที่ปิด และพื้นที่เปิดได้
2. ประหยัดต้นทุนการใช้พลังงาน เมื่อเทียบกับระบบปรับอากาศถึง 80%
3. เป็นการทำความเย็นด้วยวิธีทางธรรมชาติ ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ไม่ปล่อยสาร CFC [19]

2.3.4.2 การติดตั้งระบบปรับอากาศแบบการระเหยของน้ำ

สำหรับการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบการระเหยของน้ำนั้นสามารถติดตั้งได้สองรูปแบบคือ

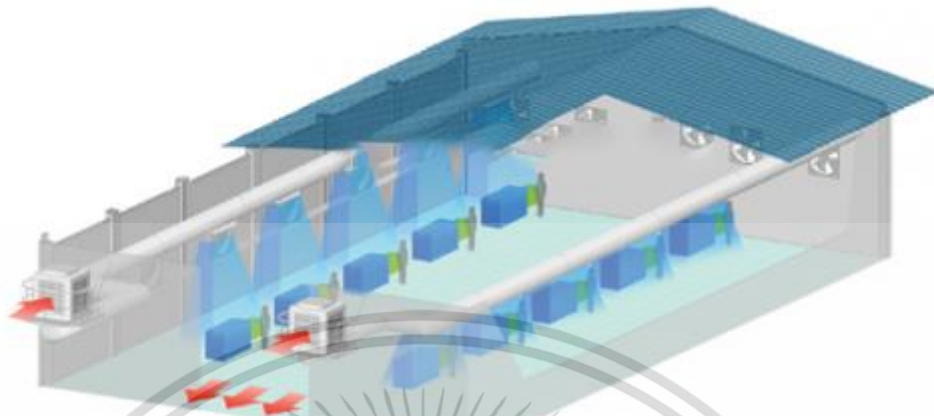
1. การติดตั้งแบบฟรีโบล จะต้องคำนวณพื้นที่เป็นหลัก โดยใช้สเปกของเครื่อง Evaporative ซึ่งการติดตั้งแบบนี้สามารถลดอุณหภูมิได้ทั้งพื้นที่ แต่ต้องมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง เพราะต้องใช้จำนวนเครื่อง Evaporative หลายเครื่อง และต้องมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศออก (Exhaust System) เพื่อเป็นการระบายความชื้นที่เกิดขึ้น ซึ่งการติดตั้งนี้มีลักษณะดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การติดตั้งแบบฟรีโบล

2. การติดตั้งแบบใช้ท่อลอดลม เป็นการส่งลมที่ถูกลดอุณหภูมิไปตามท่อ โดยปล่อยลมลงตามจุดที่มีผู้ปฏิบัติงานอยู่ในจุดนั้น ๆ การติดตั้งแบบนี้เป็นที่นิยมในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากลงทุนไม่สูงมาก ใช้เครื่อง Evaporative น้อย สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เมื่อเทียบกับแบบฟรีโบล และไม่ต้องมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศออก (Exhaust System) เนื่องจากความชื้นมีน้อย กล่าวคือ พื้นที่ภายในโรงงานอาจมีอุณหภูมิสูงกว่าภายนอกโรงงานได้ถึง 3 °C เนื่องจากมีการซึมซับ

ความร้อนจากผนังและหลังคาโรงงาน ความร้อนเกือบทั้งหมดยังคงสะสมอยู่ในโรงงาน จากลักษณะดังรูปที่ 2.12 นั้นให้ความชื้นที่มีน้อยระเหยไปได้เอง [15, 16, 17 และ 18]



รูปที่ 2.12 การติดตั้งแบบใช้ท่อล่อลม

2.3.4.3 ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบการระเหยของน้ำ

จากหลักการทำงาน เมื่ออากาศได้สัมผัสกับน้ำ พลังงานความร้อนในอากาศจะถูกใช้ในการเปลี่ยนสถานะของน้ำให้กลายเป็นไอ จึงกล่าวได้ว่า นอกจากปัจจัยหลักที่ได้กล่าวไปในข้างต้นแล้วนั้น ประสิทธิภาพการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบการระเหยของน้ำขึ้นอยู่กับ Cooling Pad ของตัวมันเอง หรือกล่าวคือ ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการระเหยของน้ำของตัว Cooling Pad นั้น ๆ ดังสมการต่อไปนี้ [15, 16, 17 และ 18]

$$\Delta T = \%E * (T_{db} - T_{wb}) \quad (2.28)$$

กำหนดให้	ΔT	คือ ความสามารถในการลดอุณหภูมิของ Cooling Pad
	$\%E$	คือ ประสิทธิภาพในการระเหยน้ำของ Cooling Pad นั้น ๆ
	T_{db}	คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ
	T_{wb}	คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ

2.4 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

2.4.1 ความหมายของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรหลายตัว หรือเป็นเทคนิคในการหาเหตุผล (Causal) โดยจะประกอบไปด้วย

1. ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ที่เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ จำนวน 1 ตัว
2. ตัวแปรอิสระ (Independent Variabl) หรือเรียกว่าตัวแปรสาเหตุ อย่างน้อย 2 ตัว หรือกล่าวคือ จะต้องมิตัวแปรอิสระ k ตัว โดยที่ $k \geq 2$ ซึ่งตัวแปรอิสระสามารถเป็นได้ทั้งตัวแปรเชิงกลุ่มผสมกับตัวแปรเชิงปริมาณ หรือจะเป็นตัวแปรอิสระทุกตัวจะเป็นตัวแปรเชิงปริมาณก็ได้ [20]

2.4.2 สมการความถดถอยเชิงพหุ

เมื่อกำหนดให้ Y = ตัวแปรตาม ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ และ X_1, X_2, \dots, X_k เป็นตัวแปรอิสระ ที่อาจจะเป็นตัวแปรเชิงปริมาณทุกตัว (ทั้ง k ตัว) หรือมีบางตัวเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ และบางตัวเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มก็ได้ [20]

สมการความถดถอยเชิงพหุในรูปเชิงเส้น มีลักษณะดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + e \quad (2.29)$$

กำหนดให้ β_0 คือ ส่วนตัดแกน Y เมื่อ $X_1 = X_2 = \dots = X_k = 0$

β_0 คือ สัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน (Partial Regression Coefficient) เป็นค่าเฉลี่ยของ Y ที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อ X_1 เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย โดย X 's อื่น ๆ หรือตัวแปรอิสระอื่น ๆ มีค่าคงที่

e คือ ค่าคลาดเคลื่อน

2.4.3 หน่วยของสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน

หน่วยของสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ จะมีหน่วยเหมือนกับหน่วยของตัวแปรตาม (Y) แต่หน่วยของตัวแปรตาม Y และตัวแปรอิสระ X_1, X_2, \dots, X_k จะมีหน่วยที่ต่างหากกัน [20]

2.4.4 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน

จากสมการความถดถอยเชิงพหุ (สมการที่ 2.29) สมการนี้เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระในรูปประชากร หรือใช้ข้อมูลทั้งประชากร

ในกรณีที่ต้องการใช้ข้อมูลตัวอย่าง ขนาด n จะต้องทำการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ ด้วยค่า a, b_1, b_2, \dots, b_k ตามลำดับ และเมื่อใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดทั่วไป (Ordinary Least Square) จะได้สมการความถดถอยเชิงพหุสำหรับการใช้ข้อมูลตัวอย่างเป็นดังนี้

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_k X_k \quad (2.30)$$

โดยที่ค่า Y เป็นค่าประมาณหรือค่าพยากรณ์ของตัวแปรตาม

$$e = Y - \hat{Y} \quad (2.31)$$

ดังนั้นค่าคลาดเคลื่อนจึงเป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงของ Y กับค่าพยากรณ์ของ Y โดยพยากรณ์ Y เมื่อทราบค่า X_1, X_2, \dots, X_k [20]

2.4.5 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

วัตถุประสงค์มี 2 ประการ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาตัวแปรอิสระตัวใดที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม หรือศึกษาว่าตัวแปรตามขึ้นกับตัวแปรอิสระใดบ้าง เช่น ศึกษาความสัมพันธ์ของเพศ อายุและรายได้ว่ามีผลต่อคะแนนความพอใจหรือไม่ เป็นต้น จากวัตถุประสงค์ข้อนี้จะทำให้สามารถใช้ตัวแปรอิสระพยากรณ์ค่าตัวแปรตามได้

2. เพื่อประมาณหรือพยากรณ์ค่าตัวแปรตาม เมื่อทราบค่าตัวแปรอิสระ กล่าวคือจะพยากรณ์ค่า Y เมื่อทราบค่า X_1, X_2, \dots, X_k [20]

2.4.6 ความหมายของสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน

สัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน b_1, b_2, \dots, b_k มีหน่วยเหมือนกับหน่วยของตัวแปรตาม (Y) แต่ความหมายจะขึ้นกับตัวแปรอิสระ X ด้วย ค่า b_1, b_2, \dots, b_k อาจจะมีเครื่องหมายบวก หรือลบก็ได้ โดยความหมายของเครื่องหมายของสัมประสิทธิ์ความถดถอยจะมีดังนี้

ถ้า b_i เป็นบวก หมายถึง Y และ X_i มีความสัมพันธ์ในทางบวก หรือก็คือ ถ้า X_i มีค่าเพิ่มขึ้น 1 หน่วยของ X_i จะทำให้ค่า Y เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย b_i หน่วยของ Y โดยที่ X อื่น ๆ คงที่

ถ้า b_i เป็นลบ หมายถึง Y และ X_i มีความสัมพันธ์ในทางลบ หรือก็คือ ถ้า X_i มีค่าเพิ่มขึ้น 1 หน่วยของ X_i จะทำให้ค่า Y ลดลงโดยเฉลี่ย b_i หน่วยของ Y โดยที่ X อื่น ๆ คงที่ [20]

2.4.7 เงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

เงื่อนไขในการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุนั้นมี 4 ข้อ ดังต่อไปนี้

1. ค่าคลาดเคลื่อน (e) มีการแจกแจงปกติ
2. ค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ (Variance (e) คงที่)
3. ค่าคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน
4. ตัวแปรอิสระ (X_1, X_2, \dots, X_k) เป็นอิสระกัน [20]

2.4.8 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

กรณีที่มีตัวแปรอิสระหลายตัว จะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การตรวจสอบตัวแปรอิสระทั้ง k ตัวว่ามีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม Y ในรูปเชิงเส้นหรือไม่

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1: \beta_i \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า ; } i = 1, 2, \dots, k$$

หรือ H_0 : ตัวแปรตาม (Y) ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว (X_1, X_2, \dots, X_k)

H_1 : ตัวแปรตาม (Y) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว

สถิติทดสอบ คือ F ซึ่งได้จากตาราง 1-WAY ANOVA

ตารางที่ 2.4 1-WAY ANOVA สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอย

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ (DF)	ผลรวมกำลังสอง SS	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย $MS=SS/DF$	F
ตัวแปรอิสระ k ตัว (Regression)	k	SS Regression	$MS \text{ Regression} = \frac{SS \text{ Regression}}{k}$	$\frac{MS \text{ Regression}}{MS \text{ Residual}}$
ค่าคลาดเคลื่อน (Residual)	$n-k-1$	SS Residual หรือ SS Error	$MS \text{ Residual} = \frac{SS \text{ Residual}}{n-k-1}$	
ผลรวม	$n-1$	SS Total		

กำหนดให้ SS คือ ค่า Sum Square

SS Error เรียกอีกชื่อว่า SS Residual

ในที่นี้ $SS \text{ Total} = SS \text{ Regression} + SS \text{ Error}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 2018 ว่าจะอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ

$$\begin{aligned}
 SS \text{ Total} &= SS \text{ Regression} + SS \text{ Residual} \\
 SST &= \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \quad SS \text{ Regression} = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 \\
 SS \text{ Error} &= SS \text{ Residual} \\
 SS \text{ Error} &= \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 = SS \text{ Total} - SS \text{ Regression} \\
 \text{สถิติทดสอบ } F &= \frac{MS \text{ Regression}}{MS \text{ Residual}} \quad (2.32)
 \end{aligned}$$

การสรุปผลการทดลอง

สรุปว่าปฏิเสธ H_0 (ยอมรับ H_1) ถ้า $F > F_{1-\alpha; k, n-k-1}$ โดยที่ $F_{1-\alpha; k, n-k-1}$ ได้จากตารางสถิติ F ที่มีองศาอิสระ $k, n-k-1$ ตามลำดับ และกำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ α

ถ้าผลการทดสอบ คือ ยอมรับ H_0 แสดงว่า ตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม หรือกล่าวคือ ตัวแปรตามไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว จึงไม่ต้องทำขั้นตอนต่อไป (ขั้นตอนที่ 2)

ถ้าผลการทดสอบ คือ ปฏิเสธ H_0 (ยอมรับ H_1) แสดงว่า มีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว ที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม ต้องทำการทดสอบขั้นตอนที่ 2 ต่อไป เพื่อตรวจสอบว่า ตัวแปรตามขึ้นกับตัวแปรอิสระใดบ้าง

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจสอบอิทธิพลหรือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระครั้งละ 1 ตัว ถ้ามีตัวแปรอิสระ k ตัว ต้องทำการทดสอบ k ครั้ง

$$\begin{aligned}
 H_0: \beta_1 &= 0; i = 1, 2, \dots, k \\
 H_1: \beta_1 &\neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า; } i = 1, 2, \dots, k \\
 \text{หรือ} \quad H_0: \text{ตัวแปรตาม (Y) ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระที่ } i \text{ (X}_i\text{)} \\
 H_1: \text{ตัวแปรตาม (Y) ขึ้นกับตัวแปรอิสระที่ } i \text{ (X}_i\text{)} \\
 \text{ซึ่งจะได้สถิติทดสอบ} \quad t &= \frac{b_i - 0}{SE(b_i)} \quad (2.33)
 \end{aligned}$$

กำหนดให้ ค่า $SE(b_i)$ คือ ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ b_i

การสรุปผลการทดสอบ

ปฏิเสธ H_0 (ยอมรับ H_1) ถ้า $|t| > t_{1-\alpha/2; n-k-1}$ โดยค่า t ได้จากตารางการแจกแจงแบบที โดยองศาอิสระของ $t_{1-\alpha/2; n-k-1}$ นั่นคือ $n-k-1$ และระดับนัยสำคัญเท่ากับ α

ถ้ายอมรับ H_0 แสดงว่า ตัวแปรตาม (Y) ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระ X_i

ถ้าปฏิเสธ H_0 แสดงว่า ตัวแปรตาม (Y) ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระ X_i

ขั้นตอนที่ 3 การหาระดับความสัมพันธ์

จากขั้นตอนที่ 2 จะทราบว่าตัวแปรอิสระใดที่ส่งผลกับตัวแปรตาม จึงต้องทราบระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระนั้นว่ามีมากหรือน้อยเพียงใด โดยดูจากค่า R^2 หรือสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (Coefficient of Multiple Determination)

$$\text{โดยที่ ค่า } R^2 = \frac{SS \text{ Regression}}{SS \text{ Total}} \quad \text{และ } 0 \leq R^2 \leq 1 \quad (2.34)$$

$$\text{Adjusted } R^2 = 1 - \frac{(n-1)}{(n-k-1)} (1-R^2) \quad (2.35)$$

ในการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ จะได้ค่า Adjusted R^2 ในการระบุขนาดความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ X_1, X_2, \dots, X_k

โดยความหมายของค่า R^2 และ Adjusted R^2 คือดังต่อไปนี้

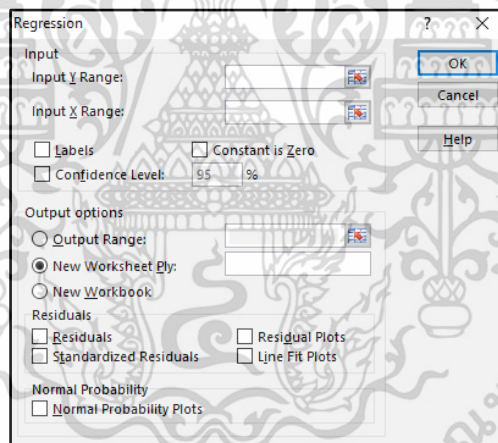
ถ้า R^2 และ Adjusted R^2 มีค่าใกล้ 1 แสดงว่า ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมาก แต่ถ้า R^2 และ Adjusted R^2 มีค่าใกล้ 0 แสดงว่า ตัวแปรอิสระไม่มีความสัมพันธ์ หรือมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามน้อย

หลังจากทำขั้นตอนทั้ง 3 ขั้นตอนแล้ว ต่อไปจะต้องทำการตรวจสอบเงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ [20]

2.4.9 การใช้ Microsoft Excel ในการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

การใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุสามารถทำได้โดยเลือกคำสั่ง ที่ Data → Data Analysis → Regression จะได้หน้าจอตั้งรูปที่ 2.13 ใส่ข้อมูลให้ครบแล้วกดยืนยัน (OK)

หลังจากกดยืนยันจะได้ผลลัพธ์ในหน้าต่างถัดไป ซึ่งจะประกอบไปด้วย 5 ส่วน ได้แก่ ตารางผลลัพธ์ 4 ส่วน ประกอบไปด้วยตาราง Regression Statistic ตาราง ANOVA ตาราง Residual Output และตาราง Probability อีก 1 ส่วนจะเป็นส่วนของกราฟที่ประกอบไปด้วยกราฟ Normal Probability กราฟ Residual และ Line Fit Plot [20]



รูปที่ 2.13 หน้าจอคำสั่ง Regression

2.4.10 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

2.4.10.1 การสรุปผลการทดสอบ

สามารถทำได้ 2 วิธีดังต่อไปนี้

1. การเปิดตารางการแจกแจงแบบ F แล้วดูที่ค่า $F_{1-\alpha; n-k-1}$ ถ้าค่า $F > F_{1-\alpha; n-k-1}$ จะสรุปว่า ปฏิเสธ H_0 (ยอมรับ H_1)

2. การดูผลจากค่า Significance F ถ้าค่า Significance F $< \alpha$ จะสรุปว่าปฏิเสธ H_0 (ยอมรับ H_1)

2.4.10.2 การหาขนาดความสัมพันธ์

การหาขนาดความสัมพันธ์สามารถหาได้จากค่า Adjusted R² โดยค่า Adjusted R² จะมีค่าไม่เกิน 1 หรือเท่ากับ 100% ถ้าค่า Adjusted R² มีค่าเท่าไรนั้นหมายถึง ความผันแปรของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามมีค่าเป็นร้อยละเท่านั้น และที่เหลือจะเป็นอิทธิพลของตัวแปรอิสระอื่น ๆ

2.4.10.3 การตรวจสอบเงื่อนไข

1. ตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติของตัวแปรตามโดยใช้ Normal Probability Plot
2. ตรวจสอบค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน (Residual) ของตัวแปรอิสระว่ามีค่าคงที่หรือไม่ โดยการใช้ Residual Plot ซึ่งค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนที่คงที่นั้นจะต้องเป็นกราฟที่มีค่า Residual กระจายอยู่รอบ ๆ ศูนย์อย่างสุ่ม
3. ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม โดยดูที่ค่า (Y) จะต้องมีความใกล้เคียงกับ \hat{Y} ทุกจุด จึงจะได้สมการที่เหมาะสม [20]

2.5 เกณฑ์การให้คะแนน

2.5.1 คำนิยาม

Rubrics คือ เครื่องมือการให้คะแนน Scoring Tool ซึ่งเกิดจากการรวมกันระหว่างเกณฑ์การให้คะแนน Scoring Criteria กับมาตราประมาณค่า หรือระดับคะแนน (Rating Scale) เพื่อระบุถึงความแตกต่างของผลงาน หรือประสิทธิภาพของงาน [21]

2.5.2 การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน

จะต้องประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ประเด็นที่จะประเมิน (Criteria) คือ สิ่งที่สะท้อนผลงาน หรือมาตรฐานงาน
2. ระดับความสามารถ (Performance Levels) ส่วนใหญ่จะกำหนดเป็นเลขคี่มากกว่าเลขคู่ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการให้คะแนนที่ตกอยู่ตรงกลาง ทำให้จำแนกความสามารถได้ยาก และแต่ละระดับอาจจะกำหนดเป็นตัวเลข หรือค่าแสดงคุณภาพต่าง ๆ เช่น ดีมาก ดี พอใช้ ต้องปรับปรุง เป็นต้น
3. คำอธิบายคุณภาพของแต่ละระดับความสามารถ (Quality Descriptors) จะดูว่าคุณภาพความสามารถแต่ละระดับเป็นอย่างไร คำอธิบายนี้จะต้องมีความชัดเจนในการใช้ภาษาที่กะทัดรัด เข้าใจง่าย และเห็นความแตกต่างระหว่างระดับอย่างชัดเจน [21]

2.5.3 ประเภทของเกณฑ์การให้คะแนน

1. Holistic Rubrics เป็นเกณฑ์การให้คะแนนผลงาน หรือกระบวนการที่ไม่ได้แยกส่วน หรือแยกองค์ประกอบการให้คะแนน กล่าวคือ จะประเมินในภาพรวมผลงาน หรือกระบวนการนั้น ๆ

การให้คะแนนแบบนี้ใช้ได้ง่าย จะเป็นการประเมินในภาพรวมของทุกคุณลักษณะในการปฏิบัติงาน ส่วนการให้คะแนนแบบนี้จะมีประโยชน์เมื่อสนใจจะวินิจฉัยความรู้ ความเข้าใจในแต่ละส่วน หรือแต่ละคุณลักษณะได้ดียิ่งขึ้น

2. Analytic Rubrics คือ แนวทางการให้คะแนนโดยพิจารณาจากแต่ละส่วนของงาน ซึ่งแต่ละส่วนจะต้องกำหนดแนวทางการให้คะแนน โดยมีคำนิยามหรือคำอธิบายลักษณะของงานส่วนนั้น ๆ ในแต่ละระดับไว้อย่างชัดเจน

3. Annotated Holistic Rubrics ผู้ประเมินจะประเมินแบบ Holistic Rubrics ก่อนแล้วจึงจะประเมินแบบแยกส่วนในบางคุณลักษณะที่เด่นหรือน่าสนใจ เพื่อใช้เป็นผลสะท้อนของงาน หรือกระบวนการ [21]

2.5.4 แนวทางการสร้างเกณฑ์การให้คะแนน

1. ต้องแน่ใจว่าเกณฑ์การให้คะแนนได้เน้นประเด็นที่สำคัญของงาน
2. มีความสอดคล้องระหว่างระดับคะแนนกับจุดมุ่งหมายของการประเมิน
3. ข้อความที่ใช้อธิบายในแต่ละระดับคะแนนจะต้องเป็นข้อความที่สามารถประเมิน หรือ สังเกตได้
4. ให้หลาย ๆ ฝ่ายมาร่วมกันสร้างเกณฑ์
5. คุณลักษณะ หรือสิ่งที่วัดควรนิยามให้ชัดเจน
6. แสดงขั้นตอน หรือลำดับขั้นที่เหมาะสมของคะแนนในแต่ละระดับเพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เช่น หลีกเลี่ยงการให้คะแนนที่สูงมากเกินไป หรือต่ำเกินไป
7. ระบบของการให้คะแนนต้องมีความเป็นไปได้ กล่าวคือ การให้คะแนนนิยมแบ่งเป็น 3 - 8 ระดับ ดังนั้นในการให้คะแนนต้องมีความชัดเจนและแยกจากกันได้ [21]

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มานพ แจ่มกระจ่าง (2549) [22] ได้ทำงานวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อศึกษา 1) พฤติกรรมการใช้เครื่องปรับอากาศในที่พักอาศัยของบุคลากรมหาวิทยาลัยบูรพา 2) เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศในระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกันในที่พักอาศัยของบุคลากรมหาวิทยาลัยบูรพา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาพฤติกรรมการใช้เครื่องปรับอากาศ ได้แก่ บุคลากรมหาวิทยาลัยบูรพาที่พักอยู่ในบริเวณโดยรอบมหาวิทยาลัยรัศมีไม่เกิน 3 กิโลเมตร จำนวน 100 คน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เพื่อการทดลองด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ได้มาจากการเลือกสุ่มบุคลากรจากกลุ่มตัวอย่างที่อนุญาตให้ผู้ศึกษาวิจัยเข้าไปดำเนินการติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าให้กับเครื่องปรับอากาศในที่พักอาศัยได้ จำนวน 15 คน (15 บ้าน) การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การคำนวณหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยจากการศึกษาและทดลองได้ ผลสรุปดังนี้ พฤติกรรมการใช้เครื่องปรับอากาศในที่พักอาศัยของบุคลากรมหาวิทยาลัยบูรพา พบว่า 1. การปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศเวลากลางวัน ร้อยละ 76 ปรับอุณหภูมิที่ระดับ 25 °C ร้อยละ 14 ปรับอุณหภูมิที่ระดับ 26 °C และร้อยละ 10 ปรับอุณหภูมิที่ระดับ 27 °C ซึ่งแต่ละคนให้ความเห็นว่า การที่เขาดำเนินการติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าให้กับเครื่องปรับอากาศในที่พักอาศัยได้ จำนวน 15 คน (15 บ้าน) การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การคำนวณหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยจากการศึกษาและทดลองได้ ผลสรุปดังนี้ พฤติกรรมการใช้เครื่องปรับอากาศในที่พักอาศัยของบุคลากรมหาวิทยาลัยบูรพา พบว่า 1. การปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศเวลากลางวัน ร้อยละ 76 ปรับอุณหภูมิที่ระดับ 25 °C ร้อยละ 14 ปรับอุณหภูมิที่ระดับ 26 °C และร้อยละ 10 ปรับอุณหภูมิที่ระดับ 27 °C ซึ่งแต่ละคนให้ความเห็นว่า การที่เขาดำเนินการติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าให้กับเครื่องปรับอากาศในที่พักอาศัยได้ จำนวน 15 คน (15 บ้าน) การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การคำนวณหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยจากการศึกษาและทดลองได้ ผลสรุปดังนี้ พฤติกรรมการใช้เครื่องปรับอากาศในที่พักอาศัยของบุคลากรมหาวิทยาลัยบูรพา พบว่า 2. พบว่าร้อยละ 65 ของผู้ใช้เครื่องปรับอากาศเข้าใจว่า การตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ระดับ 25 °C จะประหยัดพลังงานไฟฟ้า

Shivraj and Kapitan (2016) [23] ได้เขียนบทความนี้เพื่อนำเสนอผลการวิเคราะห์ FEA สำหรับระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนในบริเวณกลางแจ้ง สำหรับการตรวจสอบในปัจจุบัน การวิเคราะห์แบบไดนามิกจะดำเนินการรู้ความถี่ธรรมชาติของหน่วยกลางแจ้งเพื่อตรวจสอบเสียงสะท้อนแล้วเสียงสะท้อนคืออะไร - เสียงสะท้อน คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เนื่องจากการจับคู่ความถี่ธรรมชาติกับการกระตุ้นภายนอกความถี่ ด้วยเหตุนี้การรบกวนการสั่นสะเทือนจึงมีความกว้างสูงและนำไปสู่ความล้มเหลว ในงานปัจจุบันการกระตุ้นภายนอกคือ เนื่องจากมอเตอร์พัดลม AC และเครื่องอัดอากาศ งานวิจัยนี้ดำเนินการโดยใช้เครื่องมือซอฟต์แวร์ CATIA, HYPRMESH, NASTRAN และ HYPERVIEW ไฟไนต์วิธีกรองค้ประกอบ (FEM) เป็นเทคนิคเชิงตัวเลขที่ใช้กันมากที่สุดซึ่งให้การประมาณที่แม่นยำของพารามิเตอร์การสั่นสะเทือนสำหรับคลาสของปัญหาเหล่านี้ ในงานวิจัยนี้พบว่า ความถี่ธรรมชาติไม่ตรงกับความถี่ในการกระตุ้น ผลลัพธ์นี้เกิดขึ้นในการทำงานปกติของระบบปรับอากาศแยกหน่วยหน่วยกลางแจ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 24 ว่าจะอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ramsamujh et al. (2017) [24] ได้เขียนงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการใช้พลังงานทั่วโลกที่กำลังเพิ่มขึ้นทุกวัน และจำเป็นต้องพัฒนาวิธีการใหม่เพื่อการอนุรักษ์พลังงานสำหรับความต้องการในอนาคต เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในฤดูร้อนใช้ระบบทำความเย็นแบบอัดไอซึ่งใช้พลังงานจำนวนมาก โดยปกติประมาณ 1.5 ถึง 3.5 กิโลวัตต์ และมีค่าใช้จ่ายสูงมาก บทความนี้อธิบายถึงการออกแบบและการประดิษฐ์ของเครื่องปรับอากาศตัดแปลงพร้อมชุดทำความเย็นแบบแยกส่วน โดยทั่วไปมันเป็นรูปแบบพหุของระบบปรับอากาศส่วนกลางซึ่งใช้คอมเพรสเซอร์พลังงานต่ำ (ตู้เย็น) สำหรับระบายความร้อนในห้องที่มีน้ำ น้ำเย็นนี้จะถูกหมุนเวียนเพื่อการปรับอากาศ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพแสดงให้เห็นว่าผลิตความเย็นที่เหมาะสมและลดการใช้พลังงาน

