

ประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าเชื่อถือของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่
โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ENERGY PERFORMANCE AND THERMAL COMFORT OF DISPLACEMENT VENTILATION
COOLING USING FANLESS SPLIT AIR-CONDITIONER



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture in Architecture
Department of Architecture
FACULTY OF ARCHITECTURE
Chulalongkorn University
Academic Year 2022
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำ ความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศ แยกส่วนแบบไร้พัดลม
โดย	น.ส.สุพัตรา สุขเมือง
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.อรรถจน์ เศรษฐบุตุร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สรายุทธ ทรัพย์สุข)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์พรรณชลัท สุริโยธิน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.อรรถจน์ เศรษฐบุตุร)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภัทร์ ینگโรจน์ฤทธิ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิกานต์ ยิ้มประยูร)

สุภัทรา สุขเมือง : ประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบ
แทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม. (ENERGY PERFORMANCE AND THERMAL
COMFORT OF DISPLACEMENT VENTILATION COOLING USING FANLESS SPLIT AIR-
CONDITIONER) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ศ. ดร.อรรถนัย เศรษฐชุบุตร

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของเครื่องปรับอากาศแยก
ส่วนต้นแบบ โดยการนำหน้าอากาศรอบแอร์และพัดลมในคอยล์เย็นออกแล้วตั้งค่าอัตโนมัติให้อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 25.5
องศาเซลเซียส แรงดันน้ำยาแอร์ 250 PSI กำลังไฟฟ้า 2.7 กิโลวัตต์ และกำลังไฟฟ้าของเครื่องลดความชื้น 0.02 กิโลวัตต์
แล้วทำงานติดตั้งเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1. ระดับเหนือข้อเท้า (+0.15 ม.) 2. ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้) (+0.81 ม.) 3. ระดับ
เหนือลำตัว (+1.47 ม.) และ 4. ระดับเหนือศีรษะ (+2.13 ม.) ตามลำดับ จากนั้นทำการทดสอบในห้องจำลองเสมือนจริงที่
ขนาด 1.60 x 2.70 x 2.60 ม. ในขณะที่ทดสอบมีการใช้หลอดไฟ LED ทั้งหมด 35 วัตต์ เพื่อเพิ่มความร้อนที่เกิดขึ้นภายใน
ห้อง ซึ่งภายในห้องทดลองได้มีการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องวัดอุณหภูมิ 12 ช่อง เครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศ อุณหภูมิ
กระเปาะเปียก-แห้ง เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าและเครื่องลดความชื้น โดยมีระยะเวลาในการทำวิจัยอยู่ในช่วงสั้น ๆ คือช่วง
เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2565 (เริ่มต้นเข้าฤดูหนาว) มีช่วงเวลาที่ทดสอบตลอด 24 ชม.ของหนึ่งตัวอย่างทดสอบ ภายใต้
อุณหภูมิภายนอก 19-36 องศาเซลเซียส ในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น ซึ่งการทดสอบนี้อาศัยหลักการไหลของมวลอากาศ ตาม
หลักการจ่ายลมเย็นแบบ displacement ventilation (การกระจายลมเย็นแบบแทนที่)

จากการทดสอบพบว่าการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบปรับอากาศสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง
ผลการทดสอบพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยลดลง 0.5 - 1 องศาเซลเซียสทุก ๆ 2 ชั่วโมง และมีการกระจายความเย็นอย่าง
สม่ำเสมอเมื่อเครื่องทำงานต่อเนื่อง 6 ชั่วโมงเป็นต้นไป ซึ่งจากผลการประเมินประสิทธิภาพความน่าสบายพบว่า ร้อยละ
80 ของช่วงเวลาที่ทดสอบ คืออุณหภูมิ 23.3 – 29.4 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกินร้อยละ 70
(ในการศึกษาเฉพาะ 2 ตัวแปร คืออุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์)

สรุปการวิจัยพบว่าเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน
มากกว่าเครื่องปรับอากาศแบบทั่วไป 21.22% สามารถประหยัดเงินได้ถึง 4,577 บาทต่อปี (ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.488
บาท) มีความน่าสบายเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 55 เป็นร้อยละ 70 เมื่อเทียบกับเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม และ
อุณหภูมิเฉลี่ยกระจายสม่ำเสมออยู่ที่ 23.2-25.4 องศาเซลเซียสและมีความชื้นสัมพัทธ์ 62.5% ซึ่งความน่าสบายนี้เกิดการ
วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิอากาศและแสดงในแผนภูมิไปโอโคลเมติก

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม
ปีการศึกษา 2565

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

6370056225 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORD: Displacement Ventilation, Split type Air-conditioner, Radiation Cooling, Radiation Heat Cooling,
Thermal comfort

Supattra Sukmuang : ENERGY PERFORMANCE AND THERMAL COMFORT OF DISPLACEMENT VENTILATION
COOLING USING FANLESS SPLIT AIR-CONDITIONER. Advisor: Prof. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D.

The purpose of this research was to evaluate the energy efficiency and comfort of a prototype split air conditioner. By removing the air conditioner cover and the fan in the fan coil unit also automatically setting the temperature to start at 25.5 °C, refrigerant pressure 250 PSI, power 2.7 kW and the power of a small dehumidifier 0.02 kW and then work installed in 4 levels, namely 1. above ankle level (+0.15 m.), 2. body level (sitting on a chair) (+0.81 m.), 3. above body level (+1.47 m.), and 4. above Head (+2.13 m.), respectively. Then, the test was performed in a virtual simulation room at the size of 1.60 x 2.70 x 2.60 m. While testing, LED lamps of 35 watts were used to increase the internal heat gain. Inside the room in which the laboratory is equipped with a 12-channel thermometer, air quality monitor, wet-dry bulb temperature, Power meter and dehumidifier with a short research period, November 2022 (beginning of winter), with a 24-hour testing period of one test sample under the outside temperature of 19 - 36 °C in the area of Khon Kaen. And these based on the principle of air mass flow according to the principle of displacement ventilation.

From the test, it was found that the efficiency of the air conditioning system can be continuously operated. The test results showed that the average temperature decreased by 0.5 - 1 °C every 2 hours and that the cooling was evenly distributed when the machine was continuously running for 6 hours onwards. From the results of comfort evaluation, it was found that 80% of the test period was a temperature of 23.3 - 29 °C and a relative humidity of not more than 70% (in the study, only 2 variables were air temperature and relative humidity).

In summary, the research found that fanless split air conditioners with dehumidifiers 21.22% more energy efficient than conventional air conditioners, saving up to 4,577 baht per year (Electricity cost 3.488 baht per unit), increasing comfort from 55% to 70% compared to fanless split air-conditioners. and the average temperature was uniformly distributed at 23.2 - 25.4 °C and relative humidity of 62.5%. This comfort was measured by the relative humidity and radiant temperature in the laboratory and displayed in the bioclimatic chart.

Field of Study: Architecture

Student's Signature

Academic Year: 2022

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง “ประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้ เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม” ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความเมตตาอย่างยิ่งจาก ศาสตราจารย์ ดร. อรรถน เศรษฐบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้กรุณา สละเวลาให้คำปรึกษาแนะนำอันมีคุณค่า ตลอดจนให้ข้อคิดและกำลังใจในการทำงาน ทำให้งานวิจัยนี้ พัฒนาอย่างต่อเนื่องและสัมฤทธิ์ผลดังวัตถุประสงค์ทุกประการ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบ ขอบพระคุณอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน ประธานกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ รอง ศาสตราจารย์ ดร.ชนิกานต์ ยิ้มประยูร กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าใน การทำหน้าที่กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนางานวิจัยให้มีความ สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ในศาสตร์ทางสถาปัตยกรรม ให้แก่ผู้วิจัย ตลอดจนคุณครู อาจารย์ ในทุกระดับการศึกษา ที่ได้ให้ความรู้ สร้างความเจริญงอกงามทางสติปัญญาแก่ ผู้วิจัย ให้สามารถนำองค์ความรู้มาพัฒนางานวิจัยให้เกิดประโยชน์ มีคุณค่าต่อสังคมและประเทศชาติ

ท้ายที่สุดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัวที่คอยให้ความรัก ความห่วงใย และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา ตลอดจนเพื่อนและทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

ประโยชน์ของงานวิจัยนี้ ขอยกคุณความดีและคุณค่าให้แก่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สถาบัน แห่งการปลูกฝังให้ตระหนักและซาบซึ้งในคุณค่าแห่งเกียรติภูมิจุฬา เกียรติแห่งการรับใช้ประชาชน

สุพัตรา สุขเมือง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	3
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.6 สมมติฐานในการวิจัย.....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 แนวคิดเกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.....	8
2.1.1 อุปกรณ์ในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.....	9
2.1.2 การคำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมกับการใช้งาน.....	11
2.1.3 เกณฑ์การเลือกเครื่องปรับอากาศ.....	12
2.2 แนวคิดเกี่ยวกับมาตรฐานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.....	13
2.2.1 ศึกษาอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio: EER) และอัตราส่วน ของประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานตามฤดูกาล (Seasonal Energy Efficiency Ratio: SEER).....	13

2.2.2	ศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศแยกส่วน	14
2.2.3	ศึกษาวิธีการคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้า	14
2.3	แนวคิดเกี่ยวกับระบบปรับอากาศแบบแผ่รังสี	15
2.3.1	ระบบปรับอากาศรังสีความร้อน (Radiant heat cooling: RHC).....	15
2.3.2	ระบบระบายอากาศแบบแทนที่ (Displacement Ventilation: DV).....	20
2.3.3	ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบแผ่รังสี	23
2.3.4	ประสิทธิภาพด้านพลังงานของระบบปรับอากาศแผ่รังสี.....	24
2.4	ศึกษาสถานะน่าสบายของเขตร้อนชื้น.....	25
2.5	การใช้หลอดไฟแทนความร้อนที่เกิดขึ้นในอาคาร.....	29
2.6	สรุปบททวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	37
3.1	แผนการดำเนินงาน	37
3.2	การสร้างห้องทดสอบ	40
3.2.1	การกำหนดลักษณะห้องทดสอบ	40
3.2.2	การกำหนดขนาดห้องทดลอง.....	41
3.2.3	การกำหนดสัญลักษณ์ในห้องทดลอง.....	43
3.3	วิธีการทดสอบในห้องทดลอง.....	43
3.4	รายละเอียดของอุปกรณ์และวิธีการติดตั้ง.....	44
3.5	การกำหนดตัวแปร	51
3.6	การเก็บข้อมูลผ่านเครื่องมือบันทึกผลต่อเนื่อง	52
3.7	การบันทึกผล	54
บทที่ 4	ผลการวิจัย.....	57
4.1	ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม	57

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมและเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier)	59
4.3 ผลการประเมินความน่าสบายของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม	63
4.3.1 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง A	63
4.3.2 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง B	65
4.3.3 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง C	67
4.3.4 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง D	70
4.4 ผลการประเมินความน่าสบายของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier)	73
4.4.1 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง A	75
4.4.2 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง B	77
4.4.3 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง C	79
4.4.4 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง D	81
4.5 ผลการทดสอบ	83
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	85
5.1 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม	86
5.2 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมและเครื่องไล่ความชื้น (Dehumidifier)	88
5.2.1 การเปรียบเทียบการประหยัดไฟฟ้าระหว่างเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมและเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแบบทั่วไป	90
5.3 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพความน่าสบาย	93
5.4 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพความน่าสบายของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม	93
5.5 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพความน่าสบายของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมและเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier)	94

5.6 สรุปผลและอภิปรายผล.....	96
5.7 ข้อเสนอแนะ	97
5.7.1 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป.....	98
บรรณานุกรม.....	99
ประวัติผู้เขียน.....	106



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของวัตถุประสงค์ข้อ 1.2 วิธีการและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
ตารางที่ 2 การกำหนดระดับประสิทธิภาพพลังงาน	12
ตารางที่ 3 สรุปผลการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	34
ตารางที่ 4 แสดงค่าตั้งต้นของตัวแปรต้นและตัวแปรตามความสัมพันธ์ของตัวแปรในงานวิจัย.....	52
ตารางที่ 5 สรุปประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบ แทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ณ ตำแหน่งที่ดีที่สุดของการทดสอบใน 24 ชม.	91
ตารางที่ 6 แสดงตารางเปรียบเทียบร้อยละของสภาวะน่าสบาย	93
ตารางที่ 7 เปรียบเทียบด้านพลังงานและความน่าสบายของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม และเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น.....	96

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ผังวิธีการดำเนินงานวิจัย.....	5
ภาพที่ 2 สมมติฐานของการวิจัย.....	7
ภาพที่ 3 หลักการทำงานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.....	9
ภาพที่ 4 หลักการทำงานการระบายอากาศแบบแทนที่.....	16
ภาพที่ 5 ระบบฝ้าเพดานเย็นรวมระบบระบายอากาศแบบแทนที่ใต้พื้น.....	17
ภาพที่ 6 การทำงานของระบบระบายอากาศแบบแทนที่.....	20
ภาพที่ 7 เปรียบเทียบรูปแบบการไหลของอากาศภายใต้ระบบกระจายลมเย็นแบบแทนที่ (Displacement Ventilation System) และแบบปกติ (Mixing Air System).....	21
ภาพที่ 8 หลักการทำงานของระบบกระจายลมเย็นแบบแทนที่ (Displacement Ventilation System).....	21
ภาพที่ 9 หลักการทำงานของระบบกระจายลมเย็นทั่วไป (Mixing Air System).....	22
ภาพที่ 10 การทำงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนไร้พัดลม.....	22
ภาพที่ 11 ปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะสบาย.....	25
ภาพที่ 12 แผนภูมิไบโอไคลเมตริก.....	28
ภาพที่ 13 ลักษณะแผนภูมิไบโอไคลเมตริกที่ใช้ในวิจัย โดย ASHRAE Standard 55-2020.....	28
ภาพที่ 14 มาตรฐานการออกแบบค่าการเพิ่มความร้อนภายในสำนักงานเปรียบเทียบระหว่างต่างประเทศ และเกาหลี (หน่วยเป็นวัตต์/ตร.ม.).....	32
ภาพที่ 15 อัตราการผลิตความร้อนในร่างกายมนุษย์.....	33
ภาพที่ 16 ภายนอกห้องทดลอง.....	37
ภาพที่ 17 แผนการดำเนินงานวิจัย.....	39
ภาพที่ 18 วัสดุสร้างห้องทดลองและส่วนประกอบ.....	40
ภาพที่ 19 รูปตัดผนังเบาปกติไม่มีฉนวนกันความร้อน.....	41
ภาพที่ 20 ห้องทดลองในสภาวะใต้หลังคาคลุม.....	41
ภาพที่ 21 จำลองขนาดห้องทดสอบและตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ทดลอง.....	42
ภาพที่ 22 จำลองด้านหน้าห้องทดสอบและตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์.....	42

ภาพที่ 23 อุปกรณ์ในห้องทดลองและตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	45
ภาพที่ 24 เครื่องวัดอุณหภูมิ 12 ช่อง ยี่ห้อ Lutron รุ่น BTM-4208SD.....	46
ภาพที่ 25 เทอร์โมมิเตอร์ เปียก-แห้ง ยี่ห้อ (Dry-Wet) แป้นทำจากไม้.....	46
ภาพที่ 26 เครื่องมิเตอร์วัดกำลังวัตต์ดิจิทัล ยี่ห้อ SINOTIMER รุ่น DDS108.....	46
ภาพที่ 27 เครื่องลดความชื้น (Dehumidifier).....	47
ภาพที่ 28 เครื่องตรวจสอบคุณภาพอากาศ (Air Quality Monitor).....	47
ภาพที่ 29 หลอดไฟ LED (Light-emitting diode) ขนาด 5 วัตต์ 10 วัตต์และ 15 วัตต์	47
ภาพที่ 30 คอยล์เย็นที่ถอดหน้ากากครอบแอร์ออก (Fan Coil Unit (Fanless)).....	48
ภาพที่ 31 เครื่องปรับอากาศ ณ ระดับ A (+0.15 ม.) เหนือข้อเท้า โดยวัดจากขอบล่างเครื่อง.....	48
ภาพที่ 32 เครื่องปรับอากาศ ณ ระดับ B (+0.81 ม.) ณ ลำตัว (นั่งเก้าอี้) โดยวัดจากขอบล่างเครื่อง.....	48
ภาพที่ 33 เครื่องปรับอากาศ ณ ระดับ C (+1.47 ม.) ระดับเหนือลำตัว โดยวัดจากขอบล่างเครื่อง	49
ภาพที่ 34 เครื่องปรับอากาศ ณ ระดับ D (+2.13 ม.) ระดับเหนือศีรษะ โดยวัดจากขอบล่างเครื่อง	49
ภาพที่ 35 การติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ	49
ภาพที่ 36 การตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องวัดอุณหภูมิ	50
ภาพที่ 37 บรรยากาศภายในห้องทดลอง	50
ภาพที่ 38 ไดอะแกรมความสัมพันธ์ของตัวแปรในงานวิจัย	51
ภาพที่ 39 หน้าจอดิจิทัลของเครื่องวัดอุณหภูมิ	53
ภาพที่ 40 ตัวเลขบอกอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์.....	53
ภาพที่ 41 จำลองสามมิติ ณ ตำแหน่ง A ระดับเหนือข้อเท้า (+0.15 ม.).....	54
ภาพที่ 42 จำลองสามมิติ ณ ตำแหน่ง B ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้) (+0.81 ม.).....	55
ภาพที่ 43 จำลองสามมิติ ณ ตำแหน่ง C ระดับเหนือลำตัว (+1.47 ม.).....	55
ภาพที่ 44 จำลองสามมิติ ณ ตำแหน่ง D ระดับเหนือศีรษะ (+2.13 ม.).....	55
ภาพที่ 45 ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม	57
ภาพที่ 46 ขนาดแรงดันไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม	58

ภาพที่ 47 ความสัมพันธ์ของการใช้หลอดไฟ LED แทนความร้อนที่เกิดขึ้นภายในห้องของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมกับเวลาที่ทดสอบ (ห้องขนาด 4.32 ตร.ม.).....	58
ภาพที่ 48 ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมและเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier)	60
ภาพที่ 49 ขนาดแรงดันไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม และเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier)	61
ภาพที่ 50 ความสัมพันธ์ของการใช้หลอดไฟ LED แทนความร้อนที่เกิดขึ้นภายในห้องของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมและเครื่องไล่ความชื้นกับเวลาที่ทดสอบ (ห้องขนาด 4.32 ตร.ม.).....	61
ภาพที่ 51 จำลองสามมิติของห้องทดสอบติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ณ ระดับเหนือข้อเท้า.....	63
ภาพที่ 52 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ณ ระดับเหนือข้อเท้า.....	63
ภาพที่ 53 Comfort Zone ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ณ ระดับเหนือข้อเท้าของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม โดย ASHRAE Standard 55-2020 เก็บข้อมูล ณ วันที่ 26 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565.....	64
ภาพที่ 54 จำลองสามมิติของห้องทดสอบติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ณ ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้).....	65
ภาพที่ 55 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ณ ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้).....	66
ภาพที่ 56 Comfort Zone ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ณ ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้)ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม โดย ASHRAE Standard 55-2020 เก็บข้อมูล ณ วันที่ 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565....	66
ภาพที่ 57 จำลองสามมิติของห้องทดสอบติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง C (+1.47 ม.) ณ ระดับเหนือลำตัว.....	68
ภาพที่ 58 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง C (+1.47 ม.) ณ ระดับเหนือลำตัว	68
ภาพที่ 59 Comfort Zone ณ ตำแหน่ง C (+1.47 ม.) ณ ระดับเหนือลำตัว ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม โดย ASHRAE Standard 55-2020 เก็บข้อมูล ณ วันที่ 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565.....	69
ภาพที่ 60 แสดงภาพจำลองสามมิติของห้องทดสอบติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง D (+2.13 ม.) ณ ระดับเหนือศีรษะ	70

ภาพที่ 61 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง D (+2.13 ม.) ณ ระดับเหนือข้อเท้า.....	71
ภาพที่ 62 Comfort Zone ณ ตำแหน่ง D (+2.13 ม.) ณ ระดับเหนือข้อเท้า ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม โดย ASHRAE Standard 55-2020 เก็บข้อมูล ณ วันที่ 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565	72
ภาพที่ 63 เครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) ถูกนำมาติดตั้งในห้องทดสอบ.....	74
ภาพที่ 64 จำลองสามมิติของห้องทดสอบติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ณ ระดับเหนือข้อเท้า.....	75
ภาพที่ 65 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ณ ระดับเหนือข้อเท้า.....	75
ภาพที่ 66 Comfort Zone ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ณ ระดับเหนือข้อเท้า ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) โดย ASHRAE Standard 55-2020 เก็บข้อมูล ณ วันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565	76
ภาพที่ 67 จำลองสามมิติของห้องทดสอบติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ณ ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้).....	77
ภาพที่ 68 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ณ ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้).....	77
ภาพที่ 69 Comfort Zone ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ณ ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้) ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) โดย ASHRAE Standard 55-2020 เก็บข้อมูล ณ วันที่ 3 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565.....	78
ภาพที่ 70 จำลองสามมิติของห้องทดสอบติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง C (+1.47 ม.) ณ ระดับเหนือลำตัว.....	79
ภาพที่ 71 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ที่มีเครื่องลดความชื้น ณ ตำแหน่ง C (+1.47 ม.) ณ ระดับเหนือลำตัว	79
ภาพที่ 72 Comfort Zone ณ ตำแหน่ง C (+1.47 ม.) ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) โดย ASHRAE Standard 55-2020 เก็บข้อมูล ณ วันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565.....	80
ภาพที่ 73 แสดงภาพจำลองสามมิติของห้องทดสอบติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง D (+2.13 ม.) ณ ระดับเหนือศีรษะ	81

ภาพที่ 74 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น ณ ตำแหน่ง D (+2.13 ม.) ณ ระดับเหนือศีรษะ.....	81
ภาพที่ 75 Comfort Zone ณ ตำแหน่ง D ณ ระดับเหนือศีรษะ ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) โดย ASHRAE Standard 55-2020 เก็บข้อมูล ณ วันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565.....	82
ภาพที่ 76 ค่าการใช้ไฟฟ้าและดัชนีความสบาย (PMV).....	85
ภาพที่ 77 อุณหภูมิภายในห้องขณะเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลมทำงาน	87
ภาพที่ 78 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องขณะเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลมทำงาน	87
ภาพที่ 79 อุณหภูมิภายในห้องขณะเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้นทำงาน	89
ภาพที่ 80 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องขณะเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้นทำงาน	89
ภาพที่ 81 ไดอะแกรมแสดงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้).....	94
ภาพที่ 82 ไดอะแกรมแสดงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้).....	95

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เศรษฐกิจโลกที่เริ่มฟื้นตัวจากการยกเลิกมาตรการคุมเข้มโควิด-19 ในหลายประเทศ รวมถึงประเทศไทยที่อยู่ระหว่างการปรับโควิด-19 เป็นโรคประจำถิ่น ภาคอุตสาหกรรมและภาคธุรกิจต่าง ๆ จึงกลับมาดำเนินธุรกิจตามปกติอีกครั้งส่งผลให้ความต้องการใช้พลังงานทั่วโลกสูงขึ้น ราคาพลังงานจึงขยับสูงขึ้นเป็นเงาตามตัวไปด้วย แต่แล้วความขัดแย้งระหว่างรัสเซียกับยูเครนที่ปะทุขึ้นเปรียบเสมือนมรสุมลูกใหญ่ที่ซัดเข้ามาซ้ำเติมวิกฤตด้านพลังงานโลกให้สั่นคลอนอีกระลอกหนึ่ง จนราคาพลังงานในตลาดโลกเกิดความผันผวนและมีราคาสูงเป็นประวัติการณ์

ในขณะที่ประเทศไทยจำเป็นต้องนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ ทั้งน้ำมันดิบ และก๊าซธรรมชาติ เนื่องจากแหล่งพลังงานในประเทศมีไม่เพียงพอจึงได้รับผลกระทบจากวิกฤตราคาพลังงานอย่างหนัก แม้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะพยายามแก้ไขปัญหา ปรับแผนการบริหารจัดการเชื้อเพลิงของประเทศเพื่อลดต้นทุน แต่บรรเทาผลกระทบได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ทำให้ภาครัฐผู้กำหนดนโยบายจำเป็นต้องขอความร่วมมือจากภาคประชาชนให้มาประหยัดพลังงานช่วยชาติฝ่าวิกฤตพลังงานอีกทางหนึ่ง (กฟผ., 2565)

การประหยัดพลังงานถือเป็นวิธีแก้ปัญหาที่ก่อให้เกิดผลดีต่อทุกฝ่าย โดยเฉพาะประชาชนผู้ใช้ไฟฟ้าที่จะได้ประโยชน์สูงสุดในการช่วยลดรายจ่ายของครอบครัว ขณะเดียวกันก็ส่งผลพลอยได้ทำให้ปริมาณการใช้พลังงานในภาพรวมของประเทศลดลงจึงช่วยลดความเสี่ยงในการขาดแคลนพลังงานของประเทศ ส่งผลให้การนำเข้าน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ (LNG) ที่มีราคาแพงจากต่างประเทศลดลงตามไปด้วย โดยเฉพาะภาคการผลิตไฟฟ้าที่ต้นทุนส่วนใหญ่คือค่าเชื้อเพลิงการส่งเดินเครื่องโรงไฟฟ้านั้นจะเริ่มจากโรงไฟฟ้าที่มีต้นทุนต่ำสุดไปถึงโรงไฟฟ้าที่มีต้นทุนสูงสุด ดังนั้นหากการใช้ไฟฟ้าลดลง การผลิตไฟฟ้าในระบบก็ไม่ต้องเดินเครื่องโรงไฟฟ้าที่ใช้ LNG เป็นเชื้อเพลิงซึ่งมีต้นทุนสูงในขณะนี้เข้ามาในระบบ ส่งผลให้ต้นทุนค่าเอฟทีในภาพรวมลดลงและเป็นประโยชน์ต่อค่าไฟฟ้า ดังนั้นการช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าของคนไทยทุกคนจึงเป็นสิ่งจำเป็นทำให้ประเทศไทยลดการพึ่งพาการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศและมีเสถียรภาพทางพลังงานเพิ่มขึ้น (รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย, 2564)

เครื่องปรับอากาศ คือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ปรับอุณหภูมิของอากาศในเคหสถาน เพื่อให้มนุษย์ได้อาศัยอยู่ในที่ที่ไม่ร้อนหรือไม่เย็นจนเกินไป หรือใช้รักษาภาวะอากาศให้คงที่ ในเขตศูนย์สูตรหรือเขตร้อนชื้นมักมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อลดอุณหภูมิให้เย็นลง ตรงข้ามกับในเขตอบอุ่นหรือ

เขตขั้วโลกใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น (อาจเรียกว่า เครื่องทำความร้อน) แล้วทำงานด้วยหลักการการถ่ายเทความร้อนและเครื่องปรับอากาศอาจมีความสามารถในการลดความชื้นหรือการฟอกอากาศให้บริสุทธิ์ด้วย (Digitalschool club, 2560)

ประเทศไทยนิยมใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type air-conditioner) เนื่องจากมีราคาถูกและติดตั้งง่ายเมื่อเทียบกับแบบอื่น ๆ (นินนาท ราชดิษฐ์, 2557) หลักการในการปรับสภาวะอากาศภายในอาคารจะต้องคำนึง ความสบายทางความร้อน (Thermal comfort) ซึ่งประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลัก คืออุณหภูมิและความชื้น ในปัจจุบันมีการตระหนักในเรื่องของคุณภาพอากาศภายในอาคารควบคู่กันไปด้วย (Indoor air quality; IAQ) เพื่อส่งเสริมคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น

ในต่างประเทศแถบอเมริกาและยุโรปมีการใช้ระบบระบายอากาศด้วยการแผ่รังสี (Radiant Heat Cooling: RHC) อย่างแพร่หลายไม่เฉพาะในที่พักอาศัยเท่านั้น แต่ยังรวมถึงในอาคารที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย เช่น อาคารสำนักงาน ร้านค้าปลีก โรงเรียน และแม้แต่อาคารขนาดใหญ่ เช่น อาคารผู้โดยสารในสนามบิน สถานีรถไฟ เป็นต้น และกว่า 30%–50% ของอาคารที่พักอาศัยสร้างใหม่ในเยอรมนี ออสเตรีย และเดนมาร์ก ก็มีการใช้ระบบทำความร้อนใต้พื้นแบบแผ่รังสีด้วย และในเอเชียบางประเทศระบบทำความร้อนใต้พื้นแบบแผ่รังสีได้รับการติดตั้งในอาคารที่พักอาศัยเกือบทั้งหมดในเกาหลี กว่า 85% ของบ้านในชนบททางตอนเหนือของจีนด้วย นอกจากนี้ด้วยการผสมผสานระบบระบายอากาศเพื่อรองรับภาระแฝง ระบบระบายความร้อนแบบแผ่รังสีได้รับการพิสูจน์แล้วว่า มีความเป็นไปได้แม้ในสภาพอากาศร้อนและชื้น เช่น จีน ไทย สิงคโปร์ อินเดีย เป็นต้น และเป็นที่ทราบกันดีว่าระบบ RHC มีข้อดีคือระบบมีความปลอดภัย การทำงานที่เงียบ ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำและสามารถใช้ร่วมกับการออกแบบให้เข้ากับองค์ประกอบของอาคารอื่น ๆ ได้ด้วย ซึ่งข้อดีเหล่านี้ได้ส่งเสริมให้เกิดการศึกษา วิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับระบบ RHC ทั้งในแง่ของความสะดวกสบาย การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน การจำลองด้านพลังงาน กลยุทธ์การควบคุมความชื้น การกำหนดค่าต่าง ๆ ของระบบ (Rhee, Kwang and Kim, 2017)

จากข้างต้นแสดงให้เห็นถึงความสำคัญและความจำเป็นของระบบปรับอากาศ ซึ่งในปัจจุบันยังมีความต้องการพัฒนาระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) เพื่อให้ประหยัดพลังงานมากขึ้น อีกทั้งระบบปรับอากาศรังสีความเย็น (Radiant Cooling) ที่ผสมผสานกับระบบกระจายลมแบบแทนที่ (Displacement Ventilation) จึงนำมาสู่การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมเพื่อสร้างความสบายพร้อมกับคุณภาพอากาศที่ดีให้ผู้อยู่อาศัยด้วย อีกทั้งการคำนึงถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าไปพร้อมกันด้วย ระบบการปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยใช้หลักการของระบบทำ

ความเย็นแบบแทนที่จะเป็นเทคนิคการปรับอากาศที่มีต้นทุนต่ำที่ใช้ในการกระจายอากาศได้อย่างสม่ำเสมอ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีการศึกษาประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.2.1 เพื่อศึกษาการประเมินประสิทธิภาพความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

วิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม โดยมีขอบเขตของการวิจัยดังนี้

1.3.1 ศึกษาสำหรับอาคารพักอาศัยเท่านั้นและกำหนดห้องทดลองทำหน้าที่สำหรับเป็นห้องนอน โดยสามารถควบคุมปัจจัยภายในได้ ใช้ผนังเบาทั้งห้องภายในชนิดโซโครงคร่าวเหล็ก ผนังยิปซัมบอร์ด พร้อมติดตั้งอุปกรณ์ให้แสงสว่าง 5, 10 และ 15 วัตต์ ตามลำดับ รวมทั้งหมด 35 วัตต์

1.3.2 ติดตั้งอุปกรณ์ในห้องทดลอง โดยกำหนดให้เป็นห้องนอนที่ใช้เป็นผนังเบา โครงสร้างเหล็ก ไม่มีฉนวนกันความร้อน

1.3.3 การทดสอบใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ขนาด 9,000 บีทียู ชั่วโมง

1.3.4 ระยะเวลาในการทำวิจัยอยู่ในช่วงต้นฤดูหนาว เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องระยะเวลาในการศึกษา งบประมาณและเครื่องมือฯ แต่ก็สามารถใช้ทำการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาเบื้องต้นได้

1.3.5 การทดสอบอยู่ภายใต้อุณหภูมิอากาศของจังหวัดขอนแก่น เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2565 โดยการทดสอบแบ่งเป็น 8 ตัวอย่าง ๆ ละ 24 ชม. ประกอบด้วยเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม 4 ตัวอย่าง และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้นอีก 4 ตัวอย่าง

1.3.6 การคำนวณค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนทั่วไป ใช้รายละเอียดหรือข้อมูลจำเพาะจากตัวเครื่อง โดยไม่ได้ทำการทดสอบซ้ำ เนื่องจากเป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

1.4.1 ทบทวนวรรณกรรม บทความและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 กำหนดวิธีการเพื่อจะได้ปรับให้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตรงตามวัตถุประสงค์ของการทดสอบหาประสิทธิภาพโดยการถอดหน้ากากครอบแอร์และพัดลมออก แล้วให้เครื่องทำงานอัตโนมัติ

1.4.3 กำหนดวิธีการสร้างห้องทดลองโดยใช้การจำลองห้องนอนที่กินโดยใช้วัสดุผนังเบา (เพื่อแบ่งพื้นที่ใช้งานและง่ายต่อการรื้อหรือนำไปประกอบใหม่)

1.4.4 ศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องและระบุความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น เพื่อชี้ให้เห็นถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ พร้อมทั้งข้อจำกัดด้วย

1.4.5 ศึกษาการใช้อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบโดยการศึกษาแยกเป็นระบบดิจิทัลและระบบธรรมดา เพื่อการทดสอบที่มีประสิทธิภาพและแม่นยำขึ้น