ธีรพงศ์ บริรักษ์ และ พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ (2556) [25] ได้เขียนงานวิจัยนี้เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะและการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ซึ่งทำจากกระดาษเซลลูโลสและใช้น้ำจากฮีทปั๊มเรเตอร์ในการหล่อเย็น พารามิเตอร์ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการศึกษาได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นกำลังงานที่ใช้ของระบบและพลังงานไฟฟ้า จากการทดลองกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนยี่ห้อ FUJIBISHI แบบตั้งแขวน ขนาดการทำความเย็น 12,000 Btu/hr ติดตั้งที่ห้องขนาด 13.4 ตารางเมตร โดยเปิดใช้งาน 8 ชั่วโมง (08:00 - 16:00 น.) พบว่าการติดตั้งชุดลดอุณหภูมิก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ เครื่องปรับอากาศสามารถระบายความร้อนได้ดี ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของระบบปรับอากาศได้เท่ากับ 5.42 และมีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น 14.78 กำลังงานที่ใช้ของระบบ 5.4483 (kW-hr) เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงจากเดิม 20.92%

ยุทธนา ศรีผา และคณะ (2555) [26] ได้เขียนงานวิจัยนี้เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติดระบายความร้อนด้วยน้ำ เงื่อนไขภาระความร้อน 60 เฟอร์เซ็นต์ และ 65 เฟอร์เซ็นต์ของพิกัดภาระความร้อนของเครื่องปรับอากาศทดสอบครั้งที่ 25 องศาเซลเซียส และควบคุมอุณหภูมิภายนอกห้องทดสอบที่ 30 องศาเซลเซียส โดยปรับอัตราการไหลของน้ำผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนที่ 10 ลิตรต่อนาที 15 ลิตรต่อนาที และ 20 ลิตรต่อนาทีตามลำดับ แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW) ค่าความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (Energy Efficiency Ratio, EER) ผลการทดลองพบว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเชื่อมติดระบายความร้อนด้วยน้ำมีค่าประสิทธิภาพสูงสุด ที่ภาระความร้อน 65 เฟอร์เซ็นต์ และอัตราการไหลของน้ำที่ 20 ลิตรต่อนาทีโดยค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (Energy Efficiency Ratio, EER) เฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศมีค่าเพิ่มขึ้น 43.57 เฟอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศที่ภาระความร้อนเท่ากัน

Chaktranond and Doungsong (2009) [27] ได้เขียนบทความนี้เพื่อนำเสนอการทดลองเชิงทดลองเกี่ยวกับการใช้เครื่องระเหยสารทางอ้อมต่าง ๆ ประเภทการระบายความร้อนเพื่อลดการใช้พลังงานในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในประเทศ หน่วยกลั่นถูกตัดแปลงด้วยแผ่นสื่อชนิดลูกฟูกเย็นน้ำ เครื่องพ่นแหล่งน้ำและเครื่องสูบน้ำ การใช้พลังงานและความสามารถในการทำความเย็นที่ได้รับจากประเภทการทำความเย็นต่าง ๆ จะถูกตรวจสอบและเปรียบเทียบ ผลปรากฏว่ากระแสไฟฟ้าการบริโภคและสัมประสิทธิ์ของประสิทธิภาพ (COPR) ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมเงื่อนไข เนื่องจากผลเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 25ข้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของความดันกลั่นตัวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะสูงขึ้นในขณะที่ COPR จะลดลง ใช้ประโยชน์ทางอ้อม ระบบระบายความร้อนแบบระเหยลดอุณหภูมิของอากาศเข้าสู่หน่วยกลั่น จากนั้นทำให้ประสิทธิภาพของระบบเพิ่มขึ้นอย่างมาก ในกรณีที่เกิดขึ้น การประหยัดพลังงานสูงสุดเกิดขึ้นเมื่อสเปรย์น้ำทำงานร่วมกับแผ่นทำความเย็นเซลล์ลูโลส ด้วยระบบทำความเย็นแบบระเหยทำให้ COPR ดีขึ้นประมาณ 6 - 48% และระบบไฟฟ้าจะมีการบริโภคลดลงประมาณ 4 - 15%

Subiantoro et al. (2014) [28] ได้เขียนงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาระบบปรับอากาศรถยนต์ (AC) ในเขตร้อนใช้พลังงานจำนวนมาก สำหรับทั่วไปภายในรถยนต์นั้นเครื่องยนต์จะเผาไหม้กินน้ำมันมากถึง 30% ในขณะที่รถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ AC อาจลดแบตเตอรี่มากถึง 40% ในสภาพการขับขี่ในเมือง โชคดีที่มีหลายวิธีในการปรับปรุงประสิทธิภาพของ ACs ยานยนต์ในเขตร้อน ในบทความนี้มีการกล่าวถึงมาตรการประหยัดพลังงานสามประการ ได้แก่ การตั้งค่าอุณหภูมิภายในอาคารที่สูงขึ้น ลิฟท์อุณหภูมิขนาดเล็กและระบบลดความชื้นแยกต่างหาก การศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มการตั้งค่าอุณหภูมิภายในอาคารเพียงอย่างเดียวจาก 20 °C ถึง 24 °C สามารถประหยัดได้ประมาณ 22% ของพลังงานคอมเพรสเซอร์ และเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพ (COP) สูงถึง 13% ลดการยกอุณหภูมิจากการลดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างการควบแน่น อุณหภูมิโดยรอบสามารถประหยัดได้สูงสุด 30% ของกำลังคอมเพรสเซอร์ และเพิ่ม COP 45% ข้อกำหนดที่สำคัญของวิธีนี้ คือ ความต้องการสำหรับการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนขนาดกะทัดรัดและน้ำหนักเบา การแยกสารลดความชื้นและการหล่อเย็นเป็นสิ่งที่ดีมาก มีประสิทธิภาพเนื่องจากช่วยลดภาระความร้อน และช่วยให้อุณหภูมิการระเหยสูงขึ้นประมาณ 50% คอมเพรสเซอร์ การประหยัดพลังงานสามารถทำได้ด้วยระบบลดความชื้น ความต้องการที่สำคัญ คือ พลังงานสำหรับการลดความชื้นของเครื่องลดความชื้นจะต้องมาจากพลังงานของเสีย ในที่สุดการรวมกันของวิธีการทั้งหมดสามารถบันทึกความต้องการพลังงานคอมเพรสเซอร์ของระบบ AC ยานยนต์ในเขตร้อนถึง 70%

Jassim (2011) [29] ได้เขียนวิจัยเกี่ยวกับการลดลงของความต้องการพลังงาน ซึ่งเป็นเรื่องที่สำคัญในพื้นที่ด้วยสภาพอากาศที่ร้อนมากประมาณ 50 °C สามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานมากขึ้น ทำให้ความเย็นแบบระเหยทางเลือกที่ประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศแบบดั้งเดิม ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการออกแบบที่เรียบง่ายของการประยุกต์ใช้การทำความเย็นแบบระเหยทางอ้อมที่ตรวจสอบทดลองเพื่อปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพของหน่วยแยกและการใช้พลังงาน สำหรับรุ่นนี้ประกอบด้วยแผ่นทำความเย็นด้านหลังคอนเดนเซอร์และฉีดน้ำด้านบน เพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านคอนเดนเซอร์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ของประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นประมาณ 73% และพลังงานการบริโภคลดลงประมาณ 18%

ถวิกา ผาติดำรงกุล และ จตุวัฒน์ วัชรอมพันธ์ (2555) [30] ได้เขียนวิจัยที่มีใจความสำคัญว่าประเทศไทยนั้นความนิยมในการใช้เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนในบ้านพัก ซึ่งส่วนมากนั้นระบบดังกล่าว อาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศเป็นหลัก เนื่องจากประเทศไทยมีอุณหภูมิและความชื้นค่อนข้างสูงตลอดปี จึงทำให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพในการทำงานไม่เต็มที่ ดังนั้นในการพัฒนาประสิทธิภาพจึงได้มีการคิดค้นระบบการระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำขึ้น แม้ว่าทดสอบภายใต้สภาวะที่มีการควบคุมจะแสดงให้เห็นว่า ระบบระบายความร้อนระบบนี้มีประสิทธิภาพสูง แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาระบบปรับอากาศระบบใหม่นี้ ยังขาดการตรวจวัดภายใต้การใช้งานจริง ซึ่งมีสภาพแตกต่างจากการทดสอบในห้องทดลองโดยสิ้นเชิง

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพในการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนที่ใช้ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ ในช่วงการใช้งานเวลากลางวัน กลางคืน และตลอด 24 ชั่วโมง โดยนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า ซึ่งผลดังกล่าวสามารถกำหนดเวลาที่เครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อนำไปสู่การเสนอแนะแนวทางการนำไปใช้ในอาคารประเภทบ้านพักอาศัย ผลจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพภายใต้การใช้งานจริงนั้นต่ำกว่าผลที่ได้จากการทดลอง เนื่องมาจากอิทธิพลของภาระการทำความเย็นเป็นหลัก เครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ มีประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุด เมื่อมีภาระการทำความเย็นสูงในระดับหนึ่ง ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการถ่ายเทความร้อนในช่วงฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิสูง หรือเกิดจากความชื้นสะสมตั้งแต่ต้นขณะเปิดเครื่องปรับอากาศ ยิ่งไปกว่านั้น ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกที่ต่ำ จะเอื้อให้เครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เครื่องปรับอากาศระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำสามารถลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 14.98 ในช่วงกลางวัน ส่วนในช่วงกลางคืนลดได้ร้อยละ 9.49 และร้อยละ 4.26 ในช่วง 24 ชั่วโมง จากผลดังกล่าว จึงควรที่จะนำระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำไปติดตั้งร่วมกับเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน ในห้องที่มีการใช้งานช่วงเวลากลางวัน เนื่องจากห้องจะมีภาระการทำความเย็นสูงตลอดทั้งวัน ในขณะที่ห้องที่ใช้เฉพาะเวลากลางคืน อาทิ ห้องนอน ก็เป็นส่วนที่เหมาะสมกับระบบระเหยน้ำรองลงมา เนื่องจากมีการสะสมความร้อนสะสมจากช่วงกลางวัน ในทางกลับกันการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมงเหมาะกับระบบระเหยน้ำน้อยที่สุด เนื่องจากระบบแทบจะไม่ช่วยลดการใช้พลังงานในช่วงกลางคืน

Tipsaenporm et al. (2012) [31] บทความนี้นำเสนอผลการทดสอบเพื่อตรวจสอบการใช้งานที่มีศักยภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง (DEC) สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศขนาดกะทัดรัดเทอร์โมอิเล็กทริก (TE) เครื่องปรับอากาศ TE ขนาดกะทัดรัดประกอบด้วยสามโมดูล TE ด้านเย็นและร้อนของโมดูล TE ถูกจับจ้องไปที่ครีบบระบายความร้อนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ระบบ DEC ผลิตอากาศเย็นที่ใช้เพื่อช่วยระบายความร้อนจากอ่างความร้อนที่ด้านร้อนของโมดูล TE ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิของหลอดอากาศแห้งเย็นจากระบบ DEC มีอุณหภูมิลดลงประมาณ 5.9 °C ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น 33.4% ประสิทธิภาพการทำความเย็นของระบบ DEC แตกต่างกันระหว่าง 72.1% และ 81.5% มันเพิ่มความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ TE ขนาดกะทัดรัดจาก 53.0 W เป็น 74.5 W The 21.5 W (40 การเพิ่มขึ้น 6%) หมายถึง ความแตกต่างระหว่างเครื่องปรับอากาศขนาดกะทัดรัดที่มีการทำงานของอากาศรอบ ๆ ผ่านชุดระบายความร้อนของโมดูล TE และเครื่องปรับอากาศขนาดกะทัดรัดทำงานร่วมกับอากาศเย็นจากระบบ DEC ที่ไหลผ่านแผงระบายความร้อนของโมดูล TE ในทั้งสองสถานการณ์กระแสไฟฟ้า 4.5 A จ่ายให้กับโมดูล TE นอกจากนี้ยังได้รับการพิสูจน์ด้วยการทดลองว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของเครื่องปรับอากาศ TE ขนาดกะทัดรัดสามารถปรับปรุงได้สูงถึง 20.9% โดยการรวมระบบ DEC 5 A จ่ายให้กับโมดูล TE นอกจากนี้ยังได้รับการพิสูจน์ด้วยการทดลองว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของเครื่องปรับอากาศ TE ขนาดกะทัดรัดสามารถปรับปรุงได้สูงถึง 20.9% โดยการรวมระบบ DEC 5 A จ่ายให้กับโมดูล TE นอกจากนี้ยังได้รับการพิสูจน์ด้วยการทดลองว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของเครื่องปรับอากาศ TE ขนาดกะทัดรัดสามารถปรับปรุงได้สูงถึง 20.9% โดยการรวมระบบ DEC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และตั้ง 27 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Akram et al. (2018) [32] ได้เขียนวิจัยเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียหรือการรีไซเคิลน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน เช่น การดื่มการชลประทาน การล้างห้องน้ำ และกระบวนการทางอุตสาหกรรมจะช่วยประหยัดทรัพยากรน้ำ นอกจากนี้ยังมีการประหยัดทางเศรษฐกิจ วัตถุประสงค์หลักของการติดตั้งชุดเครื่องปรับอากาศ คือ เพื่อให้ได้ผลการทำความเย็น น้ำผลิตจากเครื่องปรับอากาศโดยไม่มีค่าใช้จ่ายเป็นผลพลอยได้ ซึ่งโดยปกติจะไม่ได้ใช้ในบังคลาเทศ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดคุณสมบัติที่สำคัญของน้ำควบแน่นของเครื่องปรับอากาศ การศึกษานี้ยังแสดงให้เห็นถึงการใช้น้ำที่มีค่าที่ไม่ได้ใช้ การวิเคราะห์น้ำขึ้นอยู่กับการทดสอบทางเคมี เช่น ความกระด้างรวม ความขุ่นของแข็งที่ละลายในน้ำ ความเป็นด่าง การนำไฟฟ้าของทองแดง ตะกั่ว เหล็ก และแมงกานีส และปริมาณคลอไรด์ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ pH ความต้องการออกซิเจนทางเคมีของแข็งแขวนลอยทั้งหมดความต้องการออกซิเจนชีวภาพ และการกัดกร่อน ทำการวัดปริมาณตัวอย่าง น้ำที่ผ่านมานั้นมีค่าพีเอชพื้นฐานอยู่ในระดับใกล้เคียงกับช่วงที่เป็นกลาง ของแข็งที่ละลายทั้งหมดทองแดงตะกั่วความกระด้างรวมการนำไฟฟ้า และความเป็นด่างของน้ำที่ควบแน่นอยู่ในช่วงสั้น ๆ โดยเฉลี่ยเครื่องปรับอากาศทุก 2 ตันก่อให้เกิดน้ำ 25 ลิตรต่อวัน งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงการศึกษาคือความเป็นไปได้ของการใช้น้ำกลั่นนี้ในแบตเตอรี่หม้อน้ำรถยนต์หม้อต้มล้างห้องน้ำและซักเสื้อผ้า ทุกเครื่องปรับอากาศ 2 ตันก่อตัว 25 ลิตรของน้ำในแต่ละวัน

Ashwin et al. (2007) [33] ได้เขียนรายงานฉบับนี้เพื่อทำการศึกษาย่างครอบคลุม เพื่อการออกแบบที่เหมาะสมที่สุดของระบบการนำความร้อนที่กลับมาใช้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อใช้ประโยชน์จากพลังงานความร้อนจากเครื่องปรับอากาศภายในบ้านเพื่อผลิตน้ำร้อน การศึกษาเชิงตัวเลขได้ดำเนินการสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงเรขาคณิตของระบบการนำความร้อนที่กลับมาใช้ใหม่สำหรับเครื่องปรับอากาศในบ้าน การคำนวณเชิงตัวเลขได้ดำเนินการโดยใช้แรงดัน 2d ที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องไม่คงที่โดยนัยลำดับที่ 2 รูปแบบความปั่นป่วน SST k- ในการศึกษาเชิงตัวเลขได้ใช้รูปแบบปริมาณ จำกัด โดยนัยอย่างสมบูรณ์ของสมการเนเวียค - อัดเดิลี และ Navier - Stokes ในสภาพการไหลเข้า ขอบเขตที่เหมือนกันมีการลองรูปร่างเรขาคณิตหลายรูปแบบ และมีการพยายามเสนอเกณฑ์การออกแบบที่ดีที่สุด การรวมกันของรูปร่างเส้นท่อหลาย ได้แก่ ตรงและเกลียวที่มีจำนวนขดลวดที่แตกต่างกันสำหรับหม้อน้ำได้รับการพยายามและตามเกณฑ์การออกแบบที่ได้รับการเสนอสำหรับการออกแบบระบบการกู้คืนความร้อนเหลือทิ้ง ซึ่งได้ข้อสรุปว่าภายในของที่กำหนดการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงเรขาคณิตเป็นเป้าหมายที่มีความหมายสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่สำหรับเครื่องปรับอากาศ

Yoshiaki et al. (2006) [34] ได้เขียนบทความนี้ซึ่งเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพที่แท้จริงของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนในปีที่ผ่านมาที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนในอาคารมากกว่า 100,000 ตารางเมตร ในญี่ปุ่น ประสิทธิภาพของหน่วยเหล่านี้ประเมินโดยกฎ JIS (มาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น) อย่างไรก็ตามการทดสอบเหล่านี้เสร็จสิ้นแล้วเงื่อนไขแบบสแตติก และประสิทธิภาพที่แท้จริงไม่ได้รับการประเมิน การประมาณการที่ผิดพลาดเหล่านี้สร้างความคาดหวังที่แตกต่างกันของการใช้พลังงานในอนาคต หรือการปนเปื้อนความร้อนเหลือทิ้ง การตั้งค่าสภาพอากาศต่าง ๆ การทดลองที่ถือว่าสภาพการทำงานจริงเสร็จแล้ว เช่นเดียวกับผลการทดลองลักษณะการทำงานและคุณลักษณะทางความร้อนของระบบได้รับการประเมิน และนอกจากนี้ยังได้ศึกษาอิทธิพลของสภาพอากาศและปริมาณความร้อน

นินนาท ราชประดิษฐ์ (2556) [4] ได้เขียนงานวิจัยนี้ซึ่งมีแนวความคิดที่จะปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในห้องปรับอากาศขนาดเล็กเช่นอาคารบ้านพักอาศัยและสำนักงานที่ใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ด้วยการทำชุดเติมอากาศเพื่อให้ห้องมีปริมาณการระบายอากาศที่สะอาดและเพียงพอต่อความต้องการตามมาตรฐาน จากนั้นจะใช้ชุดเติมอากาศนี้ทำการศึกษาผลจากอากาศภายนอกที่ใช้ในการระบายอากาศ การหยุดทำงานของคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ และรูปแบบของการระบายอากาศที่กระทบต่อระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องปรับอากาศ จากการทดลองพบว่าอากาศภายนอกที่ใช้ในการระบายอากาศ มีผลต่อระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องปรับอากาศ โดยความชื้นสัมพัทธ์จะต่ำในช่วงกลางวัน จะมีค่าสูงกว่าในกลางคืน ช่วงเช้า และเย็น ตามค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก ส่วนการหยุดทำงานของคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศในช่วงภาระการทำความเย็นน้อย (Part Load) จะส่งผลให้ความชื้นของห้องเพิ่มขึ้น ในส่วนการใช้ชุดเติมอากาศเพื่อศึกษาผลจากรูปแบบการระบายอากาศพบว่าการนำอากาศผ่านเข้าคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศก่อนเข้าห้องจะทำให้ห้องมีความชื้นน้อยกว่าการส่งอากาศเข้าห้องโดยตรง ซึ่งจากหลักการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ควบคุมความชื้นของที่ใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนได้นอกจากนั้นแนวคิดของชุดเติมอากาศในงานวิจัยนี้มีความเหมาะสมสำหรับผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศ ในการนำไปใช้ร่วมกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้กันอยู่ทั่วไป

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยนี้เป็นการดำเนินการออกแบบชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยมีวัตถุประสงค์ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ช่วยลดพลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยใช้น้ำทิ้งที่เกิดจากเครื่องปรับอากาศ รวมทั้งพัฒนาสมการคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการอธิบายปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดขึ้น ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยแสดงดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเนื้อหาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาหลักการออกแบบและวัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์ทดลอง
3. การออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบ
4. การสร้างและประกอบชุดอุปกรณ์ต้นแบบ
5. ติดตั้ง ทดสอบประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์และสรุปผล

3.1 ศึกษาเนื้อหาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สำหรับการทำวิจัยเรื่องชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ทางผู้ศึกษาวิจัยได้ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีต่าง ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการทำวิจัยเล่มนี้ ได้แก่ ทฤษฎีทางเทอร์โมไดนามิกส์ ทฤษฎีเกี่ยวกับของผสมอากาศชื้น หลักการเกี่ยวกับการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนและหลักการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

นอกจากนี้ทางผู้ศึกษาวิจัยได้ทำการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เพื่อศึกษาแนวคิดและหลักการที่เกี่ยวข้องที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยเล่มนี้ได้ เช่น ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการใช้เครื่องปรับอากาศในที่พักอาศัย ศึกษางานวิจัยที่เปรียบเทียบสมรรถนะและการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน และศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาประสิทธิภาพในการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้ระบบระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ เป็นต้น

3.2 ศึกษาหลักการออกแบบและวัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์ทดลอง

ผู้ศึกษาวิจัยได้แบ่งการทำงานของขั้นตอนนี้ออกเป็น 2 ส่วน คือ การศึกษาวัสดุที่ใช้ทำชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน และการศึกษาข้อมูลสภาพปัจจุบันเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการออกแบบชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

3.2.1 การศึกษาวัสดุที่ใช้ทำชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

จากการศึกษานั้นทำให้ผู้ศึกษาวิจัยเลือกใช้วัสดุชนิดสแตนเลส เกรด 304 ในการมาใช้ทำตัวโครงของชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน เนื่องจากสแตนเลสเป็นโลหะผสม (Ferrous Alloy) ระหว่างเหล็กกับสารหลายชนิดจึงสามารถทนการกัดกร่อนและทนสนิมได้ดี ซึ่งสแตนเลสเกรด 304 นี้เป็นสแตนเลสที่มีสารโครเมียมอยู่ 18% และมีนิกเกิลอยู่ 8% จึงไม่สามารถดู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ โดยผู้แต่งเอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อผู้แต่งเอกสารที่เบอร์โทรศัพท์ 08-1234-5678 หรืออีเมล info@thaienergy.com หรือเว็บไซต์ www.thaienergy.com ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และตัด 30% อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดด้วยแม่เหล็กได้ นอกจากนี้ยังมีคาร์บอนที่ดำจึงทำให้มีความเหนียวสูง สามารถนำไปขึ้นรูปได้ง่าย จึงเหมาะที่จะนำมาทำขึ้นรูป และประกอบเป็นโครงของอุปกรณ์ต้นแบบนี้

ผู้ศึกษาวิจัยได้เลือกใช้วัสดุที่นำมาทำเป็นไส้ในของตัวอุปกรณ์ทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ กระจาดาช รังผึ้ง (Cooling Pad) ตาข่าย และเส้นเอ็น ซึ่งจากการศึกษาวัสดุแต่ละชนิดนั้นมีข้อมูลดังต่อไปนี้

กระจาดาชรังผึ้ง (Cooling Pad) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะโครงสร้างที่พิเศษ เนื่องจากทำด้วย กระจาดาชจัดเป็นแบบรังผึ้ง ทำให้มีคุณสมบัติในเรื่องของความทนทานที่สูง การดูดซับน้ำและกั้นน้ำได้ดี และเนื่องจากพื้นผิวของกระจาดาชรังผึ้งไม่มีสารที่เป็น Active Agent ใด ๆ จึงทำให้สามารถดูดซับน้ำ และกระจายน้ำได้ดี รวดเร็วทั่วทั้งแผ่นได้ จึงทำให้มีประสิทธิภาพในการทำความเย็นได้ดี สำหรับการ ระบายของน้ำนั้นนอกจากจะช่วยเรื่องการลดอุณหภูมิแล้ว ยังช่วยเพิ่มประจุลบในอากาศ และเพิ่ม ออกซิเจนในอากาศด้วย นอกจากนี้ยังมีการเคลือบสารนาโนไว้ที่พื้นผิวด้านนอก ทำให้สามารถฆ่าเชื้อ โโรค หรือแบคทีเรียที่พื้นผิวได้ ส่งผลให้อายุการใช้งานยาวนาน [35]

ตาข่ายพลาสติก หรือตาข่ายพีวีซี ชนิด 6 เหลี่ยม เป็นวัสดุที่เหมาะสมสำหรับใช้งานที่ต้องการ ความแข็งแรงแต่ไม่ถึงขั้นเหล็ก มีความทนทานและป้องกันสนิมได้ดี นอกจากนี้ยังเหมาะสำหรับ บริเวณที่ต้องโดนน้ำบ่อย ๆ หรือที่ที่มีอากาศร้อนชื้น ทางผู้ศึกษาวิจัยจึงเลือกใช้วัสดุนี้เป็นวัสดุที่สอง เพราะคุณสมบัติของตาข่ายที่มีความทนทานเมื่อโดนน้ำ ไม่กรอบหรือแตกได้ง่าย และมีอายุการใช้งาน ที่ยาวนาน นอกจากนี้มีรูที่สามารถให้อากาศไหลผ่านได้ จึงเหมาะที่จะนำมาทำไส้ในของอุปกรณ์ ชนิดที่สอง [36]

วัสดุอีกชนิดที่นำมาทำไส้ในสำหรับอุปกรณ์ คือ เส้นเอ็น เนื่องจากเส้นเอ็นเป็นวัสดุที่มีน้ำหนัก เบา มีความเหนียวแน่นและทนทานสูง ทำให้ทางผู้ศึกษาวิจัยเลือกวัสดุชนิดนี้มาเป็นวัสดุสำหรับไส้ใน อุปกรณ์

และจากการศึกษาสินค้าลดพลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในปัจจุบัน จะพบว่า มีอุปกรณ์ที่เรียกว่า N-Save จำหน่ายอยู่ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศด้วย เทคโนโลยีที่ช่วยลดอุณหภูมิอากาศที่จะเข้าสู่คอยล์ร้อนของระบบ เพื่อให้คอยล์ร้อนแลกเปลี่ยน ความร้อนได้ดีขึ้น น้ำยาแอร์ที่ผ่านคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิลดลง ซึ่งจะทำให้คอยล์เย็น (เครื่องปรับอากาศ ในบ้าน) มีอุณหภูมิลดตาม ส่งผลให้การทำงานของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศทำงานได้น้อยลง ระบบเครื่องปรับอากาศทำงานได้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น การใช้พลังงานไฟฟ้าจึงลดลงตาม [37]

3.2.2 การศึกษาข้อมูลสภาพปัจจุบันเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการออกแบบชุดอุปกรณ์ลดพลังงาน สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ข้อมูลสภาพปัจจุบันที่จะต้องทราบสำหรับการวิจัยนี้ คือ ปริมาณน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ เพื่อนำข้อมูลมาคาดการณ์ปริมาณน้ำที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อการออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบ กล่าวคือ ปริมาณน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องเพียงพอต่อการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบ ผู้ ศึกษาวิจัยจึงได้ทำการทดลองเพื่อนำไปพัฒนาสมการหาค่าน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ โดยแบ่ง ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1.การทดลองเพื่อเก็บค่าสภาพปัจจุบัน 2.รวบรวมผลการเก็บข้อมูล และ 3. การวิเคราะห์และพัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ รายละเอียดต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 การทดลองเพื่อเก็บค่าสภาพปัจจุบัน

ในการทดลองจะมีการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องที่ประมาณ 16 - 25 องศาเซลเซียส และ เปลี่ยนแปลงความชื้นภายในห้องประมาณ 45 - 60 %Rh การเตรียมการทดลองมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และดัดแปลงอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. อุปกรณ์
 - 1.1 เครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิ
 - 1.2 เทอร์โมมิเตอร์
 - 1.3 สเปร์ย์ฉีดน้ำ
 - 1.4 กระบอกตวง

2. ขั้นตอนการทดลอง

- 2.1 ติดตั้งเครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิจำนวน 2 ตำแหน่ง คือ ด้านบนเครื่องปรับอากาศ และด้านล่างเครื่องปรับอากาศ ส่วนบริเวณด้านนอกห้องทดลองนั้นจะใช้เป็นกระเปาะเปียกกระเปาะแห้งในการวัดอุณหภูมิและความชื้น

- 2.2 เช็ดอุณหภูมิภายในห้องทดลองให้อยู่ที่ 16 องศาเซลเซียส และความชื้นภายในห้องทดลองที่ 45 %Rh

- 2.3 ฉีดสเปร์ย์น้ำเพิ่มความชื้นภายในห้องทดลองให้อยู่ระหว่าง 45 – 60 %Rh บันทึกค่าอุณหภูมิ ความชื้นจากทุกเครื่อง และวัดปริมาณน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศทุก ๆ 3 นาที ติดต่อกันจนครบ 30 นาที

- 2.4 ทำการทดลองซ้ำแบบเดิม โดยเปลี่ยนอุณหภูมิจาก 16 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิ 19 22 และ 25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยการทดลองซ้ำระดับละ 2 ครั้ง

- ส่วนที่ 2 รวบรวมผลการเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลจากการทดลองในขั้นตอนที่ 1 โดยใช้แบบฟอร์มการบันทึกข้อมูลที่ได้แสดงดังตารางที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิบริเวณด้านบนของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ซึ่งได้จากเครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิ มีหน่วยเป็น °C

2. ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์บริเวณด้านล่างของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ซึ่งได้จากเครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิ มีหน่วยเป็น %RH

3. อุณหภูมิบริเวณด้านล่างของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ซึ่งได้จากเครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิ มีหน่วยเป็น °C

4. อุณหภูมิบริเวณด้านนอกห้องทดลอง ซึ่งได้จากกระเปาะแห้งที่อยู่บริเวณด้านนอกห้องทดลอง มีหน่วยเป็น °C

5. ค่าของกระเปาะเปียกที่อยู่บริเวณด้านนอกห้องทดลอง มีหน่วยเป็น °C

6. ปริมาณน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อ 3 นาที (ml/3 mins.)

ค่าที่บันทึกในตารางนี้เป็นข้อมูลจากการเก็บสภาพจริง ซึ่งจะต้องนำข้อมูลนี้มาคัดเลือกข้อมูลที่มีแนวโน้มเกี่ยวข้องกับค่าปริมาณน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศ แปลงค่าปริมาณน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนให้มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อนาที และแปลงค่าของกระเปาะเปียกกระเปาะแห้งให้เป็นความชื้นสัมพัทธ์ที่มีหน่วยเป็น %RH ซึ่งข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงนี้จะแสดงดังตารางที่ 3.2 เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 3.1 แบบฟอร์มการบันทึกข้อมูล

Temp.	Humidity H1	Temp. T1	Temp. T2	Wet Bulb	Water

ตารางที่ 3.2 แบบฟอร์มข้อมูลสำหรับนำไปใช้วิเคราะห์

Temp.	Humidity H1	Temp. T1	Humidity H2	Temp. T2	Water

ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ และพัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศ

นำค่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองในส่วนที่หนึ่งมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุด้วยโปรแกรม Microsoft Excel 2013 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ซึ่งในที่นี้ตัวแปรต้นมีทั้งหมด 5 ตัว คือ อุณหภูมิที่ตั้งด้วยรีโมทคอนโทรล อุณหภูมิภายในห้องทดลอง ความชื้นภายในห้องทดลอง อุณหภูมิภายนอกห้องทดลอง และความชื้นภายนอกห้องทดลอง ส่วนตัวแปรตาม คือ ปริมาณน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ

ในส่วนนี้จะได้ผลความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตามว่าตัวแปรต้นใดบ้างที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างเห็นได้ชัด และจะได้สมการทางคณิตศาสตร์ที่สามารถคาดการณ์ปริมาณน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศที่มีค่าน้อยที่สุด ค่ามากที่สุดและค่าเฉลี่ยได้

3.3 การออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบ

จากที่ผู้ศึกษาวิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ทำให้ผู้ศึกษาตั้งสมมติฐานขึ้นมาว่า ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ช่วยลดพลังงานเครื่องปรับอากาศนั้นขึ้นกับชนิดของแผ่นไส้ใน กล่าวคือ แผ่นไส้ในนั้นจะต้องสามารถกระจายน้ำได้เต็มตลอดพื้นที่หน้าตัด และการไหลของน้ำผ่านแผ่นไส้ในนั้นจะต้องไม่ช้าไม่เร็วเกินที่จะสามารถกักเก็บน้ำในแผ่นไส้ในได้ ลักษณะแผ่นไส้ในดังกล่าวนี้มีผลกับการลดพลังงาน นอกจากนี้ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ช่วยลดพลังงานเครื่องปรับอากาศยังขึ้นกับอัตราการไหลของน้ำจากรางน้ำไปสู่อุปกรณ์ลดพลังงาน ระยะเวลาติดตั้งอุปกรณ์ลดพลังงาน ความชื้นของอากาศภายนอกห้องและอุณหภูมิภายนอกห้องด้วย โดยผู้ศึกษาวิจัยคาดว่าผลของประสิทธิภาพนี้จะแสดงออกมาในรูปแบบของการใช้กำลังไฟฟ้าที่ลดลง กล่าวคือ ถ้ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ลดลงนั้นแปลว่าการใช้กระแสไฟฟ้านั้นน้อยลงตาม ซึ่งแปลว่าอุปกรณ์ลดพลังงานนั้นมีประสิทธิภาพ และคาดว่าผลจะแสดงออกมาในรูปแบบของการลดลงของอุณหภูมิภายในห้องที่รวดเร็วขึ้นด้วย

การออกแบบชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเลือกใช้โปรแกรม Solidworks ในการออกแบบ โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพ ความทนทาน ขนาดที่เหมาะสมและค่าใช้จ่าย

ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมีขนาดกว้าง 55 มิลลิเมตร ยาว 643 มิลลิเมตร และสูง 442 มิลลิเมตร โครงสร้างทำมาจากสแตนเลส ซึ่งมีลักษณะที่แข็งแรงและทนทานต่อการเกิดสนิม และมีใส่ในจำนวน 3 ชนิดที่สามารถถอดเปลี่ยนได้ โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ใส่ในชนิดกระดาษรังผึ้ง (Cooling Pad) ทำมาจาก Cooling Pad สำหรับพัดลมไอเย็น HATARI รุ่น HT - AC10R1 ซึ่งมีการเคลือบสารนาโนที่มีคุณสมบัติสามารถฆ่าเชื้อโรคหรือแบคทีเรียที่ผิวสัมผัส พร้อมทั้งช่วยไม่ให้เชื้อโรคเจริญเติบโตบนแผ่นกระดาษรังผึ้งนี้ได้ และเคลือบผิวหน้าด้วยสารเคลือบพิเศษที่ป้องกันหินปูนและตะไคร่น้ำ

2. ใส่ในชนิดตาข่ายพลาสติก ประดิษฐ์มาจากตาข่ายพลาสติกหรือตาข่ายพีวีซี ชนิด 6 เหลี่ยม เหมาะสำหรับบริเวณที่โดนน้ำบ่อย ๆ หรือที่ที่มีอากาศร้อนชื้น มีความทนทานต่อการเกิดปฏิกิริยากับสารเคมีหลายชนิด ไม่กรอบหรือแตกได้ง่าย และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

3. ใส่ในชนิดเส้นเอ็น เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา ความเหนียวแน่นและทนทาน

3.4 การสร้างและประกอบชุดอุปกรณ์ต้นแบบ

จากการออกแบบชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในหัวข้อ 3.3 ได้มีการกำหนดขนาดของอุปกรณ์ไว้แล้ว โดยขั้นตอนในการสร้างจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งแต่ละส่วนจะมีลำดับการดำเนินการดังต่อไปนี้

3.4.1 การสร้างโครงของชุดอุปกรณ์ต้นแบบ

โครงของชุดอุปกรณ์ต้นแบบจะสร้างจากแผ่นสแตนเลส เกรด 304 เนื่องจากสแตนเลสเกรดนี้มีความเหนียวสูงทำให้มีความง่ายต่อการพับเป็นรูปร่างที่ต้องการ ซึ่งตัวโครงของชุดอุปกรณ์ต้นแบบนี้จะประกอบไปด้วยโครงฐานที่มีลักษณะเป็นรูปตัวยูเพื่อที่สามารถใส่แผ่นใส่ในไปในโครงฐานได้ และจะต้องมีรางสำหรับใส่น้ำที่มาจากเครื่องปรับอากาศไว้ด้านบน ซึ่งส่วนนี้จะต้องสวมประกบกับโครงฐานและใส่ในได้พอดี ไม่หลวมและไม่แน่นเกินไป เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้แผ่นใส่ในนั้นหลุดจากอุปกรณ์ต้นแบบ นอกจากนี้จะต้องเจาะรูที่รางน้ำและที่ฐานของโครง เพื่อให้น้ำที่มาจากเครื่องปรับอากาศในรางน้ำไหลมายังแผ่นใส่ในและไหลออกจากชุดอุปกรณ์ไปได้ตามลำดับ

3.4.2 การสร้างใส่ในสำหรับใช้ในชุดอุปกรณ์ต้นแบบ

ใส่ในที่ใช้ในชุดอุปกรณ์ต้นแบบจะมี 3 ชนิด เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ดีที่สุด โดยใส่ในแต่ละชนิดจะต้องมีคุณสมบัติในการกักเก็บ หรือชะลอน้ำที่ของเครื่องปรับอากาศเพื่อที่จะช่วยลดอุณหภูมิอากาศที่จะเข้าสู่คอยล์ร้อนของระบบ ทำให้คอยล์ร้อนแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีขึ้น

ขั้นตอนในการทำใส่ในชนิดกระดาษรังผึ้ง ทำโดยการติดแผ่นกระดาษรังผึ้งขนาดเล็กรวมกันให้มีความกว้างและความยาวที่พอเหมาะสามารถใส่ในชุดอุปกรณ์ต้นแบบได้ ซึ่งการติดแผ่นกระดาษรังผึ้งอาจจะใช้กาวร้อน หรือกาวตราช่างติดก็ได้

สำหรับใส่ในชนิดตาข่ายจะประดิษฐ์โดยการตัดตาข่ายให้มีขนาดพอดีกับกรอบที่ทำจากท่อ PVC ที่สามารถใส่ในโครงฐานของชุดอุปกรณ์ได้พอดี ซึ่งการยึดตาข่ายกับกรอบนั้นสามารถยึดได้ด้วยกาวร้อน เส้นเอ็น หรือสายรัดเคเบิลไทล์ โดยจะทำตาข่ายทั้งหมดสองชั้นเพื่อให้สามารถลดอุณหภูมิอากาศที่เข้าสู่คอยล์ร้อนของระบบได้ดีมากขึ้น

และใส่ในชนิดเส้นเอ็นจะทำโดยการยึดติดเส้นเอ็นเข้ากับกรอบที่ทำจากท่อ PVC เช่นเดียวกับชนิดตาข่าย ซึ่งจะยึดตาข่ายกับท่อ PVC ด้วยกาวตราช่าง เนื่องจากสะดวกและทนน้ำได้ โดยจะทำเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และตัด 34 ข้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเส้นเอ็นหลาย ๆ เส้น เรียงขนานกันตามแนวตั้ง เพื่อให้สามารถรองรับน้ำที่จะไหลจากชุดอุปกรณ์
ได้

3.5 ติดตั้ง ทดสอบประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์และสรุปผล

ในการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต้นแบบนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1.การทดลอง
เพื่อทดสอบประสิทธิภาพใ้ในที่ดีที่สุด และ 2.การทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์
ต้นแบบ โดยรายละเอียดแต่ละการทดลองมีดังต่อไปนี้

3.5.1 การทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพใ้ในที่ดีที่สุด

การทดลองนี้เป็นการทดสอบว่าใ้ในทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ กระจดาขรังผึ้ง ตาข่าย และเส้นเอ็น ใ้
ในชนิดใดที่มีประสิทธิภาพในการระเหยน้ำได้ดีที่สุด ซึ่งประสิทธิภาพในการระเหยน้ำจะไปสัมพันธ์กับ
ความสามารถในการลดอุณหภูมิของแผ่นใ้ใน โดยผลของใ้ในชนิดที่มีประสิทธิภาพในการระเหยน้ำ
ที่ดีที่สุดจะนำไปทำการทดลองต่อไปในส่วนที่ 2 การเตรียมการทดลองมีดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์

1.1 เครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิ

1.2 เทอร์โมมิเตอร์

1.3 น้ำสะอาด จำนวน 6 ลิตร

1.4 ชุดอุปกรณ์พลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (ชุดอุปกรณ์ต้นแบบ)

1.5 กระบอกตวง

1.6 พัดลม

2. ขั้นตอนการทดลอง

2.1 ติดตั้งพัดลม และเครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิไว้ด้านหน้าของชุดอุปกรณ์ต้นแบบ โดย
มีระยะห่างเป็น 50 และ 10 เซนติเมตร ตามลำดับ

2.2 ติดตั้งกระเปาะเปียกกระเปาะแห้งไว้ด้านหลังชุดอุปกรณ์ต้นแบบ โดยมีระยะห่าง 10
เซนติเมตร

2.3 เริ่มทำการทดลองโดยเปิดพัดลมเบอร์ 3 ใ้ใ้ในชนิดที่ 1 (กระจดาขรังผึ้ง) หลังจากนั้นใ้
น้ำให้เต็มรางน้ำแล้วทำการจับเวลา

2.4 บันทึกค่าอุณหภูมิ ความชื้น กระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งทุก 3 นาที ติดต่อกันเป็น
เวลา 30 นาที

2.5 ทำการทดลองซ้ำแบบเดิม โดยเปลี่ยนจากใ้ในกระจดาขรังผึ้งเป็นใ้ในชนิดตาข่าย และ
เส้นเอ็น ตามลำดับ

บันทึกค่าข้อมูลที่เก็บได้ในแบบฟอร์มการบันทึกข้อมูลในตารางที่ 3.3 และนำค่าข้อมูลที่ได้อมา
คำนวณหาประสิทธิภาพของแผ่นใ้ใน โดยคำนวณจากสมการ 2.28 อัตราการระเหยของแผ่นใ้ในที่
เคยกล่าวไว้ในบทที่ 2 เมื่อคำนวณแล้วจะทราบว่าแผ่นใ้ในชนิดใ้ในนั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งจะ
นำแผ่นใ้ในชนิดนั้นไปทำการทดลองในขั้นต่อไป

3.5.2 การทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ต้นแบบ

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ต้นแบบ ผู้ศึกษาวิจัยจะ
ศึกษาประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ต้นแบบจากค่ากำลังไฟฟ้า และอัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิภายใน
ห้องทดลอง โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังใ้ใช้อุปกรณ์ต้นแบบ ซึ่งในการทดลองนี้จะศึกษาผลกระทบที่
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และดัด35้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดขึ้นจากระยะห่างสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบ และจากอัตราการไหลของน้ำในอุปกรณ์ต้นแบบด้วย ผู้ศึกษาวิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1.การทดลองเพื่อเก็บข้อมูล 2.รวบรวมผลการเก็บข้อมูล และ 3.การวิเคราะห์ข้อมูล รายละเอียดต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 การทดลองเพื่อเก็บข้อมูล

ในการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลจะมีขั้นตอนการเตรียมการทดลองดังนี้

1. อุปกรณ์

1.1 เครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิ

1.2 เทอร์โมมิเตอร์

1.3 น้ำสะอาด จำนวน 6 ลิตร

1.4 ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (ชุดอุปกรณ์ต้นแบบ)

1.5 คลิปแอมป์

2. ขั้นตอนการทดลอง

2.1 ติดตั้งเครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิไว้บริเวณด้านบนของเครื่องปรับอากาศ และบริเวณที่เครื่องปรับอากาศปล่อยความเย็นออกมา

2.2 ติดตั้งกระเปาะเปียกกระเปาะแห้งไว้บริเวณด้านบนของคอมเพรสเซอร์ และติดตั้งคลิปแอมป์กับสายไฟจากคอมเพรสเซอร์เพื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้า

2.3 ตั้งรีโมทคอนโทรลของเครื่องปรับอากาศที่ 25 °C ทำการทดลองโดยการเปิดห้องทดลองให้มีอุณหภูมิ 26.5 °C หลังจากนั้นปิดห้องทดลองและจับเวลา

2.4 จดบันทึกค่าอุณหภูมิ กระเปาะเปียกกระเปาะแห้งและค่ากระแสไฟฟ้าทุก ๆ 2 นาที จนกว่าห้องจะมีอุณหภูมิลกลับมามี 24.5 °C ทำการทดลองซ้ำอีก 2 รอบ

2.5 ติดตั้งชุดอุปกรณ์ต้นแบบ โดยให้ระยะห่างระหว่างคอมเพรสเซอร์กับอุปกรณ์ต้นแบบมีระยะที่ 0 เซนติเมตร และมีอัตราการไหลของน้ำที่ 14 มิลลิลิตรต่อนาที

2.6 ตั้งรีโมทคอนโทรลของเครื่องปรับอากาศที่ 25 °C ทำการทดลองโดยการเปิดห้องทดลองให้มีอุณหภูมิ 26.5 °C หลังจากนั้นปิดห้องทดลองและจับเวลา

2.7 จดบันทึกค่าอุณหภูมิ กระเปาะเปียกกระเปาะแห้งและค่ากระแสไฟฟ้าทุก ๆ 2 นาที จนกว่าห้องจะมีอุณหภูมิลกลับมามี 24.5 °C ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนระยะห่างระหว่างคอมเพรสเซอร์กับอุปกรณ์ต้นแบบที่ระยะ 3 5 และ 7 เซนติเมตร โดยทำการทดลองซ้ำที่ระดับละ 3 การทดลอง

2.8 เปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำจาก 14 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นอัตราการไหลของน้ำที่ 16 และ 18 มิลลิลิตรต่อนาที และทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 2.6

ส่วนที่ 2 รวบรวมผลการเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลจากการทดลองในขั้นตอนที่ 1 โดยใช้แบบฟอร์มการบันทึกข้อมูลที่แสดงดังตารางที่ 3.4 โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. อัตราการไหลของน้ำ ซึ่งจะกำหนดให้มีอัตราการไหลที่ 14 16 และ 18 มีหน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อนาที

2. ระยะห่างระหว่างชุดอุปกรณ์ต้นแบบกับคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะกำหนดให้มีระยะที่ 0 3 5 และ 7 มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

3. เวลาที่ทำการบันทึกเก็บข้อมูล มีหน่วยเป็นนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ค่าของกระเปาะแห้งที่อยู่บริเวณด้านนอกห้องทดลอง มีหน่วยเป็น °C
5. ค่าของกระเปาะเปียกที่อยู่บริเวณด้านนอกห้องทดลอง มีหน่วยเป็น °C
6. อุณหภูมิภายในห้องทดลอง มีหน่วยเป็น °C
7. ปริมาณกระแสไฟฟ้า ซึ่งวัดจากเครื่องคลิปปแอมป์ มีหน่วยเป็นแอมป์

ค่าที่บันทึกในตารางนี้เป็นข้อมูลดิบ ซึ่งจะต้องนำข้อมูลนี้มาแปลงเป็นข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณโน้มเกี่ยวข้องกับค่ากระแสไฟฟ้า และอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ โดยข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงนี้จะแสดงดังตารางที่ 3.5 เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 3.3 แบบฟอร์มการบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพใส่ใน

Type	Temp. Outside	Temp. Inside	Wet Bulb	Δ Temp.	%Efficiency

ตารางที่ 3.4 แบบฟอร์มการบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์

Rate Water Flow	Distance	Time	Dry Bulb Outside	Wet Bulb Outside	Temp. Inside	Current

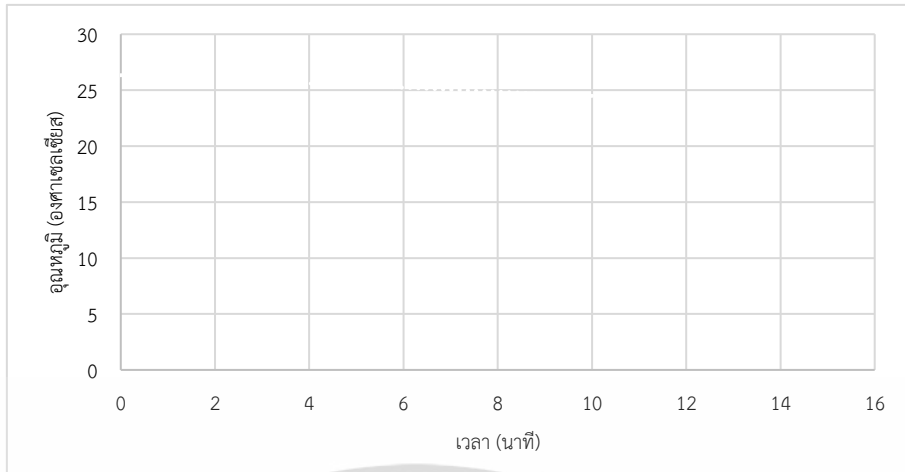
ตารางที่ 3.5 แบบฟอร์มข้อมูลประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ที่นำไปใช้วิเคราะห์

Rate Water Flow	Distance	Time	Dry Bulb Outside	Humidity Outside	Temp. Inside	Temp. Drop Rate	Current

ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำค่าข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้ามาวิเคราะห์เพื่อดูผลของตัวแปรตาม ซึ่งตัวแปรตามมี 2 ตัว ได้แก่ ค่ากระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปในรูปของกำลังไฟฟ้าและอุณหภูมิภายในห้องทดลองที่เปลี่ยนแปลง โดยข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปแสดงในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา และกำลังไฟฟ้ากับเวลาในแต่ละปัจจัยที่ต้องศึกษาดังต่อไปนี้

จากกราฟรูปที่ 3.1 เป็นความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับเวลา โดยกราฟความสัมพันธ์นี้จะแสดงถึงแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลงไปของอุณหภูมิต่อเวลาของแต่ละส่วนการทดลอง ซึ่งทำให้เห็นว่าในแต่ละปัจจัยนั้นปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ด้วยเหตุใด



รูปที่ 3.1 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับเวลา

จากกราฟรูปที่ 3.2 เป็นความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้ากับเวลา โดยกราฟความสัมพันธ์นี้จะแสดงถึงแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลงไปของกำลังไฟฟ้าต่อเวลาของแต่ละส่วนการทดลอง ซึ่งทำให้เห็นว่าในแต่ละปัจจัยนั้นปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้า ด้วยเหตุใด



รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้ากับเวลา

3.5.3 สรุปผล

ภายหลังจากการวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ทุกระดับปัจจัยแล้วสามารถสรุปได้ว่าอุปกรณ์ลดพลังงานนี้สามารถช่วยลดพลังงานได้จริงหรือไม่ กล่าวคือ สามารถลดการใช้กระแสไฟฟ้า หรือสามารถลดอุณหภูมิภายในห้องได้รวดเร็วขึ้นหรือไม่ และระดับปัจจัยใดที่มีประสิทธิภาพในการลดพลังงาน พร้อมทั้งสามารถหาระยะที่ควรติดตั้งอุปกรณ์ลดพลังงานที่ส่งผลให้มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด จากตารางที่ 3.6 ซึ่งจะเป็นตารางการให้คะแนนในแต่ละระดับปัจจัย และสรุปเป็นคะแนนผลลัพธ์ออกมา โดยการให้คะแนนจะให้ดังนี้ 3 คือระดับที่ดีที่สุด 2 คือดี 1 คือปานกลาง และ 0 คือแย่มาก ซึ่งใน

ที่นี้ถ้าระดับใดมีคะแนนรวมมากที่สุดนั่นหมายความว่า เป็นระยะที่ควรติดตั้งอุปกรณ์เพื่อส่งผลให้ประสิทธิภาพดีที่สุด

ตารางที่ 3.6 ผลสรุปคะแนนระยะห่างระหว่างชุดอุปกรณ์กับคอมเพลสเซอร์

เกณฑ์	ระยะห่างระหว่างชุดอุปกรณ์กับคอมเพลสเซอร์ (cm.)			
	0	3	5	7
อัตราการไหล 14 ml./min. (กำลังไฟฟ้า)				
อัตราการไหล 14 ml./min. (อุณหภูมิ)				
อัตราการไหล 16 ml./min. (กำลังไฟฟ้า)				
อัตราการไหล 16 ml./min. (อุณหภูมิ)				
อัตราการไหล 18 ml./min. (กำลังไฟฟ้า)				
อัตราการไหล 18 ml./min. (อุณหภูมิ)				
สรุป				

การให้คะแนนจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ระดับ 5 ลดกำลังไฟฟ้าได้มากกว่า 1 วัตต์ต่ออนาที หรือลดอุณหภูมิได้มากกว่า 0.16 องศาเซลเซียสต่ออนาที

ระดับ 4 ลดกำลังไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 0.75 วัตต์ต่ออนาที แต่ไม่ถึง 1 วัตต์ต่ออนาที หรือลดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0.12 แต่ไม่ถึง 0.16 องศาเซลเซียสต่ออนาที

ระดับ 3 ลดกำลังไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 0.5 วัตต์ต่ออนาที แต่ไม่ถึง 0.75 วัตต์ต่ออนาที หรือลดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0.08 แต่ไม่ถึง 0.12 องศาเซลเซียสต่ออนาที

ระดับ 2 ลดกำลังไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 0.25 วัตต์ต่ออนาที แต่ไม่ถึง 0.5 วัตต์ต่ออนาที หรือลดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0.04 แต่ไม่ถึง 0.08 องศาเซลเซียสต่ออนาที

ระดับ 1 ลดกำลังไฟฟ้าได้แต่ไม่ถึง 0.25 วัตต์ต่ออนาที หรือลดอุณหภูมิได้ แต่ไม่ถึง 0.04 องศาเซลเซียสต่ออนาที

ระดับ 0 ไม่สามารถลดกำลังไฟฟ้าได้ หรืออุณหภูมิไม่มีการเปลี่ยนแปลง

และสามารถหาอัตราการไหลของน้ำในแผ่นไส้ในอุปกรณ์ลดพลังงานที่ส่งผลให้มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดจากตารางที่ 3.7 ซึ่งจะเป็นตารางที่ให้คะแนนในแต่ละระดับปัจจัยแล้วสรุปเป็นคะแนนผลลัพธ์ออกมา โดยการให้คะแนนจะให้ดังนี้ 2 คือดีที่สุด 1 คือปานกลาง และ 0 คือแย่ ซึ่งในที่นี้ถ้าระดับใดมีคะแนนรวมมากที่สุดนั่นหมายความว่า เป็นอัตราไหลของน้ำในแผ่นไส้ในอุปกรณ์ที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพดีที่สุด

ตารางที่ 3.7 ผลสรุปคะแนนอัตราการไหลของน้ำ

เกณฑ์	อัตราการไหลของน้ำ (ml./minute)		
	14	16	18
การติดตั้งที่ระยะ 0 cm. (กำลังไฟฟ้า)			
การติดตั้งที่ระยะ 0 cm. (อุณหภูมิ)			
การติดตั้งที่ระยะ 3 cm. (กำลังไฟฟ้า)			
การติดตั้งที่ระยะ 3 cm. (อุณหภูมิ)			
การติดตั้งที่ระยะ 5 cm. (กำลังไฟฟ้า)			
การติดตั้งที่ระยะ 5 cm. (อุณหภูมิ)			
การติดตั้งที่ระยะ 7 cm. (กำลังไฟฟ้า)			
การติดตั้งที่ระยะ 7 cm. (อุณหภูมิ)			
สรุป			

การให้คะแนนจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ระดับ 5 ลดกำลังไฟฟ้าได้มากกว่า 1 วัตต์ต่ออนาที หรือลดอุณหภูมิได้มากกว่า 0.16 องศาเซลเซียสต่ออนาที

ระดับ 4 ลดกำลังไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 0.75 วัตต์ต่ออนาที แต่ไม่ถึง 1 วัตต์ต่ออนาที หรือลดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0.12 แต่ไม่ถึง 0.16 องศาเซลเซียสต่ออนาที

ระดับ 3 ลดกำลังไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 0.5 วัตต์ต่ออนาที แต่ไม่ถึง 0.75 วัตต์ต่ออนาที หรือลดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0.08 แต่ไม่ถึง 0.12 องศาเซลเซียสต่ออนาที

ระดับ 2 ลดกำลังไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 0.25 วัตต์ต่ออนาที แต่ไม่ถึง 0.5 วัตต์ต่ออนาที หรือลดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0.04 แต่ไม่ถึง 0.08 องศาเซลเซียสต่ออนาที