1.4.6 ศึกษาและกำหนดระยะการติดตั้งเครื่องปรับอากาศโดยแบ่งให้มีการวัดระยะอย่างสม่ำเสมอและกำหนดให้คอยล์ร้อนอยู่ผนังด้านนอก (ด้านหลัง) คอยล์เย็นเพื่อให้มีระยะการเดินทางของน้ำยาแอร์สั้นที่สุด

1.4.7 สร้างห้องทดลองและเริ่มการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมโดยติดตั้งเป็น 4 ระดับคือ ระดับเหนือข้อเท้า (+0.15 ม.), ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้) (+0.81 ม.), ระดับเหนือลำตัว (+1.47 ม.), ระดับเหนือศีรษะ (+2.13 ม.) ตามลำดับ จากนั้นติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดเพื่อทำการทดสอบ

1.4.8 ทดสอบโดยการเริ่มเดินเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมพร้อมทั้งอุปกรณ์ครบชุด โดยการทดสอบแบ่งเป็น 24 ชั่วโมงต่อการเก็บข้อมูลหนึ่งตัวอย่าง

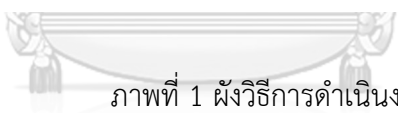
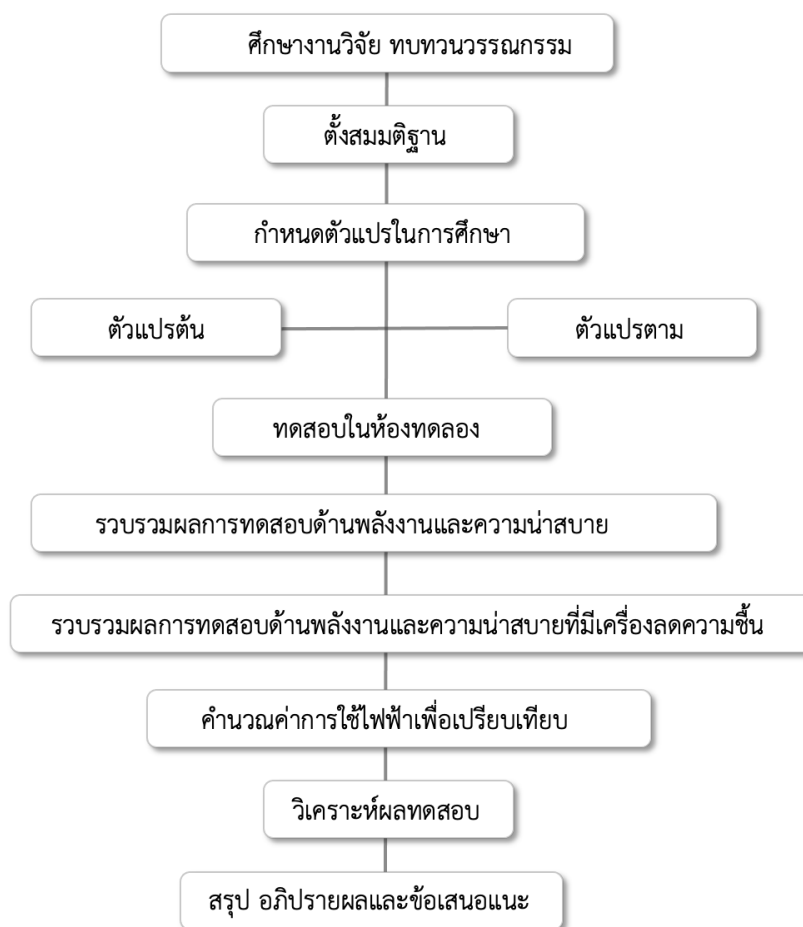
1.4.9 ทดสอบโดยการเริ่มเดินเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) พร้อมทั้งอุปกรณ์ครบชุด โดยการทดสอบแบ่งเป็น 24 ชั่วโมงต่อการเก็บข้อมูลหนึ่งตัวอย่างเช่นกัน

1.4.10 เก็บข้อมูลโดยการจดบันทึกและสังเกตการณ์พร้อมทั้งการใช้ Microsoft Excel

1.4.11 รวบรวมผลการทดสอบทั้งจากระบบดิจิทัลและระบบธรรมดาแล้วนำมาเปรียบเทียบ

1.4.12 ศึกษาการคำนวณค่าไฟฟ้าเพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศทั่วไปโดยใช้มาตรฐานจากสลากประหยัดไฟ

1.4.13 สรุปผลการวิจัยโดยการวิเคราะห์ผลของตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและนำมาอภิปรายผลการวิจัย



ภาพที่ 1 ผังวิธีการดำเนินงานวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงการประเมินประสิทธิภาพความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม

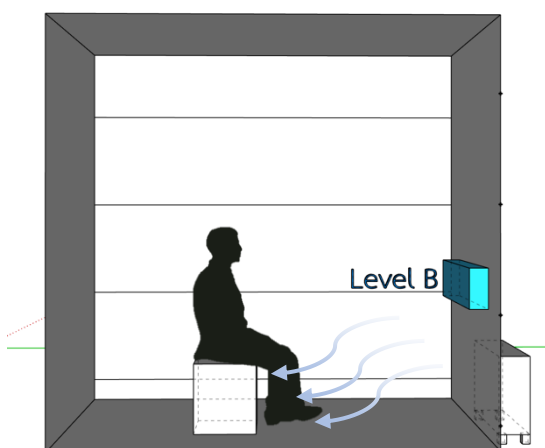
1.5.2 ทราบถึงประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของวัตถุประสงค์ข้อ 1.2 วิธีการและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

วัตถุประสงค์	วิธีการศึกษา	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
<p>1. เพื่อศึกษาการประเมินประสิทธิภาพความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม</p>	<p>-ศึกษาเกณฑ์และกำหนดหลักเกณฑ์การประเมินความน่าสบายโดยอ้างอิงจากมาตรฐานระบบปรับอากาศแห่งประเทศไทยและสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศสหรัฐอเมริกา (ASHRAE) เช่น แผนภูมิไซโครเมตริกและไปโอโคลเมตริก เป็นต้น</p> <p>- ศึกษาค่าความน่าสบายจากงานวิจัยและวารสารต่างๆ เพื่อนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์แล้วนำมาเป็นหลักในการประเมินประสิทธิภาพความน่าสบาย</p>	<p>ทราบผลการประเมินประสิทธิภาพความน่าสบายที่เกิดขึ้น โดยประกอบด้วยตัวแปรต่าง ๆ ที่ส่งผลให้เกิดสภาวะน่าสบาย และแนวทางการใช้แผนภาพเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ อันจะนำไปสู่การสรุปผล</p>
<p>2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม</p>	<p>ศึกษาขั้นตอนการคำนวณหาค่าการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและอัตราส่วนการประหยัดค่าการใช้ไฟฟ้า โดยการใช้สูตรการคำนวณและแปรผลเป็นตัวเลข</p>	<p>ทราบประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมในการใช้ไฟฟ้าเพื่อทำการปรับอากาศและทราบถึงความแตกต่างของค่าไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้น</p>

1.6 สมมติฐานในการวิจัย

เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม เกิดจากการนำหน้ากากครอบแอร์และพัดลมที่เป่าคอยล์เย็นออก แล้วตั้งค่าอัตโนมัติให้เครื่องเดิน ทำให้เกิดลมเย็นในลักษณะการกระจายอย่างสม่ำเสมอและอยู่ในสภาวะน่าสบายในระดับร่างกายคน โดยมีปัจจัยหลักคืออุณหภูมิของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ แต่การปรับอากาศวิธีนี้จะเกิดความชื้นมากกว่าเครื่องปรับอากาศแยกส่วนทั่วไป เนื่องจากขณะการทำความเย็นจะเกิดน้ำแข็งเกาะที่แผงคอยล์เย็น แต่การลดความชื้นจะสามารถทำได้โดยการใช้เครื่องลดความชื้น ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 สมมติฐานของการวิจัย

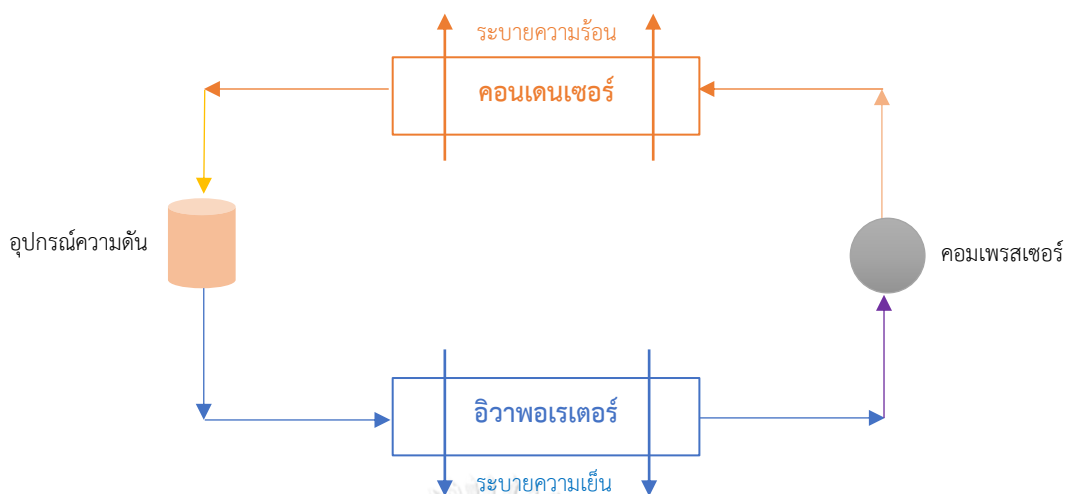
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การปรับอากาศมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการใช้ชีวิตของผู้คนในเขตซึ่งมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ที่ภายในอาคารจำเป็นต้องมีการปรับอากาศเพื่อให้ผู้ใช้งานในห้องสามารถอยู่ได้อย่างสบาย ซึ่งระบบปรับอากาศมีการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูง ระบบการปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยใช้หลักการของระบบทำความเย็นแบบแทนที่ซึ่งเป็นเทคนิคการปรับอากาศที่มีต้นทุนต่ำแต่แผ่รังสีอย่างสม่ำเสมอ จึงเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้ในการลดการใช้พลังงาน โดยมีหลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับหลักการการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ในการอธิบายหลักการการทำงานของระบบทำความเย็น ดลสิทธิ์และคณะ (2564) ได้กล่าวถึงอุปกรณ์ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor-Compressor Cycle) ว่าหลักการทำงานคือการทำให้สารทำความเย็นไหลวนไปตามระบบ โดยผ่านส่วนประกอบหลักทั้ง 4 อย่างต่อเนื่องกันเป็นวัฏจักรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) โดยมีกระบวนการเริ่มต้นโดยคอมเพรสเซอร์ ทำหน้าที่ดูดและอัดสารทำความเย็นเพื่อเพิ่มความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็นแล้วส่งต่อเข้าคอยล์ร้อน สารทำความเย็นจะไหลผ่านแผงคอยล์ร้อนโดยมีพัดลมเป่าเพื่อช่วยระบายความร้อน ทำให้สารทำความเย็นที่ออกจากคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิลดลง (ความดันคงที่) จากนั้นจะถูกส่งต่อไปให้อุปกรณ์ลดความดัน สารทำความเย็นที่ไหลผ่านอุปกรณ์ลดความดันจะมีความดันและอุณหภูมิต่ำมากแล้วไหลเข้าสู่คอยล์เย็น จากนั้นสารทำความเย็นจะไหลผ่านแผงคอยล์เย็นโดยมีพัดลมเป่าเพื่อช่วยดูดซับความร้อนจากภายในห้อง เพื่อทำให้อุณหภูมิห้องลดลง ซึ่งทำให้สารทำความเย็นที่ออกจากคอยล์เย็นมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น (ความดันคงที่) จากนั้นจะถูกส่งกลับเข้าคอมเพรสเซอร์เพื่อทำการหมุนเวียนน้ำยาต่อไป



ภาพที่ 3 หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

(ธีรพงศ์ บริรักษ์ และพงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ, 2556)

การใช้เครื่องปรับอากาศในไทยยังเป็นที่นิยมในปัจจุบันและมีนักวิจัยให้ความสำคัญกับการศึกษาอย่างต่อเนื่องเพื่อพัฒนาศักยภาพของเครื่องปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพและเพื่อประโยชน์ในการใช้งานของผู้ใช้งานต่อไป หลังจากทราบถึงกระบวนการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในปัจจุบันแล้ว การศึกษาอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องปรับอากาศก็เป็นความสำคัญยิ่งเพื่อให้ทราบถึงความสำคัญของหน้าที่แต่ละส่วนที่ทำงานอย่างสอดคล้องกัน เนื่องจากระบบและกลไกต่าง ๆ ในการทำงานที่ซับซ้อนการศึกษาอย่างลึกซึ้งจึงจำเป็นต้องงานวิจัยนี้

2.1.1 อุปกรณ์ในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

การศึกษาเครื่องปรับอากาศโดยละเอียดเป็นวิธีที่ทำให้ผู้วิจัยเกิดความเข้าใจในหลักการทำงานและระบบมากที่สุด ซึ่งการศึกษาจำเป็นต้องทราบถึงความสำคัญของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและจากการศึกษาของ ดลสิทธิ์และคณะ (2564) พบว่าได้จำแนกส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทั่วไป ดังต่อไปนี้

- คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่เพิ่มความดันให้กับสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นไอ โดยคอมเพรสเซอร์จะดูดสารทำความเย็นที่เป็นไอความดันต่ำจากเครื่องระเหย (Evaporator) เข้ามาทางท่อดูดของคอมเพรสเซอร์และอัดไอของสารทำความเย็นนี้ให้มีความดันและอุณหภูมิที่สูงขึ้น ก่อนจะส่งไปยังคอนเดนเซอร์ (Condenser) ต่อไป กระบวนการอัดไอให้กับสารทำความเย็นด้วยคอมเพรสเซอร์ตัวนี้ เป็นกระบวนการที่ทำให้สารทำความเย็นในรูปแบบอัดไอนั้นกลับมาสู่สถานะของเหลวอีกครั้ง เนื่องจากสารทำความเย็นจะต้องไหลไปทั้งระบบทำความเย็นและสามารถ

กลับคืนสู่สภาวะแวดล้อมพร้อมใช้งานได้อีกครั้ง ซึ่งอุปกรณ์นี้จะมีการใช้พลังงานประมาณ 80% ไปด้วยกับพัดลมคอยล์เย็น

- คอยล์ร้อน (Condenser) เป็นอุปกรณ์ระบายความร้อนของสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นไอ มีอุณหภูมิสูงและความดันสูง โดยหน้าที่ของคอนเดนเซอร์คือการควบแน่นเอาอากาศร้อนออกแต่ยังคงสถานะความดันอยู่เช่นเดิม สารทำความเย็นที่เข้ามาในคอนเดนเซอร์จะมีสถานะเป็นไอและความร้อนสูง เพราะได้รับความร้อนและความดันจากคอมเพรสเซอร์ เมื่อสารทำความเย็นไหลผ่านผนังของคอนเดนเซอร์ จากสถานะเป็นไอจะกลายเป็นของเหลว โดยมีตัวกลางระบายความร้อน ได้แก่ อากาศ น้ำ กับทั้งน้ำและอากาศ เพื่อดึงเอาความร้อนออกไปโดยที่ยังคงมีความดันอยู่เท่าเดิม ซึ่งอุปกรณ์นี้จะมีการใช้พลังงานประมาณ 10% ไปด้วยกับพัดลมคอยล์เย็น

- วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) เป็นส่วนสุดท้ายของการทำความเย็นมีหน้าที่เพื่อช่วยทำให้ความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็นลดลง สารทำความเย็นที่ส่งมาจากคอยล์ร้อน (Condenser) จะไหลผ่านวาล์วลดความดัน ซึ่งจะปรับลดความดันของสารทำความเย็นให้ต่ำลง ส่งผลให้สารทำความเย็นพร้อมที่จะระเหยตัวที่อุณหภูมิต่ำที่อุปกรณ์ถัดไปซึ่งคือคอยล์เย็น

- คอยล์เย็น (Evaporator) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากของเหลวผสมไอ ให้กลายเป็นไออย่างสมบูรณ์ (ไออิ่มตัว) โดยการใช้พัดลมดูดอากาศจากภายในห้องปรับอากาศผ่านแผงคอยล์เย็น ซึ่งทำให้สารทำความเย็นรับความร้อนจากอากาศและเดือดกลายเป็นไอ ซึ่งอุปกรณ์นี้จะมีการใช้พลังงานประมาณ 10% ไปด้วยกับพัดลมคอยล์เย็น

- ระบบท่อน้ำทิ้ง (Condensate Drain) คือระบบที่มีไว้สำหรับรองรับน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวของอากาศเมื่อผ่านไปกระทบกับผิวของคอยล์เย็นจะทำให้อากาศเกิดการกลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำ ดังนั้นเพื่อเป็นการไม่ให้น้ำหยดลงไปยังตัวอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในเครื่องปรับอากาศ บริเวณใต้คอยล์เย็นจึงมีถาดสำหรับรองรับหยดน้ำเหล่านี้ออกไปยังนอกเครื่องปรับอากาศ (ชลสิทธิ์, 2564)

จากงานวิจัยข้างต้นได้กล่าวถึงส่วนประกอบและความสำคัญแต่ละส่วนของเครื่องปรับอากาศ โดยอุปกรณ์หลักของเครื่องปรับอากาศจะประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ คอยล์ร้อน วาล์วลดความดัน คอยล์เย็น ระบบท่อน้ำทิ้ง และปั๊มของเครื่องปรับอากาศที่จะสามารถกำหนดขนาดของห้องทดลองได้ ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาทดลองเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 9,000 บีทียูต่อชั่วโมงที่เหมาะสมกับขนาดห้องปกติ 12-15 ตารางเมตร และ 11-14 ตารางเมตร ห้องไม่โดนแดด (ห้องนอน, ห้องนั่งเล่น, ห้องทำงาน) เนื่องจากสอดคล้องกับความต้องการเครื่องปรับอากาศสำหรับใช้ในบ้านเรือน (ดาวรุ่งรดา วงษ์ไกร, 2563) เพื่อให้เครื่องปรับอากาศทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งจะใช้วิธีการคำนึงถึงปัจจัยและหลักการที่ได้อ้างอิงจากงานวิจัยในอดีต และจากการศึกษานี้ทำให้

ผู้วิจัยเกิดความเข้าใจในกระบวนการทำงานและความเป็นระบบของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมากขึ้น รวมถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดการตั้งสมมติฐานของงานวิจัยนี้ด้วย

2.1.2 การคำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมกับการใช้งาน

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมในห้องทดลองที่สร้างขึ้นมา โดยปัจจัยสำคัญอีกสิ่งหนึ่งคือการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศ ขนาดของเครื่องปรับอากาศและพื้นที่ของห้องทดลองต้องถูกคำนวณหาค่าที่เหมาะสมเพื่อประสิทธิภาพของการทดสอบ

เมื่อศึกษาโครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ได้ยกตัวอย่างหลักการคำนวณหาค่าปีที่อยู่ที่เหมาะสมของห้องขนาด 25 ตารางเมตร สำหรับห้องนอนหรือห้องที่มีความร้อนน้อย (ห้องที่ไม่โดนแดดหรือโดนเล็กน้อยหรือห้องที่ใช้แอร์ตอนกลางคืน) $6.00 \times 6.00 \times (\text{ฝ้าสูงไม่เกิน } 2.50 \text{ ม.}) = 25,200$ บีทียู (กระทรวงพลังงาน, 2550) หรือขนาดที่แนะนำคือ 9,000 บีทียู เหมาะสำหรับห้องปกติ 12-15 ตร.ม และห้องโดนแดด 11-14 ตร.ม เป็นต้น ซึ่งการเลือกขนาดปีที่ให้เหมาะกับขนาดของห้องที่จะทำการติดตั้งนั้นสามารถเลือกได้จากตารางด้านล่างนี้ คำนวณตามสูตรการคำนวณปีที่ของเครื่องปรับอากาศดังนี้

ปีที่ยู = พื้นที่ห้อง (กว้าง \times ยาว) \times ตัวแปร โดยตัวแปรความร้อน สามารถแบ่งออกได้ 2 ระดับดังนี้

700 คือห้องที่มีความร้อนน้อยใช้เฉพาะกลางคืน

800 คือ ห้องที่มีความร้อนสูง ใช้กลางวันมาก กรณีที่มีเพดานสูง กว่า 2.5 เมตร ให้บวกเพิ่มจากเดิมอีก 5%

ทฤษฎีดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าถ้าความสามารถในการทำความเย็น(ปีที่ยู)สูงไป คอมเพรสเซอร์ทำงานตัดบ่อยเกินไปจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดน้อยลง ทำให้ความชื้นในห้องสูง ไม่สบายตัว และที่สำคัญราคาแพง และสิ้นเปลืองพลังงานในทางกลับกันถ้าปีที่ยูต่ำไป คอมเพรสเซอร์ทำงานตลอดเวลาเพราะความเย็นห้องไม่ได้ตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้ สิ้นเปลืองพลังงาน และ เครื่องปรับอากาศเสียเร็ว

ดังนั้นการทดลองของงานวิจัยนี้ได้คำนวณและออกแบบหาความสัมพันธ์ของห้องทดลองกับเครื่องปรับอากาศตามหลักและทฤษฎีข้างต้น จนได้ขนาดที่เหมาะสมของห้องทดลองคือ 4.32 ตร.ม หรือขนาด $(1.60 \times 2.70 \times 2.60) 750 = 8,420$ บีทียู/ชั่วโมง หรือประมาณ 9000 บีทียู/ชั่วโมง (ขนาดเครื่องปรับอากาศทั่วไปที่พบในบ้านพักอาศัย)

2.1.3 เกณฑ์การเลือกเครื่องปรับอากาศ

การทดสอบหาประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมได้ศึกษาเกี่ยวกับระบบปรับอากาศแยกส่วน ขนาดเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมกับขนาดห้องและเกณฑ์การเลือกเครื่องปรับอากาศ ก็เป็นข้อบ่งชี้ถึงมาตรฐานและความน่าเชื่อถือให้เกิดขึ้นงานวิจัยนี้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาข้อมูลดังกล่าว

ในปัจจุบันความต้องการเครื่องปรับอากาศสำหรับใช้ในบ้านเรือนนั้น นิยมใช้เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดเล็กแบบแยกส่วน และโครงการบ้านพักอาศัย ห้องชุด ห้องเช่าต่าง ๆ ก็มีการก่อสร้างอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ประมาณ 9,000 - 25,000 บีทียู (ดาวรุ่งรตา วงษ์ไกร, 2563) และตัวแปรที่เป็นเกณฑ์เลือกเครื่องปรับอากาศในการทดลอง คือตัวแปรที่ใช้กำหนดค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบความเร็วตัวควบแน่นคงที่เพื่อกำหนดสลากประหยัดไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย คืออัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER) หรืออัตราส่วนความเย็นที่ทำได้ต่อพลังงานที่ใช้ทั้งหมดดังแสดงตามเกณฑ์ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 การกำหนดระดับประสิทธิภาพพลังงาน

กฟผ.กำหนดระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศสำหรับการทดสอบและได้ฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพพลังงาน (เบอร์ 5 - เบอร์ 5 ★★★) จะต้องผ่านเกณฑ์ดังนี้

เครื่องปรับอากาศ		ค่าประสิทธิภาพ (บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์)			
ชนิด	ขนาด (บีทียู/ชั่วโมง)	เบอร์ 5	เบอร์ 5★	เบอร์ 5★★	เบอร์ 5★★★
Fixed Speed	≤27,296	12.85 – 13.84	13.85 – 14.84	14.85 – 15.84	≥15.85
	>27,296 - 40,944	12.40 – 13.39	13.40 – 14.39	14.40 – 15.39	≥15.40
	>40,944 - 61,416	10.00 – 10.99	11.00 – 11.99	12.00 – 12.99	≥13.00

(กฟผ., 2564)

ในปัจจุบันนี้มีการรณรงค์ให้ผู้บริโภคเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีฉลากเบอร์ 5 กำกับอยู่ เนื่องจากจะช่วยลดค่าไฟของผู้ใช้งานแล้วยังสามารถแสดงให้เห็นมาตรฐานของเครื่องปรับอากาศประเภทหรือยี่ห้ออีกด้วย

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับมาตรฐานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

เครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างหนึ่งที่ต้องได้รับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เนื่องจากส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้งานและยังมีคำแนะนำสำหรับการใช้งานเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดกับผู้ใช้งานในอาคารด้วย (ดาวรุ่งรตา วงษ์ไกร, 2563) เครื่องปรับอากาศที่จะประหยัดพลังงานได้มาก ก็คือเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง โดยทั่วไปจะทราบค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศได้จากฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ที่ติดอยู่กับเครื่องปรับอากาศ ซึ่งปัจจุบันนั้นมีการแสดงค่าประสิทธิภาพบนฉลาก 2 แบบด้วยกันคือแบบ EER (Energy Efficiency Ratio, EER) และ SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) (นพรัตน์ เกตุขาวและสิทธิพร ศรีเมือง, 2561) ดังจะแสดงในรายละเอียดต่อไปนี้

2.2.1 ศึกษาอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio: EER) และอัตราส่วนของประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานตามฤดูกาล (Seasonal Energy Efficiency Ratio: SEER)

การศึกษาของ (นินนาทและคณะ, 2556) พบว่าเครื่องปรับอากาศที่มีอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานยิ่งสูงจะมีระดับฉลากประหยัดไฟสูงหรือมีประสิทธิภาพสูง ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานสามารถคำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP)

เมื่อสรุปการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลอง พบว่าควรเลือกใช้เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 หรือค่า $EER = 10.6 \text{ (Btu/hr.)}/W$ ขึ้นไปและค่า SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) = หรือมากกว่า 15.40 ขึ้นไปสำหรับขนาดทำความเย็นน้อยกว่า 27,000 Btu/hr. โดย SEER จะนำค่าการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศตามฤดูกาลซึ่งมีผลต่อการทำงานของเครื่องปรับอากาศมาร่วมพิจารณาด้วย (กพพ. 2563) หรือมาตรฐานเบอร์ 5 จะเป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้อง 27 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกระเปาะเปียกภายในห้อง 19 องศาเซลเซียส (ทรงพล โพธิ์สุวัฒน์กุล, 2552) ในประเทศจีนพบว่าเครื่องปรับอากาศที่ผลิตในประเทศ ค่า EER (Energy Efficiency Ratio) และ SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) เป็นมาตรฐานสามารถทำให้ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Liu et al., 2021) ดังจะหาค่าได้จากสมการ 1, 2 และ 3 เมื่อทราบผลจากสมการข้างต้นแล้วจะสามารถคำนวณอัตราค่าการใช้ไฟฟ้าได้ โดยแสดงดังสมการ 4

$$\text{EER} = \frac{\text{Cooling Capacity (Btu/hr.)}}{\text{Power Consumption (W)}} \quad (1)$$

$$\text{EER} = \frac{\text{Cooling Capacity}}{\text{Compressor Work + Evaporator Fan Work + Condenser Fan Work}} \quad (2)$$

$$\text{SEER} = \frac{\text{Cooling Capacity (Btu/hr.)}}{\text{Power Consumption (W)}} \quad (3)$$

2.2.2 ศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศแยกส่วน

การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศแยกส่วนในปัจจุบันสามารถศึกษาได้จากบทความดังต่อไปนี้

การปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศโดยทั่วไปควรตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส หากตั้งต่ำกว่านี้มากจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน ดังนั้นควรปรับอุณหภูมิไว้ที่ 25 องศาเซลเซียสจะประหยัดพลังงานและทำให้ค่าไฟลงได้ถึงร้อยละ 20 เมื่อเทียบกับการตั้งอุณหภูมิที่ 23 องศาเซลเซียส (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2550)

จากงานวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการปรับอากาศมีบทบาทที่สำคัญมากกับชีวิตมนุษย์ในปัจจุบันและตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องปรับอากาศหรือปัจจัยจากตัวแปรอื่น ๆ ก็ย่อมส่งผลให้เกิดผลลัพธ์ที่ต่างกันไป ซึ่งสรุปได้ว่าการจะใช้เครื่องปรับอากาศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดนั้น ต้องเข้าใจหลักการทำงานและเทคนิคการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันได้ด้วย เพื่อให้เครื่องปรับอากาศนั้นสามารถทำงานได้อย่างเต็มที่มีประสิทธิภาพและประหยัดไฟ

2.2.3 ศึกษาวิธีการคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้า

การศึกษาวิธีการคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าเป็นส่วนหลักในการทดสอบหาประสิทธิภาพด้านพลังงานของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมนี้ เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น

ทำงานมีประสิทธิภาพและประหยัดพลังงานมากขึ้น อันจะนำไปสู่ประโยชน์แก่ผู้ที่ใช้งานในการลดค่าใช้จ่ายของการจ่ายค่าไฟฟ้าให้กับเครื่องปรับอากาศ

การคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ใช้การคำนวณหาหน่วยการใช้ไฟฟ้าเทียบค่า วัดต์ ให้เป็นหน่วยวัดตามเครื่องวัดของการไฟฟ้า โดยนำหน่วยที่อ่านจากตัวเครื่อง (แผ่นป้าย) มาหารด้วย 1,000 แล้วคูณด้วยจำนวนชั่วโมงและวันที่ใช้ทำงานต่อเดือน ก็จะเป็นค่า หน่วยการใช้ไฟฟ้า ซึ่งจะมีระบุในใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้าการไฟฟ้า ส่วนในใบแจ้งหนี้ของ กฟผ.จะระบุเป็น กิโลวัตต์หรือหน่วยที่ใช้ ซึ่งก็คือค่าเดียวกัน ซึ่งสามารถคำนวณจากสมการที่ 6

$$\text{หน่วยการใช้ไฟฟ้า} = \frac{\text{วัตต์} \times \text{ชั่วโมงที่ใช้} \times \text{วันที่ใช้งานต่อเดือน}}{1,000} \quad (4)$$

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550)

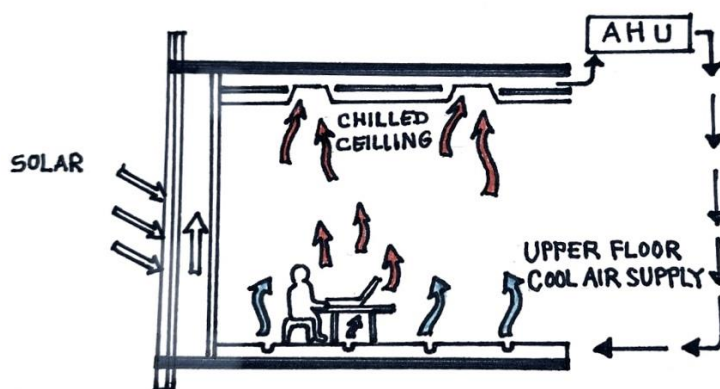
จากการศึกษาเพื่อการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน สรุปว่าเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 จะต้องมียุค EER ตั้งแต่ 12.85 ปีที่อยู่ชั่วโมง/วัตต์ ขึ้นไป ตามมาตรฐานจาก กฟผ. แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า อนุหภูมิของอากาศต้องอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งก็สอดคล้องกับการอัตราการประหยัดไฟ ในขณะที่เดียวกันค่า COP, SEER ของเครื่องปรับอากาศที่มาพร้อมกับตัวเครื่องจากผู้ผลิตนั้น จะเป็นตัวแปรสำคัญที่นำมาคำนวณอัตราการใช้ไฟฟ้าและประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศได้

2.3 แนวคิดเกี่ยวกับระบบปรับอากาศแบบแผ่รังสี

2.3.1 ระบบปรับอากาศรังสีความร้อน (Radiant heat cooling: RHC)

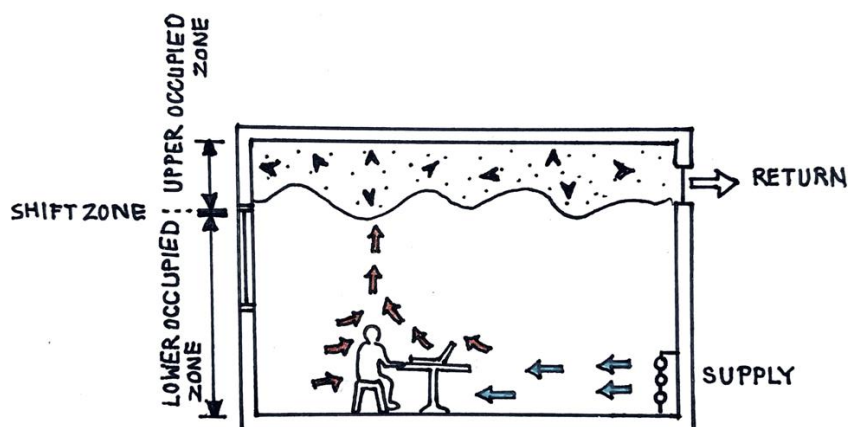
เมื่อกล่าวถึงระบบระบายอากาศด้วยการแผ่รังสีความร้อน (Radiant Heat Cooling: RHC) พบว่ามีการใช้กันอย่างแพร่หลายในยุโรปในช่วงทศวรรษ 2000-2020 ที่ผ่านมา (Simmond et al., 2006) เนื่องจากมีการกระจายอากาศที่ดีมีคุณภาพสูง (Haw et al., 2004) งานวิจัยของ (Riffat et al., 2004) ยังแสดงอีกว่าแม้ว่าอนุหภูมิของอากาศที่เกิดจากระบบปรับอากาศนี้อาจสูงกว่าปกติ 2-3 องศาเซลเซียสซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่ในขณะเดียวกันก็มีการสำรวจพบว่าข้อจำกัดคือการเข้าใจระบบอย่างถ่องแท้ เนื่องจากมีความยุ่งยากและการขาดแนวทางในการเข้าถึงมาตรฐานที่