ระดับ 1 ลดกำลังไฟฟ้าได้แต่ไม่ถึง 0.25 วัตต์ต่ออนาที หรือลดอุณหภูมิได้ แต่ไม่ถึง 0.04 องศาเซลเซียสต่ออนาที

ระดับ 0 ไม่สามารถลดกำลังไฟฟ้าได้ หรืออุณหภูมิไม่มีการเปลี่ยนแปลง

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงานของชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ผู้ศึกษาวิจัยได้สรุปโดยแบ่งเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ผลของการศึกษาผลิตภัณฑ์ลดพลังงานที่มีในปัจจุบัน
2. ผลของการออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน
3. ผลของการติดตั้งและทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต้นแบบ
4. สรุปผล

4.1 ผลของการศึกษาผลิตภัณฑ์ลดพลังงานที่มีในปัจจุบัน

4.1.1 วัสดุที่ใช้สร้างอุปกรณ์ลดพลังงาน

จากการศึกษาวัสดุที่จะนำมาใช้ในการสร้างชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของตัวโครงอุปกรณ์ และส่วนของแผ่นไส้ใน โดยแต่ละส่วนจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ตัวโครงอุปกรณ์ ใช้สแตนเลส เกรด 304 ในการทำตัวโครงของชุดอุปกรณ์ เนื่องจากสแตนเลสมีส่วนผสมของเหล็กและสารอีกหลายชนิด จึงมีความทนทานต่อการกัดกร่อนและทนทานต่อการเกิดสนิมได้ดี นอกจากนี้สแตนเลสชนิดนี้มีส่วนผสมของโครเมียมและนิกเกิลจึงทำให้ไม่สามารถติดด้วยแม่เหล็ก และการที่สแตนเลสมีคาร์บอนต่ำนั้นทำให้สามารถขึ้นรูปได้ง่าย จึงเหมาะที่จะใช้ทำขึ้นรูปทำอุปกรณ์นี้

2. แผ่นไส้ใน ทำมาจาก 3 ชนิด ได้แก่ กระดาษรังผึ้ง ตาข่าย และเส้นเอ็น ซึ่งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติทั่วไปดังนี้

กระดาษรังผึ้ง มีคุณสมบัติในเรื่องของความทนทานที่สูง การดูดซับน้ำและกั้นน้ำได้ดี และที่พื้นผิวไม่มีสารที่เป็น Active Agent ใด ๆ จึงทำให้สามารถดูดซับน้ำและกระจายน้ำได้ดี

ตาข่ายพลาสติก มีความทนทาน ป้องกันการเกิดสนิมได้ดี เหมาะสำหรับใช้งานในที่ที่ต้องโดนความชื้นบ่อย ๆ ไม่กรอบไม่แตกง่ายเมื่อโดนน้ำ และมีการกระจายน้ำได้ดีในระดับหนึ่ง

เส้นเอ็น เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีความเหนียวและความทนทานที่สูง เมื่อโดนน้ำไม่ขาดง่าย น้ำสามารถไหลผ่านเส้นเอ็นได้ดี

จะพบว่าวัสดุทั้ง 3 ชนิดนี้มีความทนทานที่สูงเมื่อต้องอยู่ในสภาพเงื่อนไขที่ต้องโดนน้ำ หรือความชื้น ป้องกันการเกิดสนิมได้ การกระจายตัวของน้ำดี และมีการกักเก็บน้ำได้ในระดับหนึ่ง ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้จึงทำให้ทางผู้ศึกษาวิจัยได้เลือกวัสดุทั้ง 3 ชนิดนี้ในการทำแผ่นไส้ใน

4.1.2 ศึกษาสินค้าที่มีในปัจจุบัน

ผลจากการศึกษาการทำงานของสินค้าที่มีในปัจจุบันจะพบว่าสินค้าที่วางจำหน่ายในปัจจุบันนี้มีความสามารถในการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ โดยจะลดอุณหภูมิที่เข้าสู่คอยล์ร้อนของระบบเพื่อทำให้คอยล์ร้อนมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีมากขึ้น และเมื่อน้ำยา

เครื่องปรับอากาศผ่านคอยล์ร้อนที่มีอุณหภูมิลดลงนี้ จะทำให้คอยล์เย็นมีอุณหภูมิลดลงตาม เมื่อศึกษาลักษณะของสินค้านี้จะพบว่าตัวสินค้ามีลักษณะที่สามารถกระจายน้ำได้ทั่วทั้งแผง จึงทำให้สามารถลดอุณหภูมิที่เข้าสู่คอยล์ร้อนได้ตามต้องการ ซึ่งการทำงานนี้จะช่วยให้เครื่องปรับอากาศทำงานได้ดีขึ้น 40%

จากการศึกษาสินค้าชนิดนี้ ทำให้ผู้ศึกษาวิจัยคำนึงถึงปริมาณน้ำที่จะต้องใช้ในอุปกรณ์ช่วยลดพลังงานของเครื่องปรับอากาศและสภาพเงื่อนไขต่าง ๆ ที่เหมาะสม จึงทำให้เกิดการทดลองเพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันขึ้น ซึ่งผลที่ได้นั้นจะนำไปใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ต่อไป

4.1.3 ผลการศึกษาสภาพปัจจุบัน

จากการทดลองเพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันของเครื่องปรับอากาศ เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตาม พร้อมทั้งพัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาปริมาณน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ หลังจากที่ได้เก็บข้อมูลได้ในตารางที่ ผ3 แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ จะพบว่าตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อตัวแปรตามมากที่สุดมีเพียง 2 ตัว ได้แก่ ความชื้นภายในห้องทดลองและความชื้นภายนอกห้องทดลอง ซึ่งจะแสดงผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 สรุปผลลัพธ์ของสมการถดถอย

Regression Statistics	
Multiple R	0.964625
R Square	0.930502
Adjusted R Square	0.923883
Standard Error	0.672356
Observations	24

ANOVA	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	2	127.1044	63.55221	140.583	6.93E-13
Residual	21	9.493302	0.452062		
Total	23	136.5977			

	Coefficients	S. Error	t Stat	P value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-26.3941	2.7178	-9.7115	3.23E-09	-32.046	-20.742	-32.046	-20.742
X1: Inside Humidity	36.73728	3.74597	9.8081	2.72E-09	28.9479	44.5267	28.9479	44.5267
X2: Outside Humidity	34.52213	2.486805	13.88212	4.74E-12	29.3505	39.6937	29.3505	39.6937

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 เมื่อดูที่ค่า Significance F จะพบว่า ค่าที่ได้นั้นมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ยอมรับ H_1 ที่กล่าวว่าตัวแปรตาม (Y) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว และจะได้สมการ Regression Model ที่ใช้ประมาณค่าปริมาณน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ ดังนี้

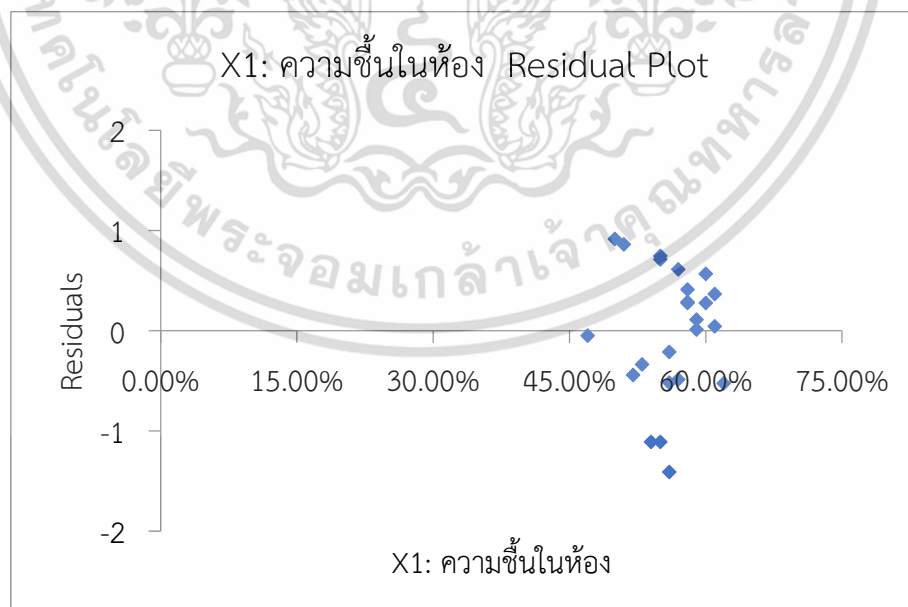
$$y = -26.3941 + 36.7373X_1 + 34.5221X_2 \quad (3.1)$$

กำหนดให้ y คือ ปริมาณน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ หน่วยมิลลิลิตรต่อนาที
 X_1 คือ ความชื้นภายในห้องทดลอง หน่วย %Rh
 X_2 คือ ความชื้นภายนอกห้องทดลอง หน่วย %Rh

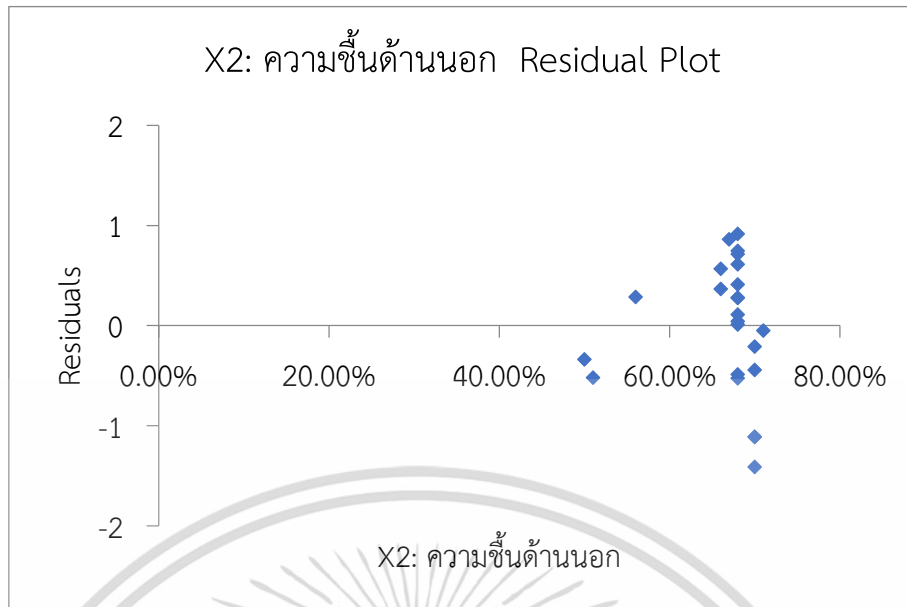
สมการ Regression Model นี้มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศหรือไม่ ดูจากค่า R^2 ที่ได้ ถ้าค่า R^2 ที่ได้มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า สมการนี้มีความเหมาะสม ซึ่งค่า R^2 ที่ได้นั้นมีค่า 0.930502 ดังนั้นสมการนี้มีความเหมาะสมในการคาดการณ์ปริมาณน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ

สำหรับค่า F ที่ได้นี้มีเพื่อรับรองว่าสมการ Regression Model นี้ สามารถนำไปคาดการณ์ค่าตัวแปรตาม (y) แล้วจะให้ความคลาดเคลื่อนที่น้อย หรือกล่าวคือมีความแม่นยำสูง เมื่อดูค่า F จากตารางที่ 4.1 จะพบว่า ค่า F ที่ได้นั้นมีค่า 140.583 ซึ่งมีความมากกว่า $F_{critical} (F_{0.05,2,21})$ ที่มีค่า 3.47 ดังนั้นสมการ Regression Model นี้มีความแม่นยำสูง

สำหรับกราฟ Residual Plot สามารถบอกความเป็นอิสระต่อกัน (Independence) ของค่า X แต่ละค่าได้ ซึ่งจากกราฟ Residual Plot ในรูปที่ 4.1 ก. ข้อมูลของ X_1 จะพบว่า การกระจายตัวของข้อมูลไม่มีทิศทางที่แน่นอน มีทั้งค่าลบค่าบวกรอบ ๆ ค่าศูนย์ แสดงว่า ความเป็นอิสระของข้อมูลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และจากกราฟ Residual Plot ในรูปที่ 4.1 ข. ข้อมูลของ X_2 จะพบว่า การกระจายตัวของข้อมูลไม่มีทิศทางที่แน่นอน มีทั้งค่าลบค่าบวกรอบ ๆ ค่าศูนย์ แสดงว่า ความเป็นอิสระของข้อมูลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เช่นกัน



(ก)

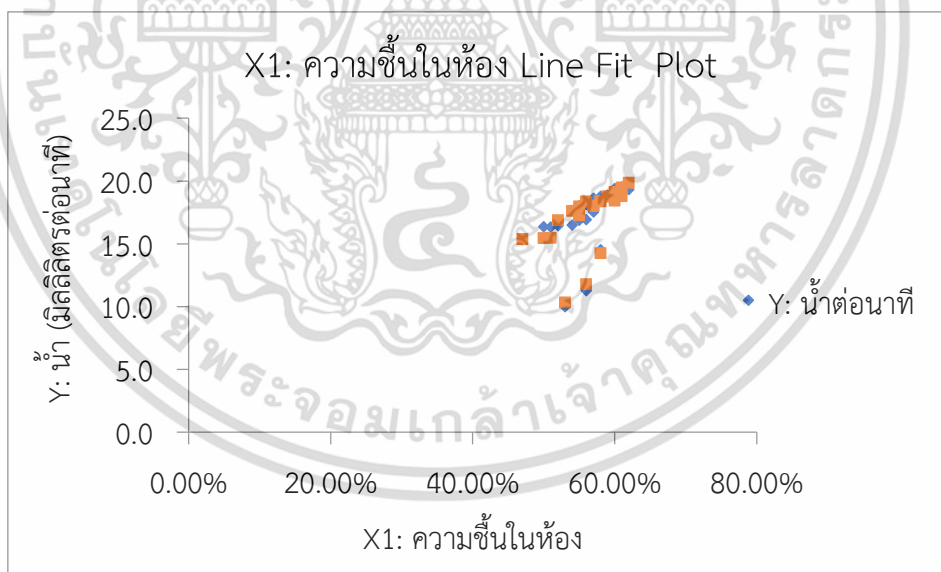


(ข)

รูปที่ 4.1 กราฟ Residual Plot

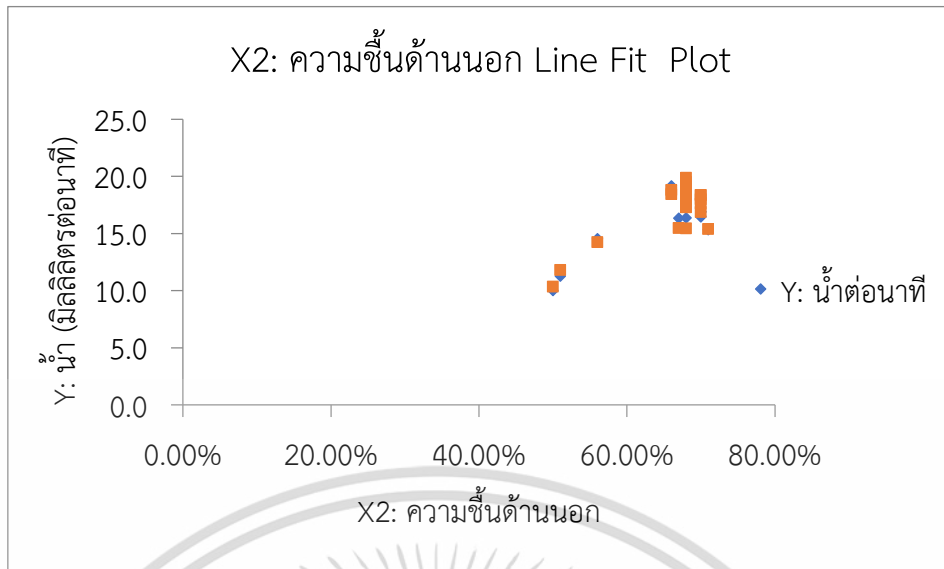
ก) ข้อมูลของ X_1

ข) ข้อมูลของ X_2



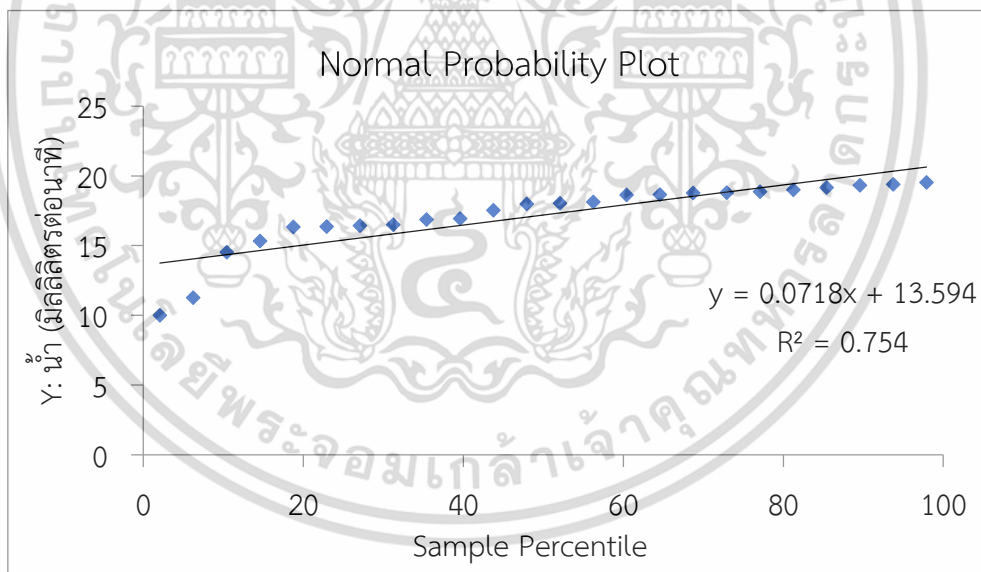
รูปที่ 4.2 กราฟ Line Fit Plot ของตัวแปรความชื้นในห้อง (X_2)

จากรูปที่ 4.2 กราฟ Line Fit Plot ของตัวแปร X_2 จะพบว่าแนวโน้มของตัวแปรความชื้นในห้องนี้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง เมื่อ X_2 มีค่าเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำจากเครื่องปรับอากาศ (มิลลิตรต่อนาที) จะเพิ่มขึ้นด้วย



รูปที่ 4.3 กราฟ Line Fit Plot ของตัวแปรความชื้นด้านนอก (X_4)

จากรูปที่ 4.3 กราฟ Line Fit Plot ของตัวแปร X_4 จะพบว่าแนวโน้มของปริมาณน้ำจากเครื่องปรับอากาศ (มิลลิลิตรต่อนาที) จะเพิ่มขึ้นเมื่อตัวแปร X_4 ความชื้นภายนอกมีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.4 กราฟ Normal Probability Plot

จากรูปที่ 4.4 กราฟ Normal Probability Plot จะพบว่าผลการเรียงตัวของค่า Y เทียบกับ Percentile นั้นจะได้เป็นแนวที่เกือบจะเป็นเส้นตรง ซึ่งสามารถยอมรับว่าเป็น Normal Distribution ได้

จากการคาดคะเนปริมาณน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศที่เกิดขึ้นนี้ ทำให้ทางผู้ศึกษาวิจัยสามารถออกแบบรางน้ำสำหรับรองรับน้ำทิ้งที่ได้จากเครื่องปรับอากาศ และสามารถนำไปปรับใช้เพื่อออกแบบชุดอุปกรณ์ได้ โดยรายละเอียดต่าง ๆ จะกล่าวถึงในขั้นตอนต่อไป

4.2 ผลของการออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ภายหลังจากการเก็บข้อมูลสภาพปัจจุบันในขั้นตอนก่อนหน้าทำให้สามารถนำมาปรับใช้ในการออกแบบชุดอุปกรณ์ต้นแบบนี้ จะออกแบบด้วยโปรแกรม Solidworks ซึ่งจะมีลักษณะตามหัวข้อที่ 3.3 เมื่อนำมาสร้างเป็นชุดอุปกรณ์ลดพลังงานต้นแบบ จะได้ผลดังต่อไปนี้

4.2.1 ขั้นตอนในการสร้างชุดอุปกรณ์

ในการสร้างนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1.การสร้างโครงอุปกรณ์ และ 2.การสร้างแผ่นใส่ในทั้ง 3 ชนิด ซึ่งในแต่ละส่วนนั้นจะมีขั้นตอนการทำดังต่อไปนี้

4.2.1.1 การสร้างโครงอุปกรณ์

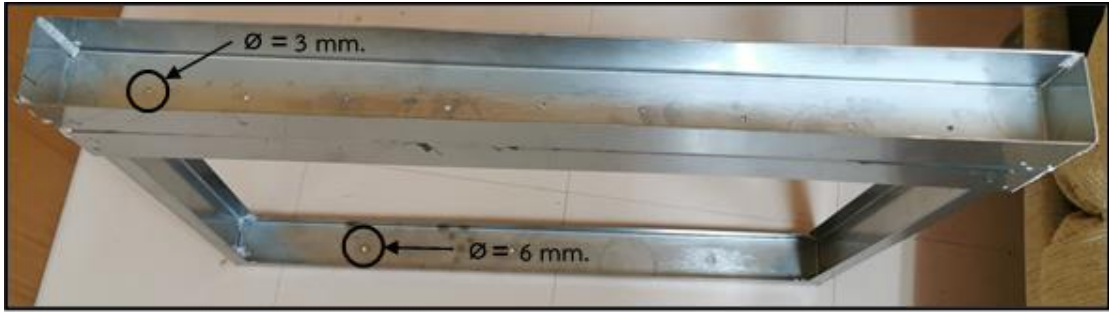
1. นำแผ่นสแตนเลส เกรด 304 มาตัดและพับให้มีขนาดและรูปร่างดังที่มีการออกแบบในหัวข้อที่ 3.3 ซึ่งจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ลักษณะของโครงอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

2. ใช้ซิลิโคนทางบริเวณด้านล่างของรางน้ำทั้งสองเพื่อประกอบให้ติดด้วยกัน และทาบริเวณที่เป็นรอยต่อทั้งหมด เพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำ

3. เจาะรูที่รางน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร จำนวน 9 รู และเจาะรูที่ฐานของโครงอุปกรณ์ต้นแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร จำนวน 3 รู ดังรูป 4.6



รูปที่ 4.6 ลักษณะรูที่เจาะบริเวณรางน้ำและโครงอุปกรณ์

4. ตะไบส่วนที่คมทั้งหมดเพื่อป้องกันการบาดเมื่อสัมผัสอุปกรณ์ ซึ่งลักษณะที่ได้เมื่อทำเสร็จ จะมีลักษณะดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 โครงชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

4.2.1.2 การสร้างแผ่นไส้ในทั้ง 3 ชนิด

1. ไส้ในชนิดกระดาษรังผึ้ง (Cooling Pad) ทำการประกอบแผ่นกระดาษรังผึ้งสำหรับพัดลมไอเย็น HATARI รุ่น HT-AC10R1 ขนาด 16x43x5 เซนติเมตร จำนวน 4 แผ่น เข้าด้วยกันด้วยกาวตราช้าง วัดขนาดแผ่นกระดาษรังผึ้งที่ติดกันเรียบร้อยแล้วให้ได้ขนาด 64x43x5 เซนติเมตร ถ้ามีส่วนใดที่เกินออกมาให้ตัดออกด้วยคัตเตอร์ เมื่อทำเสร็จจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.8

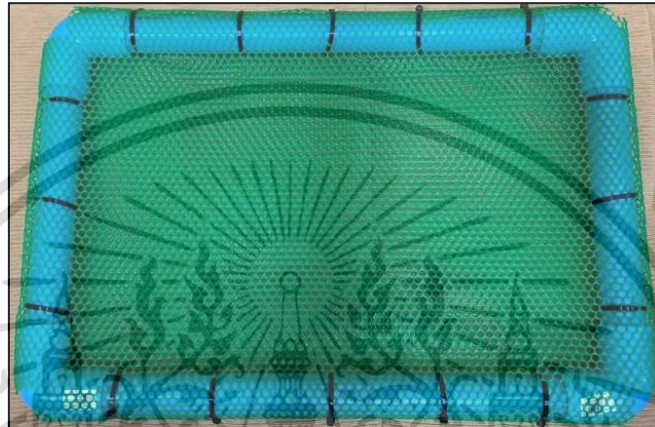


รูปที่ 4.8 แผ่นไส้ในชนิดกระดาษรังผึ้ง (Cooling Pad)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใส่นาชนิดตาข่าย เริ่มจากการทำกรอบขนาด 64x43 เซนติเมตร สำหรับยึดตาข่ายพลาสติก โดยทำมาจากท่อ PVC ขนาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $1\frac{1}{4}$ นิ้ว โดยตัดท่อให้มีความยาว 60 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น และความยาว 40 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น ประกอบท่อทั้ง 4 เข้ากันด้วยข้อต่อขนาด $1\frac{1}{4}$ นิ้ว จากนั้นทากาวประสานเพื่อยึดติดให้แน่น

นำตาข่ายพลาสติก หรือตาข่ายพีวีซี ชนิด 6 เหลี่ยม ขนาด 55x43.5 เซนติเมตร มาติดกับตัวกรอบจำนวน 2 ชั้น โดยยึดติดด้วยสายรัดเคเบิลไทร์ เมื่อสร้างเสร็จจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แผ่นใส่นาชนิดตาข่าย

3. ใส่นาชนิดเส้นเอ็น ทำกรอบที่ใช้สำหรับยึดเส้นเอ็นด้วยวิธีเดียวกับการทำกรอบของใส่นาชนิดตาข่ายพลาสติก หลังจากนั้นนำเส้นเอ็นมาขึงกับตัวกรอบ โดยมัดเส้นเอ็นกับท่อด้านยาวและทากาวตราช่างยึดให้แน่น จำนวนทั้งหมด 18 เส้น โดยแต่ละเส้นจะห่างกัน 1 นิ้ว เมื่อสร้างเสร็จจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.10



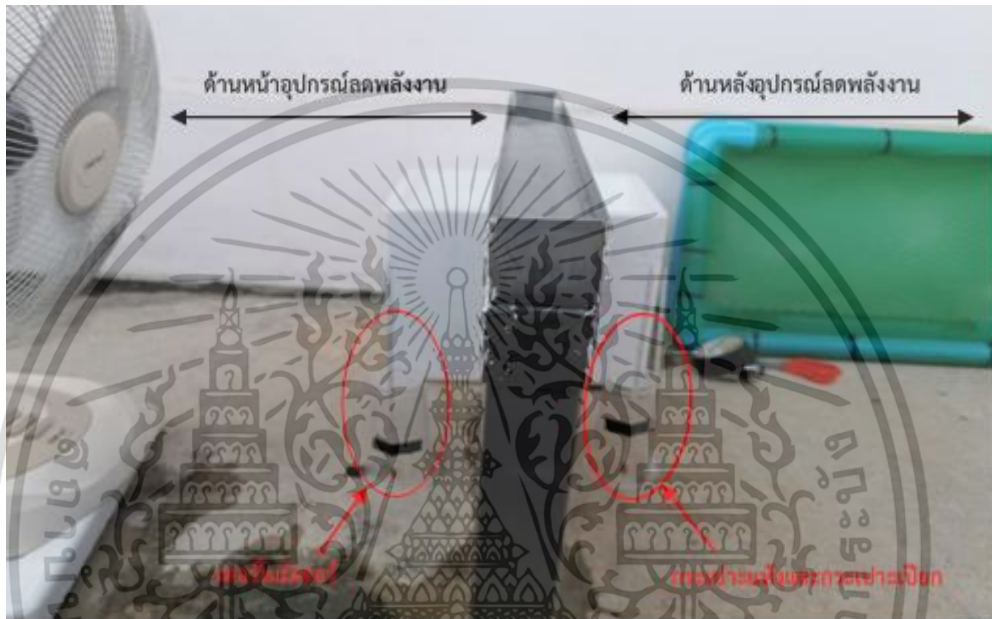
รูปที่ 4.10 แผ่นใส่นาชนิดเส้นเอ็น

4.3 ผลของการติดตั้งและทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต้นแบบ

หลังจากทำการทดลองจะได้ผลออกมา ซึ่งจะมี 2 ส่วน ได้แก่ ผลของการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพไส้ในที่ดีที่สุด และผลการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ต้นแบบ โดยแต่ละส่วนจะได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

4.3.1 ผลของการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพไส้ในที่ดีที่สุด

รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลองทดสอบประสิทธิภาพไส้ใน โดยการทดลองจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ลักษณะการทดลองทดสอบประสิทธิภาพไส้ใน

หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพไส้ในโดยใช้สมการที่ 4.1 ซึ่งได้กล่าวถึงในหัวข้อที่ 2.3.4.3 และจะได้ผลการทดลองที่ถูกแสดงในรูปแบบของตารางที่ 4.2

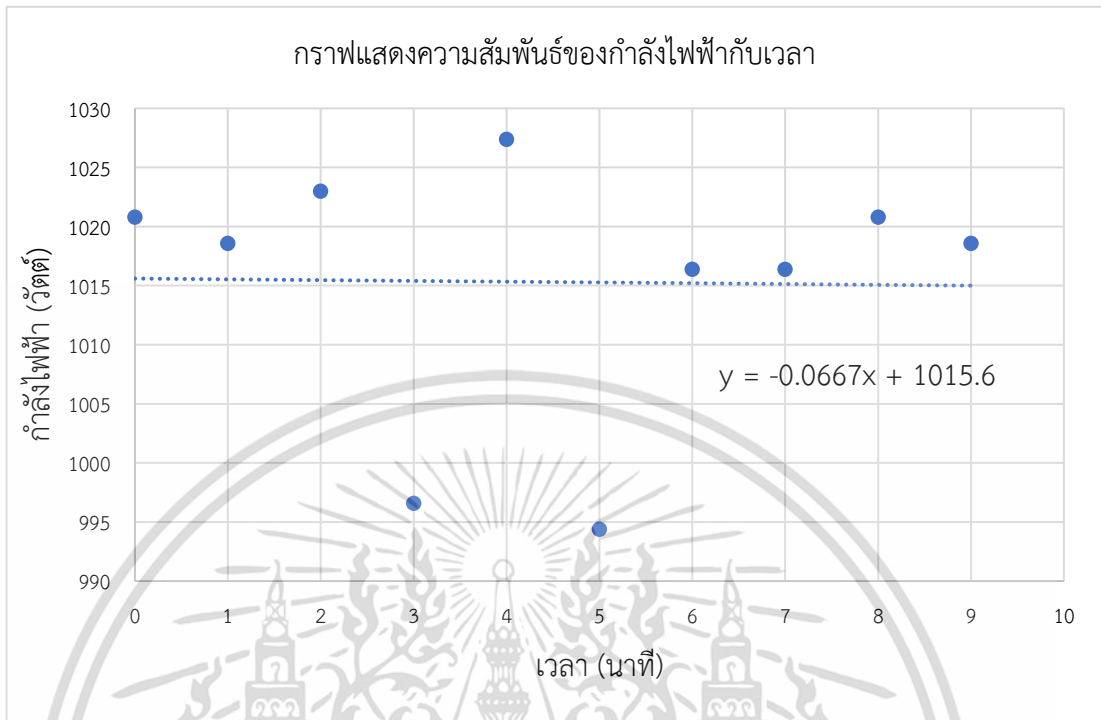
$$\%E = \frac{\Delta T}{(T_{db} - T_{wb})} \quad (4.1)$$

ตารางที่ 4.2 ผลทดสอบประสิทธิภาพไส้ใน

ชนิดไส้ใน	อุณหภูมิด้านหน้าไส้ใน	อุณหภูมิด้านหลังไส้ใน	กระเปาะเปียก	ประสิทธิภาพ
กระดาษรังผึ้ง	34.35	28.40	27.50	86.86%
ตาข่าย	32.45	30.00	27.05	45.37%
เส้นเอ็น	31.45	30.14	27.00	29.44%

จากตารางผลทดสอบประสิทธิภาพ จะพบว่าไส้ในชนิดกระดาษรังผึ้งมีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิเท่ากับ 86.86% ไส้ในชนิดตาข่ายมีประสิทธิภาพรองลงมา โดยมีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิเท่ากับ 45.37% และไส้ในชนิดเส้นเอ็นมีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิเท่ากับ 29.44% นอกจากนี้ยังพบว่าไส้ในชนิดกระดาษรังผึ้งมีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิได้ดีกว่าไส้ในชนิดตาข่ายและเส้นเอ็น

ผลของกำลังไฟฟ้ากับเวลา

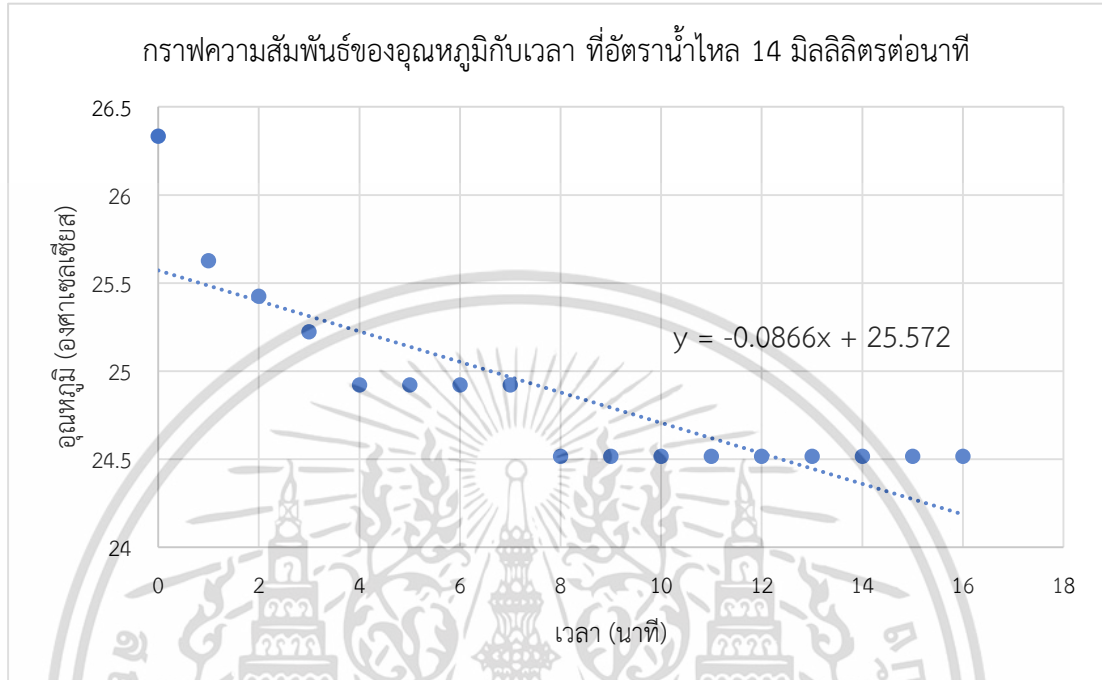


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา แบบไม่มีชุดอุปกรณ์ลดพลังงาน

รูปที่ 4.13 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเป็นดังกราฟที่แสดง เมื่อดูแนวโน้มการใช้กำลังไฟฟ้าจะพบว่ามีแนวโน้มเป็นไปตามสมการ $y = -0.0667x + 1015.6$ เมื่อ y คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาทีก ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าแนวโน้มของกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปนั้นจะลดลง 0.0667 วัตต์ต่อนาที หรือกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปโดยปกตินั้นเท่ากับ 1015.6 วัตต์

4.3.2.2 ติดตั้งชุดอุปกรณ์ลดพลังงานที่ระยะ 0 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

- อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 14 มิลลิลิตรต่อนาที
ผลของอุณหภูมิภายในห้องที่ลดลงกับเวลา

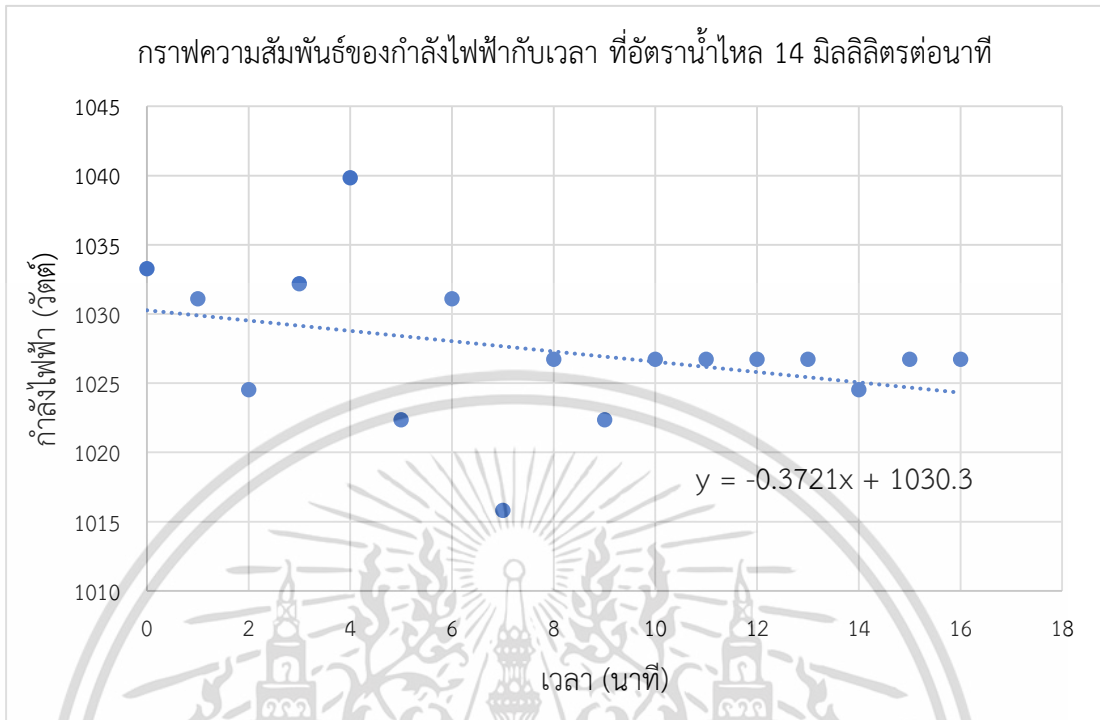


รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา ที่อัตราน้ำไหล 14 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 0 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองมีอุณหภูมิลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่าอุณหภูมิลดลงตามกราฟที่มีแนวโน้มตามสมการดังกราฟ นั่นคือสมการ $y = -0.0866x + 25.572$ เมื่อ y คืออุณหภูมิที่ลดลง มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาที ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าอุณหภูมิลดลงต่อนาทีคือ 0.0866 องศาเซลเซียส เมื่อถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้อุณหภูมินั้นจะนิ่งคงที่ตลอด

และจะพบว่าการลดอุณหภูมิภายในห้องเมื่อติดตั้งชุดอุปกรณ์นี้ที่ 0 เซนติเมตร พร้อมกับใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 14 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นไม่สามารถช่วยเพิ่มอัตราการลดของอุณหภูมิภายในห้องได้ เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ผลของกำลังไฟฟ้ากับเวลา

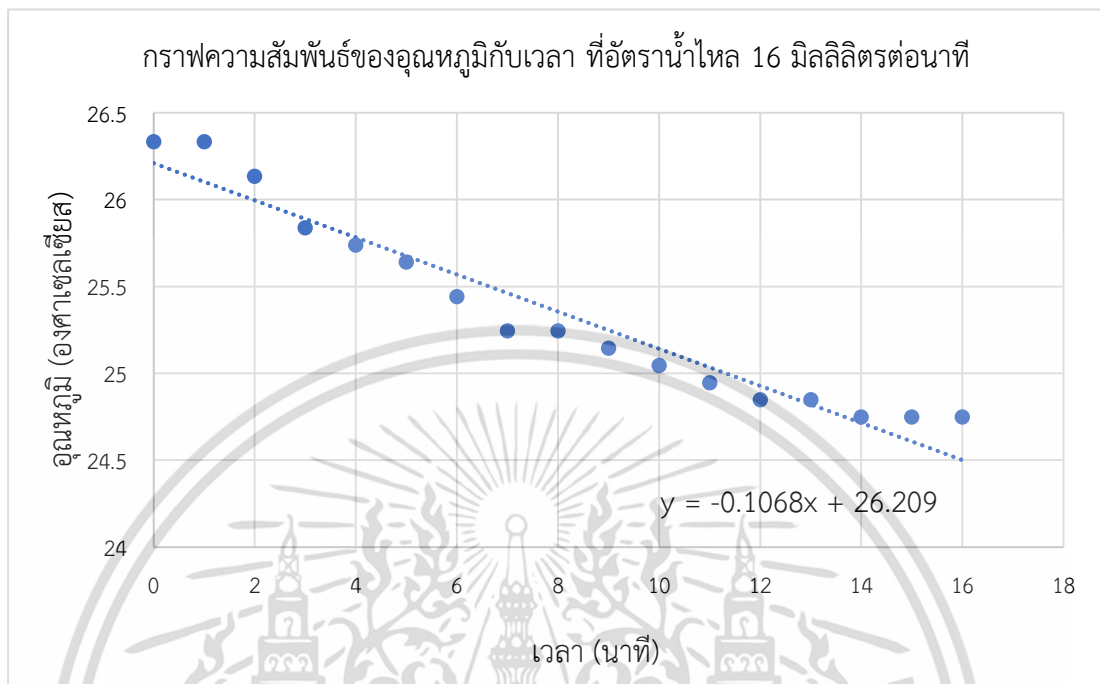


รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา ที่อัตราการไหล 14 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 0 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.15 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเป็นดังกราฟที่แสดง เมื่อดูแนวโน้มการใช้กำลังไฟฟ้าจะพบว่ามีแนวโน้มเป็นไปตามสมการ $y = -0.3721x + 1030.3$ เมื่อ y คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาฬิกา ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าแนวโน้มของกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปนั้นจะลดลง 0.3721 วัตต์ต่อนาที

และจะพบว่าการลดกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปเมื่อติดตั้งที่ระยะ 0 เซนติเมตรและใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 14 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นมีการลดที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

2. อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 16 มิลลิลิตรต่อนาที
ผลของอุณหภูมิภายในห้องที่ลดลงกับเวลา

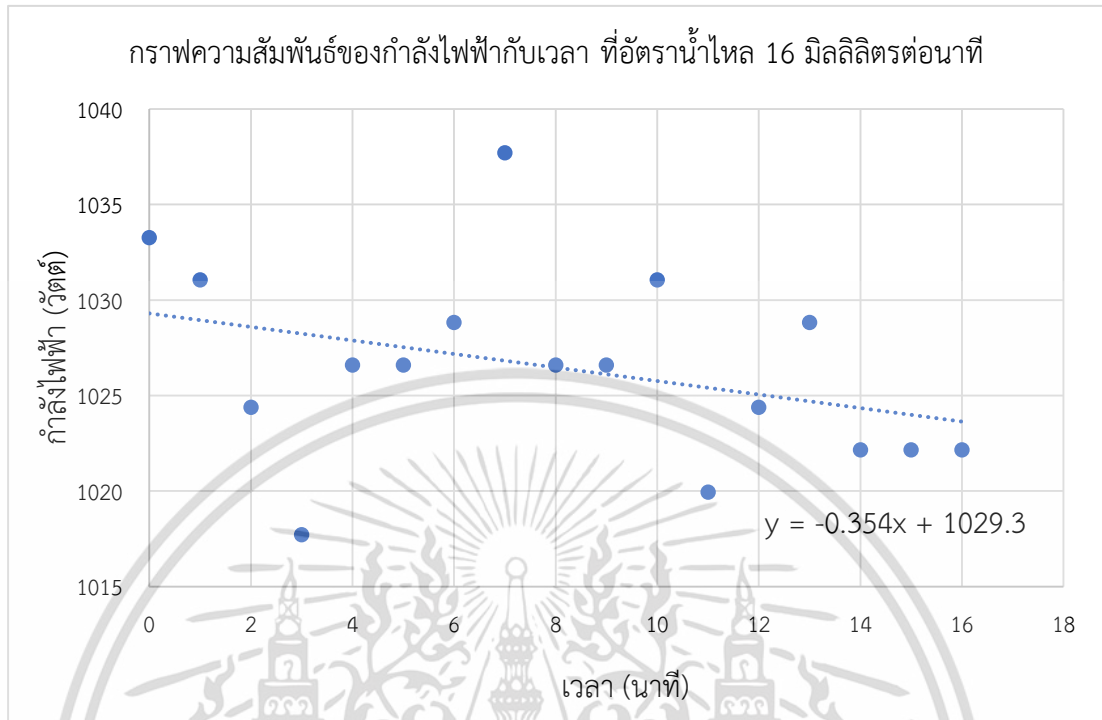


รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา ที่อัตราการไหล 16 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 0 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.16 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองมีอุณหภูมิลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่าอุณหภูมิลดลงตามกราฟที่มีแนวโน้มตามสมการดังกราฟ นั่นคือสมการ $y = -0.1068x + 26.209$ เมื่อ y คืออุณหภูมิลดลง มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาที ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าอุณหภูมิลดลงต่อนาทีคือ 0.1068 องศาเซลเซียส

และจะเห็นได้ว่าการลดอุณหภูมิภายในห้องเมื่อติดตั้งชุดอุปกรณ์นี้ที่ 0 เซนติเมตร พร้อมกับใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 16 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นไม่สามารถช่วยเพิ่มอัตราการลดของอุณหภูมิภายในห้องได้ เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ผลของกำลังไฟฟ้ากับเวลา

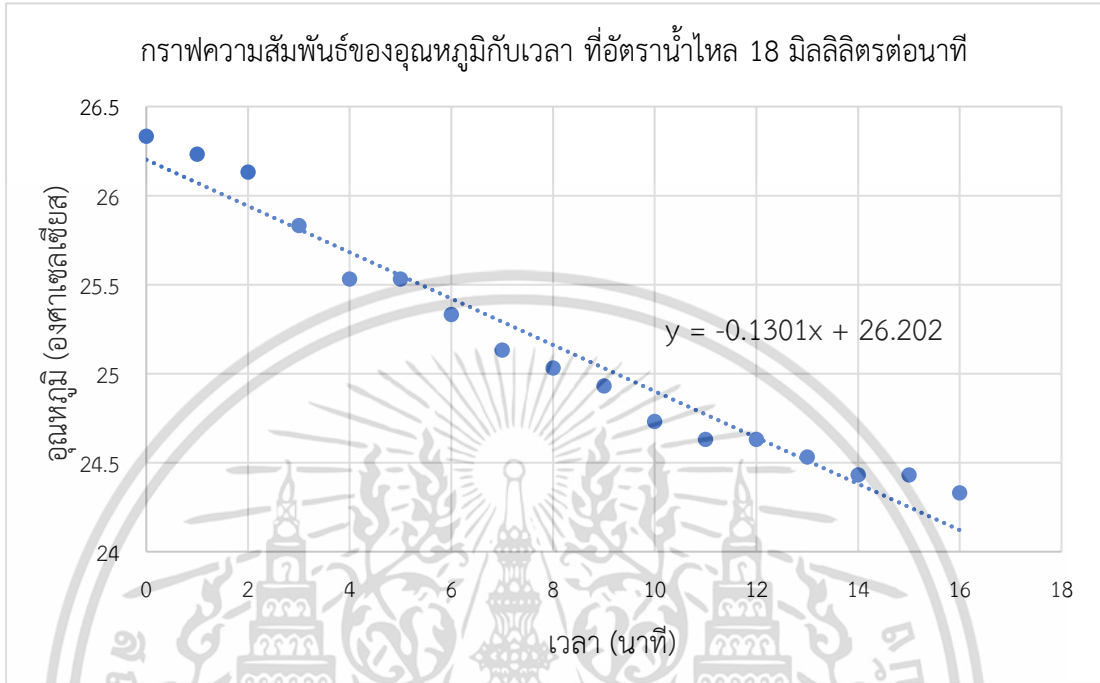


รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา ที่อัตราการไหล 16 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 0 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.17 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเป็นดังกราฟที่แสดง เมื่อดูแนวโน้มการใช้กำลังไฟฟ้าจะพบว่ามีแนวโน้มเป็นไปตามสมการ $y = -0.354x + 1029.3$ เมื่อ y คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาทีก ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าแนวโน้มของกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปนั้นจะลดลง 0.354 วัตต์ต่อนาที

และจะพบว่าการลดกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปเมื่อติดตั้งที่ระยะ 0 เซนติเมตรและใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 16 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นมีการลดที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

3. อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 18 มิลลิลิตรต่อนาที
ผลของอุณหภูมิภายในห้องที่ลดลงกับเวลา

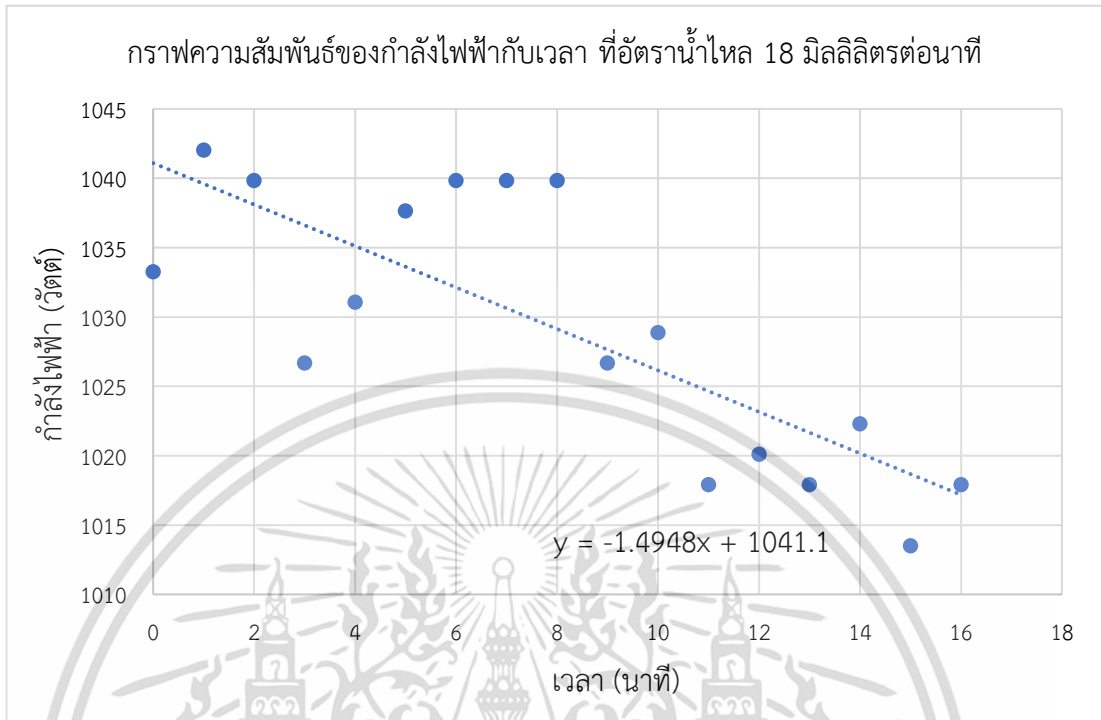


รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา ที่อัตราน้ำไหล 18 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 0 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.18 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองมีอุณหภูมิลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่าอุณหภูมิลดลงตามกราฟที่มีแนวโน้มตามสมการดังกราฟ นั่นคือสมการ $y = -0.1301x + 26.202$ เมื่อ y คืออุณหภูมิลดลง มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาที ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าอุณหภูมิลดลงต่อนาทีคือ 0.1491 องศาเซลเซียส

และจะเห็นได้ว่าการลดอุณหภูมิภายในห้องเมื่อติดตั้งชุดอุปกรณ์นี้ที่ 0 เซนติเมตร พร้อมกับใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 18 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นไม่สามารถช่วยเพิ่มอัตราการลดของอุณหภูมิภายในห้องได้ เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช่ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ผลของกำลังไฟฟ้ากับเวลา



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา ที่อัตราการไหล 18 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 0 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

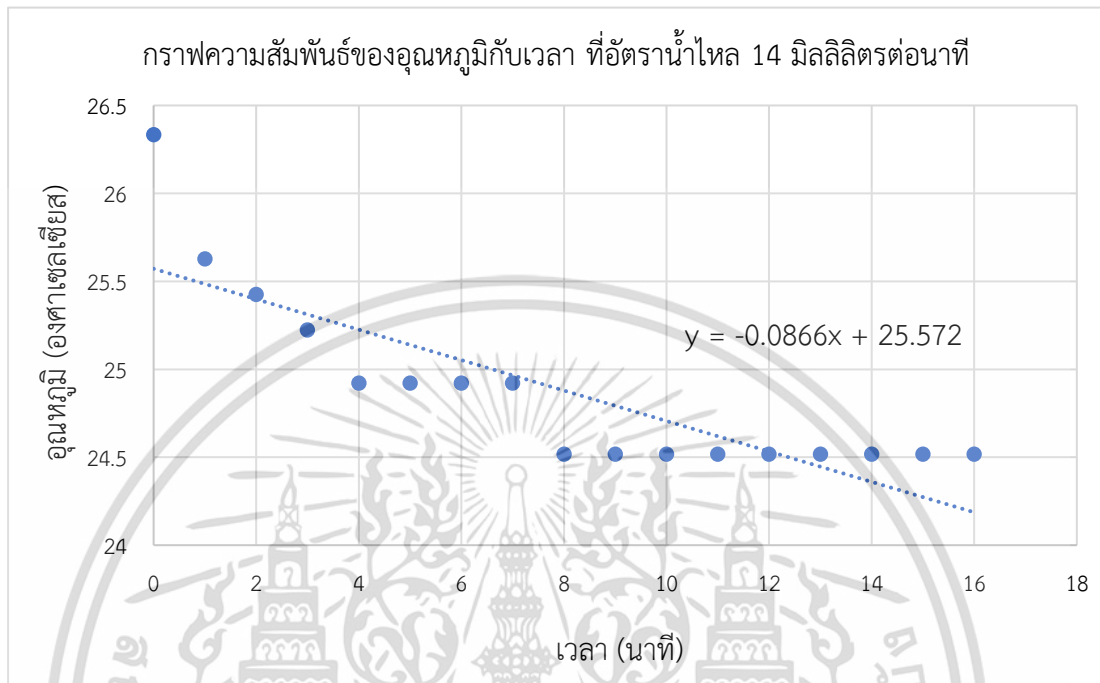
รูปที่ 4.19 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเป็นดังกราฟที่แสดง เมื่อดูแนวโน้มการใช้กำลังไฟฟ้าจะพบว่ามีแนวโน้มเป็นไปตามสมการ $y = -1.4948x + 1041.1$ เมื่อ y คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาที ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าแนวโน้มของกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปนั้นจะลดลง 1.4948 วัตต์ต่อนาที

และจะพบว่าการลดกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปเมื่อติดตั้งที่ระยะ 0 เซนติเมตรและใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 18 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นมีการลดที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

4.3.2.2 ติดตั้งชุดอุปกรณ์ลดพลังงานที่ระยะ 3 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

1. อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 14 มิลลิลิตรต่อนาที

ผลของอุณหภูมิภายในห้องที่ลดลงกับเวลา

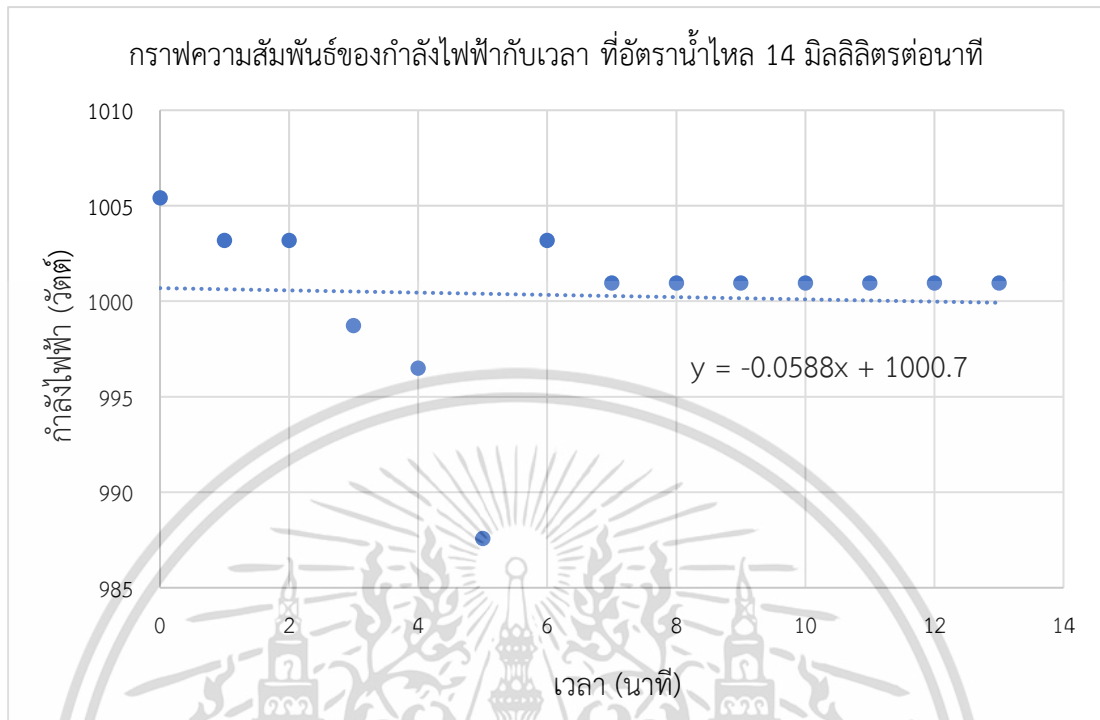


รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา ที่อัตราการไหล 14 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 3 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.20 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองมีอุณหภูมิลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่าอุณหภูมิลดลงตามกราฟนี้มีแนวโน้มตามสมการดังกราฟ นั่นคือสมการ $y = -0.1102x + 25.536$ เมื่อ y คืออุณหภูมิที่ลดลง มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาทื ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าอุณหภูมิลดลงต่อนาทีคือ 0.1102 องศาเซลเซียส