พัฒนาขึ้น (Feng et al., 2013) แต่ปัจจุบันมาตรฐาน ISO 7730 และ EN 15251 ได้ถูกกำหนดขึ้น เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการออกแบบไว้ซึ่งได้แนะนำระดับความสบายทางอุณหภูมิการแผ่รังสี ความเร็วลม ความชื้น ฯลฯ สำหรับสภาพฤดูหนาวและฤดูร้อนด้วย การระบายอากาศแบบแทนที่ (Displacement Ventilation) ขึ้นอยู่กับ การเคลื่อนที่ของอากาศในห้องที่เกิดจากปัจจัยทางความร้อนที่เกิดขึ้นภายในห้อง การแผ่รังสีของผู้อยู่อาศัย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และแสงอาทิตย์จากภายนอก (Riffat et al., 2004) โดยในงานวิจัยใช้หลอดไฟ LED (light emitting diode) ขนาด 5 วัตต์, 10 วัตต์ และ 15 วัตต์ มาเป็นตัวแปรต้น (ค่าเริ่มต้น) ในการเพิ่มความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายในอาคาร (Internal Heat Load) แทน (คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน, 2561) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Alamdari (1998) ที่ได้อธิบายหลักการทำงานของระบบกระจายลมฝ้าเพดานกับแบบแทนที่ผสมผสาน (ใต้พื้น) และมีการคำนึงถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในห้องจริง โดยงานวิจัยพบว่าระบบนี้ให้คุณภาพอากาศที่ดีขึ้นและมีประสิทธิภาพการกระจายอากาศสูงและใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย ซึ่งหลักการคือ แหล่งกำเนิดการกระจายความเย็นมาจากผนังหรือพื้น จากนั้นก็กระจายผ่านคนขึ้นสู่อากาศด้านบน แล้วนำอากาศกลับไปยังเครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่ (AHU: Air Handling Unit) เพื่อผ่านระบบกรองอากาศแล้วนำกลับมาปล่อยในห้องเป็นวงจร ดังแสดงในภาพที่ 4 และ 5



ภาพที่ 4 หลักการทำงานของระบบระบายอากาศแบบแทนที่

(Riffat et al., 2004)



ภาพที่ 5 ระบบฝ้าเพดานเย็นรวมระบบระบายอากาศแบบแทนที่ใต้พื้น
(Riffat et al., 2004)

จากงานวิจัยที่กล่าวมานั้นพบว่าระบบระบายอากาศด้วยการแผ่รังสีส่วนใหญ่ใช้ในห้องที่มีพื้นที่ใช้งานเป็นระบบการรวมศูนย์ มีเพียงบ้านเรือนที่นิยมการทำความร้อนโดยการใช้อุปกรณ์ปรับอากาศแบบแยกส่วน ซึ่งก็เพียงพอในการให้ความอบอุ่นและในต่างประเทศก็การศึกษาสถานะน่าสบายแบบปรับตัวเข้ากับสภาวะแวดล้อมในไทย โดยงานวิจัยของ Khedari et al. (2000) พบว่าขอบเขตความสบายในประเทศไทยอยู่ในช่วงอุณหภูมิอากาศ 27.5 - 35.34 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50-78 % และ ความเร็วลม 0.2-3.0 เมตร/วินาที จากงานวิจัยของ Olgay (1963) ได้กล่าวว่าความร้อนและความเร็วลมนับเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสถานะน่าสบายสอดคล้องกับสมาคมปรับอากาศแห่งประเทศไทยที่กล่าวว่า “เมื่อออกแบบระบบปรับอากาศ อุณหภูมิและความชื้นจะเป็นส่วนประกอบสำคัญของการปรับสภาวะเพื่อให้เหมาะสมกับความสบาย และการวิเคราะห์คุณสมบัติสามารถทำได้โดยใช้ Psychrometric chart” (สกลทรศน์และคณะ, 2557) เพื่อแสดงสถานะของอากาศที่เกิดขึ้นในกระบวนการปรับอากาศต่าง ๆ และสามารถประเมินภาระทำความเย็น (Cooling Load) ของระบบปรับอากาศได้ซึ่งจะนำไปสู่การประเมินค่าของพลังงานที่ใช้ของระบบปรับอากาศได้

แต่สำหรับการศึกษาในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเฉพาะอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดจากการทดสอบในห้องทดลองเท่านั้นในการประเมินความน่าสบาย ซึ่งเป็นการประเมินเบื้องต้นจากทั้งหมด 6 ปัจจัยที่มีผลต่อสถานะน่าสบาย คือ 1. อุณหภูมิอากาศ 2. อุณหภูมิจากรังสีความร้อน 3. ความชื้นสัมพัทธ์ 4. ความเร็วลม 5. กิจกรรมของบุคคลและ 6. เสื้อผ้าของบุคคล (กิจชัย จิตขจรวานิช, 2544) ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์จาก CBE Thermal Comfort Tool โดย ASHRAE Standard 55-2020

อย่างไรก็ตามการออกแบบระบบทำความเย็นนี้ ต้องคำนึงถึงความต่างของอุณหภูมิและการลดการควบแน่น เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อทำความเย็นในพื้นที่ที่กำหนด ควรควบคุมอุณหภูมิพื้นผิวของแผงทำความเย็นให้อยู่ที่อุณหภูมิต่ำสุด เพื่อให้ได้อุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างพื้นผิวแผงและอุณหภูมิของพื้นที่ที่กำหนด แต่ข้อจำกัดที่สำคัญในแนวคิดนี้ คือการรักษาอุณหภูมิพื้นผิวแผงที่สูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างในอากาศ (Dew point) (Simmond et al., 2006) เมื่อมีการศึกษาในเรื่องพัฒนาการของระบบแล้ว ปัจจุบันก็มีมาตรฐานที่นำมาใช้เพื่อควบคุมให้ระบบปรับอากาศนี้มีมาตรฐานเหมือนระบบอื่น ๆ อีกทั้งแนวทางการทดสอบและที่เกี่ยวข้อง ดังจะแสดงในรายละเอียดต่อไปนี้

การทดสอบสอบระบบนั้นได้นำมาตรฐาน EN 1264-5 มาใช้ เช่นการกำหนดวิธีการหรือความสามารถในการทำความร้อน/เย็นที่ผนังและเพดาน การกำหนดความสามารถในการทำความเย็นของระบบทำความเย็นแบบติดผนัง เพดานและบนพื้นด้วย ซึ่งมาตรฐานสำหรับระบบทำความร้อนแบบแผ่รังสีความร้อนและความเย็นแบบแผ่รังสีก็กำลังอยู่ระหว่างการค้นคว้าและพัฒนา (ISO 18566) ซึ่งจะรวมถึงข้อกำหนดทางเทคนิค การกำหนดความสามารถในการทำความร้อนความเย็น การออกแบบ และการควบคุมแผงแผ่รังสีความร้อนแบบเพดาน และวิธีทดสอบความสามารถในการทำความเย็นสำหรับระบบแผงการแผ่รังสีได้ระบุไว้ในเกณฑ์ของ EN ANSI/ASHRAE 138 สำหรับแนวทางทางเทคนิคคู่มือ ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers.) ได้แสดงถึงหลักการของระบบการแผ่รังสี การคำนวณการถ่ายเทความร้อน การพิจารณาการออกแบบทั่วไป ระบบการแผ่ความร้อนด้วยไฟฟ้า ขั้นตอนการออกแบบ และการควบคุม ส่วนคู่มือ REHVA (Federation of European Heating, Ventilation and Air conditioning Associations.) ได้แสดงถึงประเภทของระบบ ความสามารถในการทำความร้อน/เย็น การควบคุมการทำงานและการติดตั้งระบบทำความร้อน/เย็นที่อุณหภูมิต่ำ ตลอดจนระบบทำความเย็นที่อุณหภูมิสูงด้วย จะเห็นว่าระบบปรับอากาศนี้มีมาตรฐานที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากความนิยมที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในแถบยุโรปและอเมริกา

แต่เมื่อก้าวถึงระบบปรับอากาศแบบแผ่รังสีภายในอาคารพบว่า Mustakallio et al. (2017) ได้ออกแบบระบบปรับอากาศภายในอาคารในอาคารสำนักงานสมัยใหม่และต้องการให้เกิดสภาพแวดล้อมภายในอาคารที่สบายและมีประสิทธิภาพสำหรับผู้อยู่อาศัย ตลอดจนการทำงานของระบบปรับอากาศที่ประหยัดพลังงาน ซึ่งระบบที่ทันสมัยนี้สามารถให้ความเย็นโดยการพาความร้อน เช่น คานเย็นแบบแอกทิฟ (ทำงานโดยการเหนี่ยวนำ กล่าวคือ การทำความเย็นและการผสมของอากาศในห้องที่ถูกเหนี่ยวนำด้วยอากาศบริสุทธิ์ที่จ่ายไป) หรือโดยการพาความร้อนและการแผ่รังสีรวมกัน เช่น การผสมการระบายอากาศร่วมกับระบายอากาศฝ้าเพดานเย็น (ทั้งการแผ่รังสีและการพาความร้อน) ข้อมูลการวิจัยหลักและแนวทางการออกแบบของระบบแผ่รังสีความร้อน ระบบเพดานทำความเย็น และการระบายอากาศแบบผสม ได้สรุปไว้ในคู่มือโดย Federation of European

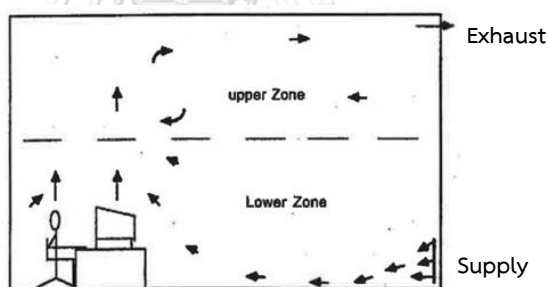
Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations (FEHVA) และ Feng et al. (2013) ได้กล่าวถึงการสำรวจล่าสุดที่ดำเนินการโดยปฏิบัติงานการออกแบบการระบายความร้อนแผ่รังสีว่า ความแตกต่างของภาระการทำความเย็นระหว่างระบบการแผ่รังสีและระบบอากาศพบว่า ยังไม่เป็นที่เข้าใจอย่างถ่องแท้ ซึ่งแม้แต่ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ที่สุดบางคนก็รับทราบถึงความยุ่งยากและการขาดแนวทางในการเข้าถึงมาตรฐานและวิธีการที่พัฒนาขึ้น

จากบทความทางวิชาการที่ได้แสดงข้างต้นพบว่า ระบบทำความเย็นฝ้าเพดานมีศักยภาพด้านการปรับอากาศสูง ใช้พลังงานต่ำเมื่อเทียบกับการปรับอากาศแบบทั่วไปในทางการตลาดที่สำคัญในแถบยุโรป ซึ่งสอดคล้องกับรายงานยอดขายและการติดตั้งระบบที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในปัจจุบัน แชนจ์หน้าระบบ (Variable Air Volume; VAV) แบบ fan-coiled ที่ได้รับความนิยมในตลาดที่ได้มีการพัฒนาแล้วอย่างมาก ยกตัวตัวอย่าง ในแถบสแกนดิเนเวียและเยอรมนี ที่ราคาเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการแข่งขันและเป็นปัจจัยหลักที่ควบคุมความสำเร็จของธุรกิจได้ อย่างไรก็ตาม ระบบปรับอากาศที่ผสมผสานกันที่ให้ความเย็นได้ทั้งการแผ่รังสีและการพาความร้อน ได้สร้างความสบายทางอากาศและคุณภาพอากาศได้ดีกว่าระบบปรับอากาศแบบอื่นเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะให้ความเย็นแบบพาความร้อนเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ระบบแบบรวมยังผสมผสานการใช้เทคนิคการประหยัดพลังงานเพื่อการประหยัดพลังงานอีกด้วย และระบบยังสามารถติดตั้งเสริมในอาคารเก่าที่มีการใช้งานระบบปรับอากาศอยู่เดิมได้ง่าย อีกทั้งยังใช้ต้นทุนในการติดตั้งเทียบเท่ากับระบบคอยล์พัดลมทั่วไป

สรุปงานวิจัยเหล่านี้พบว่า การศึกษาระบบปรับอากาศแบบแผ่รังสีความร้อนแรกเริ่มในแถบยุโรปและมีการขยายเป็นกว้างในสหรัฐอเมริกา จากนั้นระบบถูกนำมาปรับใช้ในแถบเอเชียโดยเฉพาะประเทศจีนที่นำเอาระบบนี้มาใช้เป็นที่แรก ต่อมาได้แผ่ขยายในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้บางประเทศ นำเอาระบบปรับอากาศแบบแผ่รังสีมาปรับใช้ให้เข้ากับสภาพอากาศ โดยให้การแผ่รังสีทำความเย็นแทนการแผ่รังสีความร้อน โดยเฉพาะในประเทศไทยที่อยู่ในเขตร้อนชื้น จากการศึกษา งานวิจัยจากอดีตพบว่าระบบนี้มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบปรับอากาศแบบทั่วไป เนื่องจากประหยัดพลังงานมากกว่าและสามารถออกแบบให้แผงทำความเย็นเข้ากับบริบทภายในอาคารให้มีความกลมกลืนเข้ากับการออกแบบทางสถาปัตยกรรมด้วย และจากจุดเริ่มต้นนี้ทำให้เกิดการทดลองในงานวิจัยของต่างประเทศขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศการแผ่รังสีร่วมกับระบบปรับอากาศอื่น เช่น ระบบปรับอากาศแบบแทนที่ร่วมกับระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนทั่วไป ดังนั้นระบบการทำความเย็นแบบแผ่รังสีร่วมกับระบบการปรับอากาศทั่วไปจึงน่าสนใจและเพื่อต้องการพัฒนาให้เกิดความรู้ความเข้าใจในระบบปรับอากาศมากขึ้น ดังจะแสดงการประยุกต์ใช้ระบบทำความเย็นแบบต่าง ๆ

2.3.2 ระบบระบายอากาศแบบแทนที่ (Displacement Ventilation: DV)

เมื่อนึกถึงระบบปรับอากาศแบบกระจายหรือแบบแผ่รังสีนั้น (Radiant Floor Cooling) ในประเทศไทยก็นึกถึงสนามบินสุวรรณภูมินั่นเอง แต่ระบบปรับอากาศที่สนามบินสุวรรณภูมินั้นเป็นแบบผสมคือ ใช้ทั้งระบบแผ่รังสีจากพื้นและระบบการเป่าลมเย็น นั้นแสดงให้เห็นว่ามีลักษณะคล้ายระบบระบายอากาศแบบแทนที่ในต่างประเทศ สำหรับระบบระบายอากาศแบบแทนที่ในการทำความเย็นทั่วไป (Displacement Ventilation: DV) ดังแสดงในภาพ 6 เป็นการจ่ายอากาศจากเครื่องกระจายอากาศจากขอบด้านข้างผนังไปยังพื้นที่ในห้อง อุณหภูมิอากาศที่ถูกจ่ายออกไปจะต่ำกว่าอุณหภูมิห้องและมีความเร็วลมต่ำ (< 100 fpm หรือ 0.5 m/s) โดยอากาศที่ถูกจ่ายจะกระจายไปทั่วพื้นและลอยขึ้นเมื่อได้รับความร้อนจากแหล่งความร้อน (เช่น คน คอมพิวเตอร์) โดยแหล่งความร้อนจะพาความร้อนที่เกิดขึ้นขึ้นอากาศและสิ่งปนเปื้อนในอากาศที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศที่ถูกปล่อยจากแหล่งกระจายอากาศโดยรอบไปยังพื้นที่ด้านบนของห้อง แล้วส่งออกไปยังท่อระบายอากาศออกที่อยู่ใกล้กับเพดาน ระบบระบายอากาศนี้จะไม่มีการระบายความร้อน เรียกว่าระบบระบายอากาศแบบแทนที่ (Yuan et al., 2010)

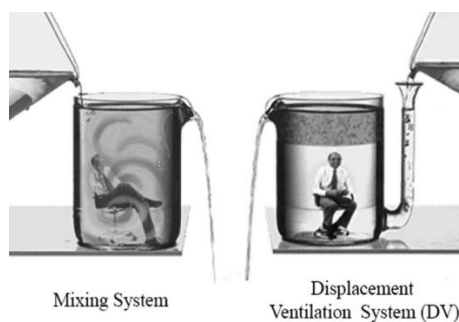


ภาพที่ 6 การทำงานของระบบระบายอากาศแบบแทนที่

(Xiaoxiong Yuan et al., 2010)

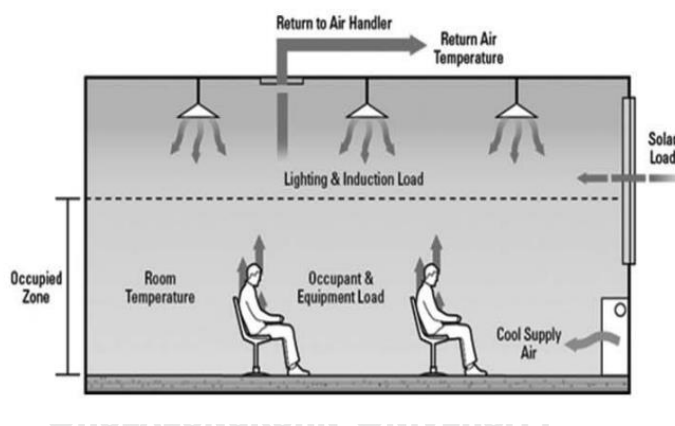
เปรียบเทียบระบบกระจายลมเย็นแบบแทนที่และแบบปกติ ระบบกระจายลมเย็นแบบแทนที่ (Displacement Ventilation) จะใช้การส่งลมเย็น (Supply Air) เข้าสู่บริเวณที่ต้องการปรับอากาศโดยตรงจากตู้จ่ายลมเย็นที่ติดตั้งอยู่ในแนวระดับเดียวกับบริเวณที่ปรับอากาศ (หรือที่ระดับพื้น) แล้วอาศัยการลอยตัวขึ้นตามธรรมชาติของอากาศที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นของอากาศจากกลับ (Return Air) ผ่านช่องอากาศจากกลับ (Return Air Grill) ที่ติดตั้งอยู่บริเวณด้านบนของห้องในการกลับคืนสู่เครื่องส่งลมเย็น (AHU) หรือแฟนคอยล์ยูนิต (FCU) เพื่อทำการปรับสภาวะอากาศใหม่อีกครั้งหนึ่งต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งแตกต่างจากระบบปรับอากาศ โดยทั่วไปที่เป็นแบบ Mixing Air System ที่จะติดตั้งหัว

จ่ายหรืออุปกรณ์ส่งลมเย็นที่เพดานห้องหรือบริเวณด้านบนของพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศ โดยอาศัยการต่อท่อลม (Supply Air Duct) จากเครื่องส่งลมเย็น (AHU) หรือแฟนคอยล์ยูนิต (FCU) มายังหัวจ่ายลม (Air Grill) เพื่อส่งผ่านลมเย็นไปยังบริเวณที่ต้องการปรับอากาศ ดังแสดงในภาพที่ 7



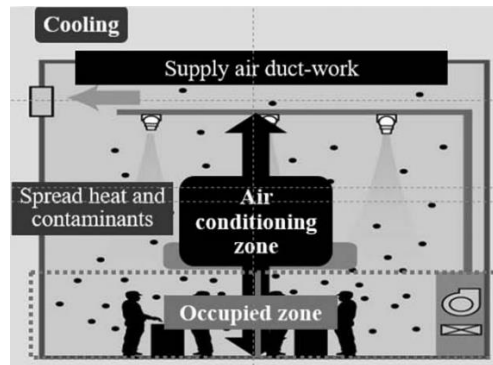
ภาพที่ 7 เปรียบเทียบรูปแบบการไหลของอากาศภายใต้ระบบกระจายลมเย็นแบบแทนที่ (Displacement Ventilation System) และแบบปกติ (Mixing Air System)

(ทศพล สติത്യส์วงศ์กุล, 2563)



ภาพที่ 8 หลักการทำงานของระบบกระจายลมเย็นแบบแทนที่ (Displacement Ventilation System)

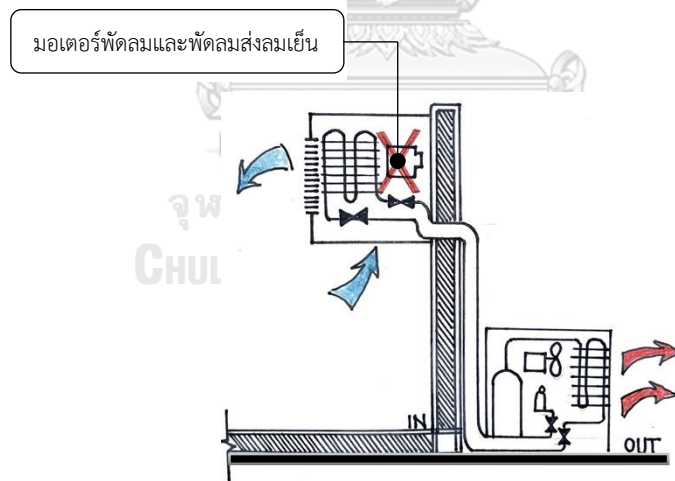
(ทศพล สติത്യส์วงศ์กุล, 2563)



ภาพที่ 9 หลักการทำงานของระบบกระจายลมเย็นทั่วไป (Mixing Air System)

(ทศพล สติยศ์สูงศักดิ์กุล, 2563)

สำหรับหลักการทำงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนไร้พัดลม จะใช้หลักการเดียวกันกับระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนทั่วไป เพียงแต่ว่าในระบบแบบไร้พัดลมนั้นจะไม่มีพัดลมส่งความเย็น (Fan) ซึ่งปกติแล้วมีหน้าที่ดูดเป่าอากาศหมุนเวียนกระจายความเย็นภายในห้อง ทำให้มอเตอร์พัดลมไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนพัดลมส่งความเย็น ส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศนี้มากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 การทำงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนไร้พัดลม

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2562)

2.3.3 ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบแผ่รังสี

เมื่อกล่าวถึงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบแผ่รังสีแล้ว มีการศึกษาและวิจัยมากมายที่ทดสอบหาประสิทธิภาพและการทำงานของระบบนี้ โดยเฉพาะในต่างประเทศที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมมาเพื่อเป็นการประกอบในการทำวิจัยนี้ ดังต่อไปนี้

ระบบทำความเย็นแบบฝ้าเพดานแผ่รังสี (Cooling Ceiling Panel) คานกระจายความเย็น (Chilled Beam) และฝ้าเพดานทำความเย็น (Chilled Ceiling) ระบบระบายอากาศเหล่านี้ล้วนเป็นการจ่ายความเย็นแบบ Radiant Cooling ที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของการกระจายความร้อนที่ดี คุณภาพอากาศสูง มีการใช้พลังงานต่ำและมีประสิทธิภาพการระบายอากาศสูง Riffat et al. (2004) ระบบการทำความเย็นแบบแผ่รังสีมีส่วนสำคัญในการขจัดความร้อน โดยใช้ระบบทำความเย็นฝ้าเพดาน ดังนั้นระบบนี้จึงสามารถทำงานได้ดีเมื่ออุณหภูมิแตกต่างกันไม่มากนักระหว่างอากาศภายในห้องกับพื้นผิวระบบทำความเย็นฝ้าเพดาน ซึ่งจะส่งผลให้ระบายความร้อนได้ดีและมีประสิทธิภาพสูงสุด (Riffat et al., 2004) และในแง่ของความสะดวกเมื่อเทียบกับระบบระบายอากาศทั่วไป ระบบนี้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยการรักษาอุณหภูมิให้คงที่ ทั้งการไล่ระดับอุณหภูมิอากาศในแนวตั้งที่ทำงานโดยใช้การไหลของอากาศที่น้อยกว่ามากเมื่อเทียบกับระบบลมทั่วไป

Riffat et al. (2004) ศึกษาด้านคุณภาพอากาศภายในอาคารของระบบทำความร้อนแบบแผ่รังสีพบว่า ระบบนี้สามารถลดฝุ่นละอองเมื่อเทียบกับระบบทำความร้อนแบบหมุนเวียน เมื่อพิจารณาอากาศภายในอาคาร พบว่าเกิดประสิทธิภาพดีกว่าเมื่อมีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่า ผู้ทดลองอาจรับรู้ถึงคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดีขึ้นในอาคารที่มีระบบทำความร้อนแบบแผ่รังสี เนื่องจากสามารถรักษาอุณหภูมิของอากาศให้ต่ำกว่าอาคารทั่วไป แต่ไม่สามารถขจัดมลพิษได้เอง จึงต้องรวมระบบระบายอากาศอื่นเพิ่มเติมด้วย แสดงให้เห็นว่าระบบระบายอากาศแบบแทนที่มีคุณภาพอากาศภายในอาคารในอยู่ระดับสูงสำหรับระบบทำความเย็นฝ้าเพดาน รวมถึงระบบทำความร้อนใต้พื้นแบบแผ่รังสีด้วย ซึ่งการระบายอากาศแบบผสมก็สามารถใช้ร่วมกับระบบระบายความร้อนแบบแผ่รังสีได้ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานทุกประเภทและ Feng et al. (2013) เสนอว่า ระบบการระบายความร้อนด้วยระบบฝ้าเพดานเย็นเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ

สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้นพบว่า สำหรับระบบปรับอากาศ การทำความเย็นความเย็นแบบแผ่รังสีมีความสำคัญต่อผู้ใช้งานในอาคารไม่เพียงแต่แถบยุโรปหรือฝั่งอเมริกาเท่านั้น แต่ยังเริ่มเห็นได้มากขึ้นในแถบเอเชีย โดยเฉพาะในประเทศจีน ที่มีการนำเอาระบบปรับอากาศแบบแผ่รังสีมาสร้างความน่าสบายให้กับผู้อยู่อาศัยในอาคาร มีงานวิจัยที่ทำการทดสอบหาข้อดีของการทำงานระบบนี้ในด้านต่าง ๆ เช่น ประสิทธิภาพของการปรับอากาศ คุณภาพอากาศ การประหยัดพลังงานและการ

ประยุกต์ใช้ระบบนี้กับระบบปรับอากาศแบบรวม และในประเทศไทยเองมีงานวิจัยที่ทดลอง ประสิทธิภาพและการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน แต่ยังไม่มีการศึกษาที่เสนอ การออกแบบระบบแบบผสมด้วยระบบปรับอากาศแบบแผ่รังสีกับระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน เป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งในการริเริ่มศึกษาเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศที่สามารถ ประยุกต์ใช้ในเขตอากาศร้อนชื้นแบบประเทศไทย เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพที่มากกว่าและประหยัด พลังงานมากกว่าระบบทั่วไปเพียงอย่างเดียว

2.3.4 ประสิทธิภาพด้านพลังงานของระบบปรับอากาศแผ่รังสี

ระบบการทำความร้อน/เย็นแบบและการระบายอากาศแบบแผ่รังสีนั้น ในต่างประเทศพบได้ ทั้งแบบบนพื้นและใต้พื้นในอาคารที่พักอาศัย อาคารพาณิชย์ และโรงงานอุตสาหกรรม จากข้อดีด้าน ความสบายและการประหยัดพลังงานที่เป็นจุดเด่นนี้ มีการศึกษาอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับศักยภาพใน การประหยัดพลังงานของการใช้ความร้อน/ความเย็นแบบแผ่รังสีอย่างเหมาะสมแล้ว ความสบายจาก การระบายความร้อนและประสิทธิภาพการระบายอากาศที่สามารถทำได้โดยการผสมผสานการทำ ความร้อน/ความเย็นของพื้นแบบแผ่รังสีกับการระบายอากาศแบบแทนที่ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาและ รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพด้านพลังงานของระบบปรับอากาศแผ่รังสีไว้ดังต่อไปนี้

ระบบทำความร้อน/ทำความเย็นต้องรองรับสภาพแวดล้อมทางความร้อนที่ยอมรับได้สำหรับ ผู้อยู่อาศัยทั้งในแง่ของความสบายทางความร้อนของร่างกาย (Predict Mean Vote (PMV), Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD), อุณหภูมิห้องที่ใช้ในการทำงาน) และในแง่ของ ความสบายในการระบายความร้อนในห้อง (อุณหภูมิพื้น, ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศในแนวตั้ง, อุณหภูมิการแผ่รังสี) โดยพื้นโปร่งแสงให้สภาวะความร้อนภายในห้องลดลงและโดยทั่วไประบบนี้ได้ถูก กำหนดให้เป็นระบบที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบแผ่รังสีครอบคลุมมากกว่า 50% ของการแลกเปลี่ยน ความร้อนของพื้นที่ปรับอากาศ เมื่อเทียบกับระบบอากาศชนิดอื่นที่ขึ้นอยู่กับการพาความร้อนเท่านั้น

งานวิจัยของ He Y et al. (2017) ได้ศึกษาผลกระทบของการใช้ระบบทำความเย็นฝ้าเพดาน และพัดลมตั้งโต๊ะที่มีต่อความสบายในสภาพแวดล้อมที่ร้อนชื้น ทำการทดลองหลายครั้งในห้องทดลอง ที่อุณหภูมิ 26, 28 และ 30 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ 70%) ผลลัพธ์ที่ได้บ่งชี้ว่าการผสมผสาน ระหว่างฝ้าเพดานทำความเย็นและพัดลมตั้งโต๊ะช่วยลดความรู้สึกร้อนและเพิ่มความสบายใน สภาพแวดล้อมที่ร้อนชื้น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการปรับสภาพร่างกายส่วนบน ซึ่งลดความรู้สึกร้อน และช่วยปรับคุณภาพอากาศที่รับรู้ได้ แต่การไหลเวียนของอากาศในห้องโดยพัดลมตั้งโต๊ะอยู่ที่ 26 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ ระบบทำความเย็นฝ้าเพดานสามารถตอบสนององศาหน้าสบายที่ยอมรับได้ 80% ที่ 28 องศาเซลเซียส ในขณะที่การทดสอบระบบทำความเย็นฝ้าเพดานกับพัดลมตั้งโต๊ะที่

ผู้เข้าร่วมทดสอบพบว่า มากกว่า 80% รู้สึกยอมรับได้ที่ 28 และ 30 องศาเซลเซียส การรวมกันของระบบดังกล่าวยังส่งผลกระทบต่ออย่างมีนัยสำคัญต่อการเพิ่มภาระทั้งในสภาพแวดล้อมที่ขึ้นและคุณภาพอากาศ ซึ่งมากกว่าการใช้ระบบทำความเย็นผ้าเปดานเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังพบว่าระบบนี้ทำให้เกิดสภาพแวดล้อมของอากาศที่เย็นกว่า อากาศมีการเคลื่อนไหวที่คงที่กว่า และในสภาพแวดล้อมที่แห้งกว่านั้น อากาศจะลดลงภายใต้สภาวะที่ร้อนขึ้นด้วย แสดงให้เห็นว่าการรวมกันของระบบมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานเนื่องจากสามารถขยายช่วงที่เกิดสภาวะน่าสบายที่ยอมรับได้และลดการใช้พลังงานสำหรับการลดความชื้นในอากาศภายในอาคารด้วย

2.4 ศึกษาสภาวะน่าสบายของเขตร้อนชื้น

เมื่อการศึกษาสภาวะน่าสบายหรือ Thermal Comfort มีความหมายที่กำหนดโดย ASHRAE Standard 55-1981 เมื่อแปลเป็นภาษาไทยตาม กิจชัย จิตขจรวานิช (2544) ว่า “สภาวะสบาย” ก็ควรจะมีความสำคัญว่าสภาวะทางจิตใจที่คนส่วนใหญ่มีความรู้สึกพอใจกับสภาพอากาศนั้น ๆ ซึ่งความพอใจในสภาพอากาศใด ๆ ก็ต้องถือว่าเป็นเรื่องของแต่ละบุคคล โดยปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะสบาย มี 6 ประการดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะสบาย

เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์ (2454) ค้นพบว่าสภาวะนำสบายของเขตร้อนขึ้นนั้นเป็นสิ่งสำคัญต่อการประเมินผลในประเทศไทย เนื่องจากที่ตั้งและสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างจากฝั่งยุโรป ซึ่งผู้ที่อยู่อาศัยในเขตอากาศร้อนขึ้นอาจมีความคาดหวังต่อสภาวะนำสบายที่แตกต่างจากผู้ที่อยู่อาศัยในเขตหนาว สมาคมวิศวกรรมระบบปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (ASHRAE) ได้กำหนดมาตรฐานของสภาวะนำสบาย (ASHRAE Standard 55a-1995) ว่าเป็น ขอบเขตสูงสุดของสภาวะนำสบายอยู่ที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิกระเปาะเปียกที่ 20 องศาเซลเซียส แต่งานวิจัยอีกหลายชิ้นพบว่าสภาวะนำสบายควรมีความแตกต่างกันตามสภาพภูมิอากาศ คนในพื้นที่เขตร้อนควรมีสภาวะนำสบายที่สูงกว่าคนในพื้นที่เขตหนาว เพราะคนสามารถปรับตัวหรือมีความต้องการทางกายภาพที่หลากหลาย การทดลองหลายอย่างชี้ให้เห็นถึงสภาวะนำสบายของคนไทยที่แตกต่างจากคนต่างชาติ การศึกษาของบุช (Busch) สรุปไว้ว่า คนไทยที่ทำงานในสภาพแวดล้อมที่ใช้อุปกรณ์ปรับอากาศมีขอบเขตสูงสุดของสภาวะนำสบายที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสในขณะที่คนทำงานในสภาพแวดล้อมที่ไร้ระบบระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติมีขอบเขตสูงสุดของสภาวะนำสบายที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส

การศึกษาเกี่ยวกับสภาวะนำสบายของคนไทยโดย รัตน์พันธ์ นันทวิจารย์ (2557) ได้กล่าวว่า “มีความแตกต่างของสภาวะนำสบายในแต่ละช่วงวัย โดยยิ่งอายุสูงขึ้นค่าสภาวะนำสบายของอุณหภูมิก็ยิ่งต่ำลงค่าสภาวะนำสบายเฉลี่ยทุกช่วงวัยของนักศึกษาในห้องฟังบรรยายแบบไม่ปรับอากาศอยู่ที่อุณหภูมิ 28.19 องศาเซลเซียส (27.84– 28.53 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 45.61 % (32.38 % - 69.47 %) และความเร็วลมที่ 0.23 เมตร/วินาที (0.09 เมตร/วินาที – 0.47 เมตร/วินาที) สภาวะนำสบายเฉลี่ยทุกช่วงวัยของนักศึกษาในห้องฟังบรรยายแบบปรับอากาศอยู่ที่อุณหภูมิ 25.87 องศาเซลเซียส (25.64 – 26.15 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 45.50 % (43.20 % - 51.15 %) และความเร็วลมที่ 0.11 เมตร/วินาที (0.07 – 0.12 เมตร/วินาที) การปรับตัวเพื่อเข้าสู่สภาวะสบายของนักศึกษาขณะนั่งฟังบรรยายในห้องฟังบรรยายทั้งสองแบบเปิดพัดลมหรือโบกพัดเมื่อรู้สึกร้อนและปิดพัดลมหรือหาเสื้อผ้าใส่เมื่อรู้สึกหนาว”

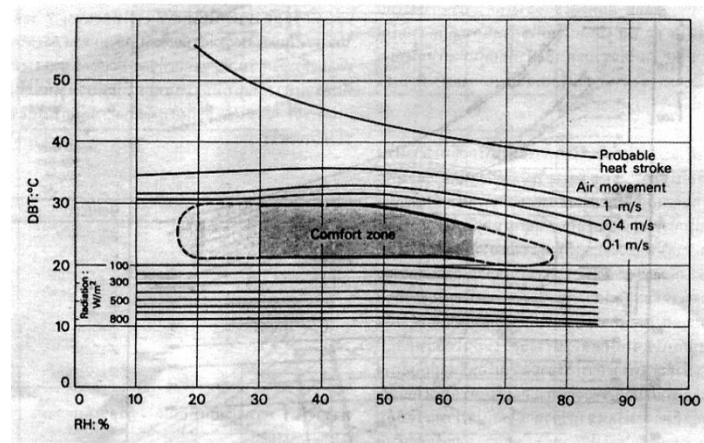
ศุภกิจและคณะ (2558) ได้ศึกษาทดลองเก็บข้อมูลและกล่าวว่า “ค่าเฉลี่ยความรู้สึกสบายต่อสภาพอากาศในห้องปรับอากาศที่เวลา 09.00 – 12.00 น. ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ 25 องศาเซลเซียส ได้ค่าผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 85.93 หน่วย ค่าพลังงานไฟฟ้า 3.02 หน่วย และในช่วงเวลา 13.00-16.00 น. ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ที่ 24 องศาเซลเซียส ได้ค่าผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 24.22 หน่วย ค่าพลังงานไฟฟ้า 4.02 หน่วย และได้ระบบควบคุมต้นแบบสำหรับควบคุมการปรับตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศในแต่ละช่วงเวลา

ทรงพล อัดถากร (2562) ได้ศึกษาสภาวะนำสบายแบบปรับตัวเข้ากับสภาวะแวดล้อมในไทย โดยได้ยกงานวิจัยได้แก่ Khedari et al. (2000) ศึกษาสภาวะสบายของคนไทย พบว่าคนไทยยอมรับ

อากาศร้อนด้วยการใช้เพียงพัดลมช่วย โดยชอบเขตความสบายในประเทศไทยอยู่ในช่วงอุณหภูมิอากาศ 27.5 - 35.34 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50-78 % และ ความเร็วลม 0.2-3.0 เมตร/วินาที (สุดาภรณ์ สุดประเสริฐ, 2559) ได้ศึกษาพฤติกรรมของคนในห้องไม่ปรับอากาศที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 31.4 องศาเซลเซียส พบว่าคนส่วนใหญ่มีวิธีการปรับตัวใน 3 อันดับแรกคือ หาบริเวณที่มีลมที่ตึกกว่าหรือเปิดพัดลม ปรับการเคลื่อนไหวให้น้อยลง และดื่มเครื่องดื่มเย็น โดยหลังปรับตัวแล้วมีระดับความพอใจที่ 80.7% (ศศิธร ศรีเฟื่องฟู, 2560) พบว่าคนไทยพึงพอใจต่ออุณหภูมิภายในโบสถ์ไทยในช่วง 22.8-33.0 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 55-70% โดยรู้สึกสบายที่อุณหภูมิ 30.95 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นเฉลี่ย 64.12% สรุปได้ว่า งานวิจัยทั้ง 3 นี้ มีนัยเชิงเปรียบเทียบกับการปรับตัว การเลือกกิจกรรมที่ทำและการเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ เช่น การหาบริเวณที่มีลมพัดแรงหรืออากาศเย็น การหาที่นั่งเพื่อพักผ่อนหรือการซื้อเครื่องดื่มหรือสิ่งที่ทำให้รู้สึกดี เป็นต้น สุริชัย ภัทรกิจนิรันดร์ และรวี งามโชคชัยเจริญ (2546) กล่าวว่า “เมื่อออกแบบระบบปรับอากาศอุณหภูมิ ความชื้นจะเป็นส่วนประกอบสำคัญของอากาศที่จะทำการปรับสถานะเพื่อให้เหมาะสมกับความสบาย การวิเคราะห์คุณสมบัติสามารถกระทำได้โดยใช้ แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric chart) ซึ่งแสดงถึงคุณสมบัติทางกายภาพของอากาศในสถานะต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง ฉะนั้นการรู้จักความสัมพันธ์ของคุณสมบัติของอากาศในสถานะต่าง ๆ จะช่วยให้งานออกแบบและวิเคราะห์ระบบปรับอากาศนั้นง่ายขึ้น”

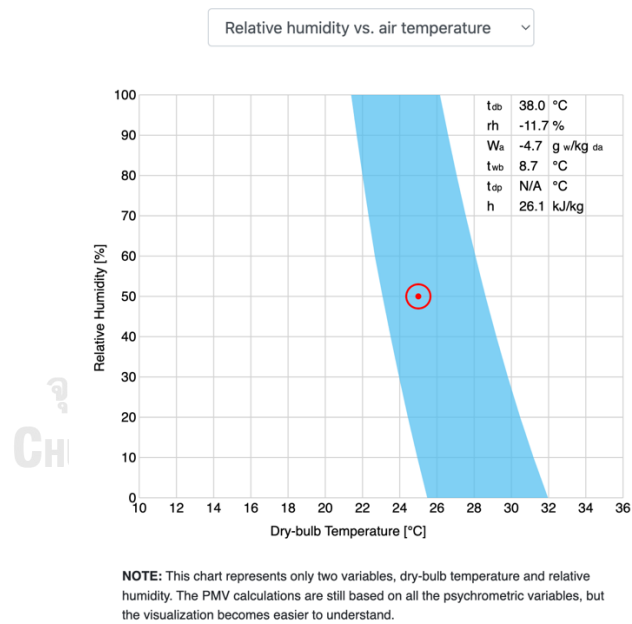
กิจชัย จิตขจรวานิช (2544) พบว่าการศึกษาสภาวะน่าสบายไม่เพียงแต่นักวิจัยไทยเท่านั้นที่ศึกษาค้นคว้าและทดสอบแต่ยังมีนักวิจัยในต่างประเทศที่สนใจเรื่องนี้เช่นเดียวกัน ตัวอย่าง Brooks (1952) พบว่าช่วงสภาวะสบายต้องมีสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิระหว่าง 21-28 องศาเซลเซียส (ในเขตร้อนจะเลื่อนออกไปเป็น 24-30 องศาเซลเซียส) และมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 30-70% หรือ Olgyay (1963) ที่ศึกษาความร้อนและความเร็วลม แล้วสรุปว่านับเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายในอดีตได้สร้างแผนภูมิ “ไบโอไคลเมตริก” (ภาพที่ 12) ที่มีขอบเขตสภาวะน่าสบายที่ควรมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 22-28 องศาเซลเซียส และความชื้นในช่วง 20-80% โดยหากมีความเร็วลมก็จะสามารถขยายขอบเขตได้แต่ไม่ได้แสดงวิธีคำนวณที่ชัดเจน จึงยากต่อการคำนวณในพื้นที่ที่มีสภาวะอากาศร้อนขึ้น

การแสดงผลในงานวิจัยนี้ ใช้การแสดงผลการทดสอบในแผนภูมิไบโอไคลเมตริก (Bioclimatic Chart) โดยการใช้สี่เป็นตัวแบ่งอุณหภูมิของอากาศภายในที่วัดได้ ซึ่งแบ่งเป็น 4 สี คือ 1. สีน้ำเงินเข้ม = อุณหภูมิต่ำที่สุด 2. สีน้ำเงิน = อุณหภูมิต่ำ 3. สีฟ้า = อุณหภูมิสูง และ 4. สีเทา = อุณหภูมิสูงที่สุด ซึ่งการแสดงผลลงในแผนภูมิสามารถบอกรายละเอียดของอากาศที่สภาวะต่าง ๆ และทำให้เข้าใจถึงธรรมชาติและกระบวนการเปลี่ยนแปลงของสภาวะอากาศที่ทดสอบ ตลอดจนนำมาใช้วิเคราะห์เพื่อประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง



แผนภูมิไบโอไคลเมตริก (Koenigsberger et al. 1974-ปรับเพื่อเขตร้อนจากต้นแบบของ Olgay, 1963)

ภาพที่ 12 แผนภูมิไบโอไคลเมตริก
(ภัทรนันท์ ทักขนนท์, 2547)



ภาพที่ 13 ลักษณะแผนภูมิไบโอไคลเมตริกที่ใช้ในวิจัย โดย ASHRAE Standard 55-2020

จากงานวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่าสภาวะน่าสบายของคนไทยจะอยู่ในช่วง อุณหภูมิ 27.5 - 28.53 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 45.61- 78% และความเร็วลมที่ 0.11- 0.47 เมตรต่อวินาที) ซึ่งสภาวะน่าสบายเฉลี่ยทุกช่วงวิจัยขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของแต่ละคนและการปรับตัวเพื่อเข้าสู่สภาวะสบาย และยังพบอีกว่าคนไทยยอมรับอากาศร้อนด้วยการใช้เพียงพัดลมช่วยด้วย จากวิจัยที่

ได้ทำการศึกษาสรุปได้ว่าอุณหภูมิที่อยู่ระหว่าง 21-28 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 30-70% นั้นอยู่ในกรอบของสภาวะสบายได้ โดยไม่ค่าความเร็วลมกำหนด ซึ่งจากผลสรุปที่ได้จะนำเสนอในผลทดสอบของงานวิจัยนี้ต่อไป

2.5 การใช้หลอดไฟแทนความร้อนที่เกิดขึ้นในอาคาร

ที่มาของความร้อนที่เกิดขึ้นในอาคาร (Internal Heat Gain: Qi) เป็นความร้อนที่อาจเกิดขึ้นได้จากคนหรือมาจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ภายในอาคาร เช่น ความร้อนจากหลอดไฟฟ้า ตู้เย็น เป็นต้น (iEnergyGuru, 2558)

ความร้อนจากไฟส่องสว่าง (Lighting heat) เป็นแหล่งความร้อนอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นภายในบริเวณพื้นที่ปรับอากาศหรือพื้นที่ทำงานในห้องทำงานความร้อนจากไฟส่องสว่างจะทำให้อุณหภูมิในบริเวณนั้นสูงขึ้น เป็นภาระทางความร้อนที่ระบบปรับอากาศจะต้องระบายออกไปจากพื้นที่ดังกล่าว

ปริมาณความร้อนจากไฟส่องสว่างขึ้นอยู่กับกำลังไฟฟ้า (วัตต์) และตำแหน่งติดตั้งไฟส่องสว่าง การคำนวณหาโหลดความร้อนจากไฟส่องสว่างสามารหหาจำนวนวัตต์ของหลอดไฟทั้งหมดในบริเวณปรับอากาศคูณกับชั่วโมงการทำงานทั้งหมดใน 1 วัน ตามสมการ 5 ดังนี้

$$\text{Heat gain from Lighting} = (\text{Total wattage for all lighting}) \times (\text{Working hours per day}) \times (4.5) \text{ (BTU/day)}$$

(5)

(พิมพ์ิญ, 2566)

ตามมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ (วสท.031001-59) การหาภาระการปรับอากาศ ประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือภาระความร้อนจากภายนอกอาคาร (External Load), ภาระความร้อนจากภายในอาคาร (Internal Load) และภาระความร้อนจากอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศและในงานวิจัยนี้ ได้นำหลอดไฟส่องสว่าง LED ขนาด 5 วัตต์, 10 วัตต์ และ 15 วัตต์รวมทั้งหมด 35 วัตต์ แทนภาระความร้อนภายในอาคารแทนเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ ที่อาจจะพบเจอในห้องนอนทั่วไป จากการศึกษาพบว่าภาระความร้อนภายในอาคาร (Internal Load) แบ่งเป็น 6 ประเภทดังนี้

ประเภทที่ 1 ภาระความร้อนที่เกิดขึ้น สามารถหาได้จากสมการ 6

$$Q_{psen} = N \times QS \times CLF \quad (6)$$

$$Q_{plat} = N \times QL$$

เมื่อ Q_{psen} คือ ความร้อนสัมผัสที่เกิดจากคน

Q_{plat} คือ ความร้อนแฝงที่เกิดจากคน

QS คือ ค่าคงที่ความร้อนสัมผัสที่เกิดจากคน (อ้างอิงค่าได้จาก 1997 ASHRAE fundamentals, chapter 28)

QL คือ ค่าคงที่ความร้อนแฝงที่เกิดจากคน (อ้างอิงค่าได้จาก 1997 ASHRAE fundamentals, chapter 28)

N คือ จำนวนคนในห้อง

CLF คือ สัดส่วนความร้อนตามเวลาที่อยู่ในห้องปรับอากาศ (อ้างอิงค่าได้จาก 1997 ASHRAE fundamentals, chapter 28)

ประเภทที่ 2 ภาระความร้อนเกิดจากแสงส่องสว่าง สามารถหาได้จากสมการ 7 ดังนี้

$$Q_{tgs} = 3.14 \times W \times CLF \quad (7)$$

เมื่อ Q_{tgs} คือ ภาระความร้อนที่เกิดจากแสงสว่าง

W คือ กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟเป็นวัตต์

CLF คือ สัดส่วนจำนวนการใช้แสงสว่าง (อ้างอิงค่าได้จาก 1997 ASHRAE fundamentals, chapter 28)

ประเภทที่ 3 ภาระความร้อนที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ที่อยู่ภายในห้องปรับอากาศ สามารถหาได้จากสมการ 8 ดังนี้

$$Q_m = 2545 \times (P/Eff) \times F_{um} \quad (8)$$

เมื่อ Q_m คือ ภาระความร้อนที่เกิดจากมอเตอร์ในห้องปรับอากาศ

P คือ กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์

EFF คือ ประสิทธิภาพของมอเตอร์

F_{um} คือ สัดส่วนจำนวนการใช้งานของมอเตอร์

ประเภทที่ 4 ภาระความร้อนที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าอยู่ในห้องปรับอากาศขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ที่อยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ สามารถหาได้จากสมการ 9 ดังนี้

$$Q_{mout} = 2545 \times P \times F_{um} \quad (9)$$

- เมื่อ Q_{mout} คือ ภาระความร้อนที่เกิดจากมอเตอร์อยู่ภายนอกห้องปรับอากาศ
 P คือ กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์
 F_{um} คือ สัดส่วนจำนวนการใช้งานของมอเตอร์

ประเภทที่ 5 ภาระความร้อนที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องปรับอากาศขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ที่อยู่ภายในห้องปรับอากาศ สามารถหาได้จากสมการ 10 ดังนี้

$$Q_m = 2545 \times P \times (1.0 - \text{Eff}/\text{Eff}) \times F_{um} \quad (10)$$

- เมื่อ Q_{mout} คือ ภาระความร้อนที่เกิดจากมอเตอร์ในห้องปรับอากาศ
 P คือ กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์
 EFF คือ ประสิทธิภาพของมอเตอร์
 F_{um} คือ สัดส่วนจำนวนการใช้งานของมอเตอร์

ประเภทที่ 6 ภาระความร้อนที่เกิดจากเครื่องใช้ไฟฟ้าในห้องปรับอากาศขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ที่อยู่ภายในห้องปรับอากาศ สามารถหาได้จากสมการ 11 ดังนี้

$$Q_{app} = 3.14 \times W \times \text{CLF} \quad (11)$$

- เมื่อ Q_{app} คือ ภาระความร้อนที่เกิดจากเครื่องใช้ไฟฟ้า
 W คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นวัตต์
 CLF คือ สัดส่วนจำนวนการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า (อ้างอิงค่าได้จาก 1997 ASHRAE fundamentals, chapter 28)

(ยศวัฒน์ เพิ่มศิริปกรณ์, 2566)

จากสมการข้างต้นสามารถแสดงให้เห็นถึงวิธีการคำนวณภาระการปรับอากาศ ซึ่งมีความสำคัญในระบบปรับอากาศ ในงานวิจัยนี้ได้คำนึงถึงภาระของเครื่องปรับอากาศ เพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนไร้พัดลม เนื่องจากการทดสอบพบว่า ภาระความร้อนจากหลอดไฟส่องสว่างจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิที่วัดได้จริงในขณะทดสอบ

งานวิจัยของ D.W. Etheridge (2010) พบว่าการลดความร้อนภายในห้องให้น้อยที่สุดในช่วงหน้าหนาวจะส่งผลต่อผลของระบบระบายอากาศตามธรรมชาติ เช่น สภาพอากาศของสหราชอาณาจักร เป็นต้น ความร้อนภายในที่ได้รับควรน้อยกว่า 20–30 W ต่อพื้นที่ 2 ตร.ม โดยค่าความร้อนที่มากขึ้นอาจต้องการการระบายความร้อนเพิ่มขึ้นด้วย และความร้อนภายในเกิดขึ้นอาจเกิดจากแสงสว่าง ผู้ใช้อาศัย อุปกรณ์ไฟฟ้าและแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านเข้ามา

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องปรับอากาศแล้วจะพบว่าความร้อนที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวทดสอบถึงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนไร้พัดลม โดยการทดสอบได้นำค่าการแทนความร้อนที่อาจเกิดขึ้นภายในอาคาร โดยศึกษาดังต่อไปนี้

Category	Overseas Standard			Korean Standard		
	Year	Load	Source	Year	Load	Source
OA	1993	47.3		2001	30	Korea Energy Agency [57]
	2001	21.5		2007	20	Analysis on design drawings [81]
	2013	20	ASHRAE [26]	2009	27	Ministry of Knowledge Economy [82]
	-	-		2011	50.4	Building energy efficiency rating certification system [69,70]
	-	-		2016	50.4	
Lighting	1992	11		2001	30	Korea Energy Agency [57]
	2006	18.28	ASHRAE [25–30]			
	2007	14				
	2010	11.84				
Human body	1980	9.9–9.88	Architectural institute of Japan [76]	1982	11.9–23.72	New Architecture [84]
	2006	16.9	ASHRAE [28]	2001	23.72	Korea Energy Agency [57]
	2013	9.49	CIBSE Guide A [83]	2009	13.05	Ministry of Knowledge Economy [82]

Design standard values of internal heat gains in offices comparison between overseas and Korean values (unit: W/m²).

ภาพที่ 14 มาตรฐานการออกแบบค่าการเพิ่มความร้อนภายในสำนักงานเปรียบเทียบระหว่างต่างประเทศและเกาหลี (หน่วยเป็นวัตต์/ตร.ม.)

(Hyemi Kim et al., 2018)

จากภาพที่ 14 พบว่าค่าความร้อนภายในอาคารและค่าการแผ่รังสีความร้อนจากมนุษย์อยู่ระหว่าง 23.72–30 วัตต์/ตร.ม. และภาพที่ 15 แสดงให้เห็นว่าขณะนอนหลับอัตราการผลิตความร้อนในร่างกายมนุษย์จะอยู่ที่ 60 วัตต์หรือ 35 วัตต์/ตร.ม.

Activity	Rate of heat production	
	(W)	(W/m ²)
Sleeping	60	35
Resting	80	45
Sitting, Normal office work	100	55
Typing	150	85
Slow walking (3 km/h)	200	110
Fast walking (6 km/h)	250	140
Hard work (filing, cutting, digging etc.)	More than 300	More than 170

Heat Production Rate in a Human Body

ภาพที่ 15 อัตราการผลิตความร้อนในร่างกายมนุษย์

(Rajesh Kumar et al., 2012)

จากการพิจารณาพบว่าความร้อนที่เกิดขึ้นภายใน (Internal Heat Load) ไม่ควรน้อยกว่า 30 วัตต์/ตร.ม. แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้สร้างผนังห้องทดลองด้วยวัสดุผนังเบา ยิปซัมบอร์ดที่ไม่มีฉนวนความร้อน ทำให้ความร้อนที่เข้ามาภายในห้องนั้นมีความร้อนที่สะสมอยู่ ดังนั้นการทดสอบจึงใช้ค่าแทนความร้อนที่น่าจะเกิดขึ้นด้วยการใช้หลอดไฟ LED จำนวน 35 วัตต์ต่อห้อง 4.32 ตร.ม.

2.6 สรุปบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันความต้องการการปรับอากาศภายในอาคารไม่จำเป็นในระดับบ้านเรือนเท่านั้น แต่ยังรวมถึงอาคารใช้งานในลักษณะอื่น เช่น อาคารขนาดใหญ่ ห้างสรรพสินค้า อาคารจัดแสดงงาน โรงแรมและอีกมากมาย ความต้องการพัฒนาระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนและและระบบการทำ ความเย็นแบบแผ่รังสี (วิธีกระจายลมแบบแทนที่) จึงมีการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับระบบปรับอากาศที่มีหน้าที่หลักคือสร้างความสบายพร้อมกับคุณภาพอากาศที่ดีให้ผู้อยู่อาศัย และในขณะเดียวกันก็ต้องมีการคำนึงถึงการใช้พลังงานไปพร้อมกันด้วย ความสบายของผู้อยู่อาศัยในอาคารประกอบไปด้วยช่วง อุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมภายใต้การหมุนเวียนอากาศที่เพียงพอ ระบบการปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยใช้หลักการของระบบทำความเย็นแบบแทนที่ซึ่งเป็นเทคนิคการปรับอากาศที่มีต้นทุนต่ำที่ใช้ในการกระจายอากาศได้อย่างสม่ำเสมอ จึงเหมาะสมอย่างยิ่งในการลดการใช้พลังงานของอาคาร ในยุคนี้ที่มีต้นทุนพลังงานสูงให้มีการใช้พลังงานที่ลดลงโดยที่สามารถให้ความเย็นได้เท่าเดิมหรือเพิ่มขึ้น เป็นการช่วยลดการใช้พลังงานอันเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อนอีกด้วย

ตารางที่ 3 สรุปผลการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิด ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่ ทำการศึกษา	สิ่งที่ได้จากการทบทวน	ประเด็นที่นำไปศึกษาต่อ
ปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้าในครัวเรือนที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง		
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2565	<p>ความสำคัญของปัญหาใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคครัวเรือนที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากโควิด-19 และสภาพอากาศที่ร้อน ส่งผลให้มีการใช้เครื่องปรับอากาศมากขึ้นด้วย</p>	<p>นำไปสู่การตั้งคำถามในงานวิจัยว่า “แนวทางใดที่จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศได้ ”</p>
สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2564		
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กองส่งเสริมประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้า. 2564		
กลุ่มสถิติและข้อมูลพลังงาน. 2563		
แนวคิดการเพิ่มประสิทธิภาพให้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน		
มานพ แจ่มกระจ่าง, 2549	<p>ที่มาของตัวแปรในการนำมาคำนวณหาค่า EER และ COP การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อให้ตอบสนองต่อการใช้งานและเรียนรู้อุปกรณ์ หลักการทำงานหน้าที่ต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศ</p>	<p>การสร้างอากาศให้เกิดการระบายและการลดอุณหภูมิให้พัดลมระบายอากาศ เป็นวิธีที่จะสร้างอากาศให้เกิดการหมุนเวียน จึงเป็นที่มาของการเริ่มกระบวนการคิดว่าวิธีกระจายความเย็นอย่างสม่ำเสมอ เพื่อลดการใช้พลังงาน น่าจะส่งผลให้เครื่องปรับอากาศทำงานน้อยลง</p>
สกลทรศน์ อินแก้วและคณะ, 2557		
นิกร เนื่องอุดมและคณะ, 2559		
นิรันตร์ วิชโรดม, 2561		
ชลสิทธิ์ เหล่าสนธิ์และคณะ, 2564		
The Japan Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers (JSRAE), 2012		
ความต้องการใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้ในประเทศไทย		
นินนาท ราชดิษฐ์และคณะ, 2557	การคำนวณหาค่า EER และ COP	เน้นศึกษาในเครื่องปรับอากาศแยกส่วนเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการประหยัดไฟ

แนวคิด ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่ ทำการศึกษา	สิ่งที่ได้จากการทบทวน	ประเด็นที่นำไปศึกษาต่อ
ค่า EER IEER และ SEER		
<p>ทรงพล โพธิ์สุวรรณกุล, 2552</p> <p>นพรัตน์ เกตุขาวและสิทธิพร ศรีเมือง, 2561</p> <p>Olgay V</p> <p>ดาวรุ่งรตา วงษ์ไกร, 2563</p>	<p>ทราบประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวมหรือ IEER และ SEER</p> <p>รวมถึงการวิเคราะห์ค่า EER และ SEER เป็นค่ามาตรฐานที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ</p> <p>เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเหมาะกับประเทศไทย</p>	<p>การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อการทดสอบและกำหนดระยะการติดตั้งเครื่องปรับอากาศในการทำการทดลอง</p>
<p>สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย, 2556</p> <p>เทรน ประเทศไทย, 2556</p>	<p>มาตรฐานการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน</p> <p>คู่มือการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ</p>	
<p>คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน, 2561</p>	<p>การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง</p>	<p>กำหนดค่าความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารได้</p>
แนวคิดระบบปรับอากาศแทนที่		
<p>Xiaoxiong Yuan et al. 2022</p> <p>F. Alamdari. et al. 1998</p> <p>Simmonds P. et al. 2006</p> <p>H. Skistad, 2010</p> <p>Riffat et al. 2004</p>	<p>หลักการการทำงานของระบบปรับอากาศแทนที่ ข้อดีของระบบรวมถึงพัฒนาการของระบบปรับอากาศแบบแทนที่ที่มีการผสมระบบอื่นเข้าด้วยกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ</p>	<p>นำหลักการการทำงานของระบบปรับอากาศแบบแทนที่มาประยุกต์ใช้ในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทั่วไป</p>
ระบบปรับอากาศแบบแผ่รังสี		
<p>Kyu-Nam Rhee et al. 2017</p> <p>ASHRAE, 2009</p>	<p>มาตรฐานการทดสอบระบบและข้อดีด้านการประหยัดพลังงาน</p>	<p>นำหลักการการแผ่รังสีมาประยุกต์ใช้และหาแนวทางการพัฒนาเพื่อการประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน</p>

แนวคิด ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่ ทำการศึกษา	สิ่งที่ได้จากการทบทวน	ประเด็นที่นำไปศึกษาต่อ
สภาวะน่าสบาย		
Noël Djongyang et al. 2010 A.K. Persily,1997 Joseph Khedaria et al. 2000	อุณหภูมิ ความชื้นของค่า ความน่าสบายในเขตร้อนชื้น จากงานวิจัยในต่างประเทศ	นำค่าคงที่ที่กำหนดเป็นค่า มาเป็นมาตรฐานที่ได้จาก งานวิจัยทั้งไทยและ ต่างประเทศมาเป็น ตัวกำหนดเป้าหมายใน งานวิจัยนี้



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ซึ่งมีระเบียบวิธีวิจัยแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังภาพที่ 3.1 ดังแสดงรายละเอียดดังนี้

3.1 แผนการดำเนินงาน

3.1.1 ศึกษาระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนรวมถึงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมากำหนดระยะเวลาการติดตั้งเครื่องปรับอากาศในการทดสอบ

3.1.2 กำหนดตัวแปรในการศึกษา โดยแบ่งตัวแปรที่ใช้ในการทดลองดังนี้

ตัวแปรต้นประกอบด้วย ความสูงของตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ (H) และความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร (Internal Heat Gain) ซึ่งการทดสอบใช้หลอดไฟแทนการปล่อยรังสีความร้อนของเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วยหลอดไฟขนาด 5 วัตต์, 10 วัตต์, และ 15 วัตต์ ตามลำดับ รวม 35 วัตต์ ต่อการทดสอบต่อหนึ่งตัวอย่าง

ตัวแปรตามประกอบด้วย อุณหภูมิที่ความสูงต่างระดับของเครื่องปรับอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งแบ่งเป็นกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (kW) และกำลังไฟฟ้าของเครื่องลดความชื้น (kW) เพื่อนำมาคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ขณะเครื่องปรับอากาศและเครื่องลดความชื้นทำงาน

3.1.3 ทดสอบในห้องเสมือนจริง โดยทำการสร้างห้องทดลองด้วยการใช้ระบบผนังเบาและโครงเหล็ก ขนาด $1.60 \times 2.70 \times 2.60$ ม. โดยห้องทดลองนี้ถูกวางใต้หลังคา ไมโดนแดดหรือได้รับรังสีความร้อนโดยตรง ทั้งนี้เพื่อให้ห้องทดสอบสามารถควบคุมปัจจัยภายในและภายนอกได้ ซึ่งจะทำให้ผลการทดลองมีประสิทธิภาพ การทดสอบอยู่ในช่วงเดือน พฤศจิกายน (ต้นฤดูหนาว) พ.ศ. 2565 ของสัปดาห์แรกและสัปดาห์สุดท้ายของเดือน เนื่องจากมีสภาพภูมิอากาศปลอดโปร่งและมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่อวันใกล้เคียงกันคือ 19-36 องศาเซลเซียส



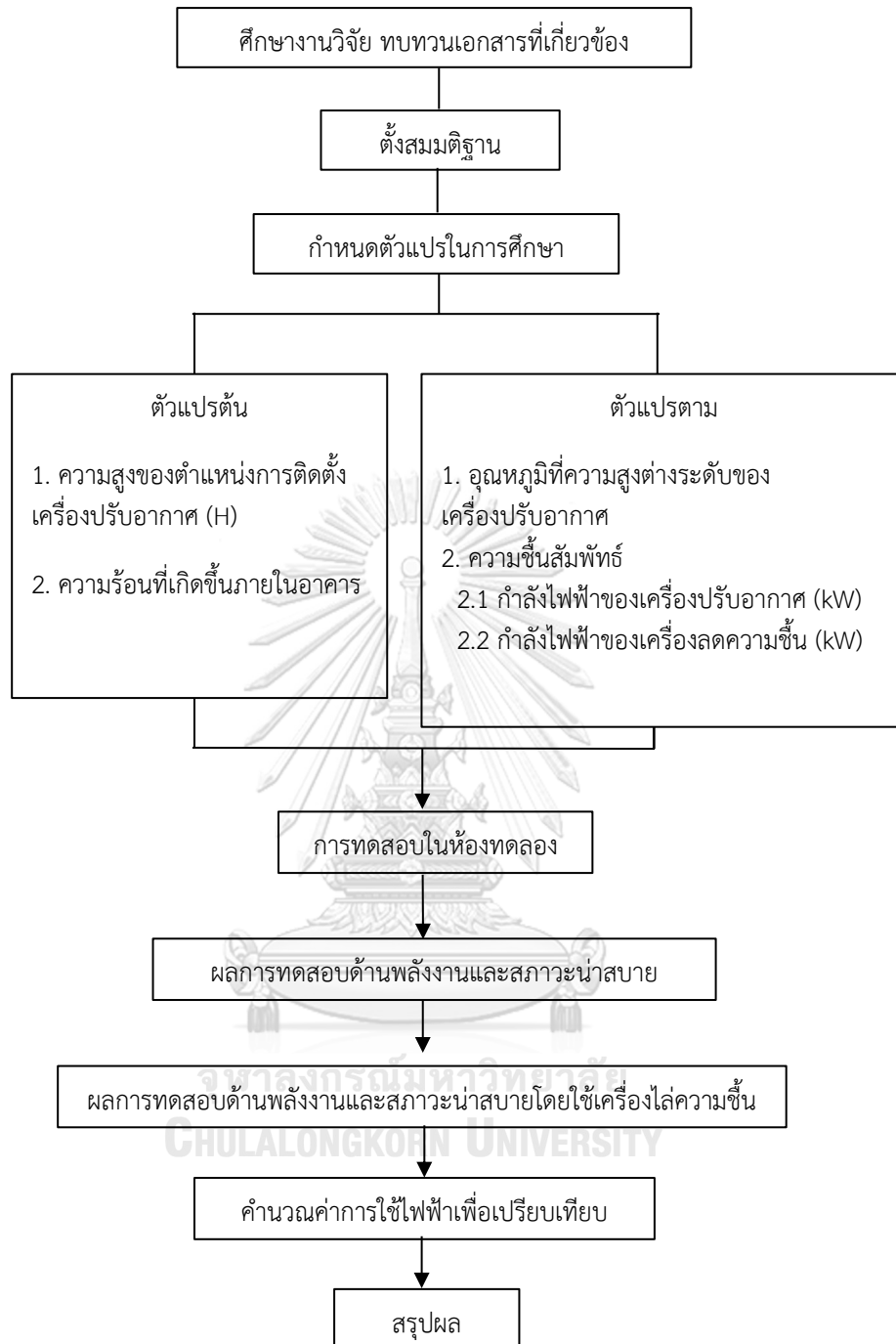
ภาพที่ 16 ภายนอกห้องทดลอง

3.1.4 แสดงผลการทดสอบในแผนภูมิไบโอไคลเมตริก (Bioclimatic Chart) โดยใช้สีเป็นตัวแบ่งอุณหภูมิของอากาศภายในที่วัดได้ขณะทดสอบ เพื่อนำเสนอผลของสภาวะน่าสบาย

3.1.5 คำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนไร้พัดลม โดยการทดสอบจะวัดค่าต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิภายใน – ภายนอก ความชื้นสัมพัทธ์ คุณภาพอากาศ ค่าพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่ใช้ เป็นต้น จากนั้นจะนำผลลัพธ์ที่ได้มาคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าและแปลงออกมาเป็นจำนวนเงิน ซึ่งจะเปรียบเทียบค่าการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทั่วไปเพื่อสรุปค่าการประหยัดไฟฟ้า

3.1.6 สรุปผลถึงประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมเย็นแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลมโดยใช้การกราฟและแสดงไดอะแกรมในภาพ



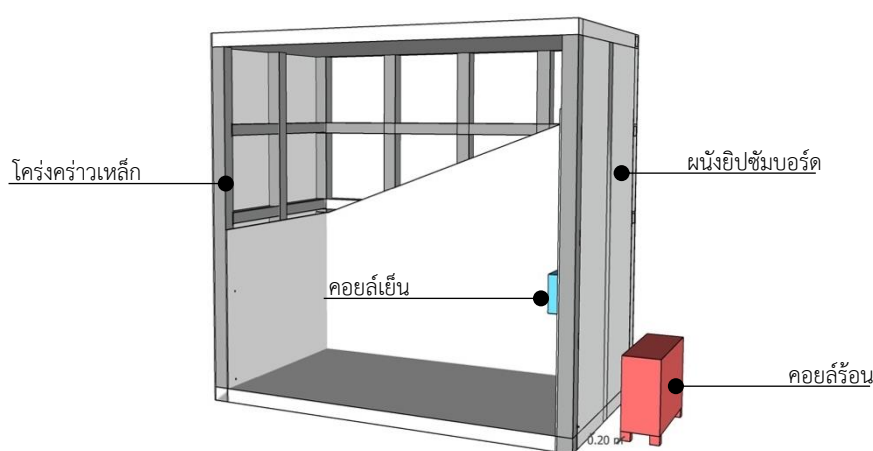


ภาพที่ 17 แผนการดำเนินงานวิจัย

3.2 การสร้างห้องทดสอบ

3.2.1 การกำหนดลักษณะห้องทดสอบ

การสร้างห้องทดสอบหาประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ใช้ระบบผนังเบาหรือใช้เหล็กเป็นโครงสร้างหลัก ปิดทับด้วยวัสดุแผ่นผนังหรือยิปซัม ขนาด 4.32 ตร.ม หรือ กว้าง 1.60 ม. x ยาว 2.70 ม. x สูง 2.60 ม.



ภาพที่ 18 วัสดุสร้างห้องทดลองและส่วนประกอบ

โครงสร้างและอุปกรณ์ติดตั้ง

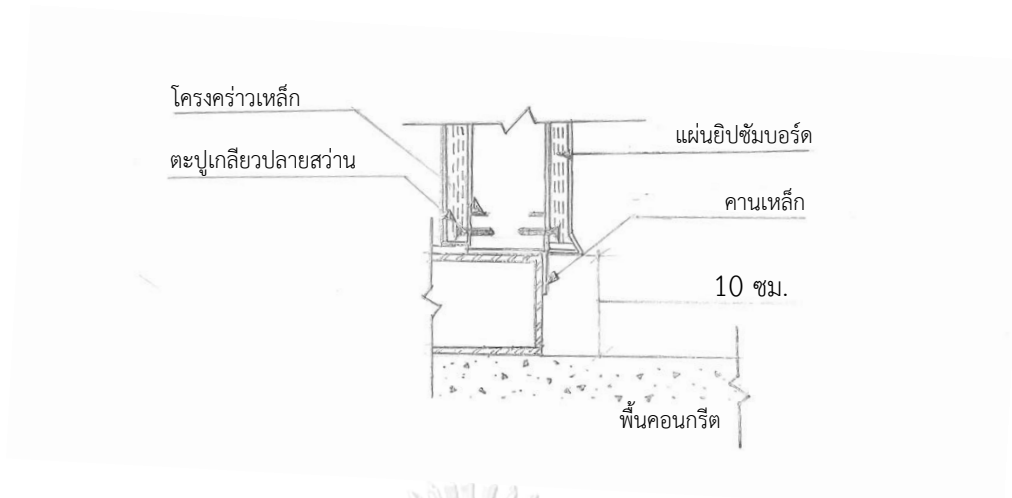
ผนังยิปซัมบอร์ด ขนาด 120 x 280 ซม. หนา 8 มม.

โครงสร้าง : เหล็กรูปพรรณตัวซี ขนาด 75 x 45 x 15 x 2.3 มม. @ 0.60 ม.

อุปกรณ์ยึด : ตะปูเหล็กเกลียว ปลายสว่าน มีปีก 32 มม.

อุปกรณ์ยาแนวรอยต่อ : กาวยาแนวโพลียูรีเทน

จากลักษณะของห้องทดลองเป็นผนังยิปซัมที่ไม่มีฉนวนกันความร้อน ทำให้ห้องทดลองมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนให้อาคารน้อย ดังนั้นการเพิ่มความร้อนภายในอาคาร (Internal Heat Load) ด้วยหลอดไฟ LED จึงมีค่าไม่เกิน 30-35 วัตต์หรือคิดเป็นครึ่งหนึ่งของความร้อนที่เกิดขึ้นของมนุษย์ขณะนอนหลับ



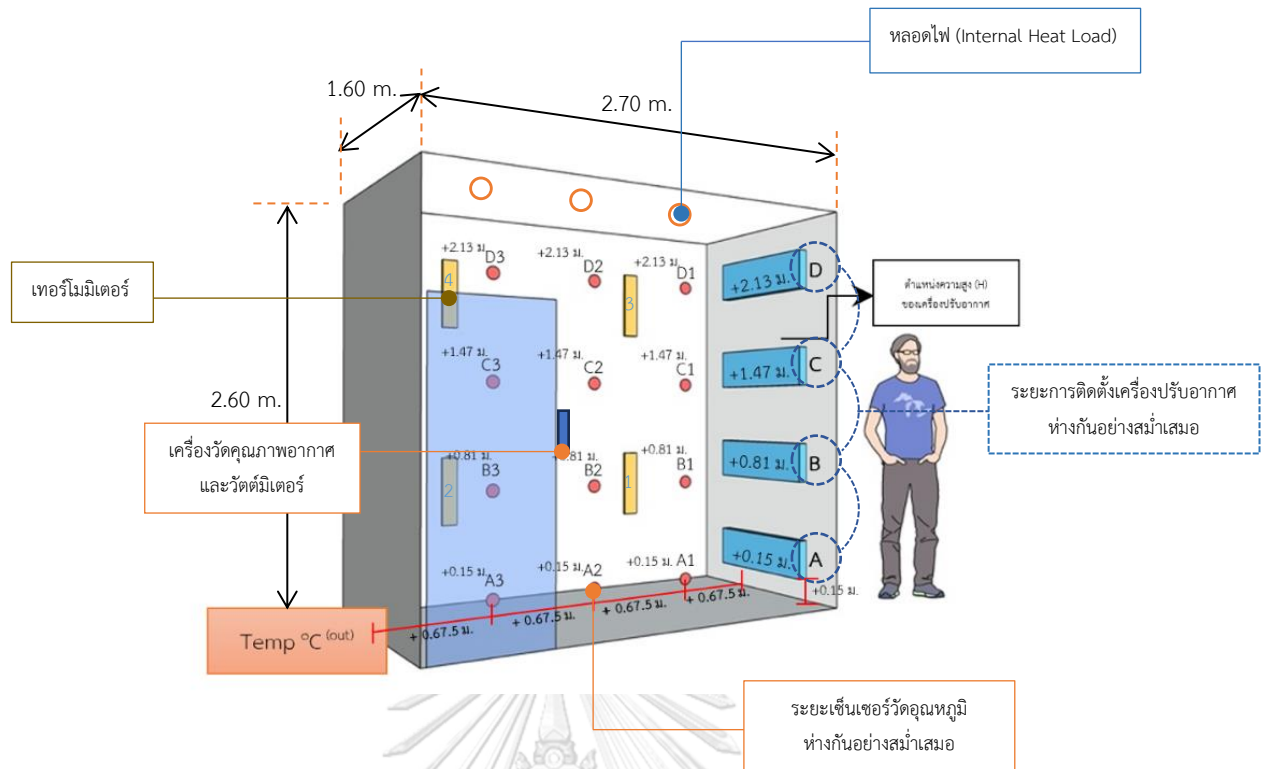
ภาพที่ 19 รูปตัดผนังเบาปกติไม่มีฉนวนกันความร้อน

3.2.2 การกำหนดขนาดห้องทดลอง

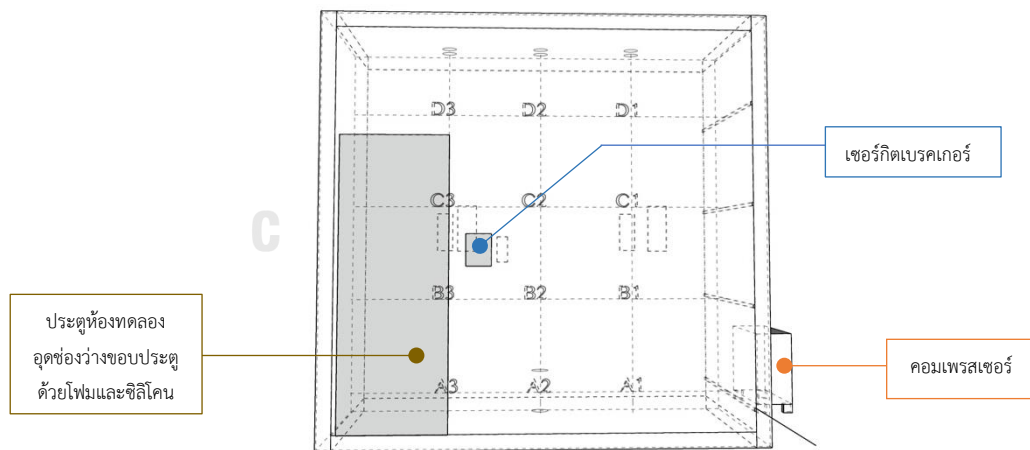
จากการศึกษางานวิจัยของ นิกรและคณะ (2559) พบว่า ห้องทดสอบของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนควรมีขนาดอย่างน้อย $1.20 \times 1.20 \times 2.00$ ม. ในการใช้เครื่องปรับอากาศเริ่มต้นที่ 9,000 บีทียูต่อชั่วโมง และการคำนวณขนาดห้องทดสอบสามารถกำหนดได้จากการจำลองพื้นที่ที่ใช้ทดสอบจริงโดยใช้มาตรฐานจาก กฟผ. ซึ่งงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาในอาคารพักอาศัยที่มีห้องนอนเป็นเกณฑ์ เนื่องจากห้องนอน จะถูกใช้งานในตอนกลางคืนที่ไม่มีแสงแดด ดังนั้นจึงเป็นห้องที่โดนความร้อนน้อย แสงแดดส่องไม่ถึงและอยู่ใต้หลังคาคลุม (ที่จอดรถ) ห้องทดสอบนี้มีขนาด $1.60 \times 2.70 \times 2.60$ ม. ดังแสดงในภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ห้องทดลองในสถานะใต้หลังคาคลุม









ภาพที่ 21 จำลองขนาดห้องทดสอบและตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ทดลอง



ภาพที่ 22 จำลองด้านหน้าห้องทดสอบและตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์

3.2.3 การกำหนดสัญลักษณ์ในห้องทดลอง

จากภาพที่ 21 และ 22 แสดงให้เห็นว่าระยะที่ระบุในภาพ จะบอกตำแหน่งของอักษรย่อ ตัวเลขหรือสัญลักษณ์อื่นๆ เพื่อให้สามารถเข้าใจได้อย่างถูกต้องและทำความเข้าใจง่ายขึ้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ตำแหน่งเครื่องปรับอากาศ (Fan Coil Unit) แทนสัญลักษณ์  A, B, C และ D
(ใช้เครื่องปรับอากาศแบบ Standard Fixed Speed ยี่ห้อ Mitsubishi Heavy Duty 9,000 บีทียู)
2. ตำแหน่งเซ็นเซอร์อุณหภูมิ (12-Channel Temperature recorder)
(ใช้เครื่องบันทึกอุณหภูมิ 12 ช่อง ยี่ห้อ Lutron รุ่น BTM-4208SD)
แทนสัญลักษณ์  A1, A2, A3
B1, B2, B3
C1, C2, C3
D1, D2, และ D3
3. ตำแหน่งเทอร์โมมิเตอร์ (Dry-Wet Bulb Temperature) แทนสัญลักษณ์ 
(ใช้เทอร์โมมิเตอร์ เปียก-แห้ง ยี่ห้อ (Dry-Wet) แป้นทำจากไม้)
4. ตำแหน่งเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) แทนสัญลักษณ์ 
(ใช้ยี่ห้อ Xiaomi รุ่น Deerma Mini Dehumidifier - เครื่องลดความชื้น)
5. ตำแหน่งเครื่องวัดคุณภาพอากาศ (Air Quality Monitor) แทนสัญลักษณ์ 
(ใช้เครื่องวัดคุณภาพอากาศ ยี่ห้อ Elitech รุ่น TEMTOP M2000C)
6. ตำแหน่งหลอดไฟ LED (5 วัตต์, 10 วัตต์ และ 15 วัตต์) รวม 35 วัตต์ แทนสัญลักษณ์ 
(ใช้หลอดไฟ LED Warm Lighting ยี่ห้อ EVE รุ่น Super save A60 E27)

3.3 วิธีการทดสอบในห้องทดลอง

การทดสอบหาประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมเย็นแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมติดตั้งนั้นได้มีการกำหนดระยะต่างๆ โดยมีระยะความห่างอย่างสม่ำเสมอในแนวตั้ง ตามหลักการกระจายลมแบบแทนที่นั้น จะส่งลมเย็นจากพื้นในระดับที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ แล้วค่อย ๆ ลอยสู่ด้านบน (ทศพล สติยศสุวงศ์กุล, 2563) รวมถึงการติดตั้งอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งให้ยึดระยะตั้งต้นด้วยการนับเลขหรือตัวอักษรจากน้อยไปมาก และยึดเครื่องปรับอากาศถัดออกไปตามภาพ 23 โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 เครื่องปรับอากาศ (Fan Coil Unit (Fanless)) ติดตั้ง 4 ระดับดังนี้

ระดับตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ณ ระดับเหนือข้อเท้า

ระดับตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ณ ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้)

ระดับตำแหน่ง C (+1.47 ม.) ณ ระดับเหนือลำตัว

ระดับตำแหน่ง D (+2.13 ม.) ณ ระดับเหนือศีรษะ

3.3.2 เซ็นเซอร์อุณหภูมิ (12-Channel Temperature recorder) ติดตั้ง 12 ระดับดังนี้

ณ ระดับเหนือข้อเท้า (+0.15 ม.) ที่ความห่าง 0.67 ม. ประกอบด้วย A1, A2, และ A3 ตามลำดับ

ณ ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้) (+0.81 ม.) ที่ความห่าง 0.67 ม. ประกอบด้วย B1, B2, และ B3 ตามลำดับ

ณ ระดับเหนือลำตัว (+1.47 ม.) ที่ความห่าง 0.67 ม. ประกอบด้วย C1, C2, และ C3 ตามลำดับ

ณ ระดับเหนือศีรษะ (+2.13 ม.) ที่ความห่าง 0.67 ม. ประกอบด้วย D1, D2, และ D3 ตามลำดับ

3.3.3 เทอร์โมมิเตอร์ (Dry-Wet Bulb Temperature) ติดตั้ง 4 ระดับดังนี้

หมายเลข 1 ณ ระดับเหนือข้อเท้าขึ้นไป (+0.48 ม.) ที่ความห่าง 0.67 ม.

หมายเลข 2 ณ ระดับเหนือข้อเท้าขึ้นไป (+0.48 ม.) ที่ความห่าง 2.01 ม.

หมายเลข 3 ณ ระดับเหนือลำตัวขึ้นไป (+1.80 ม.) ที่ความห่าง 0.67 ม.

หมายเลข 4 ณ ระดับเหนือลำตัวขึ้นไป (+1.80 ม.) ที่ความห่าง 2.01 ม.

3.3.4 เครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) ณ ระยะเวลาครึ่งห้อง

3.3.5 เครื่องวัดคุณภาพอากาศ (Air Quality Monitor) ณ ระยะเวลาครึ่งห้องชิดมุม

3.3.6 หลอดไฟ LED (Light-emitting diode) ติดตั้ง 3 ระดับดังนี้

ขนาด 5 วัตต์ ณ ระดับฝ้า ณ ระยะเวลาครึ่งห้อง

ขนาด 10 วัตต์ ณ ระดับฝ้า ณ ระยะเวลาครึ่งห้อง

ขนาด 15 วัตต์ ณ ระดับฝ้า ณ ระยะเวลาครึ่งห้อง

3.4 รายละเอียดของอุปกรณ์และวิธีการติดตั้ง

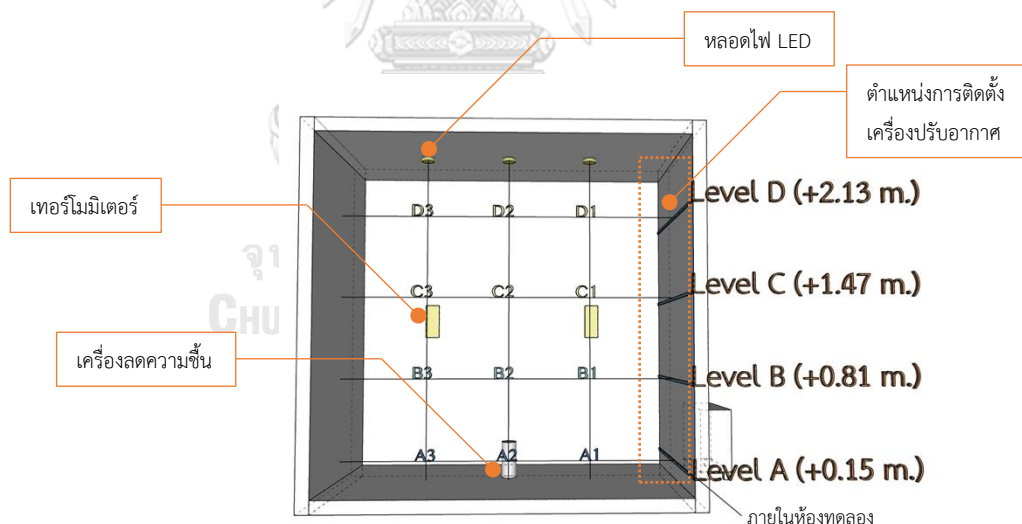
3.4.1 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบต่อเนื่องตลอด 24 ชม. ดังนี้

- เครื่องบันทึกอุณหภูมิ 12 ช่อง (Data Logger 12 - Channel) ความแม่นยำ: ± 0.4 %rdg (Error of Reading) ใช้กับเครื่องมือดิจิทัล, ความละเอียด: $0.1^{\circ}/1^{\circ}$ (+1.8 องศาฟาเรนไฮต์/+1 องศาเซลเซียส)

- อุณหภูมิกระเปาะแห้ง-เปียก (Dry-Wet bulb Temperature) ความแม่นยำ ± 1 องศาเซลเซียส, ความละเอียด 95%
- เครื่องมือวัดการใช้ไฟฟ้าดิจิทัล (Power Meter Monitor) ความแม่นยำและความละเอียด $\pm 0.2\% \text{rdg}$ (Error of Reading) $\pm 0.2\% \text{f.s.}$ (Error Full scale) ใช้กับเครื่องมือดิจิทัล
- เครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) ใช้ในพื้นที่ไม่เกิน 5 ตร.ม.
- เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 9,000 บีทียู (Air Conditioner 9000 Btu)
- อุปกรณ์จับบันทึกและคอมพิวเตอร์ (สมุด, ปากกา และดินสอ)

3.4.2 ห้องทดลองและขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์

- สร้างกล่องสี่เหลี่ยมลักษณะคล้ายห้อง และติดตั้งเครื่องปรับอากาศออกเป็น 4 ระดับ
- ติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิจำนวน 12 จุด โดยแบ่งระยะเฉลี่ยจากพื้นที่ภายในห้องให้เท่ากัน
- ติดตั้งอุณหภูมิกระเปาะเปียก-แห้งจำนวน 4 ตัว โดยแบ่งระยะเท่ากันทั้งสองด้าน
- ติดตั้งหลอดไฟขนาด 5 วัตต์, 10 วัตต์ และ 15 วัตต์ ตามลำดับพร้อมทั้งเครื่องลดความชื้น
- ติดตั้งเครื่องมือวัดการใช้ไฟฟ้าดิจิทัลภายนอกห้องพร้อมทั้งอ่านค่าอุปกรณ์ภายในห้องทดลอง ผ่านกล่องวงจรปิดและทดลองเปิดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ตั้งอุณหภูมิการทำงานไว้ที่ 25.5 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 23 อุปกรณ์ในห้องทดลองและตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

พร้อมทั้งหลอดไฟขนาด 5 วัตต์, 10 วัตต์, และ 15 วัตต์ โดยเพิ่มชั้นที่เท่าตัว รวมทั้งหมด 35 วัตต์ ช่วงละ 6 ซม. ต่อเนื่องกันพร้อมติดตั้งเครื่องลดความชื้นตลอดการทดลอง แล้วทำการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องตรวจวัดแบบบันทึกต่อเนื่อง จากนั้นสังเกตการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ไร้พัดลมทั้งคอนเดนเซอร์และคอยล์เย็นในทุกชั่วโมงหรือทุกการเปลี่ยนแปลง โดยเงื่อนไขการทดลองของการปรับตามสภาพภูมิอากาศอัตโนมัติ เมื่อข้อมูลถูกแสดงครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จะจับบันทึกผล

ด้วยมือและเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์ แล้วนำมาสรุปผลเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไปและในงานวิจัยนี้ ได้มีการสร้างห้องทดสอบและทำการเก็บข้อมูลจริง ดังภาพที่ปรากฏต่อไปนี้



ภาพที่ 24 เครื่องวัดอุณหภูมิ 12 ช่อง ยี่ห้อ Lutron รุ่น BTM-4208SD



ภาพที่ 25 เทอร์โมมิเตอร์ เปียก-แห้ง ยี่ห้อ (Dry-Wet) เป็นทำจากไม้



ภาพที่ 26 เครื่องมิเตอร์วัดกำลังวัตต์ดิจิทัล ยี่ห้อ SINOTIMER รุ่น DDS108
และแคลมป์มิเตอร์ ยี่ห้อ NPV รุ่น 3266TB



ภาพที่ 27 เครื่องลดความชื้น (Dehumidifier)
ยี่ห้อ Xiaomi รุ่น Deerma Mini Dehumidifier



ภาพที่ 28 เครื่องตรวจสอบคุณภาพอากาศ (Air Quality Monitor)
ยี่ห้อ Elitech รุ่น TEMTOP M2000C

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 29 หลอดไฟ LED (Light-emitting diode) ขนาด 5 วัตต์ 10 วัตต์และ15 วัตต์
ยี่ห้อ EVE รุ่น Super save A60 E27)



ภาพที่ 30 คอยล์เย็นที่ถอดหน้ากากครอบแอร์ออก (Fan Coil Unit (Fanless))



ภาพที่ 31 เครื่องปรับอากาศ ณ ระดับ A (+0.15 ม.) เหนือข้อเท้า โดยวัดจากขอบล่างเครื่อง



ภาพที่ 32 เครื่องปรับอากาศ ณ ระดับ B (+0.81 ม.) ณ ลำตัว (นั่งเก้าอี้) โดยวัดจากขอบล่างเครื่อง



ภาพที่ 33 เครื่องปรับอากาศ ณ ระดับ C (+1.47 ม.) ระดับเหนือลำตัว โดยวัดจากขอบล่างเครื่อง



ภาพที่ 34 เครื่องปรับอากาศ ณ ระดับ D (+2.13 ม.) ระดับเหนือศีรษะ โดยวัดจากขอบล่างเครื่อง

CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 35 การติดตั้งเส้นเซอร์วัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 36 การตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องวัดอุณหภูมิ



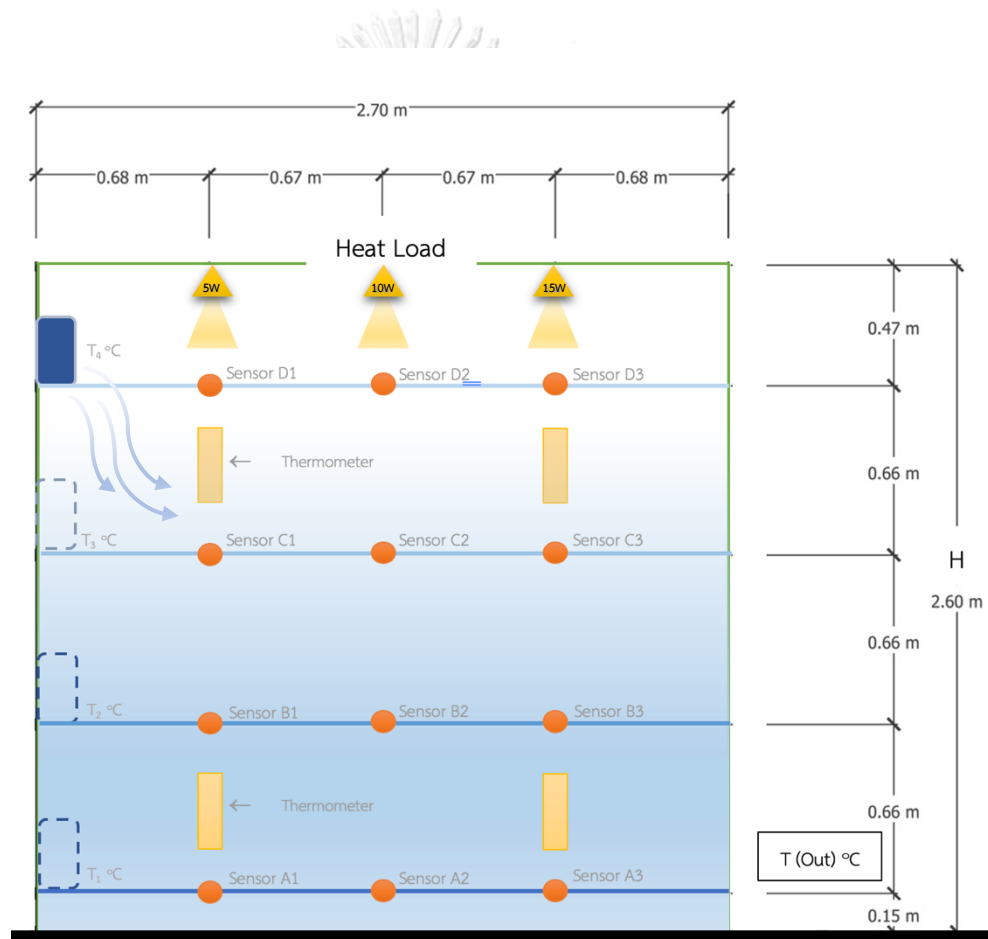
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ภาพที่ 37 บรรยากาศภายในห้องทดลอง

3.5 การกำหนดตัวแปร

การกำหนดตัวแปรของงานวิจัยนี้ แบ่งเป็น 2 ตัวแปร คือตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ดังนี้

ตัวแปรต้น ประกอบไปด้วย ความสูงของตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ (H) ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร (Internal Heat Gain) โดยในการทดสอบนี้ใช้หลอดไฟ LED ขนาด 5 วัตต์, 10 วัตต์, และ 15 วัตต์ แทนการปล่อยความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร

ตัวแปรตาม ประกอบไปด้วยอุณหภูมิที่ความสูงต่างระดับของเครื่องปรับอากาศ (T^1-T^4) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) โดยมีกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ หน่วยเป็น กิโลวัตต์ (kW) และกำลังไฟฟ้าของเครื่องลดความชื้น หน่วยเป็น กิโลวัตต์ (kW)



ภาพที่ 38 ไดอะแกรมความสัมพันธ์ของตัวแปรในงานวิจัย

ตารางที่ 4 แสดงค่าตั้งต้นของตัวแปรต้นและตัวแปรตามความสัมพันธ์ของตัวแปรในงานวิจัย

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตั้งค่าตั้งต้น เครื่องปรับอากาศ ภาคอัตโนมัติ (°C)	แรงดันน้ำยา แอร์ตั้งต้น อัตโนมัติ (PSI)	ความชื้นสัมพัทธ์ (RH%)		หมายเหตุ
				กำลังไฟฟ้า ของปรับ อากาศตั้งต้น (kW)	กำลังไฟฟ้า ของเครื่องลด ความชื้นตั้ง ต้น (kW)	
ความสูงการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ แบบแยกส่วนไร้พัดลม (H)	ระดับ เหนือข้อเท้า (+0.15 ม.)	25.5 °C	250-270	2.7	0.02	
	ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้) (+0.81 ม.)	25.5 °C	250-270	2.7	0.02	
	ระดับ เหนือลำตัว (+1.47 ม.)	25.5 °C	250-270	2.7	0.02	
	ระดับ เหนือศีรษะ (+2.13 ม.)	25.5 °C	250-270	2.7	0.02	
Internal Heat Gain	หลอดไฟ LED	25.5 °C	250-270	2.7	0.02	หลอดไฟ LED เพิ่มกำลังวัตต์ ขึ้นทุก 6 ชม.

หมายเหตุ: การเพิ่มกำลังวัตต์ไฟฟ้าของหลอดไฟขึ้นทุก 6 ชม. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่ออยู่ในช่วงเวลาที่มีการระจกการแผ่รังสีความร้อนเพิ่มขึ้นก็ตาม เครื่องปรับอากาศก็ยังสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและคงประสิทธิภาพ

3.6 การเก็บข้อมูลผ่านเครื่องมือบันทึกผลต่อเนื่อง

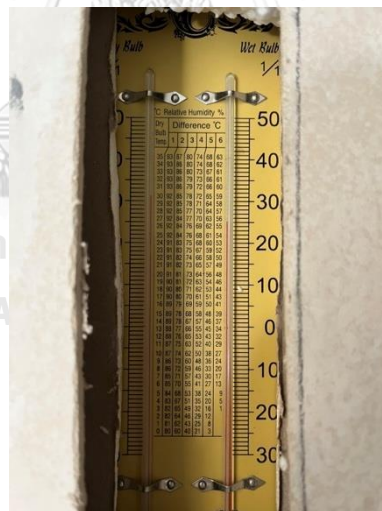
การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่สามารถแสดงผลได้ต่อเนื่องและแม่นยำ เป็นวิธีการเก็บข้อมูลของการทดสอบหาประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมเย็นแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ซึ่งช่วยให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้นทั้งในระยะสั้นและระยะยาวเพื่อการสืบค้นข้อมูลในภายภาคหน้าด้วย

ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล (Data Logger 12- Channel) ร่วมกับการใช้เทอร์มิสเตอร์หรืออุณหภูมิกระเปาะเปียก-แห้ง (Dry-Wet Bulb Temperature) นั้นเป็นส่วนหนึ่งในการป้องกันความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัด และข้อดีของการวัดด้วยเครื่องมือที่

ทันสมัยให้การอ่านค่าที่แม่นยำเฉพาะเจาะจงและคลาดเคลื่อนน้อยเนื่องจากการอ่านค่าจะเป็นจุดทัศนียม ง่ายต่อการอ่านมากกว่าปรอทหรือเทอร์โมมิเตอร์



ภาพที่ 39 หน้าจอดิจิทัลของเครื่องวัดอุณหภูมิ



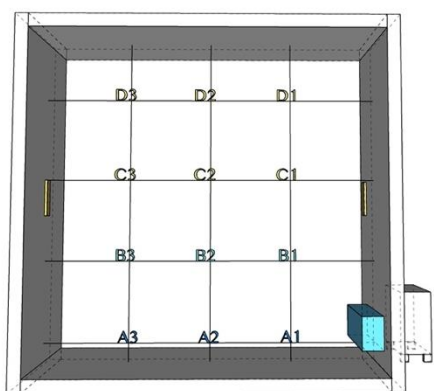
ภาพที่ 40 ตัวเลขบอกอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์

3.7 การบันทึกผล

เมื่อการทดสอบดำเนินการตามขั้นตอนหลังจากติดตั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ และเริ่มการทดสอบ แล้วนั้น ขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งคือการบันทึกผล เนื่องจากผลที่ได้จะสามารถแสดงถึงค่าประสิทธิภาพที่วัดได้จริงและสามารถนำไปสรุป วิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3.8.1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

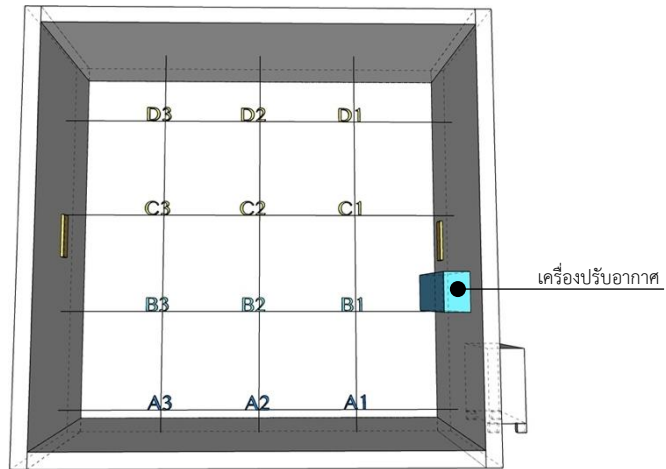
สำหรับการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปบันทึกผลของงานวิจัย สามารถแบ่งได้ 2 รูปแบบ คือ การจดบันทึกผลด้วยมือและการบันทึกผลด้วยโปรแกรม Microsoft Excel โดยการจดบันทึกด้วยมือนั้น ผู้วิจัยจะทำการจดบันทึกจากอุปกรณ์ที่ติดตั้ง ทั้งแบบธรรมดาและดิจิทัลเป็นระยะ ทุก ๆ ชั่วโมงหรือทุกการเปลี่ยนแปลงโดยการบันทึกลงในสมุด เช่นการบันทึกผลเมื่อเปลี่ยนช่วงเวลา (เช้า เที่ยง เย็น ดึก) อุณหภูมิ หรือความชื้น เป็นต้น ดังนั้นทักษะการสังเกตด้วยตาและการจดบันทึกให้ตรงต่อเวลาจึงเป็นสิ่งจำเป็นและใช้เวลา หลังจากการจดบันทึกผลเรียบร้อยแล้วนั้น ผู้วิจัยจะนำผลที่ได้ไปรวบรวมในคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ระบบประมวลผลผ่านรูปแบบกราฟต่อไป



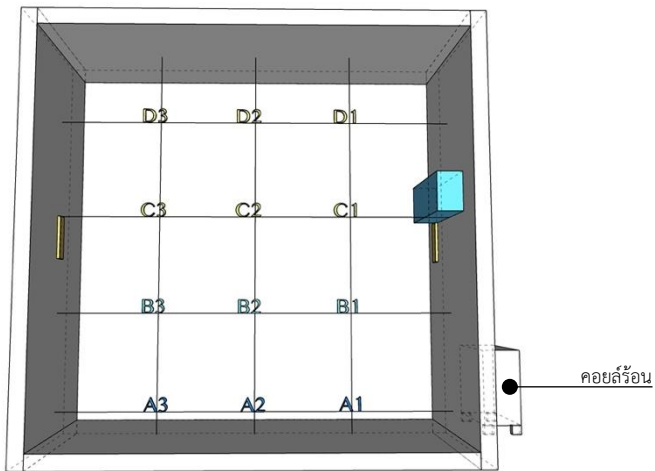
ภาพที่ 41 จำลองสามมิติ ณ ตำแหน่ง A
ระดับเหนือข้อเท้า (+0.15 ม.)