และจะเห็นได้ว่าการลดอุณหภูมิภายในห้องเมื่อติดตั้งชุดอุปกรณ์นี้ที่ 3 เซนติเมตร พร้อมกับใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 14 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นไม่สามารถช่วยเพิ่มอัตราการลดของอุณหภูมิภายในห้องได้ เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้

ผลของกำลังไฟฟ้ากับเวลา

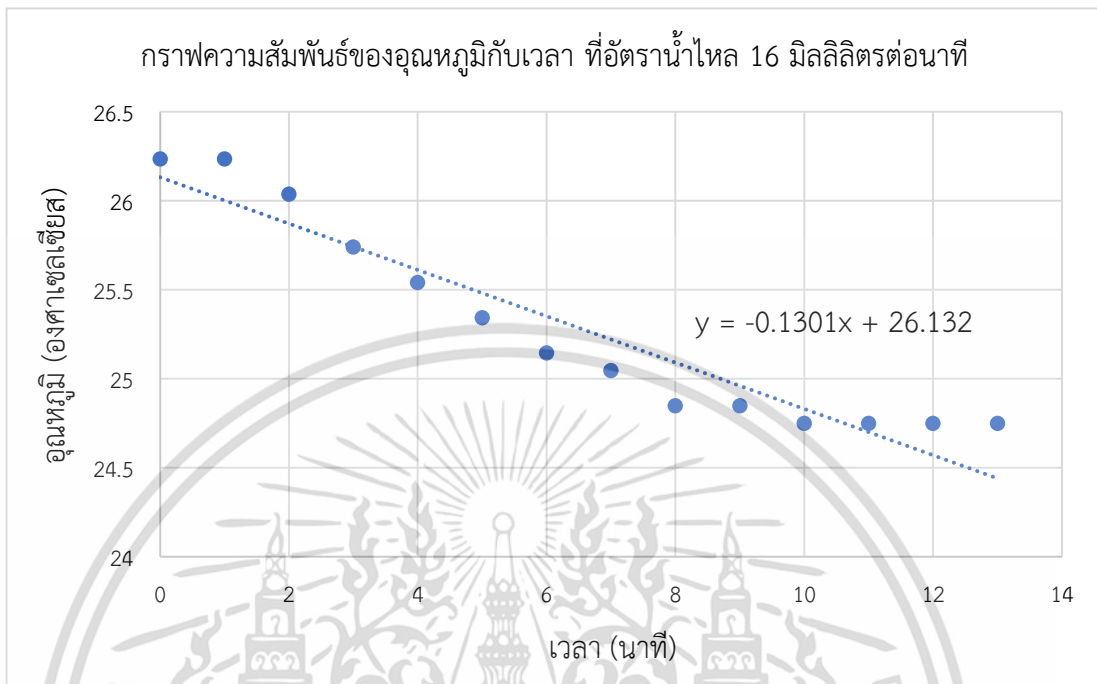


รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา ที่อัตราการไหล 14 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 3 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.21 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเป็นดังกราฟที่แสดง เมื่อดูแนวโน้มการใช้กำลังไฟฟ้าจะพบว่ามีแนวโน้มเป็นไปตามสมการ $y = -0.0588x + 1000.7$ เมื่อ y คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาทีก ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าแนวโน้มของกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปนั้นจะลดลง 0.0588 วัตต์ต่อนาที

และจะพบว่าการลดกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปเมื่อติดตั้งที่ระยะ 3 เซนติเมตรและใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 14 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นมีการลดที่น้อยลงเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ระยะการติดตั้งและอัตราการไหลของน้ำในระดับนี้จึงไม่เหมาะสมสำหรับการลดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

2. อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 16 มิลลิลิตรต่อนาที
ผลของอุณหภูมิภายในห้องที่ลดลงกับเวลา

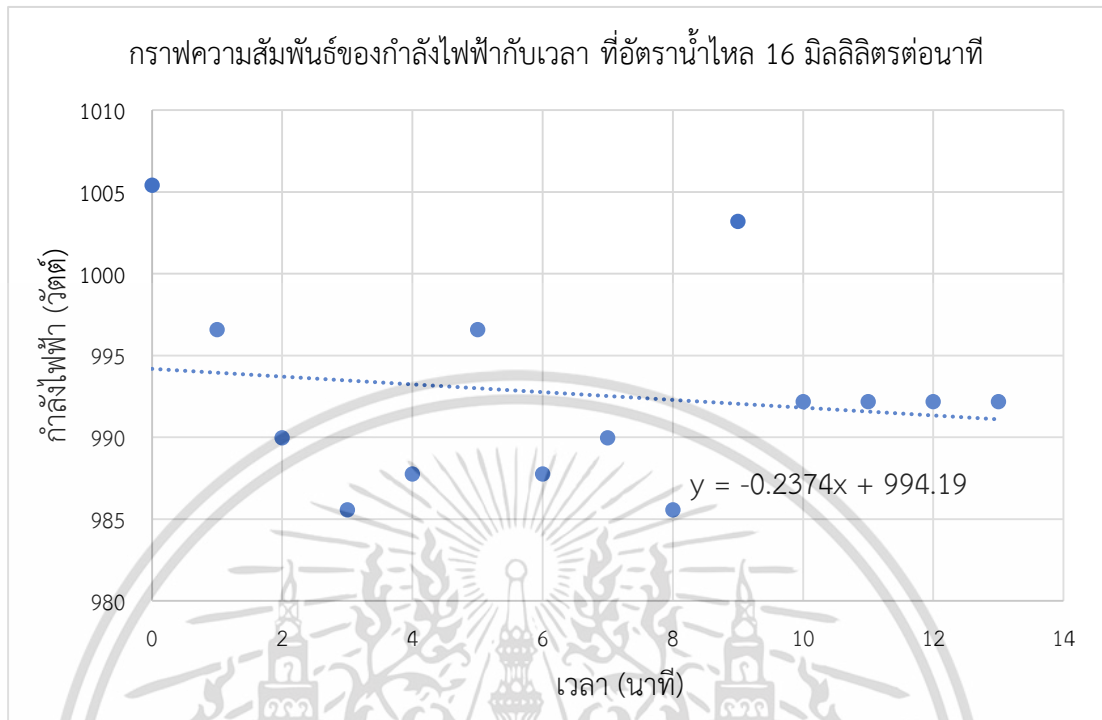


รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา ที่อัตราการไหล 16 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 3 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.22 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองมีอุณหภูมิลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่าอุณหภูมิลดลงตามกราฟที่มีแนวโน้มตามสมการดังกล่าว นั่นคือสมการ $y = -0.1301x + 26.132$ เมื่อ y คืออุณหภูมิที่ลดลง มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาที ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าอุณหภูมิลดลงต่อนาทีคือ 0.1301 องศาเซลเซียส

และจะเห็นได้ว่าการลดอุณหภูมิภายในห้องเมื่อติดตั้งชุดอุปกรณ์นี้ที่ 3 เซนติเมตร พร้อมกับใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 16 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นไม่สามารถช่วยเพิ่มอัตราการลดของอุณหภูมิภายในห้องได้ เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้

ผลของกำลังไฟฟ้ากับเวลา

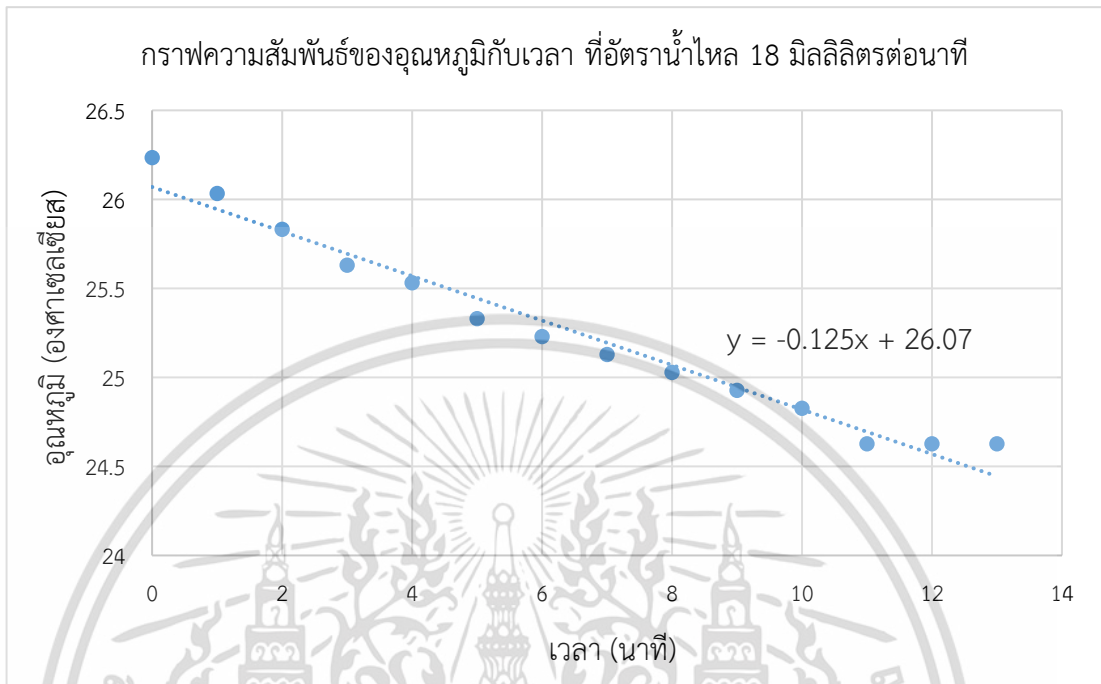


รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา ที่อัตราการไหล 16 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 3 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.23 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเป็นดังกราฟที่แสดง เมื่อดูแนวโน้มการใช้กำลังไฟฟ้าจะพบว่ามีแนวโน้มเป็นไปตามสมการ $y = -0.2374x + 994.19$ เมื่อ y คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาทีก ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าแนวโน้มของกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปนั้นจะลดลง 0.2374 วัตต์ต่อนาที

และจะพบว่าการลดกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปเมื่อติดตั้งที่ระยะ 0 เซนติเมตรและใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 14 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นมีการลดที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

3. อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 18 มิลลิลิตรต่อนาที
ผลของอุณหภูมิภายในห้องที่ลดลงกับเวลา

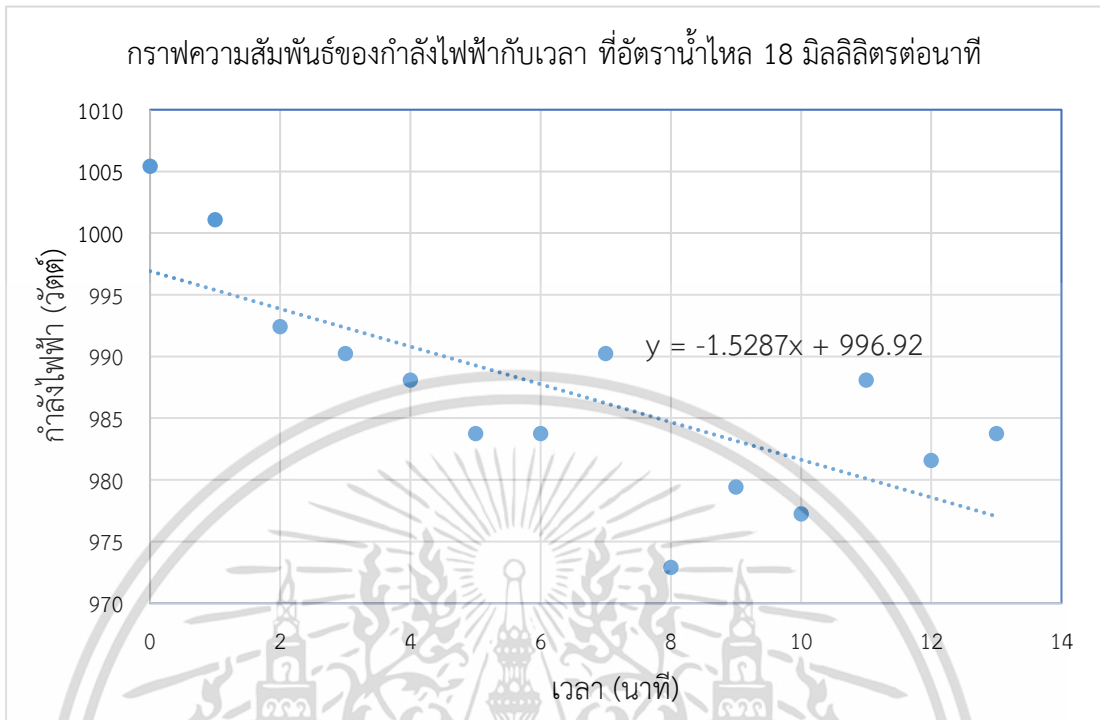


รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา ที่อัตราการไหล 18 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 3 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.24 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองมีอุณหภูมิลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่าอุณหภูมิลดลงตามกราฟนี้มีแนวโน้มตามสมการดังกราฟ นั่นคือสมการ $y = -0.125x + 26.07$ เมื่อ y คืออุณหภูมิลดลง มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาที ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าอุณหภูมิลดลงต่อนาทีคือ 0.125 องศาเซลเซียส

และจะเห็นได้ว่าการลดอุณหภูมิภายในห้องเมื่อติดตั้งชุดอุปกรณ์นี้ที่ 3 เซนติเมตร พร้อมกับใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 18 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นไม่สามารถช่วยเพิ่มอัตราการลดของอุณหภูมิภายในห้องได้ เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้

ผลของกำลังไฟฟ้ากับเวลา



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา ที่อัตราการไหล 18 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 3 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

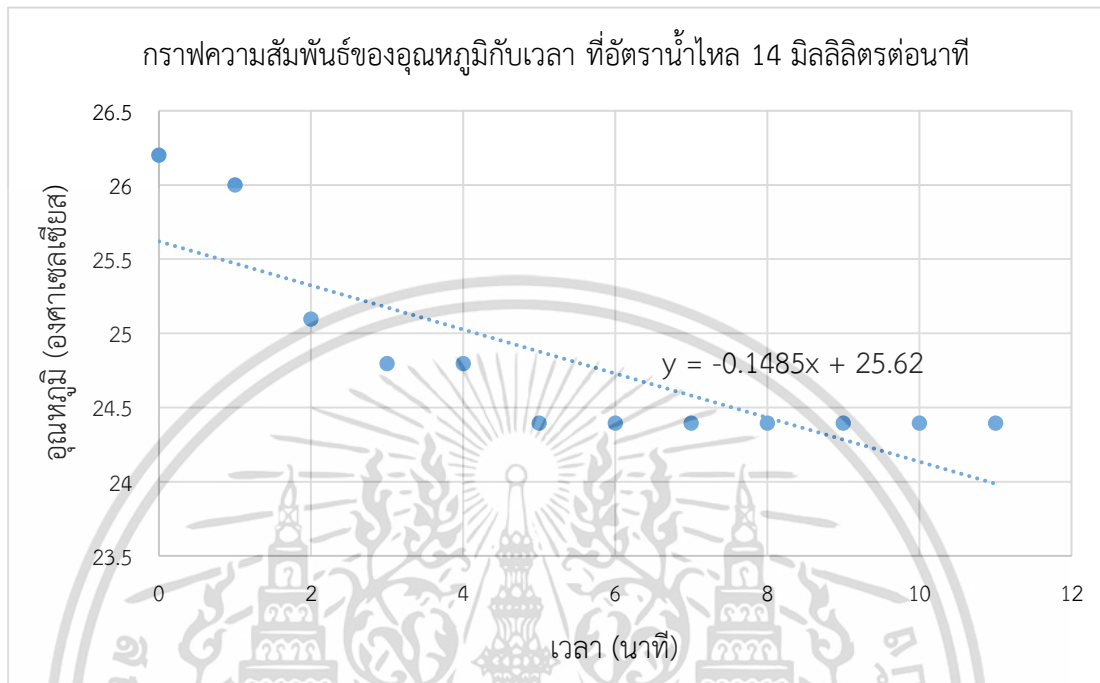
รูปที่ 4.25 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเป็นดังกราฟที่แสดง เมื่อดูแนวโน้มการใช้กำลังไฟฟ้าจะพบว่ามีแนวโน้มเป็นไปตามสมการ $y = -1.5287x + 996.92$ เมื่อ y คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาฬิกา ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าแนวโน้มของกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปนั้นจะลดลง 1.5287 วัตต์ต่อนาที

และจะพบว่าการลดกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปเมื่อติดตั้งที่ระยะ 3 เซนติเมตรและใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 18 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นมีการลดที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

4.3.2.3 ติดตั้งชุดอุปกรณ์ลดพลังงานที่ระยะ 5 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

1. อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 14 มิลลิลิตรต่อนาที

ผลของอุณหภูมิภายในห้องที่ลดลงกับเวลา

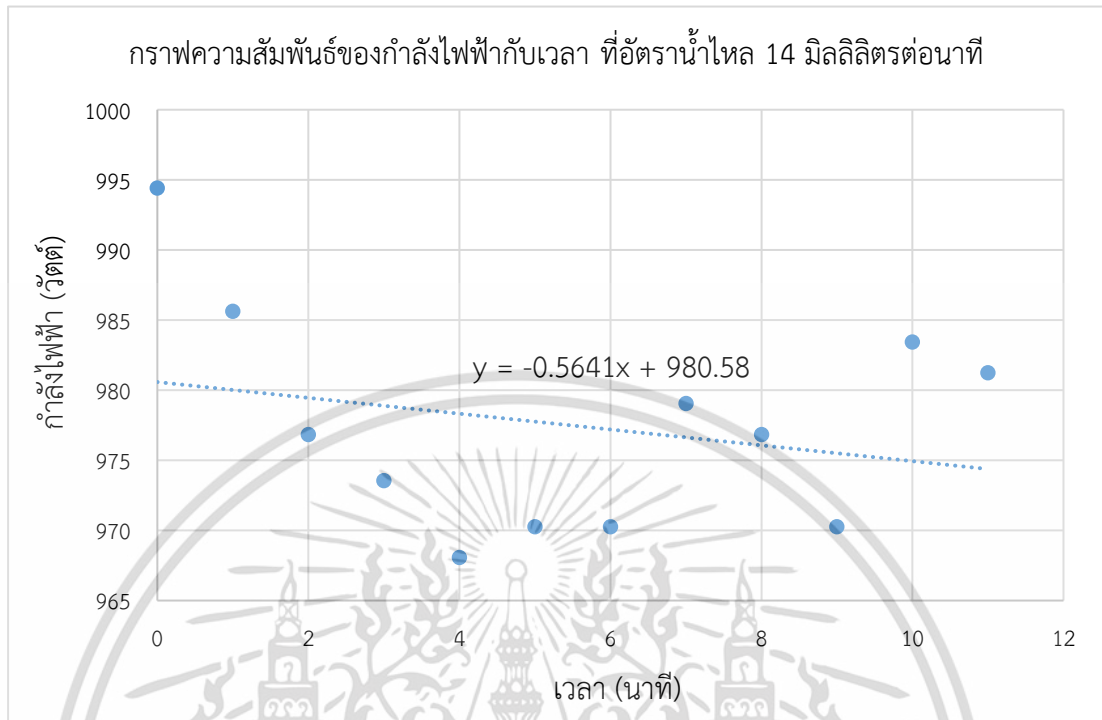


รูปที่ 4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา ที่อัตราน้ำไหล 14 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 5 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.26 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองมีอุณหภูมิลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่าอุณหภูมิลดลงตามกราฟที่มีแนวโน้มตามสมการดังกล่าว นั่นคือสมการ $y = -0.1485x + 25.62$ เมื่อ y คืออุณหภูมิลดลง มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาที ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าอุณหภูมิลดลงต่อนาทีคือ 0.1485 องศาเซลเซียส

และจะเห็นได้ว่าการลดอุณหภูมิภายในห้องเมื่อติดตั้งชุดอุปกรณ์นี้ที่ 5 เซนติเมตร พร้อมกับใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 14 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นไม่สามารถช่วยเพิ่มอัตราการลดของอุณหภูมิภายในห้องได้ เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช่ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้

ผลของกำลังไฟฟ้ากับเวลา

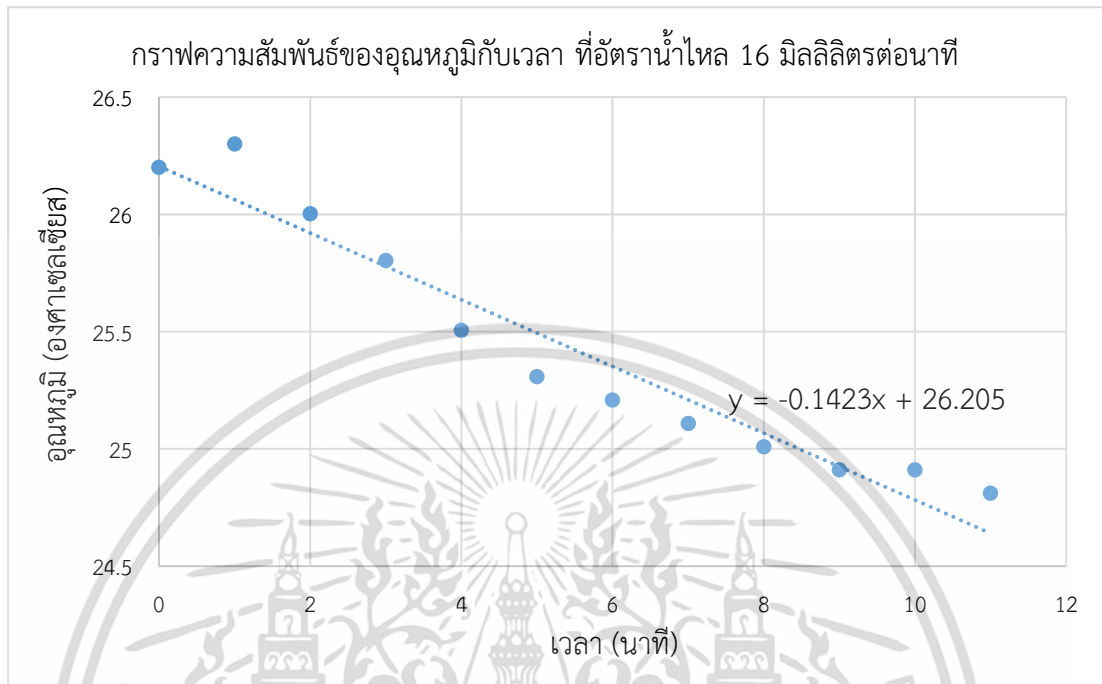


รูปที่ 4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลาที่อัตราการไหล 14 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 5 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.27 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเป็นดังกราฟที่แสดง เมื่อดูแนวโน้มการใช้กำลังไฟฟ้าจะพบว่ามีแนวโน้มเป็นไปตามสมการ $y = -0.5641x + 980.58$ เมื่อ y คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาที ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าแนวโน้มของกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปนั้นจะลดลง 0.5641 วัตต์ต่อนาที

และจะพบว่าการลดกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปเมื่อติดตั้งที่ระยะ 5 เซนติเมตรและใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 14 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นมีการลดที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

2. อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 16 มิลลิลิตรต่อนาที
ผลของอุณหภูมิภายในห้องที่ลดลงกับเวลา

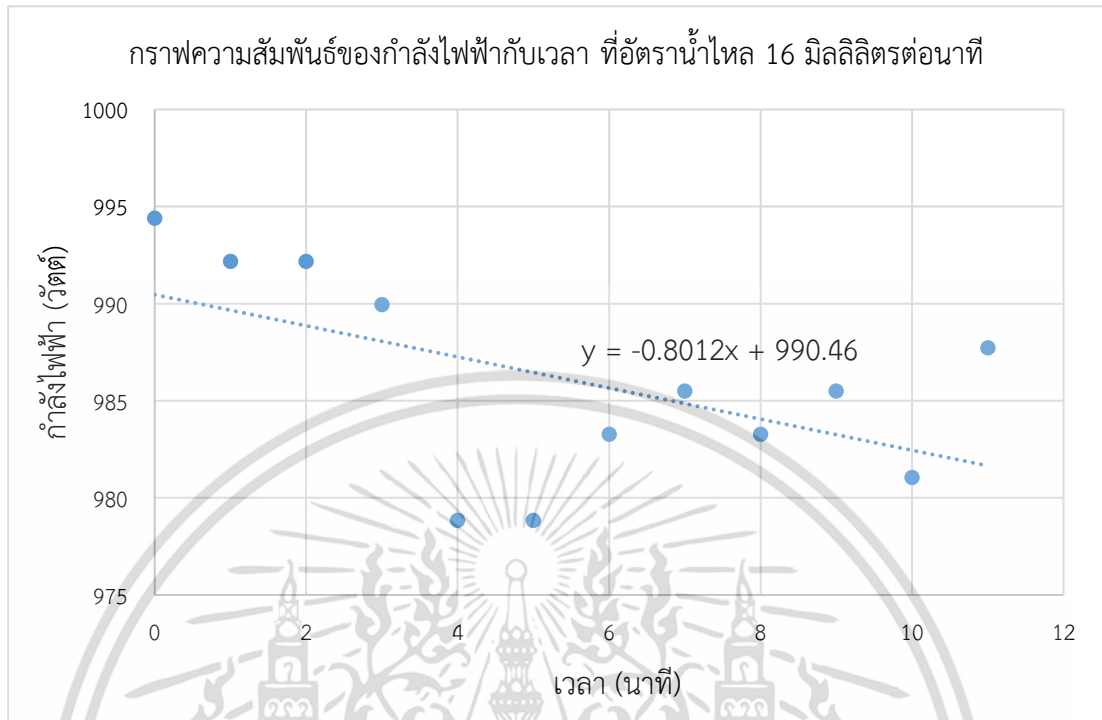


รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา ที่อัตราการไหล 16 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 5 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.28 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองมีอุณหภูมิลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่าอุณหภูมิลดลงตามกราฟนี้มีแนวโน้มตามสมการดังกราฟ นั่นคือสมการ $y = -0.1423x + 26.205$ เมื่อ y คืออุณหภูมิลดลง มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาที ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าอุณหภูมิลดลงต่อนาทีคือ 0.1423 องศาเซลเซียส

และจะเห็นได้ว่าการลดอุณหภูมิภายในห้องเมื่อติดตั้งชุดอุปกรณ์นี้ที่ 5 เซนติเมตร พร้อมกับใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 16 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นไม่สามารถช่วยเพิ่มอัตราการลดของอุณหภูมิภายในห้องได้ เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้