ตัวอย่างจากภาพที่ 29-32 เป็นการจำลองภาพสามมิติของห้องทดสอบที่เรียบง่ายเพื่อใช้เป็นภาพประกอบในการเก็บผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม โดยในภาพจะระบุตำแหน่งเครื่องมือ อุปกรณ์โดยง่าย มีการใช้สี (วงกลมสี) ในการบอกลักษณะตำแหน่งการแผ่รังสีของอุณหภูมิภายในห้อง เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ

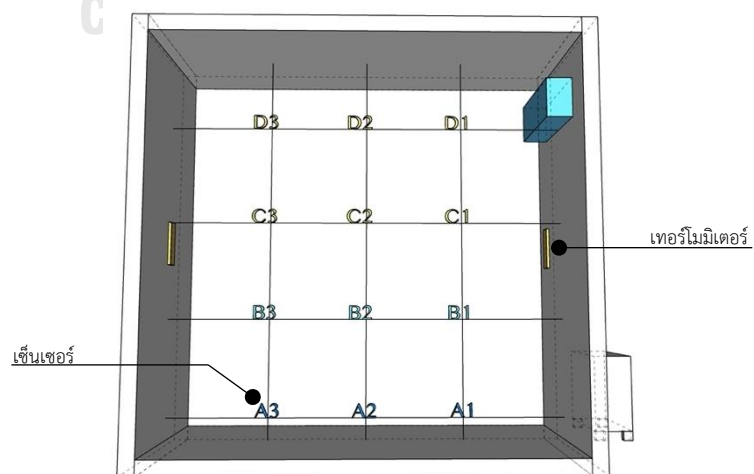
เมื่อการเก็บข้อมูลแบบแรกแล้วเสร็จ แบบที่สอง คือการบันทึกผลด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ในการเก็บข้อมูลนี้ จะละเอียดขึ้นหรือเรียกว่าการทำซ้ำสองรอบ เพื่อเป็นการป้องกันการคลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการทดลองจากเครื่องวัดแบบธรรมดาและแบบดิจิทัล เนื่องจากค่าตัวเลขจะมีการแปรผลที่ต่างกันเล็กน้อยของอุปกรณ์ เช่น เทอร์โมมิเตอร์หรืออุณหภูมิกระเปาะเปียก - กระเปาะแห้ง (Dry-Wet Bulb Temperature) กับเครื่องวัดอุณหภูมิแสดงเครื่องวัดอุณหภูมิ 12 ช่อง (Data Logger 12- Channel) เป็นต้น จากนั้นจะนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยต่อไป



ภาพที่ 42 จำลองสามมิติ ณ ตำแหน่ง B ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้) (+0.81 ม.)



ภาพที่ 43 จำลองสามมิติ ณ ตำแหน่ง C ระดับเหนือลำตัว (+1.47 ม.)



ภาพที่ 44 จำลองสามมิติ ณ ตำแหน่ง D ระดับเหนือศีรษะ (+2.13 ม.)

สำหรับการเก็บข้อมูลโดยการใช้โปรแกรม Microsoft excel ในการกอกข้อมูลเพื่อให้ง่ายต่อการรวบรวมและสืบค้น ในตารางจะประกอบไปด้วยเวลาที่จัดบันทึก สถานที่ทำการทดสอบ รวมถึงค่าที่ได้จากอุปกรณ์ที่ติดตั้งในขณะทดสอบ เช่น เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิทั้ง 12 จุดเพื่อวัดอุณหภูมิภายในห้องทดสอบ อุณหภูมิภายนอกห้อง ความชื้นสัมพัทธ์และค่าคุณภาพอากาศ กำลังไฟที่ใช้ขณะเครื่องทำงาน ณ ตำแหน่งเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ณ ในตำแหน่งต่าง ๆ ฯลฯ

จากการเก็บข้อมูลในงานวิจัยที่ทดสอบพบว่า อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ทำการทดสอบที่เป็นระบบดิจิทัลมีความจำเป็น เพราะการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์จะทำให้งานวิจัยมีความคลาดเคลื่อนน้อยลง แม่นยำมากขึ้นและยังน่าเชื่อถืออีกด้วย ดังนั้นประสิทธิภาพและมาตรฐานของอุปกรณ์ที่ใช้จึงมีความสำคัญในการทดสอบ

สรุปการดำวิธีการดำเนินการวิจัยพบว่าการทดสอบประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมเกิดผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจและเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากเกิดการเรียนรู้และเข้าใจถึงกระบวนการศึกษา ทดลองระหว่างการทำงาน ทำให้สามารถทราบถึงประสิทธิภาพเบื้องต้น อันนำไปสู่การสรุปผลและวิเคราะห์ข้อมูล ที่สามารถทำให้เกิดการต่อยอดในการพัฒนาระบบนี้ในอนาคต

บทที่ 4 ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ซึ่งการทดสอบได้รวบรวมแล้วนำมาสรุปเพื่อหาผลลัพธ์เป็นผลการวิจัย โดยผลวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมและประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องไล่ความชื้น

จากการทดสอบติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องทดลอง พบว่าการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากการทดสอบมีค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่สำคัญที่ใช้บอกค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมขณะทำการทดสอบ ได้แก่ค่ากำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้า (วัตต์) และ Wh (หน่วยวัดปริมาณไฟฟ้าที่ใช้), ขนาดแรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น โวลท์ เป็นต้น ซึ่งจะแสดงในรายละเอียดต่อไปนี้

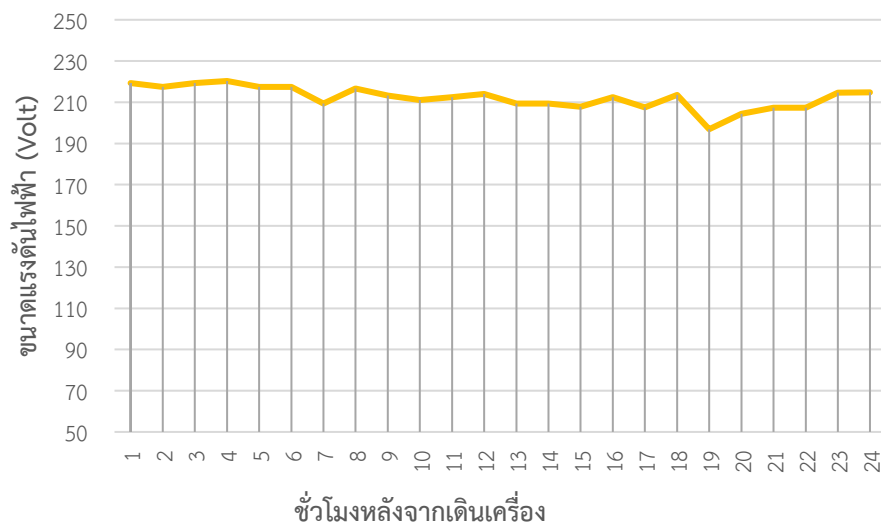
4.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม

เมื่อทดสอบประสิทธิภาพด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมของตำแหน่งการติดตั้งที่มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอยู่ในระดับที่มีความน่าสบายมากที่สุดแล้วพบว่า กำลังไฟฟ้าที่ใช้ใน 24 ชม. เฉลี่ยอยู่ที่ 552.5 วัตต์ ขนาดแรงดันไฟฟ้า 212.5 โวลท์ ซึ่งการทดสอบได้เพิ่มความร้อนที่เกิดขึ้นภายใน (Internal Heat Load) รวม 35 วัตต์ โดยจะแสดงในรายละเอียดดังต่อไปนี้

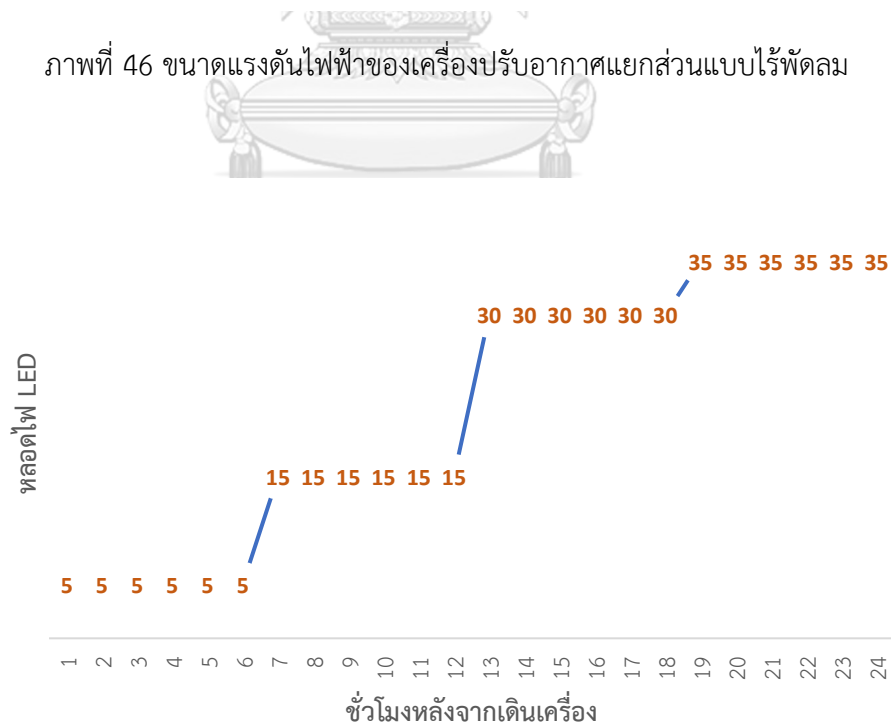


ภาพที่ 45 ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม

จากภาพที่ 45 ในช่วงเริ่มต้นเดินเครื่องปรับอากาศนั้นพบว่ามีการใช้กำลังไฟฟ้าที่ 538.1 วัตต์ และลดระดับลงที่ 504.3 วัตต์ ณ ชั่วโมงที่ 6 ของเวลาเดินเครื่อง จากนั้นจะมีค่าการใช้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 554 วัตต์ ณ ชั่วโมงที่ 7 จากนั้นจะเพิ่มเป็น 578.7 วัตต์ถึง ณ ชั่วโมงที่ 16 และพบว่ามีค่าการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 663.3 วัตต์ ณ ชั่วโมงที่ 21 จากนั้นค่ากำลังการใช้ไฟฟ้าจะลดระดับลงมา



ภาพที่ 46 ขนาดแรงดันไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม



ภาพที่ 47 ความสัมพันธ์ของการใช้หลอดไฟ LED แทนความร้อนที่เกิดขึ้นภายในห้องของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมกับเวลาที่ทดสอบ (ห้องขนาด 4.32 ตร.ม.)

หมายเหตุ: หลอดไฟ LED 5 วัตต์มีกำลังไฟฟ้าส่องสว่าง (Lighting Power Density; LPD) คิดเป็น 0.864 วัตต์/ตร.ม., หลอดไฟ LED 10 วัตต์ คิดเป็น 2.314 วัตต์/ตร.ม., หลอดไฟ LED 15 วัตต์ คิดเป็น 3.472 วัตต์/ตร.ม., หลอดไฟ LED 30 วัตต์ คิดเป็น 6.94 วัตต์/ตร.ม. และ 35 วัตต์ คิดเป็น 8.1 วัตต์/ตร.ม.

เมื่อได้ผลของค่าการใช้ไฟฟ้าแล้วสามารถนำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าไฟฟ้า โดยหาได้จากสูตรการคำนวณค่าไฟของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนโดยไร้พัดลมตลอดการทดสอบ 24 ชม. จะได้ดังนี้

$$\text{จากสูตร ค่าไฟ} = \frac{\text{จำนวนวัตต์(จากเครื่องปรับอากาศที่ทดสอบ)}}{1000} \times (\text{จำนวนชั่วโมงต่อวัน}) \times (\text{จำนวนวันที่ใช้งาน}) \times (\text{ค่าไฟ 3.3488 ต่อหน่วย})$$

(4)

$$\text{จากสูตร ค่าไฟ} = (\text{จำนวนวัตต์} \div 1,000) \times (\text{จำนวนชั่วโมงต่อวัน}) \times (\text{จำนวนวันที่ใช้งาน}) \times (\text{ค่าไฟ 3.3488 ต่อหน่วย})$$

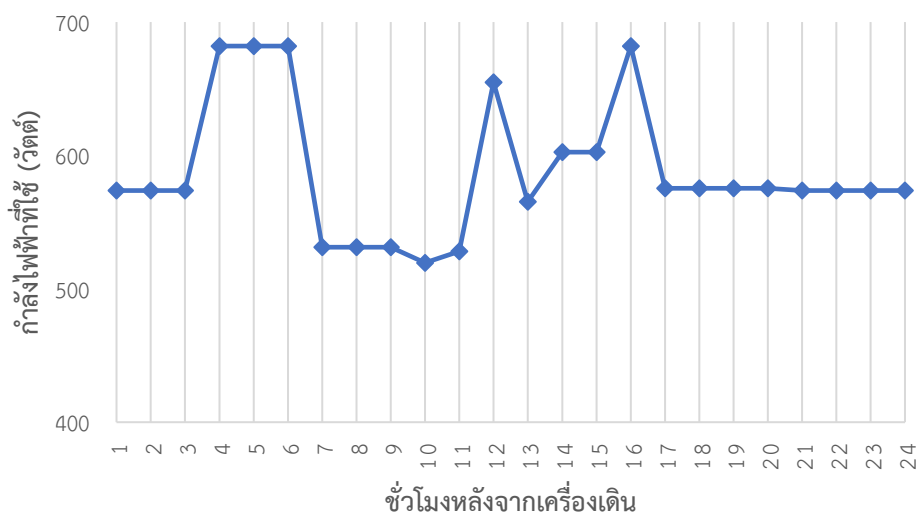
$$\text{จะได้} = (553 \div 1,000) \times 24 \times 1 \times 3.3488$$

$$= 44.445 \text{ บาท/วัน}$$

$$= 1,351.87 \text{ บาท/เดือน (16,222.50 บาท/ปี)}$$

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมและเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier)

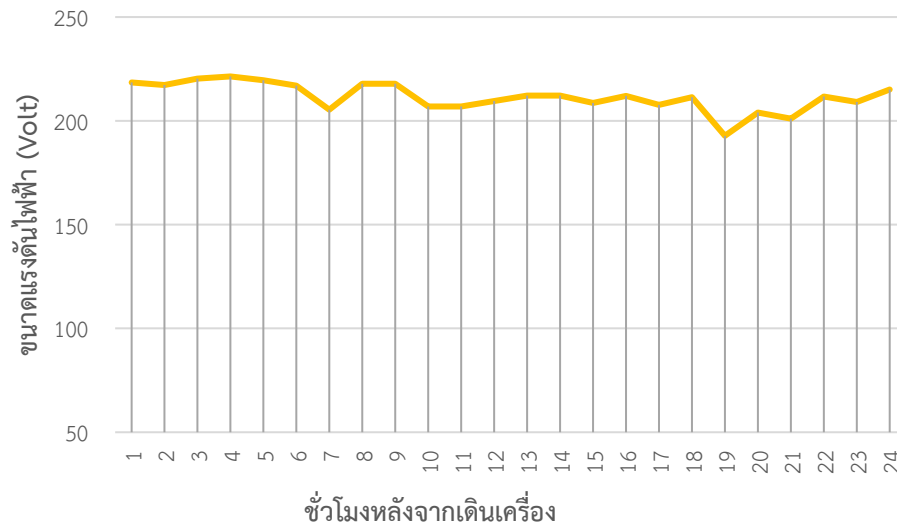
เมื่อทดสอบประสิทธิภาพด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมและเครื่องลดความชื้นของตำแหน่งการติดตั้งที่มีระดับความนำสบายมากที่สุดแล้วพบว่าอัตราการของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ใน 24 ชม. เฉลี่ยอยู่ที่ 578.8 วัตต์ ขนาดแรงดันไฟฟ้า 211.75 โวลท์ ซึ่งการทดสอบได้เพิ่มความร้อนที่เกิดขึ้นภายใน (Internal Heat Load) โดยการเปิดไฟ LED ขนาด 5, 10 และ 15 วัตต์ ซึ่งหลอดไฟ LED 5 วัตต์ คิดเป็น 0.864 วัตต์/ตร.ม., หลอดไฟ LED รวม 35 วัตต์ ในห้องทดลองขนาด 4.32 ตร.ม.



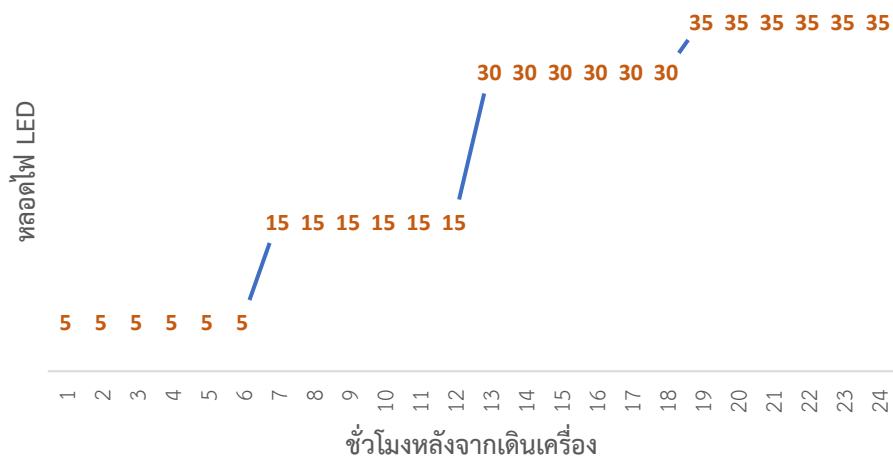
ภาพที่ 48 ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมและเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier)

จากภาพที่ 48 ในช่วงเริ่มต้นเดินเครื่องปรับอากาศนั้นพบว่ามีการใช้กำลังไฟฟ้าที่ 573.6 วัตต์ และเพิ่มระดับขึ้นจนถึงที่ 682 วัตต์ ณ ชั่วโมงที่ 3 ของเดินเครื่องและลดลงเป็น 531.3 วัตต์ ณ ชั่วโมงที่ 4 จะเห็นว่า ชั่วโมงที่ 12 และชั่วโมงที่ 16 ค่าการใช้ไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นเป็น 654.9 วัตต์และ 682 วัตต์ แล้วลดระดับลงมาที่ 578.7 ณ ชั่วโมงที่ 17 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจะเห็นว่าช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดคือช่วงชั่วโมงที่ 3 ชั่วโมงที่ 5 หลังเดินเครื่อง และสอดคล้องกับผลการประเมินประสิทธิภาพความน่าสบายของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่เมื่อหลังเดินเครื่องเป็นเวลา 3 ชั่วโมงอัตราการการใช้ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 49 ขนาดแรงดันไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม และเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier)



ภาพที่ 50 ความสัมพันธ์ของการใช้หลอดไฟ LED แทนความร้อนที่เกิดขึ้นภายในห้องของ เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมและเครื่องไล่ความชื้นกับเวลาที่ทดสอบ (ห้องขนาด 4.32 ตร.ม.)

หมายเหตุ: หลอดไฟ LED 5 วัตต์ มีกำลังไฟฟ้าส่องสว่าง (Lighting Power Density; LPD) คิดเป็น 0.864 วัตต์/ตร.ม., หลอดไฟ LED 10 วัตต์ คิดเป็น 2.314 วัตต์/ตร.ม., หลอดไฟ LED 15 วัตต์ คิดเป็น 3.472 วัตต์/ตร.ม. หลอดไฟ LED 30 วัตต์ คิดเป็น 6.94 วัตต์/ตร.ม. และ 35 วัตต์ คิดเป็น 8.1 วัตต์/ตร.ม.

เมื่อได้ผลของค่าการใช้ไฟฟ้าแล้วสามารถนำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าไฟฟ้า โดยหาได้จากสูตรการคำนวณค่าไฟของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนโดยไร้พัดลมและเครื่องลดความชื้นตลอดการทดสอบ 24 ชม. จะได้ดังนี้

$$\text{จากสูตร ค่าไฟ} = \frac{\text{จำนวนวัตต์(จากเครื่องปรับอากาศที่ทดสอบ)} \times (\text{จำนวนชั่วโมงต่อวัน})}{1,000} \times (\text{จำนวนวันที่ใช้งาน}) \times (\text{ค่าไฟ 3.3488 ต่อหน่วย})$$

(4)

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร ค่าไฟ} &= (\text{จำนวนวัตต์} \div 1,000) \times (\text{จำนวนชั่วโมงต่อวัน}) \times (\text{จำนวนวันที่ใช้งาน}) \\ &\quad \times (\text{ค่าไฟ 3.3488 ต่อหน่วย}) \\ \text{จะได้} &= (579 \div 1,000) \times 24 \times 1 \times 3.3488 \\ &= 46.53 \text{ บาท/วัน} \\ &= 1,415.43 \text{ บาท/เดือน (16,985 บาท/ปี)} \end{aligned}$$

จากการทดสอบการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมพบว่าอัตราการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศนี้ ใช้พลังงานน้อยกว่าเครื่องปรับอากาศแยกส่วนทั่วไป เนื่องจากการทำงานของพัดลม (Blower) ที่ถูกถอดออกไป จึงไม่ต้องใช้กำลังไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนให้เกิดการทำงานขณะเครื่องปรับอากาศทำงาน และการเปรียบเทียบค่าการใช้ไฟฟ้าจะถูกชี้แจงรายละเอียดในบทต่อไป

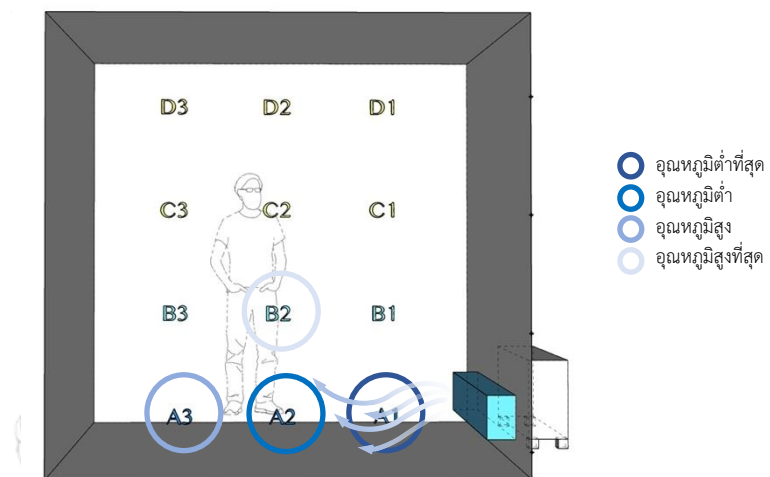
เมื่อการทดสอบเสร็จสิ้นการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้คำนวณค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมและเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องไล่ความชื้น (Dehumidifier) พบว่ามีความแตกต่างกันเนื่องจากการใช้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ต่างกันในการทำความเย็น โดยเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมใช้กำลังไฟฟ้าที่ 553 วัตต์ ซึ่งจะคิดค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 44 บาท/วัน และเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องไล่ความชื้นใช้กำลังไฟฟ้าที่ 579 วัตต์ จะคิดเป็นค่าไฟฟ้า 46.53 บาท/วัน

สรุปได้ว่าเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องไล่ความชื้นใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่าเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม 26 วัตต์ และมีค่าไฟฟ้ามากกว่า 2.53 บาทต่อวัน

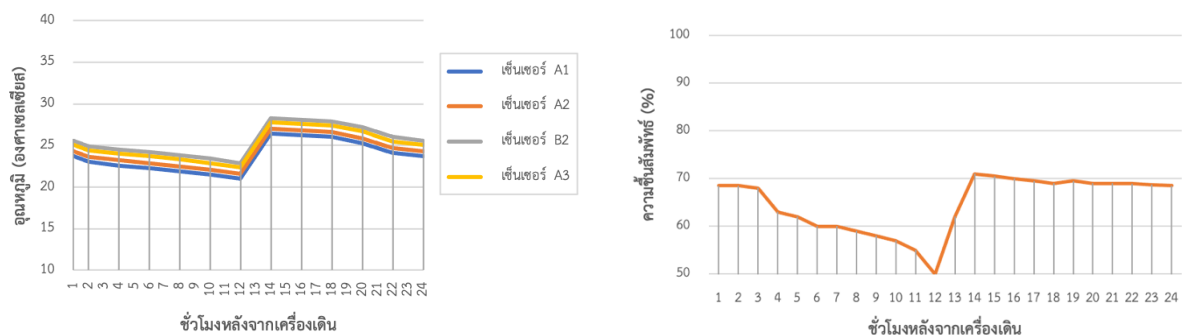
4.3 ผลการประเมินความน่าสบายของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม

4.3.1 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง A

เมื่อเครื่องปรับอากาศถูกติดตั้ง ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ณ ระดับเหนือข้อเท้า พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุดที่ระดับ A และ B อยู่ที่ 26.1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 77% รองลงมาคือระดับ C มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 28.1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 86% และ D มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 28.3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 78% ตามลำดับ ภายใต้อุณหภูมิภายนอกขณะทำการทดสอบสูงสุด-ต่ำสุดที่ 19-35 องศาเซลเซียส ซึ่งจะแสดงในรายละเอียดดังภาพที่ 51



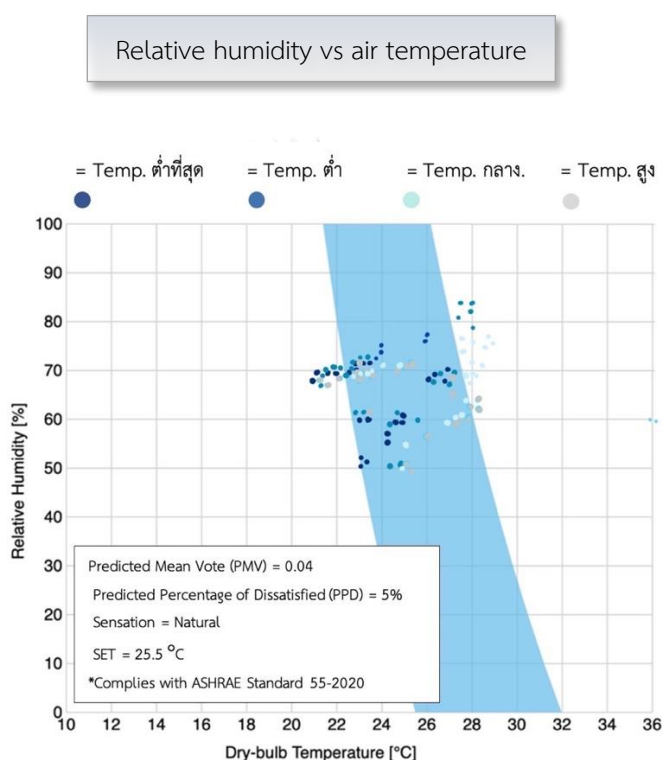
ภาพที่ 51 จำลองสามมิติของห้องทดสอบติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ณ ระดับเหนือข้อเท้า



ภาพที่ 52 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม

ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ณ ระดับเหนือข้อเท้า

จากภาพที่ 52 พบว่าช่วงเวลาเซ็นเซอร์ A1, A2, A3 และ B2 มีลักษณะเส้นกราฟทับซ้อนกัน อย่างสม่ำเสมอ แต่จะสังเกตเห็นว่าชั่วโมงที่ 12-14 หลังจากเดินเครื่อง เป็นช่วงที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันมากอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเป็นช่วงที่มีอากาศภายนอกที่ร้อนที่สุด นั้นแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายนอกส่งผลให้อากาศที่อยู่ในห้องนั้นเปลี่ยนไปด้วยและจากการทดสอบพบว่าระดับพื้นเหนือข้อเท้ามีอุณหภูมิต่ำที่สุดจากการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.)



ภาพที่ 53 Comfort Zone ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.)