ผลของกำลังไฟฟ้ากับเวลา

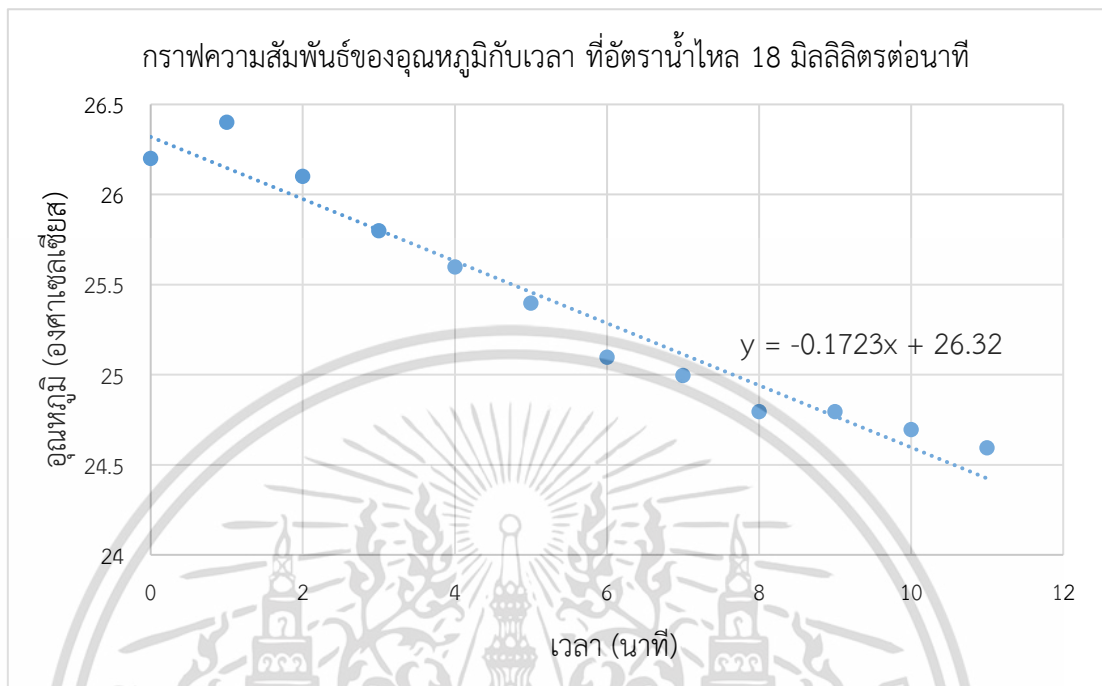


รูปที่ 4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา ที่อัตราการไหล 16 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 5 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.29 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเป็นดังกราฟที่แสดง เมื่อดูแนวโน้มการใช้กำลังไฟฟ้าจะพบว่ามีแนวโน้มเป็นไปตามสมการ $y = -0.8012x + 990.46$ เมื่อ y คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาทีก ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าแนวโน้มของกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปนั้นจะลดลง 0.8012 วัตต์ต่อนาที

และจะพบว่า การลดกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปเมื่อติดตั้งที่ระยะ 5 เซนติเมตรและใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 16 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นมีการลดที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

3. อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 18 มิลลิลิตรต่อนาที
ผลของอุณหภูมิภายในห้องที่ลดลงกับเวลา

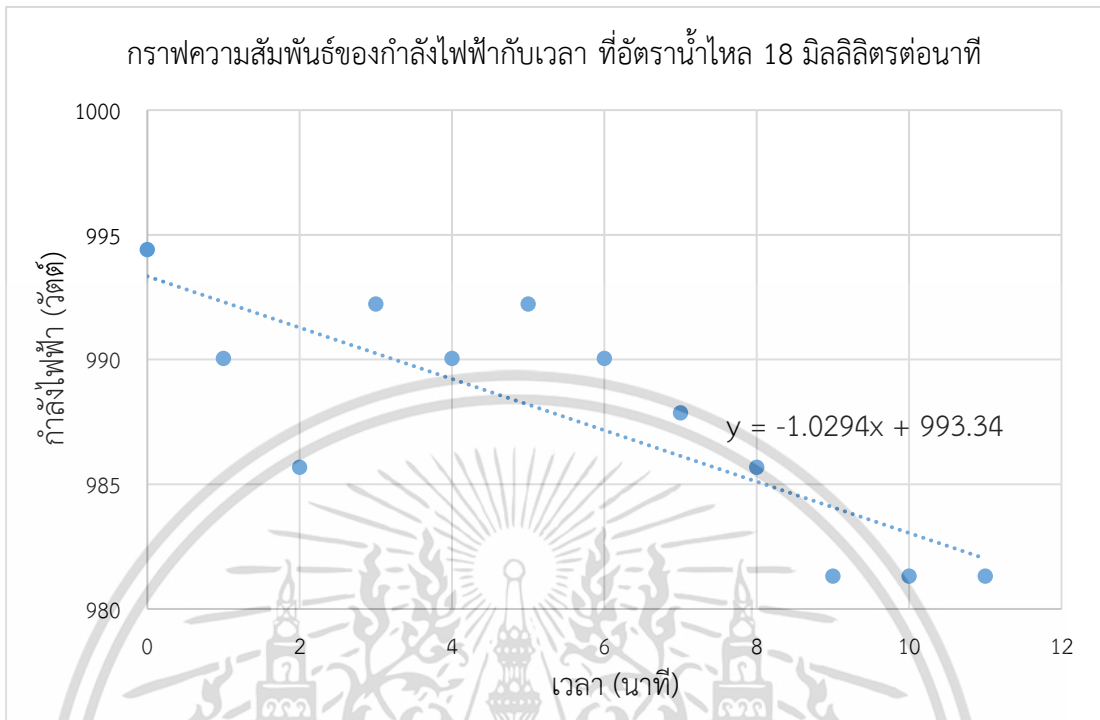


รูปที่ 4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา ที่อัตราการไหล 18 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 5 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.30 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองมีอุณหภูมิลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่าอุณหภูมิลดลงตามกราฟที่มีแนวโน้มตามสมการดังกล่าว นั่นคือสมการ $y = -0.1723x + 26.32$ เมื่อ y คืออุณหภูมิลดลง มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาที ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าอุณหภูมิลดลงต่อนาทีคือ 0.1723 องศาเซลเซียส

และจะเห็นได้ว่าการลดอุณหภูมิภายในห้องเมื่อติดตั้งชุดอุปกรณ์นี้ที่ 5 เซนติเมตร พร้อมกับใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 18 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นสามารถช่วยเพิ่มอัตราการลดของอุณหภูมิภายในห้องได้ เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้ ถ้าต้องการที่จะลดอุณหภูมิภายในห้องให้เร็วขึ้น ระดับนี้จึงเหมาะสมที่จะใช้

ผลของกำลังไฟฟ้ากับเวลา



รูปที่ 4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา ที่อัตราการไหล 18 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 5 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

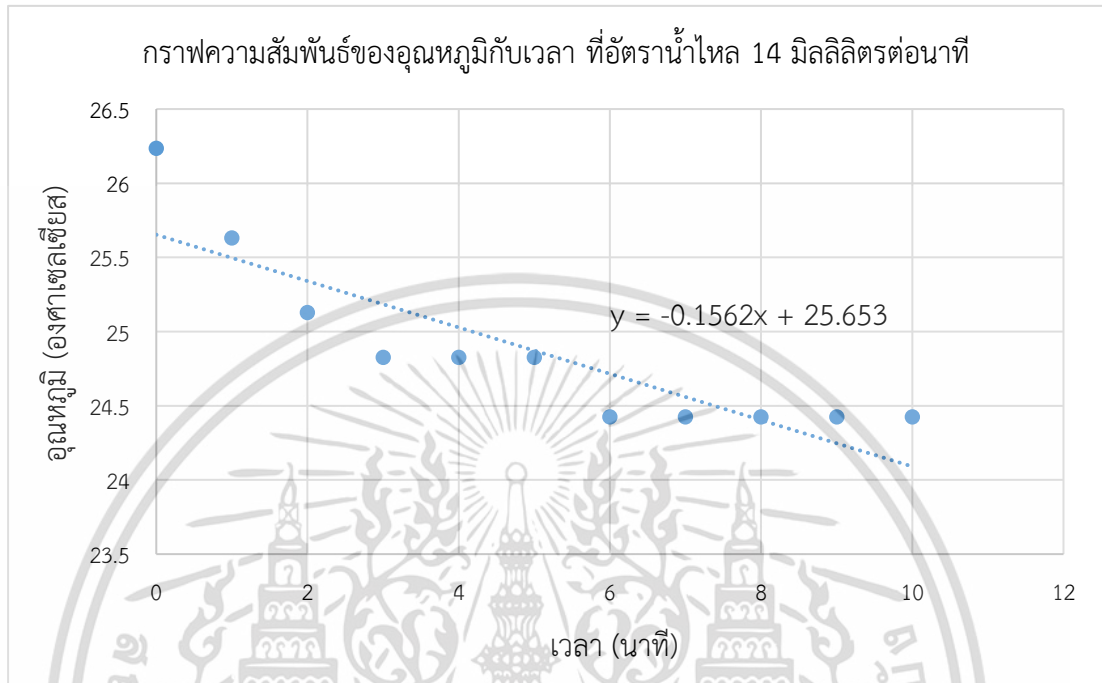
รูปที่ 4.31 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเป็นดังกราฟที่แสดง เมื่อดูแนวโน้มการใช้กำลังไฟฟ้าจะพบว่ามีแนวโน้มเป็นไปตามสมการ $y = -1.0294x + 993.34$ เมื่อ y คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาทีก่อน ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าแนวโน้มของกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปนั้นจะลดลง 1.0294 วัตต์ต่อนาที

และจะพบว่าการลดกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปเมื่อติดตั้งที่ระยะ 5 เซนติเมตรและใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 18 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นมีการลดที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

4.3.2.4 ติดตั้งชุดอุปกรณ์ลดพลังงานที่ระยะ 7 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

1. อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 14 มิลลิลิตรต่อนาที

ผลของอุณหภูมิภายในห้องที่ลดลงกับเวลา

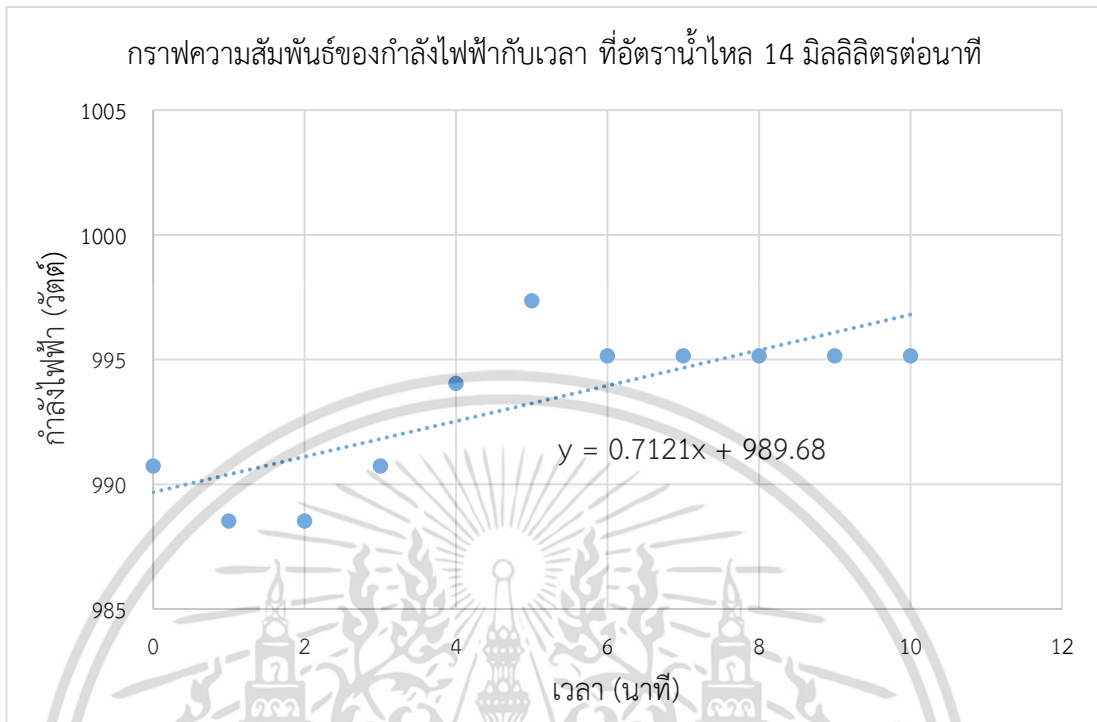


รูปที่ 4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา ที่อัตราการไหล 14 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 7 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.32 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองมีอุณหภูมิลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่าอุณหภูมิลดลงตามกราฟนี้มีแนวโน้มตามสมการดังกราฟ นั่นคือสมการ $y = -0.1562x + 25.653$ เมื่อ y คืออุณหภูมิลดลง มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาที ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าอุณหภูมิลดลงต่อนาทีคือ 0.1562 องศาเซลเซียส

และจะเห็นได้ว่าการลดอุณหภูมิภายในห้องเมื่อติดตั้งชุดอุปกรณ์นี้ที่ 7 เซนติเมตร พร้อมกับใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 14 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นสามารถช่วยเพิ่มอัตราการลดของอุณหภูมิภายในห้องได้ เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช่ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้ ระยะการติดตั้งและอัตราการไหลของน้ำระดับนี้จึงเหมาะสมที่จะใช้เมื่อต้องการให้อุณหภูมิภายในห้องลดอย่างรวดเร็ว

ผลของกำลังไฟฟ้ากับเวลา

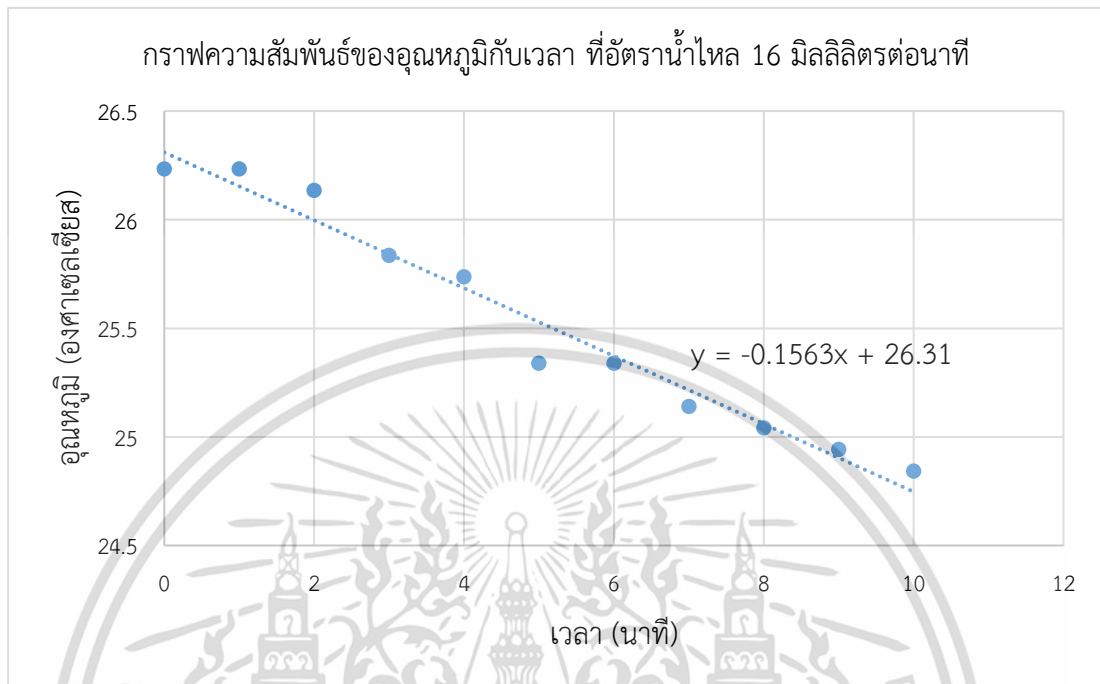


รูปที่ 4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา ที่อัตราการไหล 14 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 7 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.33 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเป็นดังกราฟที่แสดง เมื่อดูแนวโน้มการใช้กำลังไฟฟ้าจะพบว่ามีแนวโน้มเป็นไปตามสมการ $y = -0.7121x + 989.68$ เมื่อ y คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาที ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าแนวโน้มของกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปนั้นจะลดลง 0.7121 วัตต์ต่อนาที

และจะพบว่าการลดกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปเมื่อติดตั้งที่ระยะ 7 เซนติเมตรและใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 14 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นมีความชันของกราฟที่เพิ่มขึ้น และเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทำให้เห็นได้ชัดว่าที่ระยะการติดตั้งกับอัตราการไหลของน้ำกรณีไม่เหมาะสมที่จะใช้ เนื่องจากไม่ช่วยลดกำลังไฟฟ้าและยังส่งผลเพิ่มกำลังไฟฟ้าด้วย

2. อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 16 มิลลิลิตรต่อนาที
ผลของอุณหภูมิภายในห้องที่ลดลงกับเวลา

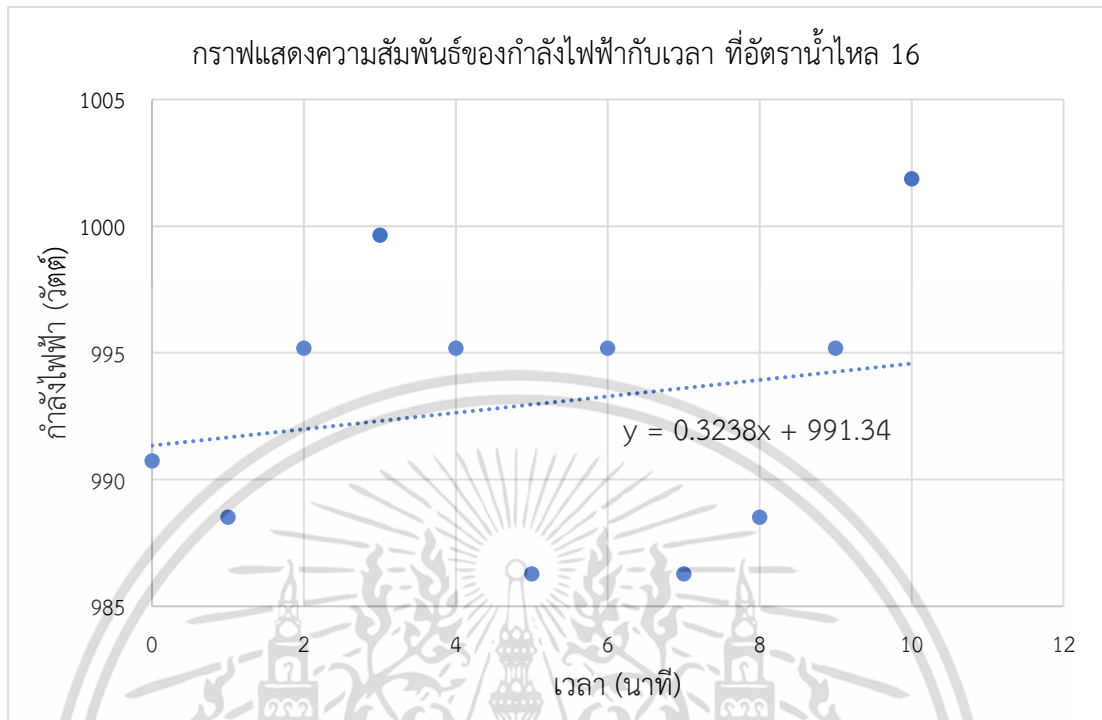


รูปที่ 4.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา ที่อัตราการไหล 16 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 7 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.34 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองมีอุณหภูมิลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่าอุณหภูมิลดลงตามกราฟที่มีแนวโน้มตามสมการตั้งกราฟ นั่นคือสมการ $y = -0.1563x + 26.31$ เมื่อ y คืออุณหภูมิลดลง มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาที ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าอุณหภูมิลดลงต่อนาทีคือ 0.1563 องศาเซลเซียส

และจะเห็นได้ว่าการลดอุณหภูมิภายในห้องเมื่อติดตั้งชุดอุปกรณ์นี้ที่ 7 เซนติเมตร พร้อมกับใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 16 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นสามารถช่วยเพิ่มอัตราการลดของอุณหภูมิภายในห้องได้ เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้ ระยะการติดตั้งและอัตราการไหลของน้ำในระดับนี้จึงเหมาะสมที่จะใช้ในการลดอุณหภูมิให้รวดเร็วขึ้น

ผลของกำลังไฟฟ้ากับเวลา

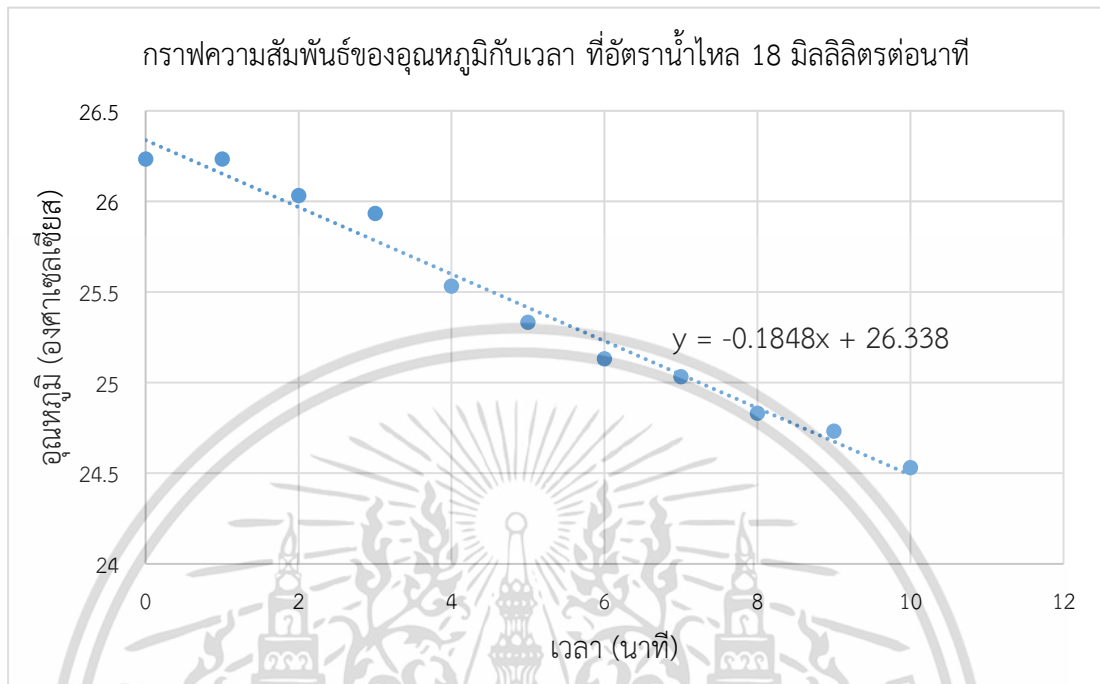


รูปที่ 4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา ที่อัตราการไหล 16 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 7 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.35 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเป็นดังกราฟที่แสดง เมื่อดูแนวโน้มการใช้กำลังไฟฟ้าจะพบว่ามีแนวโน้มเป็นไปตามสมการ $y = 0.3238x + 991.34$ เมื่อ y คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาทีก ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าแนวโน้มของกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปนั้นจะเพิ่มขึ้น 0.3238 วัตต์ต่อนาที

และจะพบว่าในการติดตั้งอุปกรณ์ลดพลังงานในระยะ 7 เซนติเมตร และใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 16 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นไม่สามารถช่วยลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศได้นอกจากนี้ยังได้ผลตรงกันข้าม คือ เป็นการเพิ่มกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปนาทีละ 0.3238 วัตต์ด้วย เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์แล้ว การติดตั้งและอัตราการไหลของน้ำในระดับนี้จึงไม่เหมาะสมสำหรับการลดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

3. อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 18 มิลลิลิตรต่อนาที
ผลของอุณหภูมิภายในห้องที่ลดลงกับเวลา

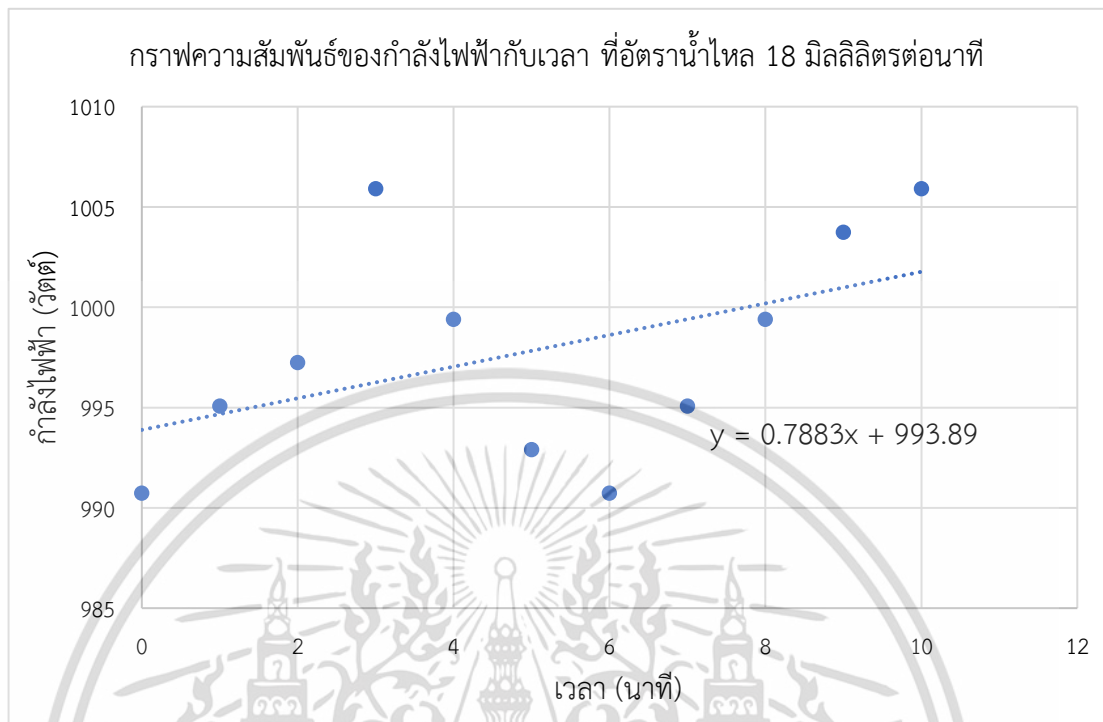


รูปที่ 4.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา ที่อัตราการไหล 18 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 7 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.36 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องทดลองและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองมีอุณหภูมิลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่าอุณหภูมิลดลงตามกราฟนี้มีแนวโน้มตามสมการดังกราฟ นั่นคือสมการ $y = -0.1848x + 26.338$ เมื่อ y คืออุณหภูมิลดลง มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาที ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าอุณหภูมิลดลงต่อนาทีคือ 0.1848 องศาเซลเซียส

และจะเห็นได้ว่าการลดอุณหภูมิภายในห้องเมื่อติดตั้งชุดอุปกรณ์นี้ที่ 7 เซนติเมตร พร้อมกับใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 18 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นสามารถช่วยเพิ่มอัตราการลดของอุณหภูมิภายในห้องได้ เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้ การติดตั้งและอัตราการไหลของน้ำในระดับนี้จึงเหมาะสมที่จะใช้ลดอุณหภูมิให้เร็วขึ้น

ผลของกำลังไฟฟ้ากับเวลา



รูปที่ 4.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา ที่อัตราการไหล 18 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะ 7 เซนติเมตรจากคอมเพลสเซอร์

รูปที่ 4.37 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลา เมื่อปล่อยให้ภายในห้องทดลองลดลงจากอุณหภูมิปกติ (ก่อนที่ห้องทดลองจะเป็นระบบปิด) ที่อุณหภูมิ 26.3 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งโดยรีโมทคอนโทรล คือ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งความเป็นจริงอุณหภูมิในห้องนั้นจะลดต่ำกว่าที่ตั้งเล็กน้อย จะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเป็นดังกราฟที่แสดง เมื่อดูแนวโน้มการใช้กำลังไฟฟ้าจะพบว่ามีแนวโน้มเป็นไปตามสมการ $y = 0.7883x + 993.89$ เมื่อ y คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ ส่วน x คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาที ซึ่งจากสมการนี้จะพบว่าแนวโน้มของกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ไปนั้นจะเพิ่มขึ้น 0.7883 วัตต์ต่อนาที

และจะพบว่าในการติดตั้งอุปกรณ์ลดพลังงานในระยะ 7 เซนติเมตร และใช้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 18 มิลลิลิตรต่อนาที นั้นไม่สามารถช่วยลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศได้นอกจากนี้ยังได้ผลตรงกันข้าม คือ เป็นการเพิ่มกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปนาทีละ 0.7883 วัตต์ด้วย เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ชุดอุปกรณ์แล้ว ระยะการติดตั้งและอัตราการไหลของน้ำในระดับนี้จึงไม่เหมาะสมสำหรับการลดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

4.4 สรุปผล

จากการทดสอบประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน สามารถสรุปผลเป็นตารางเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าและการลดอุณหภูมิภายในห้อง ระหว่างเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่มีการใช้อุปกรณ์ลดพลังงานกับมีการใช้อุปกรณ์ลดพลังงานได้ดังตารางที่ 4.3 ซึ่งจะเป็นการเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้า โดยดูจากการค่าความสามารถในการลดกำลังไฟฟ้า ในหน่วยวัตต์ต่อนาทีก และเปรียบเทียบการลดอุณหภูมิภายในห้องโดยดูจากค่าความสามารถในการลดอุณหภูมิ ในหน่วยองศาเซลเซียสต่อนาทีก

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าและการลดอุณหภูมิภายในห้อง ระหว่างไม่มีการใช้อุปกรณ์ลดพลังงานกับมีการใช้อุปกรณ์ลดพลังงาน