ณ ระดับเหนือข้อเท้าของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม
 โดย ASHRAE Standard 55-2020 เก็บข้อมูล ณ วันที่ 26 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565

จากภาพที่ 53 พบว่า Comfort Zone ณ ตำแหน่ง A มีการกระจายตัวเป็นกลุ่มก้อนอยู่ในรัศมีของภาชนะนำสบายของแผนภูมิ ASHRAE Standard 55-2020 ซึ่งอุณหภูมิต่ำที่สุด (สีน้ำเงินเข้ม) อยู่ที่ 21-26.1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 50-77%, อุณหภูมิต่ำ (สีน้ำเงิน) อยู่ที่ 22.3-28.3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 60-78%, อุณหภูมิกลาง (สีฟ้า) อยู่ที่ 24.1-28.1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 68.9-86%, อุณหภูมิสูง (สีเทา) อยู่ที่ 26-29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 69-86% ภายใต้อุณหภูมิภายนอกขณะทำการทดสอบ สูงสุด-ต่ำสุดที่ 19-35 องศาเซลเซียส

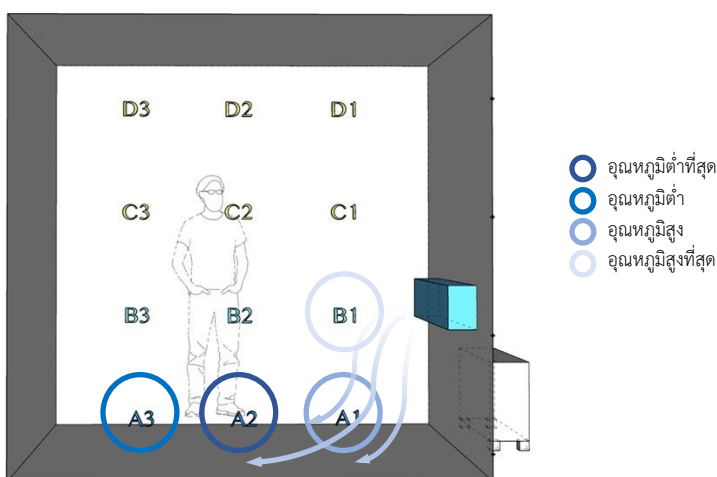
แสดงให้เห็นว่าระยะการวางเครื่องปรับอากาศสัมพันธ์กับการแผ่กระจายของอุณหภูมิจากอีวาพอเรเตอร์

ซึ่งผลการทดสอบยังพบว่าช่วงที่เกิดอุณหภูมิต่ำที่สุดจะอยู่ในชั่วโมงที่ 6-12, 24-6, 20-24 และ 13-18 หลังจากเดินเครื่องตามลำดับ และช่วงเวลาที่ที่เกิดความขึ้นสูงสุดที่สุดของการทดสอบคือ ชั่วโมงที่ 13-18

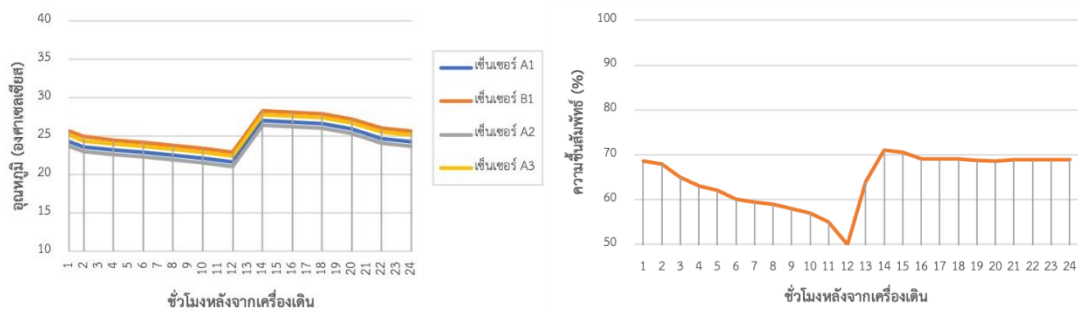
สรุปได้ว่าตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ระดับเหนือข้อเท้า กวาร์้อยละ 55 อยู่ในภาชนะนำสบายเมื่อเทียบเกณฑ์ในแผนภูมิข้างต้นและเป็นที่น่าสังเกตว่าช่วงที่เกิดความขึ้นสูงนั้น อุณหภูมิในห้องทดสอบก็จะมีอากาศภายในหรืออุณหภูมิที่วัดได้สูงขึ้นด้วย

4.3.2 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง B

เมื่อเครื่องปรับอากาศถูกติดตั้ง ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้) มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุดที่ตำแหน่ง A และ B อยู่ที่ 25.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84% รองลงมาคือระดับ C มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 26.5 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 92% และ D มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 26.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าระยะการวางเครื่องปรับอากาศสัมพันธ์กับการแผ่รังสีของอีวาพอเรเตอร์ แต่ในการทดลองนี้พบว่าระดับ D และ C มีอุณหภูมิใกล้เคียงกันอย่างมีนัยสำคัญทางการประเมินความน่าสบายซึ่งสามารถดูได้จากกราฟดังภาพแสดงภาพที่ 54

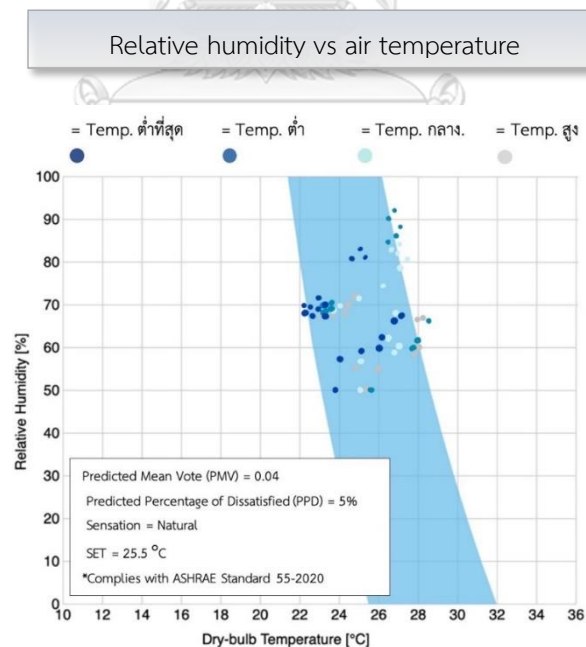


ภาพที่ 54 จำลองสามมิติของห้องทดสอบติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ณ ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้)



ภาพที่ 55 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม
ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ณ ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้)

จากภาพที่ 55 พบว่าช่วงเวลาเซ็นเซอร์ A1, A2, A3 และ B1 มีลักษณะเส้นกราฟทับซ้อนกัน
อย่างสม่ำเสมอ แต่จะสังเกตเห็นว่าชั่วโมงที่ 12-14 หลังจากเดินเครื่อง เป็นช่วงที่มีอุณหภูมิต่าง
ต่างกันมากอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเป็นช่วงที่มีอากาศภายนอกร้อนที่สุด แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายนอก
ส่งผลให้อากาศที่อยู่ในห้องนั้นเปลี่ยนไปด้วยและจากการทดสอบพบว่าระดับพื้นเหนือข้อเท้ามี
อุณหภูมิต่ำที่สุดจากการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ดังเช่นระดับ A



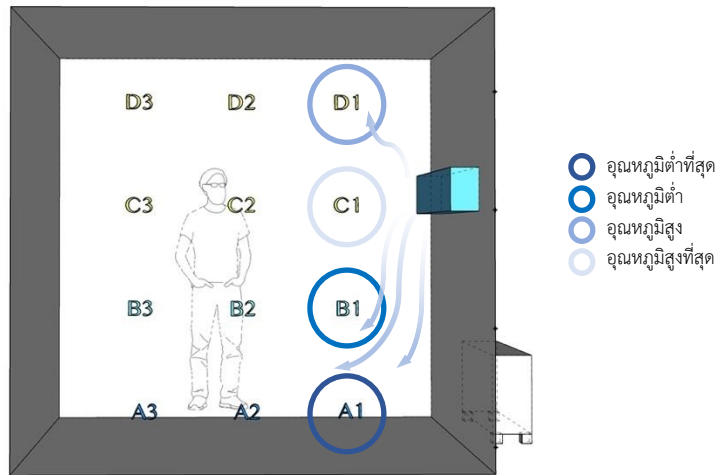
ภาพที่ 56 Comfort Zone ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.)
ณ ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้)ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม
โดย ASHRAE Standard 55-2020 เก็บข้อมูล ณ วันที่ 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565

จากภาพที่ 56 พบว่า Comfort Zone ณ ตำแหน่ง B กระจุกตัวอยู่ในรัศมีของภาวะน่าสบายของแผนภูมิASHRAE Standard 55-2020 ซึ่งอุณหภูมิต่ำที่สุด (สีน้ำเงินเข้ม) อยู่ที่ 21-25.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 60-84%, อุณหภูมิต่ำ (สีน้ำเงิน) อยู่ที่ 22.6-26.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 63-84.5%, อุณหภูมิกลาง (สีฟ้า) อยู่ที่ 24.3-26.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 68.9-92%, อุณหภูมิสูง (สีเทา) อยู่ที่ 26.2-26.8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 69-92% ซึ่งผลการทดสอบยังพบว่าช่วงที่เกิดอุณหภูมิต่ำที่สุดจะอยู่ในช่วงเวลา 06.00-12.00น., 24.00-04.00 น., 20.00-24.00 น. และ 12.00-18.00 น.ตามลำดับ และช่วงเวลาที่เกิดความชื้นสูงสุดที่สุดของการทดสอบคือช่วงเวลา 13.00-18.00 น.

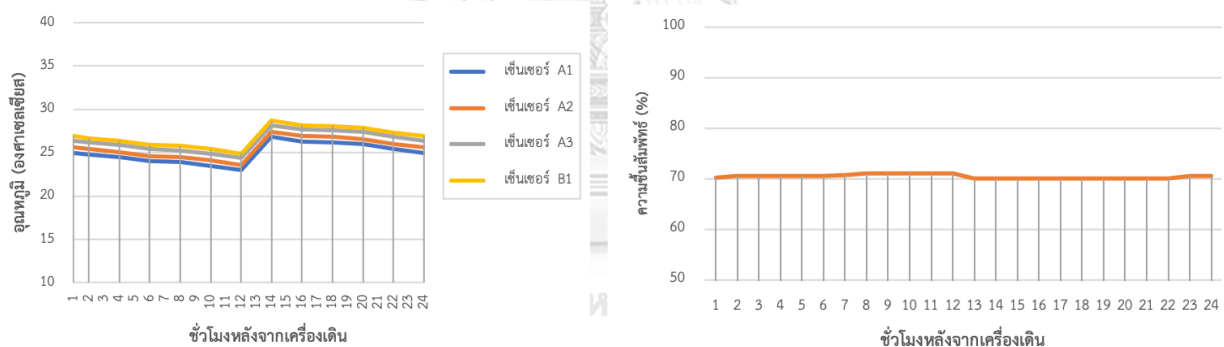
สรุปได้ว่าตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ณ ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้) กว่าร้อยละ 55 ที่อยู่ในภาวะน่าสบายเมื่อเทียบเกณฑ์ในแผนภูมิASHRAE Standard 55-2020

4.3.3 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง C

เมื่อเครื่องปรับอากาศถูกติดตั้ง ณ ตำแหน่ง C ระดับเหนือลำตัว (+1.47 ม.) พบว่า ณ ระดับ A และ B มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุด อยู่ที่ 24 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75% รองลงมาคือระดับ D มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84% และ C มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 26 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 76% ตามลำดับภายใต้อุณหภูมิภายนอกขณะทำการทดสอบสูงสุด-ต่ำสุดที่ 22-35 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าระยะการวางเครื่องปรับอากาศส่งผลให้อัตราการแผ่กระจายของอุณหภูมิจากฮีวาทอเรเตอร์สูงขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิภายในห้องห้องลดลง แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า ณ ระดับ D อากาศเย็นมีการลอยตัวขึ้นสู่ที่สูงทำให้อุณหภูมิต่ำลงกว่าระดับ B ซึ่งสามารถดูได้จากกราฟ ดังภาพแสดงภาพที่ 57

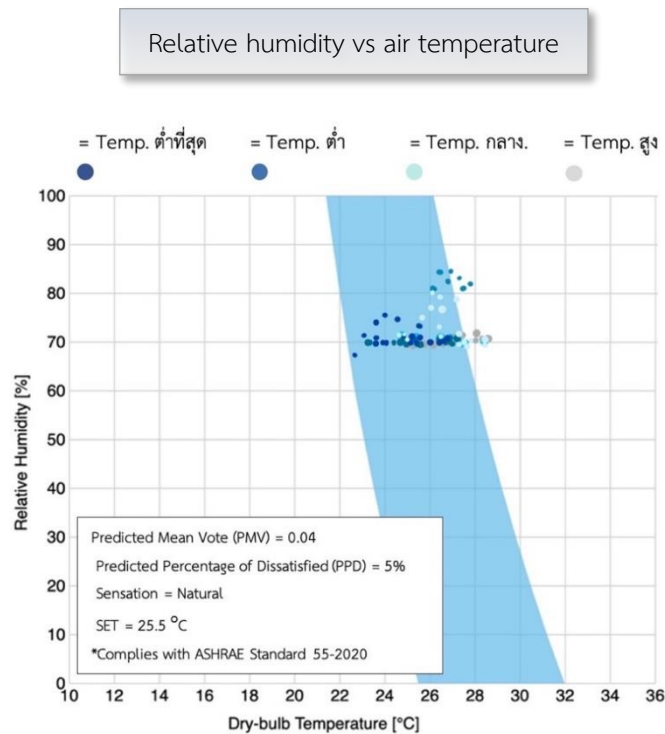


ภาพที่ 57 จำลองสามมิติของห้องทดสอบติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง C (+1.47 ม.) ณ ระดับเหนือลำตัว



ภาพที่ 58 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง C (+1.47 ม.) ณ ระดับเหนือลำตัว

จากภาพที่ 58 พบว่าช่วงเวลาเซ็นเซอร์ A1, A2, A3 และ B1 มีลักษณะเส้นกราฟทับซ้อนกัน อย่างสม่ำเสมอ แต่จะสังเกตเห็นว่าชั่วโมงที่ 12-14 หลังจากเดินเครื่อง เป็นช่วงที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันมากอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเป็นช่วงที่มีอากาศภายนอกที่ร้อนที่สุดแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายนอกส่งผลให้อากาศที่อยู่ในห้องนั้นเปลี่ยนไปด้วยและจากการทดสอบพบว่าระดับพื้นเหนือข้อเท้ามีอุณหภูมิต่ำที่สุดจากการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง C (+1.47 ม.) ดังเช่นระดับอื่น ๆ



ภาพที่ 59 Comfort Zone ณ ตำแหน่ง C (+1.47 ม.)

ณ ระดับเหนือลำตัว ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม

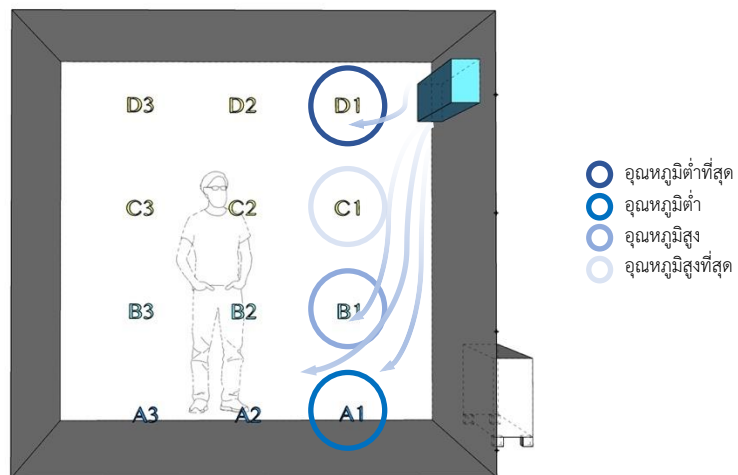
โดย ASHRAE Standard 55-2020 เก็บข้อมูล ณ วันที่ 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565

จากภาพที่ 48 พบว่า Comfort Zone ณ ตำแหน่ง C อุณหภูมิอยู่ในแนวรัศมีแนวอนของ ภาวะน่าสบายของแผนภูมิ ASHRAE Standard 55-2020 ซึ่งอุณหภูมิต่ำที่สุด (สีน้ำเงินเข้ม) อยู่ที่ 23-24 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 71-75%, อุณหภูมิต่ำ (สีน้ำเงิน) อยู่ที่ 24-25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 70.5-84%, อุณหภูมิกลาง (สีฟ้า) อยู่ที่ 25-26 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 70-76%, อุณหภูมิสูง (สีเทา) อยู่ที่ 26-26.8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ อยู่ที่ 76% ซึ่งผลการทดสอบยังพบว่าช่วงที่เกิดอุณหภูมิต่ำที่สุดจะอยู่ในชั่วโมงที่ 6-12, 2-6, 22-24 และ 14-20 หลังจากเดินเครื่องตามลำดับ ซึ่งการทดสอบยังพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ของการทดสอบนี้ อยู่ที่ 70.5%

สรุปได้ว่าตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ณ ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้) กว่าร้อยละ 30 อยู่ในภาวะน่าสบายเมื่อเทียบเกณฑ์ในแผนภูมิ ASHRAE Standard 55-2020 ของภูมิอากาศเขตร้อนชื้น

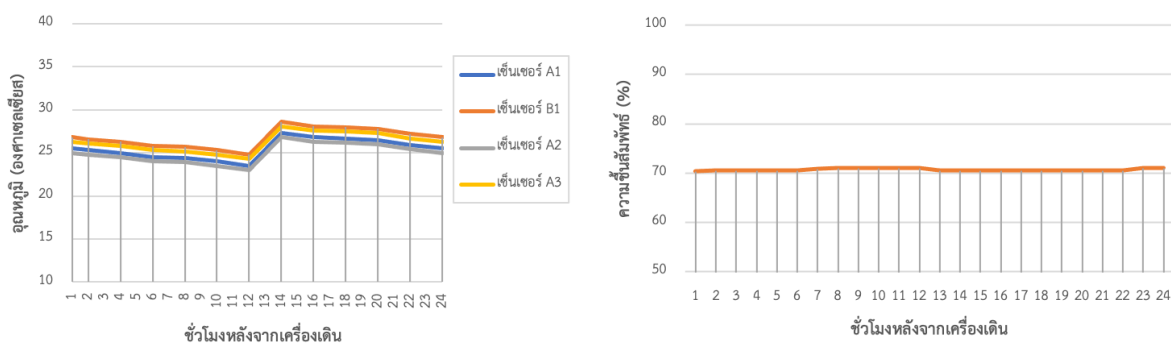
4.3.4 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง D

เมื่อเครื่องปรับอากาศถูกติดตั้ง ณ ตำแหน่ง D (+2.13 ม.) ณ ระดับเหนือข้อเท้า พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุดที่ระดับ D อยู่ที่ 26 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 76% รองลงมาคือระดับ A และ B มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 26.1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70.5% และ C มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 77% ตามลำดับภายใต้อุณหภูมิภายนอกขณะทำการทดสอบ สูงสุด-ต่ำสุดที่ 22-35 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าระยะการวางเครื่องปรับอากาศสัมพันธ์กับการแผ่กระจายอุณหภูมิของอีวาพอเรเตอร์ และเป็นที่น่าสังเกตว่า ณ ระดับ A อากาศมีการตกสู่ระดับพื้นเนื่องจากมีอุณหภูมิที่ต่ำลง ซึ่งสามารถดูได้จากกราฟ ดังภาพแสดงภาพที่ 60



ภาพที่ 60 แสดงภาพจำลองสามมิติของห้องทดสอบติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

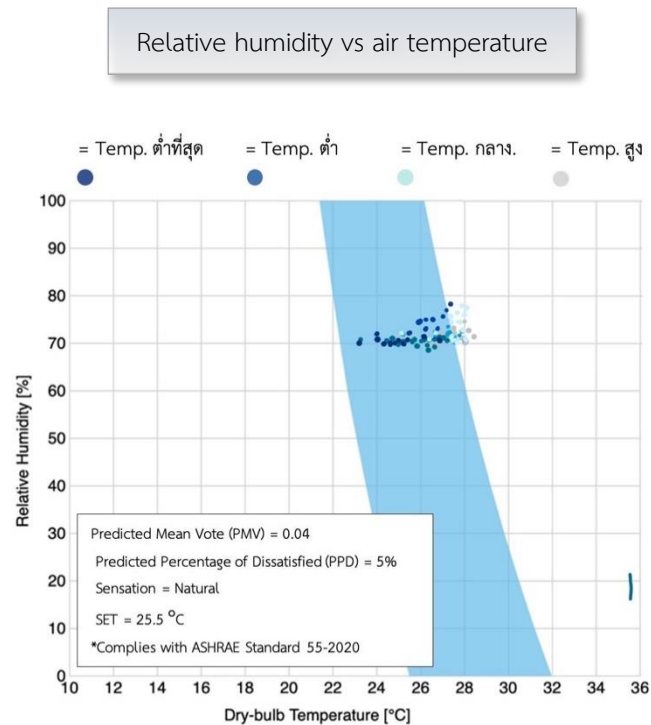
ณ ตำแหน่ง D (+2.13 ม.) ณ ระดับเหนือศีรษะ



ภาพที่ 61 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม
ณ ตำแหน่ง D (+2.13 ม.) ณ ระดับเหนือข้อเท้า

จากภาพที่ 61 พบว่าช่วงเวลาเซ็นเซอร์ A1, A2, A3 และ B1 มีลักษณะเส้นกราฟทับซ้อนกัน
อย่างสม่ำเสมอ แต่จะสังเกตเห็นว่าชั่วโมงที่ 12-14 หลังจากเดินเครื่อง เป็นช่วงที่มีอุณหภูมิต่าง
ต่างกันมากอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเป็นช่วงที่มีอากาศภายนอกที่ร้อนที่สุดแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายนอก
ส่งผลให้อากาศที่อยู่ในห้องนั้นเปลี่ยนไปด้วยและจากการทดสอบพบว่าระดับพื้นเหนือข้อเท้ามี
อุณหภูมิต่ำที่สุดจากการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง D (+2.13 ม.) ดังเช่นระดับอื่น ๆ

จากการทดสอบทั้ง 4 ระดับข้างต้นพบว่าอุณหภูมิมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอในการ
ทดสอบประสิทธิภาพความน่าสบายของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น
(Dehumidifier) ซึ่งพบว่าในแต่ละระดับมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันเล็กน้อยแต่ทั้งนี้ก็อยู่ในเกณฑ์ของความ
น่าสบาย ดังนั้นสรุปได้ว่า ณ ระดับ A และ B ของการติดตั้งเป็นระดับที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดตามลำดับ



ภาพที่ 62 Comfort Zone ณ ตำแหน่ง D (+2.13 ม.)

ณ ระดับเหนือข้อเท้า ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม

โดย ASHRAE Standard 55-2020 เก็บข้อมูล ณ วันที่ 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565

จากภาพที่ 62 พบว่า Comfort Zone ณ ตำแหน่ง D อยู่ในรัศมีของภาชนะนำสบายของ
 แผนภูมิ ASHRAE Standard 55-2020 ซึ่งอุณหภูมิต่ำที่สุด (สีน้ำเงินเข้ม) อยู่ที่ 23.2-26 องศา
 เซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 71-76%, อุณหภูมิต่ำ (สีน้ำเงิน) อยู่ที่ 24-26.1 องศาเซลเซียส
 ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 69-70.5%, อุณหภูมิกลาง (สีฟ้า) อยู่ที่ 25.1-28 องศาเซลเซียส ความชื้น
 สัมพัทธ์อยู่ที่ 70-77%, อุณหภูมิสูง (สีเทา) อยู่ที่ 26.2-28.8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 70-
 77% ซึ่งผลการทดสอบยังพบว่าช่วงที่เกิดอุณหภูมิต่ำที่สุดจะอยู่ในชั่วโมงที่ 8-12, 2-6, 22-24 และ
 14-20 หลังจากเดินเครื่องตามลำดับ ซึ่งการทดสอบยังพบว่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดอยู่ที่ชั่วโมงที่ 20
 ที่ 72% สรุปได้ว่าตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง D (+2.13 ม.)
 ณ ระดับเหนือศีรษะกว่าร้อยละ 30 อยู่ในภาชนะนำสบายเมื่อเทียบเกณฑ์ในแผนภูมิไซโคร-
 เมตริกของเขตภูมิอากาศร้อนชื้น

จากการสรุปผลจากการทดสอบการประเมินประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัด
 ลมทั้ง 4 ระดับการติดตั้งพบว่า ทุกการทดสอบในระดับต่าง ๆ กว่าร้อยละ 40 มีอุณหภูมิที่อยู่ในกรอบ
 ของสภาวะนำสบายตามเกณฑ์การเทียบผลในแผนภูมิไซโครเมตริก ASHRAE Standard 55-2020

โดยหลักการของ Olgay 1962 พบว่าคนที่อยู่อาศัยในเขตร้อนชื้นจะรู้สึกสบายเมื่ออยู่ภายใต้อุณหภูมิ 23.3 – 29.4 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ระหว่าง 30-70% จะเป็นช่วงของสภาวะสบาย และ ASHRAE ได้กำหนดให้สภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ คือสภาวะทางจิตใจที่บ่งบอกถึงความรู้สึกพึงพอใจกับสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมิ ซึ่งเกิดจากการประเมินตามความรู้สึกส่วนตัว ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ได้จาก Psychrometric chart

ซึ่งการทดสอบพบว่า ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ระดับเหนือข้อเท้า พบว่ากว่าร้อยละ 55 อยู่ในกรอบของสภาวะน่าสบายแต่ก็มีผลของการทดสอบที่พบว่าเครื่องปรับอากาศทำความเย็นที่อุณหภูมิต่ำเกินเกณฑ์ที่กำหนด คือ 21-22.3 องศาเซลเซียสและมีความชื้นสัมพัทธ์สูงในช่วงที่ 13-18 หลังจากเดินเครื่อง กว่า 70% โดยพบว่ามีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงตั้งแต่ 70-86%, ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้) กว่าร้อยละ 55 ที่อยู่ในกรอบของสภาวะน่าสบายโดยอุณหภูมิจะกระจายตัวเฉลี่ยอยู่ที่ 25-26.5 องศาเซลเซียสแต่เป็นที่น่าสังเกตว่าในการทดสอบพบว่าในช่วงที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงถึง 92%, ณ ตำแหน่ง C (+1.47 ม.) ระดับเหนือลำตัว กว่าร้อยละ 30 อยู่ในกรอบของสภาวะน่าสบายซึ่งพบว่าความชื้นของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศระดับนี้มีความชื้นสูงเกิน เกณฑ์ที่กำหนดของภูมิอากาศเขตร้อนชื้นและ ณ ตำแหน่ง D (+2.13 ม.) ระดับเหนือศีรษะพบว่ากว่าร้อยละ 30 อยู่ในกรอบของสภาวะน่าสบายเช่นเดียวกัน

จากการศึกษาของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม พบว่ามีความชื้นสัมพัทธ์ที่เกินเกณฑ์ที่กำหนด ทำให้เกิดสภาวะไม่สบายของอากาศที่อยู่ภายในห้อง จึงเป็นข้อพิจารณาถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดความชื้น ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาของการปรับอากาศที่มีความชื้นสูง ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาทดสอบในขั้นต่อไป คือการเพิ่มเครื่องไล่ความชื้น (Dehumidifier) ขณะทำการทดสอบอีกครั้ง ดังจะแสดงในรายละเอียดดังนี้

4.4 ผลการประเมินความน่าสบายของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier)

จากการทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพความน่าสบายของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมแล้วพบว่าระหว่างการปรับอากาศนั้นมีความชื้นที่สูงเกินเกณฑ์ที่กำหนด (23.3 – 29.4 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ระหว่าง 30-70% Olgay 1962) พบว่าค่าของความชื้นสัมพัทธ์มีค่ามากกว่าเกณฑ์ในกรอบของสภาวะน่าสบายสูงถึง 92% ดังนั้นเพื่อรักษาให้อุณหภูมิภายในห้องทดสอบมีความชื้นอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด จึงต้องมีการทดสอบเพิ่มเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) เข้ามา ในหัวข้อนี้จะเป็นการแสดงผลของการทดสอบเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น ดังจะแสดงผลโดยละเอียดต่อไป

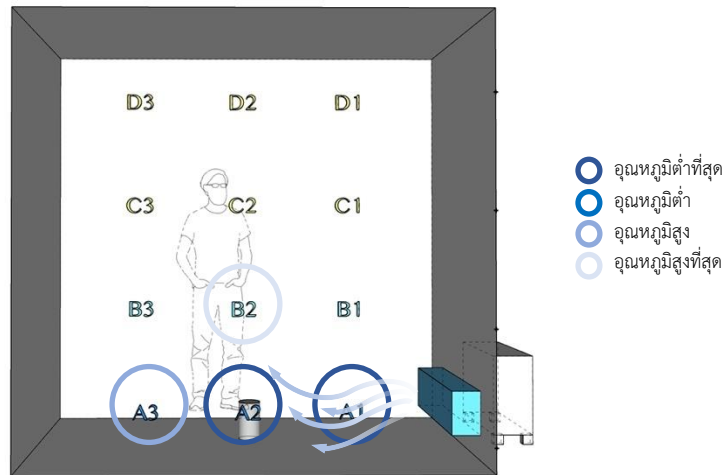
สำหรับการทดสอบนี้ได้ตั้งเครื่องลดความชื้นนี้ (Dehumidifier) ใช้สำหรับพื้นที่ไม่เกิน 5 ตร.ม. ตัวเครื่องสามารถดูดซับได้ 360 องศา เม็ดดูดความชื้นที่บรรจุในตัวเครื่อง 350 กรัม สามารถดูดซับความชื้นได้นานถึง 2-3 สัปดาห์ สำหรับการนำมาทดสอบจึงสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องใน 24 ชม. และตำแหน่งที่ติดตั้งคือกึ่งกลางห้อง เพื่อจะสามารถทำงานได้ครอบคลุมและเกิดประสิทธิภาพอย่างทั่วถึง โดยหลักการทำงานของเครื่องนี้คือภายในเครื่องจะมีเม็ดดูดความชื้น ซึ่งเมื่อเม็ดดูดความชื้นกลายเป็นสีเขียวยจะต้องชาร์จเครื่อง 12-15 ชม. โดยระหว่างชาร์จต้องตั้งตัวเครื่องขึ้น เมื่อเม็ดดูดความชื้นแห้งจะเป็นสีส้มและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ดังจะแสดงในรายละเอียดของการทดสอบต่อไปนี้



ภาพที่ 63 เครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) ถูกนำมาติดตั้งในห้องทดสอบ

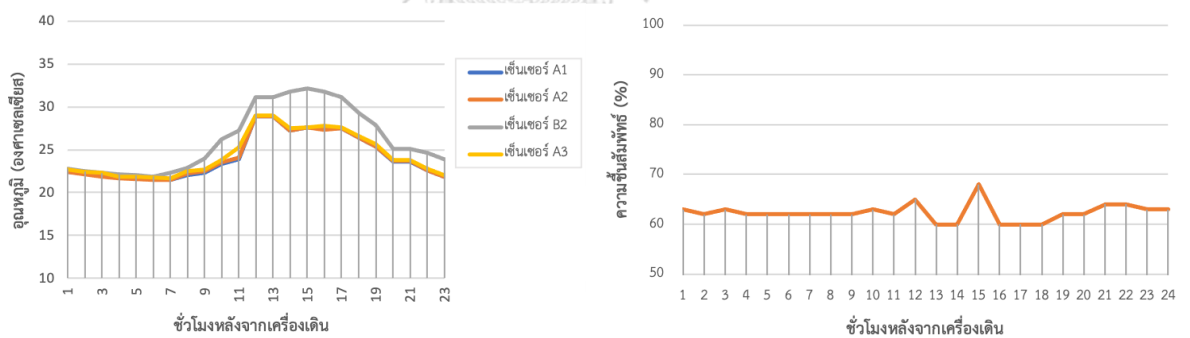
จากการติดตั้งเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) ขณะทำการทดสอบของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมพบว่าเครื่องปรับอากาศสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นในแง่ของการปรับอากาศให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย โดยเครื่องลดความชื้นนี้ได้ลดความชื้นที่เกิดขึ้นระหว่างเครื่องปรับอากาศทำงาน จากความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดที่เคยวัดได้ก่อนการติดตั้งเครื่องนี้คือ 86% ลดลงเหลือ 73% หรือคิดเป็น 9% ของความชื้นสัมพัทธ์ที่ลดลง ซึ่งรายละเอียดแต่ละระดับจะแสดงดังต่อไปนี้

4.4.1 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง A



ภาพที่ 64 จำลองสามมิติของห้องทดสอบติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ณ ระดับเหนือข้อเท้า

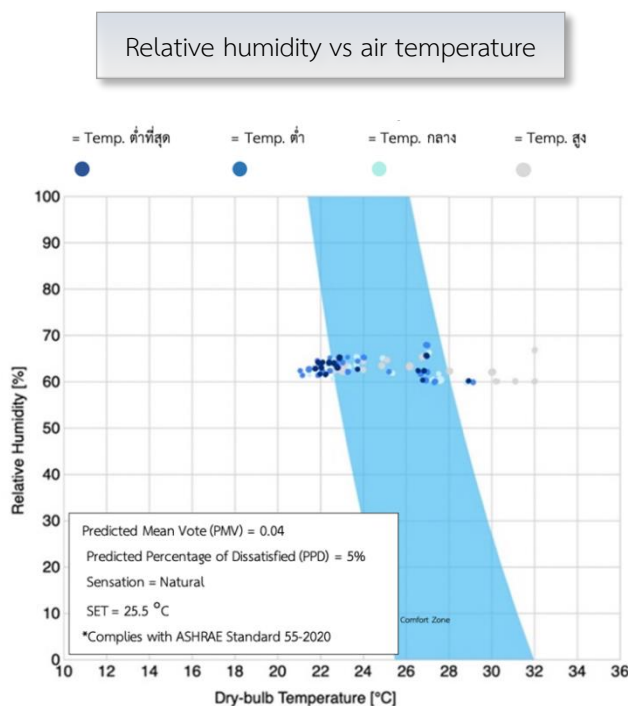


ภาพที่ 65 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม

ที่มีเครื่องลดความชื้น ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ณ ระดับเหนือข้อเท้า

จากภาพที่ 65 พบว่าช่วงเวลาเซ็นเซอร์ A1, A2 และ A3 มีลักษณะเส้นกราฟทับซ้อนกัน แสดงให้เห็นว่าในระดับเหนือข้อเท้ามีอุณหภูมิต่ำที่สุด แต่เซ็นเซอร์ B2 จะมีอุณหภูมิสูงที่สุด โดยพบว่า ชั่วโมงที่ 6-24 หลังจากเดินเครื่อง จะเป็นเวลาที่เซ็นเซอร์ทั้งสองกลุ่มนี้มีเส้นที่แยกออกจากกัน นั่นแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิกายนอกหรือเวลาที่เปลี่ยนไป ส่งผลให้อากาศที่อยู่ในห้องนั้นเปลี่ยนไปด้วย

จึงทำให้ระดับพื้นเหนือข้อเท้ามีอุณหภูมิต่ำที่สุดจากการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.)