กรณี	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
1. ไม่มีการใช้อุปกรณ์ลดพลังงาน	-0.0667	-0.1491
2. มีการใช้อุปกรณ์ลดพลังงาน		
2.1 อัตราน้ำไหล 14 มล. / นาที ระยะ 0 ซม.	-0.3721	-0.0866
2.2 อัตราน้ำไหล 14 มล. / นาที ระยะ 3 ซม.	-0.0588	-0.1102
2.3 อัตราน้ำไหล 14 มล. / นาที ระยะ 5 ซม.	-0.5641	-0.1485
2.4 อัตราน้ำไหล 14 มล. / นาที ระยะ 7 ซม.	-0.7121	-0.1562
2.5 อัตราน้ำไหล 16 มล. / นาที ระยะ 0 ซม.	-0.354	-0.1068
2.6 อัตราน้ำไหล 16 มล. / นาที ระยะ 3 ซม.	-0.2374	-0.1301
2.7 อัตราน้ำไหล 16 มล. / นาที ระยะ 5 ซม.	-0.8012	-0.1423
2.8 อัตราน้ำไหล 16 มล. / นาที ระยะ 7 ซม.	0.3238	-0.1563
2.9 อัตราน้ำไหล 18 มล. / นาที ระยะ 0 ซม.	-1.4948	-0.1301
2.10 อัตราน้ำไหล 18 มล. / นาที ระยะ 3 ซม.	-1.5287	-0.125
2.11 อัตราน้ำไหล 18 มล. / นาที ระยะ 5 ซม.	-1.0294	-0.1723
2.12 อัตราน้ำไหล 18 มล. / นาที ระยะ 7 ซม.	0.7883	-0.1848

จากตารางจะพบว่าการใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานนี้สามารถช่วยลดการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้จริง โดยเปรียบเทียบจากค่ากำลังไฟฟ้าเมื่อไม่มีการใช้อุปกรณ์ลดพลังงาน ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ -0.0667 หมายความว่า เมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที การใช้กำลังไฟฟ้าจะลดน้อยลง 0.0667 วัตต์ และเมื่อดูที่ค่ากำลังไฟฟ้าในกรณีที่มีการใช้อุปกรณ์ลดพลังงานจะพบว่าค่าแทบจะทุกค่าที่เป็นค่าติดลบมากกว่า -0.0667 ซึ่งหมายความว่า เมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที จะใช้กำลังไฟฟ้าน้อยลงได้มากกว่า 0.0667 วัตต์ นั่นเอง แต่มีบางกรณีที่ได้ค่าติดลบน้อยกว่าแบบไม่ใช้อุปกรณ์ลดพลังงาน คือกรณีที่ 2.2 2.8 และ 2.12 หรือกล่าวคือ ทั้งสามกรณีนี้ไม่สามารถช่วยลดพลังงานได้นั่นเอง

แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าการลดอุณหภูมิภายในห้องเมื่อไม่มีการใช้อุปกรณ์ลดพลังงานที่มีค่าเท่ากับ -0.1491 องศาเซลเซียสต่อนาทีก กับค่าการลดอุณหภูมิภายในห้องเมื่อใช้อุปกรณ์ลดพลังงานในกรณีต่าง ๆ จะพบว่า มีเพียงกรณีที่ 2.4 2.8 2.11 และ 2.12 เท่านั้นที่มีความสามารถในการลด

อุณหภูมิภายในห้องได้รวดเร็วกว่า ซึ่งสาเหตุที่ทำให้อุณหภูมิลดลงไม่ได้รวดเร็วเท่าแบบไม่ใช้อุปกรณ์ อาจเป็นผลมาจากการลดกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นนั่นเอง

และจากผลลัพธ์ที่มีความหลากหลายนี้ทำให้ผู้ศึกษาวิจัยได้สรุปผลออกมาเป็นตารางรวมคะแนนในแต่ละปัจจัย เพื่อทำให้ง่ายต่อการสรุปผล โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ผลสรุปของปัจจัยเรื่องระยะห่างระหว่างชุดอุปกรณ์กับคอมเพลสเซอร์ และผลสรุปของปัจจัยเรื่องอัตราการไหลของน้ำ ซึ่งจะได้ผลดังต่อไปนี้

4.4.1 ผลสรุปของปัจจัยเรื่องระยะห่างระหว่างชุดอุปกรณ์กับคอมเพลสเซอร์

จากการวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ทุกระดับปัจจัยแล้ว เมื่อนำมาทำเป็นตารางสรุปผลคะแนนโดยใช้เกณฑ์คะแนนตามหัวข้อที่ 3.5.3 แล้วจะได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลสรุปคะแนนระยะห่างระหว่างชุดอุปกรณ์กับคอมเพลสเซอร์

เกณฑ์	ระยะห่างระหว่างชุดอุปกรณ์กับคอมเพลสเซอร์ (ซม.)			
	0	3	5	7
อัตราการไหล 14 มล. / นาที (กำลังไฟฟ้า)	2	1	3	3
อัตราการไหล 14 มล. / นาที (อุณหภูมิ)	3	3	4	4
อัตราการไหล 16 มล. / นาที (กำลังไฟฟ้า)	2	1	4	2
อัตราการไหล 16 มล. / นาที (อุณหภูมิ)	3	4	4	4
อัตราการไหล 18 มล. / นาที (กำลังไฟฟ้า)	5	5	5	4
อัตราการไหล 18 มล. / นาที (อุณหภูมิ)	4	4	5	5
สรุป (คะแนน)	19	18	25	22

จะพบว่าผลรวมคะแนนของปัจจัยเรื่องระยะห่างระหว่างชุดอุปกรณ์กับคอมเพลสเซอร์ที่ระยะ 5 เซนติเมตรนั้นได้ผลคะแนนที่มากที่สุด รองลงมาคือ 7 0 และ 3 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จะสรุปได้ว่า ระยะห่างที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการลดพลังงานที่ดีที่สุดนั้นคือ ติดตั้งที่ระยะห่าง 5 เซนติเมตร โดยวัดจากคอมเพลสเซอร์

และจากผลลัพธ์สามารถสรุปเป็นแนวโน้มสำหรับการติดตั้งได้ว่า การติดตั้งที่ระยะห่าง 5 เซนติเมตร (โดยวัดจากคอมเพลสเซอร์) ขึ้นไปจะได้ประสิทธิภาพในการลดพลังงานได้ดี แต่เมื่อถึงระดับหนึ่งประสิทธิภาพในการลดพลังงานนั้นจะลดลง และเมื่อถึงระดับนั้นการติดตั้งที่ระยะ 0 เซนติเมตร (โดยวัดจากคอมเพลสเซอร์) จะกลับมาเป็นระยะที่ดีที่สุด และเมื่อปรับระยะไกลออกไป (ที่ระยะมากกว่า 0 แต่ไม่เกิน 5 เซนติเมตรนับจากคอมเพลสเซอร์) ประสิทธิภาพนั้นจะลดลงตาม

4.4.2 ผลสรุปของปัจจัยเรื่องอัตราการไหลของน้ำ

จากการวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ทุกระดับปัจจัยแล้ว เมื่อนำมาทำเป็นตารางสรุปผลคะแนนโดยใช้เกณฑ์คะแนนตามหัวข้อที่ 3.5.3 แล้วจะได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลสรุปคะแนนอัตราการไหลของน้ำ

เกณฑ์	อัตราการไหลของน้ำ (มิลลิลิตร / นาที)		
	14	16	18
การติดตั้งที่ระยะ 0 ซม. (กำลังไฟฟ้า)	2	2	5
การติดตั้งที่ระยะ 0 ซม. (อุณหภูมิ)	3	3	4
การติดตั้งที่ระยะ 3 ซม. (กำลังไฟฟ้า)	1	1	5
การติดตั้งที่ระยะ 3 ซม. (อุณหภูมิ)	3	4	4
การติดตั้งที่ระยะ 5 ซม. (กำลังไฟฟ้า)	3	4	5
การติดตั้งที่ระยะ 5 ซม. (อุณหภูมิ)	4	4	4
การติดตั้งที่ระยะ 7 ซม. (กำลังไฟฟ้า)	3	2	0
การติดตั้งที่ระยะ 7 ซม. (อุณหภูมิ)	4	4	4
สรุป (คะแนน)	23	24	31

จะพบว่าผลรวมคะแนนของปัจจัยเรื่องอัตราการไหลของน้ำที่ 18 มิลลิลิตรต่อนาทีนั้นได้ผลคะแนนที่มากที่สุด รองลงมาคือ 16 และ 14 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จะสรุปได้ว่า อัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านมายังแผ่นใสในอุปกรณ์เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการลดพลังงานที่ดีที่สุดนั้นคือ 18 มิลลิลิตรต่อนาที

และจากผลลัพธ์สามารถสรุปเป็นแนวโน้มสำหรับการเลือกใช้อัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านมายังแผ่นใสในได้ว่า ถ้าใช้อัตราการไหลของน้ำมีค่าเพิ่มมากขึ้นประสิทธิภาพในการช่วยลดพลังงานของอุปกรณ์นั้นจะเพิ่มมากขึ้นตาม หรือกล่าวคือ อัตราการไหลของน้ำนั้นแปรผันกับประสิทธิภาพในการลดพลังงานของอุปกรณ์ช่วยลดพลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

จากการวิเคราะห์ผลการใช้ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน การสรุปผลการดำเนินงานแบ่งเป็น สรุปผลการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพไส้ในที่ดีที่สุด และ สรุปผลการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ลดพลังงานได้ดังต่อไปนี้

1. สรุปผลการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพไส้ในที่ดีที่สุด
2. สรุปผลการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ลดพลังงาน
3. ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพไส้ในที่ดีที่สุด

การทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพไส้ในที่ดีที่สุด กำหนดการทดลองให้แผ่นไส้ใน 3 ชนิด ได้แก่ กระดาษขี้ผึ้ง ตาข่าย และเส้นเอ็น กำหนดอุณหภูมิภายในห้อง 25 °C สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. จากการทดลองสามารถหาประสิทธิภาพไส้ในได้จากการสมการประสิทธิภาพในการระเหยน้ำ ซึ่งจะสัมพันธ์กับความสามารถในการลดอุณหภูมิของแผ่นไส้ใน
2. จากการทดลอง แผ่นไส้ในที่สามารถทำความเย็นได้มาก จะต้องมีประสิทธิภาพในการระเหยน้ำที่มาก
3. ลักษณะของแผ่นไส้ในที่สามารถระเหยน้ำได้มาก ต้องมีลักษณะที่สามารถชะลอ หรือกักเก็บน้ำไว้ในแผ่นไส้ในได้ และต้องมีการกระจายน้ำได้ทั่วทั้งแผ่นไส้ใน

5.2 สรุปผลการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ลดพลังงาน

1. อุปกรณ์ช่วยลดพลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนสามารถช่วยลดพลังงานได้จริง โดยดูจากการลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปของเครื่องปรับอากาศ หรือดูจากการความสามารถในการลดอุณหภูมิภายในห้องที่เพิ่มมากขึ้น
2. ปัจจัยเรื่องระยะในการติดตั้งชุดอุปกรณ์ช่วยลดพลังงานมีผลกับการลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไป และความสามารถในการลดอุณหภูมิภายในห้อง
3. ปัจจัยเรื่องอัตราการไหลของน้ำมีผลกับการลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไป และความสามารถในการลดอุณหภูมิภายในห้อง
4. กรณีที่สามารถลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนได้ดีที่สุดคือ ติดตั้งชุดอุปกรณ์ลดพลังงานที่ระยะ 3 เซนติเมตร วัดจากเครื่องคอมเพรสเซอร์ และใช้อัตราการไหลของน้ำที่ 18 มิลลิลิตรต่อนาที
5. กรณีที่สามารถเพิ่มความสามารถในการลดอุณหภูมิภายในห้องได้ดีที่สุดคือ ติดตั้งชุดอุปกรณ์ลดพลังงานที่ระยะ 7 เซนติเมตร วัดจากเครื่องคอมเพรสเซอร์ และใช้อัตราการไหลของน้ำที่ 18 มิลลิลิตรต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. จากการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ลดพลังงาน ชุดอุปกรณ์ลดพลังงานนี้สามารถกำจัดไฟฟ้าที่ใช้ไปของเครื่องปรับอากาศได้จริง มีเพียง 3 กรณีที่ไม่สามารถลดพลังงานได้ คือ กรณีอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 14 ติดตั้งอุปกรณ์ที่ระยะ 3 เซนติเมตร กรณีอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 16 ติดตั้งอุปกรณ์ที่ระยะ 7 เซนติเมตร และกรณีอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 18 ติดตั้งอุปกรณ์ที่ระยะ 7 เซนติเมตร

5.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะของการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ข้อเสนอแนะการเก็บข้อมูลสภาพปัจจุบัน ข้อเสนอแนะการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพใส่ในที่ที่ดีที่สุด และข้อเสนอแนะการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ต้นแบบ

5.3.1 ข้อเสนอแนะการเก็บข้อมูลสภาพปัจจุบัน

1. สำหรับการเก็บข้อมูลสภาพปัจจุบัน หากต้องการให้ความแม่นยำของข้อมูลเพิ่มมากขึ้น ควรเก็บข้อมูลภายในวันเดียว หรือเลือกเก็บข้อมูลภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน
2. การทดลองควรเลือกใช้ห้องทดลองในสภาพปิด และภายในห้องควรเป็นห้องเปล่า เพื่อลดผลกระทบต่อตัวแปรที่ต้องการศึกษาและสะดวกต่อการดำเนินงาน
3. การเก็บข้อมูลความชื้นควรใช้เครื่องวัดความชื้นแบบดิจิตอลแทนการใช้กระดาษเปียกกระดาษแห้ง เพื่อให้ได้ความแม่นยำในผลลัพธ์และสะดวกต่อการดำเนินงาน

5.3.2 ข้อเสนอแนะการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพใส่ในที่ที่ดีที่สุด

จากการทดลอง การกระจายตัวของน้ำในแผ่นใส่นั้นมีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ หากต้องการให้การทดลองมีความคลาดเคลื่อนน้อย ควรให้น้ำไหลผ่านแผ่นใสในระยะเวลาหนึ่งก่อนที่จะทำการทดลอง เพื่อให้สามารถกระจายได้ทั่วทั้งแผ่น

5.3.3 ข้อเสนอแนะการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ต้นแบบ

1. สำหรับการเก็บข้อมูล หากต้องการให้ความแม่นยำของข้อมูลเพิ่มมากขึ้น ควรเก็บข้อมูลภายในวันเดียว หรือเลือกเก็บข้อมูลภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน
2. การทดลองควรเลือกใช้ห้องทดลองในสภาพปิด และภายในห้องควรเป็นห้องเปล่า เพื่อลดผลกระทบต่อตัวแปรที่ต้องการศึกษาและสะดวกต่อการดำเนินงาน
3. ในการศึกษาต่อไปเพื่อพัฒนาให้อุปกรณ์มีประสิทธิภาพ ความยืดหยุ่นในการทำงานได้มากขึ้น และนำมาประยุกต์ใช้ได้จริง อีกทั้งแก้จุดบกพร่องการศึกษานี้ คือ การออกแบบรางน้ำให้สามารถปรับระดับอัตราการไหลของน้ำได้ตามต้องการ และการออกแบบถังเก็บน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศเพื่อรองรับการใช้งานของชุดอุปกรณ์ลดพลังงานในวันที่มีสภาพเงื่อนไขไม่เป็นที่พอใจการทำงานของชุดอุปกรณ์
4. จากการทดลอง ระดับน้ำในรางน้ำมีผลต่ออัตราการไหลของน้ำ ถ้าต้องการให้อัตราการไหลของน้ำคงที่ จำเป็นจะต้องมีระดับน้ำที่มากและคงที่ตลอดเวลา โดยการสร้างถังเก็บน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศและใช้ปั๊มน้ำเพื่อนำน้ำใส่รางน้ำในระดับที่ต้องการได้ตลอดเวลา ซึ่งจะทำให้อัตราการไหลของน้ำคงที่ ประสิทธิภาพการทำงานนั้นจะดีคงที่เช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, (2554). การศึกษาด้านผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคตและการปรับตัวของภาคส่วนที่สำคัญ. ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ศูนย์เครือข่ายวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[2] Astamon Limsakul, Boonlue Kachenchart, Patama Singhruck, Suriyan Saramul, Somkiat Apipattanavis and Jerasorn Santisirisomboon, (2019). Updated Basis Knowledge of Climate Change Summarized from the First Part of Thailand's Second Assessment Report on Climate Change.

[3] อติรัตน์ สุทธิภาศิลป์ และปิติ สุคนธสุขกุล, (2561). การศึกษาคุณสมบัติการกักเก็บความร้อนของมอร์ตาร์ปูนฉาบผสมวัสดุเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟินและโพลีเอทิลีนไกลคอล. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[4] นินนาท ราชประดิษฐ์, (2556). โครงการการศึกษาผลกระทบจากการระบายอากาศ ที่มีต่อความสัมพันธ์ของห้องปรับอากาศในพื้นที่พักอาศัยและสำนักงานขนาดเล็กในประเทศไทย. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[5] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, (2560). หมวดที่ 2 : ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning). กรุงเทพฯ.

[6] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, (2561). รายงานภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรม ปี 2561 และแนวโน้มปี 2562. กรุงเทพฯ.

[7] Washim Akram Rifatul Mursalin Murad Hassan Rashedul Islam and Sirajul Karim Choudhury, (2018). Recycling of Condensed Water from an Air Conditioning Unit.

[8] มหาวิทยาลัยมหิดล สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้, (2561). กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์. [ออนไลน์]. จากเว็บไซต์ : il.mahidol.ac.th/e-media/ap-chemistry1/thermodynamics/first_law.htm.

[9] มหาวิทยาลัยมหิดล สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้, (2561). กฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์. [ออนไลน์]. จากเว็บไซต์ : il.mahidol.ac.th/e-media/ap-chemistry1/thermodynamics/second_law.htm.

[10] วีทิต วรณเลิศลักษณ์, (2560). ทฤษฎีเทอร์โมไดนามิกส์. [ออนไลน์]. จากเว็บไซต์ : www.scimath.org/lesson-physics/item/7240-2017-06-11-14-22-46.

[11] มนตรี พิรุณเกษตร, (2540). คู่มืออุณหพลศาสตร์ 2. กรุงเทพฯ. ซีเอ็ดดูเคชั่น.

[12] เมธาสิทธิ์ เช็งมา และศิริกมล นันทา, (2561). ชุดควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบปรับอากาศแบบระเหย. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[13] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน, (2554). เอกสารเผยแพร่ชุดการจัดแสดงที่ 29 : ระบบการทำความเย็น (Refrigeration).

[14] iEnergyGuru, (2558). ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (split type). [ออนไลน์]. จากเว็บไซต์ : ienergyguru.com/2015/01/เครื่องปรับอากาศแบบsplit-type/.

[15] Technology Agreement Group Co., Ltd., (2551). EVAPORATIVE COOLING. [ออนไลน์]. จากเว็บไซต์ : tag.co.th/evaporative-cooling/.

[16] First Engineering Service and Spare Part Co., Ltd., EVAPORATIVE COOLING SYSTEM. [ออนไลน์]. จากเว็บไซต์ : 1st-engineering.com/index.aspx?pid=493a3541-3f6f-4fab-81e3-86eaae65e931.

[17] Yushi Group Co., Ltd., (2561). พัฒลมไอน้ำ Evap เย็น ระบายร้อน. [ออนไลน์]. จากเว็บไซต์ : yushi.co.th/ทำงานเครื่องทำลมเย็น/.

[18] Ingreen, (2560). หลักการของระบบเครื่องทำลมเย็น/พัฒลมไอน้ำ (Principle of Evaporative Cooling). [ออนไลน์]. จากเว็บไซต์ : ingreen.co.th/นวัตกรรม-ingreen/หลักการทำงานพัฒลมไอน้ำ/.

[19] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน, (2556). เอกสารเผยแพร่ชุดการจัดแสดงที่ 39 : ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning).

[20] กัลยา วานิชย์บัญชา, (2555). การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย Excel. กรุงเทพฯ. คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[21] ไชลัน สาและ, (2548). เกณฑ์การให้คะแนน. [ออนไลน์]. จากเว็บไซต์ : ded.edu.kps.ku.ac.th/192221/การให้คะแนน.

[22] มานพ แจ่มกระจ่าง, (2549). ศึกษาทางเลือกการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ ที่เหมาะสมเพื่อการประหยัดพลังงาน. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

[23] Horande Manoj Shivraj and N. Kapilan, (2016). Analysis of Domestic Split Unit Air Conditioning System of Outdoor Unit. India. Nagarjuna College of Engineering and Technology.

[24] Chauhan Deepak Ramsamujh, Ravi Prakash Sethi, Aviraz Chandra, Ashwani Sharma and Vivek, (2017). Design and Fabrication of Modified Air Conditioner with Split Cooling Unit. London.

[25] ชีรพงศ์ บริรักษ์ และพงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ, (2556). การเพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยการลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย.

[26] ยุทธนา ศรีผา นาดยา เจริญสุข และเมธาวุฒิ โชติสวัสดิ์, (2555). การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นแพลทแบบเชื่อมติระบายความร้อนด้วยน้ำ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

[27] Chainarong Chaktranond and Peachrakha Doungsong, (2009). Energy Saving In a Domestic Split-Type Air Conditioner with Evaporative Cooling Systems.

[28] Alison Subiantoro, Ooi Kim Tiow and Ulrich Stimming, (2014). Energy Saving Measures for Automotive Air Conditioning (Ac) System in the Tropics. Singapore.

[29] Lina Ismail Jassim, (2011). Enhancement the Performance of Condenser of Split Type Air Conditioning System by Using Evaporative Cooling. Al Mustansiriyah University.

[30] ถวิกา ผาดิดำรงกุล และจตุวัฒน์ วโรตมพันธ์, (2555). ประสิทธิภาพการใช้งานจริงของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดระบายความร้อนด้วยการระเหยน้ำ. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[31] W. Tipsaenporm, C. Lertsatitthanakorn, B. Bubphachot, S. Sophonrarit and M. Rungsiyopas, (2012). Improvement of Cooling Performance of a Compact Thermoelectric Air Conditioner Using a Direct Evaporative Cooling System.

[32] Washim Akram, Rifatul Mursalin, Murad Hassan, Rashedul Islam and Sirajul Karim Choudhury, (2018). Recycling of Condensed Water from an Air Conditioning Unit. University of Rajshahi.

[33] Ashwin Bala, K. Panthalaraja Kumaran, S. Prithviraj, R. Pradeep, S. Ajith and J. Udhayakumar, (2007). Studies on Lucrative Design of Waste Heat Recovery System for Air Conditioners.

[34] Yoshiaki Yumoto, Toru Ichikawa, Tatsuo Nobe and Shigeki Kametani, (2006). Study on Performance Evaluation of a Split Air Conditioning System under the Actual Conditions.

[35] Siamwin, (2561). แผงรังผึ้ง (Cooling pad). [ออนไลน์]. จากเว็บไซต์ : [www.siamwin.com/product/1615182/แผงรังผึ้ง-\(cooling-pad\)](http://www.siamwin.com/product/1615182/แผงรังผึ้ง-(cooling-pad)).

[36] บริษัทไทยประสิทธิ์เท็กซ์ไทล์ จำกัด, ตาข่ายพลาสติกหรือตาข่ายพีวีซี ชนิด 6 เหลี่ยม. [ออนไลน์]. จากเว็บไซต์ : www.thaiprasit.co.th/product/plastic-hexagonal-mesh?lang=th.

[37] N-Save, นวัตกรรมระบบทำความเย็น เพื่อคุณ เพื่อโลก. [ออนไลน์]. จากเว็บไซต์ : www.nrg-inno.com/detail/learnToSave.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. อุปกรณ์สำหรับวัดกระแสไฟฟ้า



รูปที่ ผ1 Digital Clamp Meter รุ่น DT3266L

รายละเอียด

เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า (Digital Clamp Meter) รุ่น DT3266L

ข้อมูลจำเพาะ

1. ขนาดหน้าจอ LCD 3.5 นิ้ว
2. แบตเตอรี่ขนาด AAA จำนวน 2 ก้อน
3. วัดแรงดันไฟ DCV 600 วัตต์ ($\pm 1\%$)
4. วัดแรงดันไฟ ACV 600 วัตต์ ($\pm 1.2\%$)
5. วัดกระแสสลับ 20A - 200A - 400A ($\pm 2\%$)
6. วัดค่าความต้านทาน 200 k
7. วัดขั้วของไดโอด (Diode)
8. ขนาด 175x64x28 มิลลิเมตร
9. น้ำหนัก 240 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้นฉบับอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้น



รูปที่ ผ2 เครื่องวัดความชื้น รุ่น HTC-2

รายละเอียด

เครื่องวัดความชื้น รุ่น HTC-2

ข้อมูลจำเพาะ

1. ช่วงการวัดอุณหภูมิกลางแจ้ง -50 °C ถึง 70 °C
2. ช่วงการวัดอุณหภูมิในร่ม -10 °C ถึง 50 °C
3. ช่วงการวัดความชื้นในร่ม 10%RH ถึง 99%RH
4. เปลี่ยนหน่วยการวัดเป็น °C หรือ °F ได้
5. ฟังก์ชัน Max/Min
6. แบตเตอรี่ขนาด AAA จำนวน 1 ก้อน
7. ขนาด 100x105x20 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้นฉบับอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจง F

เมื่อกำหนดองศาความอิสระ v_1 , v_2 และค่า $\alpha = 0.05$ ค่าจากตาราง คือ $f_{0.05}$ คือ ค่าที่ทำให้ $P(f_{0.05} < F < \infty) = \alpha = 0.05$

ตารางที่ ผ1 ค่าวิกฤตของการแจกแจง F

v_2	v_1								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และตัดฉีกอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข้อมูลการทดลองสภาพปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้นฉบับอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ2 ข้อมูลสภาพปัจจุบัน

Temp.	Humidity H1	Temp. T1	Temp. T2	Wet Bulb	Water
20.80	55.00%	17.50	33.0	27.0	54.1
21.20	56.00%	17.80	33.0	27.5	54.4
19.00	57.00%	17.40	33.0	27.0	52.6
19.90	58.00%	17.70	33.0	27.0	56.4
19.90	59.00%	17.60	33.0	27.0	56.6
19.70	60.00%	17.70	33.0	27.0	58.2
19.50	61.00%	17.90	33.0	27.0	58.6
21.00	45.00%	20.00	32.0	28.0	46.0
22.70	55.00%	19.20	33.0	27.0	54.0
20.30	57.00%	18.00	34.0	28.0	55.9
21.50	58.00%	18.70	33.0	27.0	56.0
22.70	59.00%	19.70	33.0	27.0	56.3
20.00	60.00%	18.10	33.5	27.0	57.0
20.10	61.00%	18.20	33.5	27.0	57.5
23.80	62.00%	20.10	33.0	27.0	58.0
23.00	50.00%	21.50	33.0	27.0	49.1
23.00	51.00%	21.80	33.5	27.0	49.0
23.00	52.00%	21.80	33.0	27.5	49.3
23.00	54.00%	21.70	33.5	28.0	49.5
23.00	55.00%	22.00	33.5	28.0	50.6
23.00	56.00%	21.90	33.0	27.5	50.8
25.30	58.00%	20.80	35.0	25.0	43.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้นฉบับอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ3 ข้อมูลสภาพปัจจุบันสำหรับนำไปวิเคราะห์

Temp.	Humidity H1	Temp. T1	Humidity H2	Temp. T2	Water
20.80	55.00%	17.50	68.00%	33.0	18.03
21.20	56.00%	17.80	70.00%	33.0	18.13
19.00	57.00%	17.40	68.00%	33.0	17.53
19.90	58.00%	17.70	68.00%	33.0	18.80
19.90	59.00%	17.60	68.00%	33.0	18.87
19.70	60.00%	17.70	68.00%	33.0	19.40
19.50	61.00%	17.90	68.00%	33.0	19.53
21.00	45.00%	20.00	73.00%	32.0	15.33
22.70	55.00%	19.20	68.00%	33.0	18.00
20.30	57.00%	18.00	68.00%	34.0	18.63
21.50	58.00%	18.70	68.00%	33.0	18.67
22.70	59.00%	19.70	68.00%	33.0	18.77
20.00	60.00%	18.10	66.00%	33.5	19.00
20.10	61.00%	18.20	66.00%	33.5	19.17
23.80	62.00%	20.10	68.00%	33.0	19.33
23.00	50.00%	21.50	68.00%	33.0	16.37
23.00	51.00%	21.80	67.00%	33.5	16.33
23.00	52.00%	21.80	70.00%	33.0	16.43
23.00	54.00%	21.70	70.00%	33.5	16.50
23.00	55.00%	22.00	70.00%	33.5	16.87
23.00	56.00%	21.90	70.00%	33.0	16.93
25.30	58.00%	20.80	56.00%	35.0	14.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้นฉบับอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้