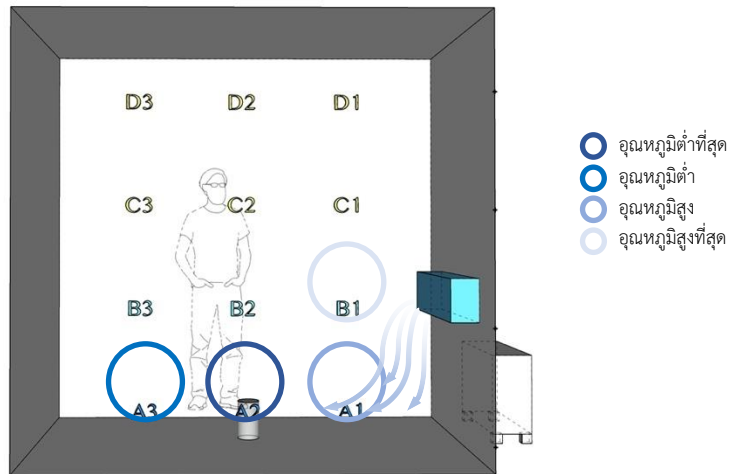
ภาพที่ 66 Comfort Zone ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ณ ระดับเหนือข้อเท้าของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) โดย ASHRAE Standard 55-2020 เก็บข้อมูล ณ วันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565

จากภาพที่ 66 พบว่าอุณหภูมิที่วัดได้ส่วนใหญ่กระจุกตัวอยู่ขอบ Comfort zone และกระจายออกไปเป็นแนวยาว โดยอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยที่ 21.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเช้าและอุณหภูมิจะค่อย ๆ สูงขึ้นในช่วงบ่าย แล้วลดระดับอีกครั้งในช่วงเย็นที่อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 21.5-32 องศาเซลเซียส (สีน้ำเงินเข้ม) ซึ่งตำแหน่งการกระจายจะอยู่หน้า Comfort zone เล็กน้อย อุณหภูมิต่ำ (สีน้ำเงิน) เฉลี่ยใกล้เคียงกับจุดที่แสดงอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 24.1 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิกลาง (สีฟ้า) เฉลี่ยอยู่ที่ 24.4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูง (สีเทา) จะเฉลี่ยอยู่ที่ 26 องศาเซลเซียส ภายใต้อุณหภูมิภายนอกขณะทำการทดสอบ สูงสุด-ต่ำสุดที่ 18-29 องศาเซลเซียส

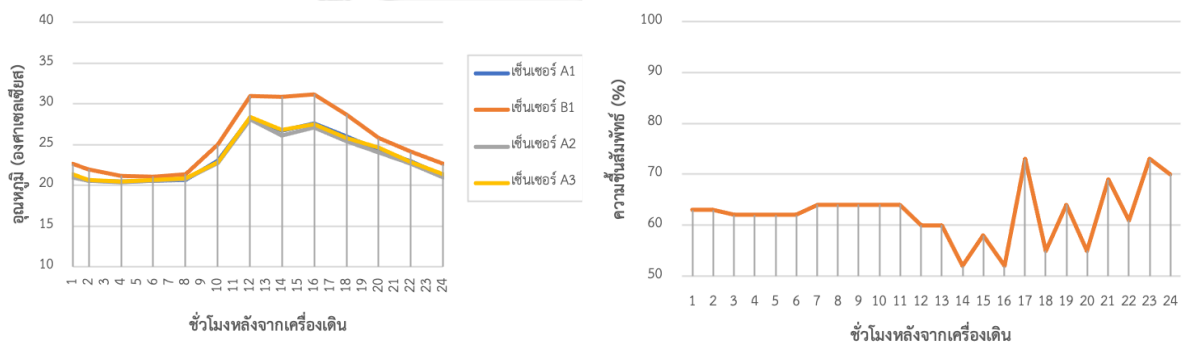
จากภาพสรุปได้ว่า ณ ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) ณ ตำแหน่ง A นั้นมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดสอบอยู่ที่ 21.5 -31.6 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดที่ เซนเซอร์ A1 และ A2 อยู่ที่ 23.2 องศาเซลเซียส รองลงมาคือ เซนเซอร์ A3 อยู่ที่ 23.4 องศาเซลเซียส และ B3 อยู่ที่ 25 องศาเซลเซียสตามลำดับ มีความชื้น

สัมพัทธ์อยู่ที่ 60-68% หรือเฉลี่ยที่ 59.8% และพบว่าร้อยละ 70 ทั่วไปอยู่ในเขตสภาวะที่น่าสบาย (Comfort zone)

4.4.2 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง B

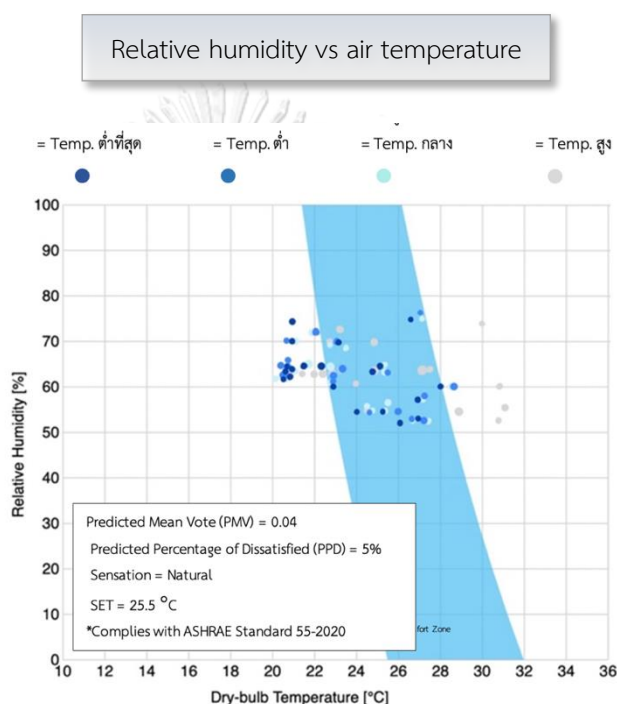


ภาพที่ 67 จำลองสามมิติของห้องทดสอบติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ณ ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้)



ภาพที่ 68 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ที่มีเครื่องลดความชื้น ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ณ ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้)

จากภาพที่ 68 พบว่าช่วงเวลาเซ็นเซอร์ A1, A2 และ A3 มีลักษณะเส้นกราฟทับซ้อนกัน แสดงให้เห็นว่าในระดับเหนือข้อเท้ามีอุณหภูมิต่ำที่สุด แต่เซ็นเซอร์ B1 จะมีอุณหภูมิสูงที่สุด โดยพบว่า ชั่วโมงที่ 4–8 หลังจากเดินเครื่องจะเป็นช่วงเวลาที่เซ็นเซอร์ทั้งสองกลุ่มนี้มีเส้นที่ใกล้กัน แต่หลังจากนั้นจะเกิดเส้นกราฟที่แยกจากกันอย่างเห็นได้ชัด นั่นแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายนอกหรือเวลาที่เปลี่ยนไป ส่งผลให้อากาศที่อยู่ในห้องนั้นเปลี่ยนไปด้วยดังตำแหน่ง A จึงยังทำให้ระดับพื้นเหนือข้อเท้ามีอุณหภูมิต่ำที่สุดจากการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.)

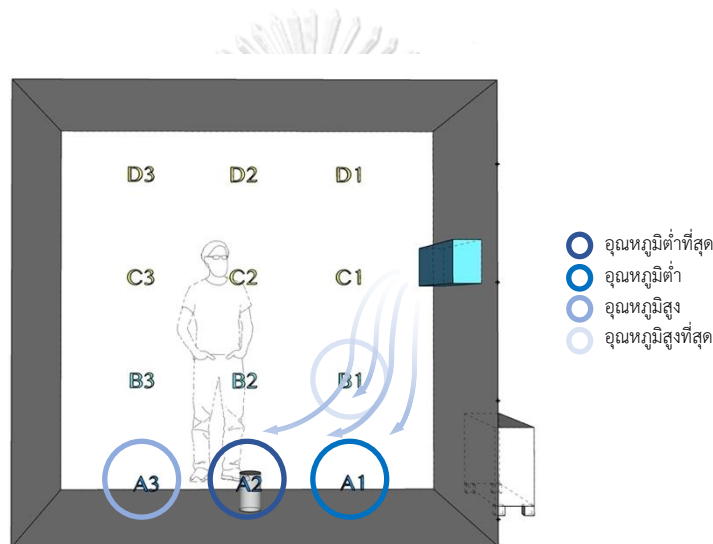


ภาพที่ 69 Comfort Zone ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ณ ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้) ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) โดย ASHRAE Standard 55-2020 เก็บข้อมูล ณ วันที่ 3 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565

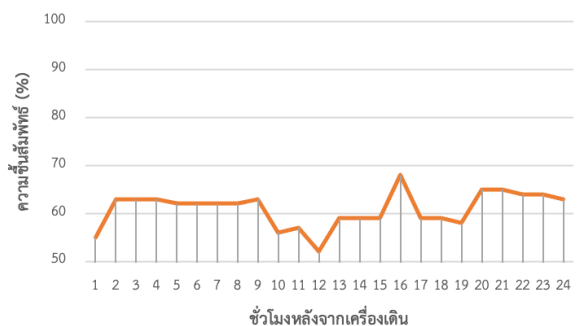
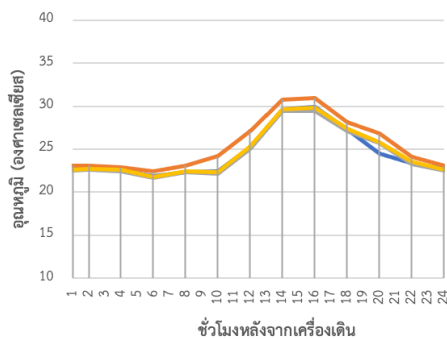
จากภาพที่ 69 พบว่าอุณหภูมิที่วัดได้ส่วนใหญ่กระจายออกเป็นวงกว้างมากกว่าภาพที่ 57 โดยอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยที่ 20.4 องศาเซลเซียสในช่วงเช้าและอุณหภูมิจะค่อย ๆ สูงขึ้นในช่วงบ่ายแล้วลดระดับอีกครั้งในช่วงเย็นที่อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 25.4 องศาเซลเซียส (สีน้ำเงินเข้ม) อุณหภูมิต่ำ (สีน้ำเงิน) อุณหภูมิต่ำอยู่ที่ 23.3 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิกลาง (สีฟ้า) เฉลี่ยอยู่ที่ 23.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูง (สีเทา) จะเฉลี่ยอยู่ที่ 25.5 องศาเซลเซียส ภายใต้อุณหภูมิภายนอกขณะทำการทดสอบสูงสุด-ต่ำสุดที่ 18-29 องศาเซลเซียส

จากภาพสรุปได้ว่า ณ ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) ณ ตำแหน่ง B นั้นมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดสอบอยู่ที่ 20.4 -30.5 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดที่ เซนเซอร์ A2 อยู่ที่ 23.2 องศาเซลเซียส รองลงมาคือเซนเซอร์ A3 อยู่ที่ 23.4 องศาเซลเซียส ,A1 อยู่ที่ 23.5 องศาเซลเซียส และ B1 อยู่ที่ 25.4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 55-73% หรือเฉลี่ยที่ 62.5% และพบว่าร้อยละ 70 ทั่วไปอยู่ในเขตสภาวะที่น่าสบาย (Comfort zone)

4.4.3 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง C

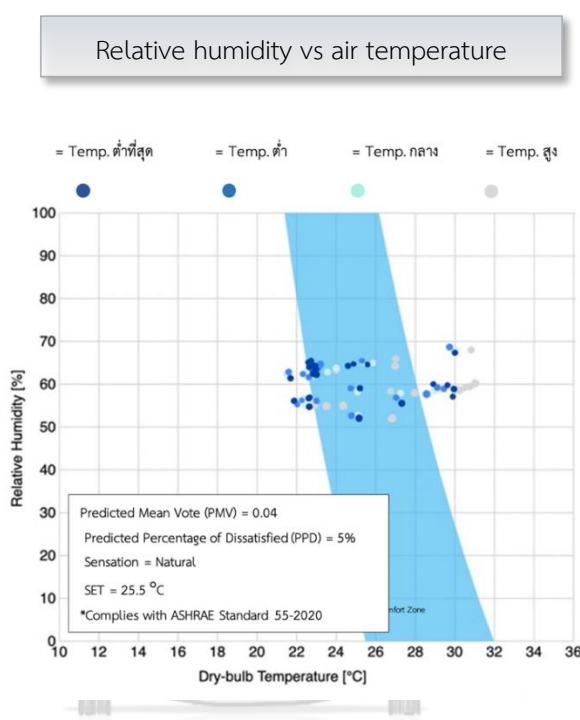


ภาพที่ 70 จำลองสามมิติของห้องทดสอบติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง C (+1.47 ม.) ณ ระดับเหนือลำตัว



ภาพที่ 71 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ที่มีเครื่องลดความชื้น ณ ตำแหน่ง C (+1.47 ม.) ณ ระดับเหนือลำตัว

จากภาพ 71 พบว่าช่วงเวลาเซ็นเซอร์ A1, A2 และ A3 มีลักษณะเส้นกราฟทับซ้อนกันแสดงให้เห็นว่าในระดับเหนือข้อเท้ามีอุณหภูมิต่ำที่สุด แต่เซ็นเซอร์ B1 จะมีอุณหภูมิสูงที่สุด โดยพบว่าชั่วโมงที่ 24-6 หลังจากเดินเครื่อง จะเป็นช่วงเวลาที่เซ็นเซอร์ทั้งสองกลุ่มนี้มีเส้นที่ใกล้กัน แต่หลังจากนั้นจะเกิดเส้นกราฟที่แยกจากกันไม่มากดังตำแหน่งการติดตั้ง B นั้นแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายนอกหรือเวลาที่เปลี่ยนไป ส่งผลให้อากาศที่อยู่ในห้องนั้นเปลี่ยนไปเล็กน้อย แต่ก็ยังทำให้ระดับพื้นเหนือข้อเท้ามีอุณหภูมิต่ำที่สุดจากการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง C (+1.47 ม.)



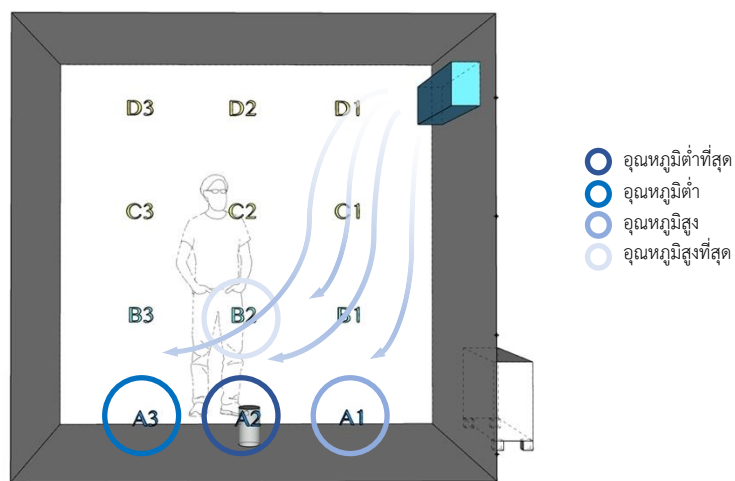
ภาพที่ 72 Comfort Zone ณ ตำแหน่ง C (+1.47 ม.) ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) โดย ASHRAE Standard 55-2020

เก็บข้อมูล ณ วันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565

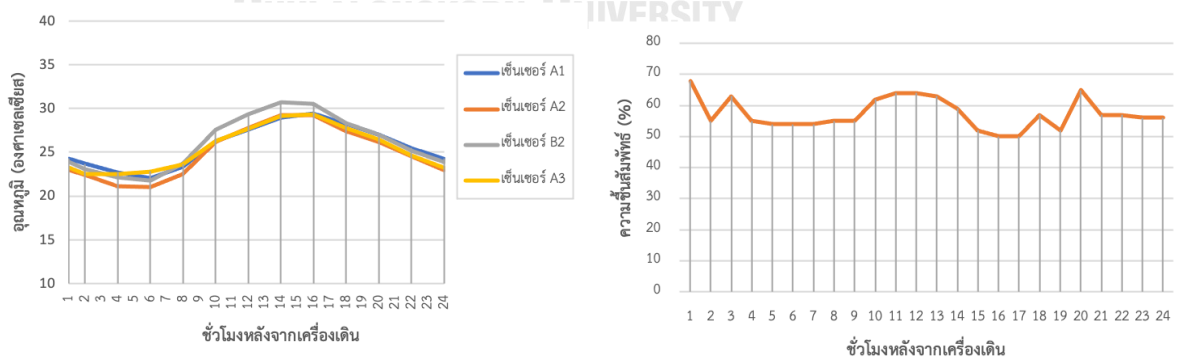
จากภาพที่ 72 พบว่าอุณหภูมิที่วัดได้ส่วนใหญ่กระจายออกตามยาวและเป็นกระจุกตัว โดยเฉพาะอุณหภูมิต่ำสุด (สีน้ำเงินเข้ม) เฉลี่ยอยู่ที่ 21.9 องศาเซลเซียสในช่วงเช้าและอุณหภูมิจะค่อย ๆ สูงขึ้นในช่วงบ่ายแล้วลดระดับอีกครั้งในช่วงเย็นที่อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 27.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำ (สีน้ำเงิน) เฉลี่ยอยู่ที่ 24.5 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิกลาง (สีฟ้า) ใกล้เคียงกับเขตอุณหภูมิต่ำเฉลี่ยอยู่ที่ 24.7 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูง (สีเทา) จะเฉลี่ยอยู่ที่ 25.6 องศาเซลเซียส ภายใต้อุณหภูมิภายนอกขณะทำการทดสอบ สูงสุด-ต่ำสุดที่ 21-30 องศาเซลเซียส

จากภาพสรุปได้ว่า ณ ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) ณ ตำแหน่ง C นั้นมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดสอบอยู่ที่ 21.9-31.6 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดที่ เซนเซอร์ A2 อยู่ที่ 24.5 องศาเซลเซียส รองลงมาคือ เซนเซอร์ A1 อยู่ที่ 24.7 องศาเซลเซียส ,A3 อยู่ที่ 24.78 องศาเซลเซียส และ B1 อยู่ที่ 25.6 องศาเซลเซียสตามลำดับ มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 55-68% หรือเฉลี่ยที่ 60.9% และพบว่าร้อยละ 65 ทั่วไปอยู่ในเขตสภาวะที่น่าสบาย (Comfort zone)

4.4.4 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง D

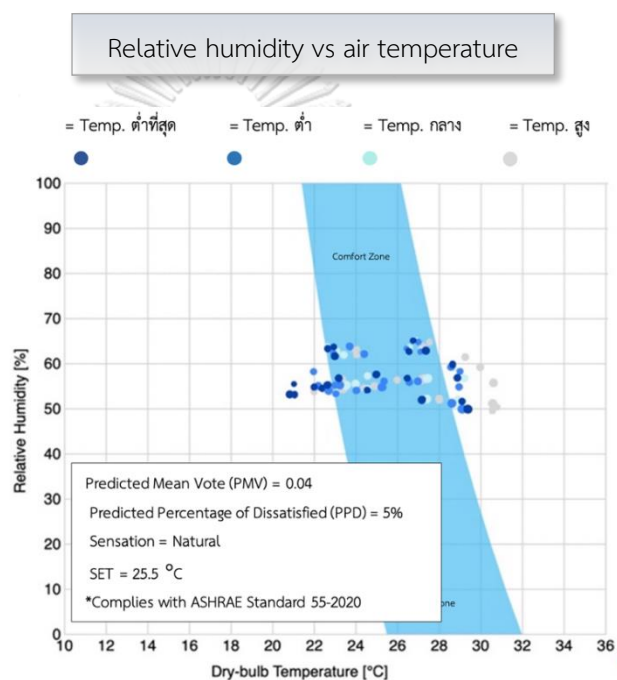


ภาพที่ 73 แสดงภาพจำลองสามมิติของห้องทดสอบติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง D (+2.13 ม.) ณ ระดับเหนือศีรษะ



ภาพที่ 74 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ที่มีเครื่องลดความชื้น ณ ตำแหน่ง D (+2.13 ม.) ณ ระดับเหนือศีรษะ

จากกราฟพบว่าช่วงเวลาเซ็นเซอร์ A1, A2 และ A3 มีลักษณะเส้นกราฟทับซ้อนกันแสดงให้เห็นว่าในระดับเหนือข้อเท้ามีอุณหภูมิต่ำที่สุด แต่เซ็นเซอร์ B2 จะมีอุณหภูมิสูงที่สุด โดยพบว่า ชั่วโมงที่ 8-17 หลังจากเดินเครื่อง จะเป็นเวลาที่เซ็นเซอร์ทั้งสองกลุ่มนี้มีเส้นที่ห่างกัน แต่หลังจากนั้นจะเกิดเส้นกราฟที่ทับซ้อนกลับขึ้นลงไม่สม่ำเสมอ นั้นแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายนอกหรือเวลาที่เปลี่ยนไป ส่งผลให้อากาศที่อยู่ในห้องนั้นเปลี่ยนไปไม่คงที่ แต่ก็ยังทำให้ระดับพื้นเหนือข้อเท้ามีอุณหภูมิต่ำที่สุดจากการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ณ ตำแหน่ง D (+2.13 ม.) เช่นเดียวกันกับระดับการติดตั้งก่อนหน้านี้



CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 75 Comfort Zone ณ ตำแหน่ง D ณ ระดับเหนือศีรษะ
 ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier)
 โดย ASHRAE Standard 55-2020 เก็บข้อมูล ณ วันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565

จากภาพที่ 75 พบว่าอุณหภูมิที่วัดได้ส่วนใหญ่มีความหนาแน่นที่เขตสภาวะน่าสบาย (Comfort zone) โดยเฉพาะอุณหภูมิต่ำสุด (สีน้ำเงินเข้ม) เฉลี่ยอยู่ที่ 21 องศาเซลเซียสในช่วงเช้า และอุณหภูมิจะค่อย ๆ สูงขึ้นในช่วงบ่ายแล้วลดระดับอีกครั้งในช่วงเย็นที่อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 26.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำ (สีน้ำเงิน) เฉลี่ยอยู่ที่ 25.6 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิกลาง (สีฟ้า) ใกล้เคียงกับเขตอุณหภูมิต่ำเฉลี่ยอยู่ที่ 25.4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิสูง (สีเทา) จะเฉลี่ยอยู่ที่ 25.9 องศา

เซลเซียส ตามลำดับ ภายใต้อุณหภูมิภายนอกขณะทำการทดสอบ สูงสุด-ต่ำสุดที่ 21-30 องศาเซลเซียส จากลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเฉลี่ยจะไม่ค่อยต่างกันมาก เนื่องจากการกระจายเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

สรุปได้ว่า ณ ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) ณ ตำแหน่ง D นั้นมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดสอบอยู่ที่ 21 -31.6 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดที่ เซนเซอร์ A2 อยู่ที่ 24.9 องศาเซลเซียส รองลงมาคือเซนเซอร์ A1 อยู่ที่ 25.4 องศาเซลเซียส ,A1 อยู่ที่ 25.6 องศาเซลเซียส และ B1 อยู่ที่ 25.9 องศาเซลเซียส ตามลำดับ มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 54-68% หรือเฉลี่ยที่ 57% และพบว่าร้อยละ 65 ทั่วไปอยู่ในเขตสภาวะที่น่าสบาย (Comfort zone)

4.5 ผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบหาประสิทธิภาพด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) พบว่ากว่าร้อยละ 70 สามารถปรับอากาศให้อยู่ในอุณหภูมิและมีความชื้นสัมพัทธ์ที่อยู่ในเกณฑ์การประเมินด้วยแผนภูมิASHRAE Standard 55-2020ของเขตภูมิอากาศร้อนชื้น ตามข้อมูลงานวิจัยของ Olgay, 1962 การอยู่อาศัยในเขตร้อนชื้นจะรู้สึกสบายเมื่ออยู่ภายใต้อุณหภูมิ 23.3 – 29.4 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ระหว่าง 30-70% จะเป็นช่วงของสภาวะสบาย และ ASHRAE ได้กำหนดให้สภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ คือสภาวะทางจิตใจที่บ่งบอกถึงความรู้สึกพึงพอใจกับสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมิ ซึ่งเกิดจากการประเมินตามความรู้สึกส่วนตัว ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ได้จาก Bioclimatic chart

ซึ่งการทดสอบ ณ ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ระดับเหนือข้อเท้า มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดสอบอยู่ที่ 21.5 - 31.6 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 60-68% หรือเฉลี่ยที่ 59.8% และพบว่ากว่าร้อยละ 70 ทั่วไปอยู่ในเขตสภาวะที่น่าสบาย (Comfort zone), ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ณ ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้) มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดสอบอยู่ที่ 20.4 -30.5 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 55-73% หรือเฉลี่ยที่ 62.5% และพบว่าร้อยละ 70 ทั่วไปอยู่ในเขตสภาวะที่น่าสบาย (Comfort zone), ณ ตำแหน่ง C (+1.47 ม.) ณ ระดับเหนือลำตัว มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดสอบอยู่ที่ 21.9-31.6 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 55-68% หรือเฉลี่ยที่ 60.9% และพบว่าร้อยละ 65 ทั่วไปอยู่ในเขตสภาวะที่น่าสบาย (Comfort zone) และ ณ ตำแหน่ง D นั้นมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดสอบอยู่ที่ 21 -31.6 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 54-68% หรือเฉลี่ยที่ 57% และพบว่าร้อยละ 65 ทั่วไปอยู่ในเขตสภาวะที่น่าสบาย (Comfort zone)

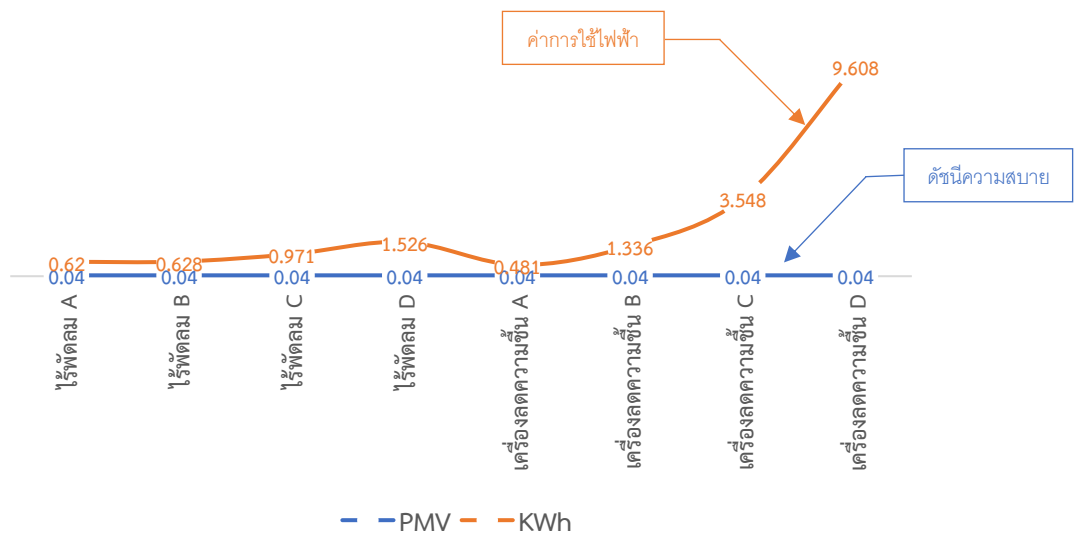
สรุปได้ว่าการทดสอบหาประสิทธิภาพด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) พบว่าเมื่อเทียบกับความชื้นที่เกิดขึ้นจากการทดสอบครั้งก่อนหน้า (ไร้พัดลม) ผลปรากฏว่ามีความชื้นลดลงขณะทำการทดสอบใน 24 ชม. ซึ่งผลลัพธ์ทั้ง 4 ระดับของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ โดยความชื้นที่วัดได้ตลอดการทดสอบจะอยู่ที่ 55-70% และมีความชื้นเกินเกณฑ์เพียง 1% เท่านั้น ผลการเปรียบเทียบจะแสดงตามตารางที่ 5



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม โดยการทดสอบแบ่งออกเป็น การทดสอบเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมและเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น สามารถแสดงดังรายละเอียดต่อไปนี้



ภาพที่ 76 ค่าการใช้ไฟฟ้าและดัชนีความสบาย (PMV)

เมื่อพิจารณาค่าการใช้พลังงาน (KWh) ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลมและค่าดัชนีความสบาย (PMV) ที่ 0.04 พบว่า ณ ตำแหน่ง A ระดับเหนือข้อเท้า (ที่ระยะความสูง (H) = +0.15 ม.) ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.481 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง รองลงมาคือเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง A, B, C ตามลำดับ และตำแหน่ง D ระดับเหนือศีรษะ (ที่ระยะความสูง (H) = +2.13 ม.) ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 9.608 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง จากผลการทดสอบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม

จากการทดสอบในห้องทดลองติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่ ทั้งหมด 4 ระดับโดยแบ่งตามระดับต่าง ๆ คือ 1. ตำแหน่ง A ระดับเหนือข้อเท้า (ที่ระยะความสูง (H) = +0.15 ม.) 2. ตำแหน่ง B ระดับลำตัว (ระดับการนั่งเก้าอี้) (ที่ระยะความสูง (H) = +0.81 ม.) 3. ตำแหน่ง C ระดับเหนือลำตัว (ที่ระยะความสูง (H) = +1.47 ม.) และ 4. ตำแหน่ง D ระดับเหนือศีรษะ (ที่ระยะความสูง (H) = +2.13 ม.) ตามลำดับ ซึ่งการทดสอบพบว่าระยะความสูง (H) ของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศส่งผลต่อผลลัพธ์ของประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายในเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมดังนี้

1. ตำแหน่ง A ระดับเหนือข้อเท้า (ที่ระยะความสูง (H) = +0.15 ม.) มีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 552.5 วัตต์ มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.620 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

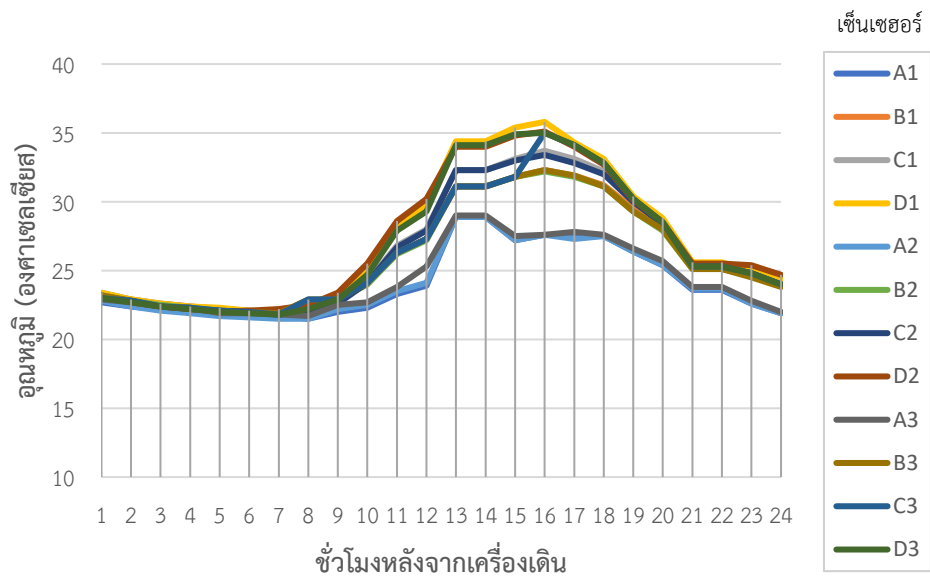
2. ตำแหน่ง B ระดับลำตัว (ระดับการนั่งเก้าอี้) (ที่ระยะความสูง (H) = +0.81 ม.) มีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 555 วัตต์ มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.628 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

3. ตำแหน่ง C ระดับเหนือลำตัว (ที่ระยะความสูง (H) = +1.47 ม.) การใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 663 วัตต์มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.971 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

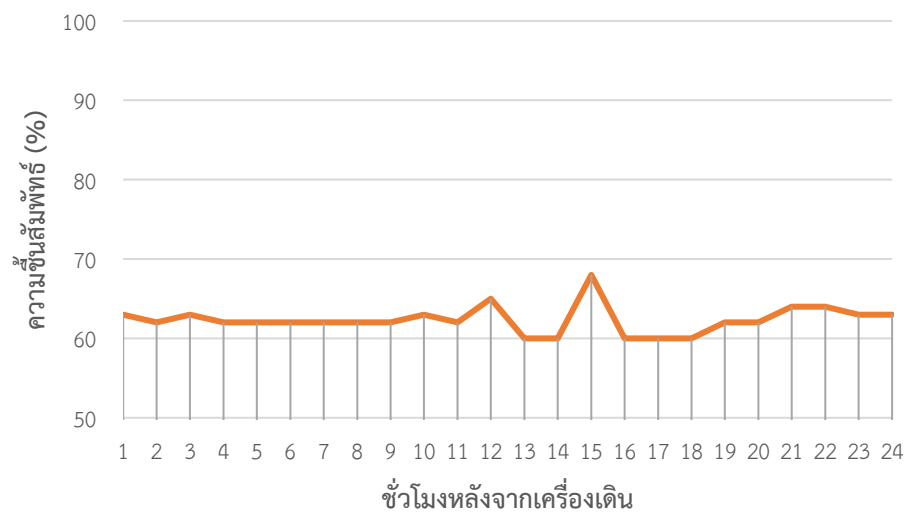
4. ตำแหน่ง D ระดับเหนือศีรษะ (ที่ระยะความสูง (H) = +2.13 ม.) มีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 607 วัตต์มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.526 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

เมื่อสรุปผลที่ได้จากการทดสอบพบว่า ณ ตำแหน่ง A หรือระดับเหนือข้อเท้า (ที่ระยะความสูง (H) = +0.15 ม.) มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.620 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง รองลงมาคือ ตำแหน่ง B = 0.628 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง , C = 0.971 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และ D = 1.526 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงตามลำดับ

ผลการทดสอบของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง A ระดับเหนือข้อเท้า (ที่ระยะความสูง (H) = +0.15 ม.) เป็นตำแหน่งที่มีการใช้ไฟฟ้าน้อยที่สุด จากภาพที่ 77 พบว่าชั่วโมงที่ 9 หลังเครื่องเดิน อุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศเริ่มสูงขึ้นและอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ ชั่วโมงที่ 16 หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดระดับลงมาตามภาพ และจากภาพที่ 78 พบว่าความชื้นสัมพัทธ์ก็เริ่มสูงขึ้นที่ชั่วโมงที่ 9 และความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดที่ชั่วโมงที่ 15 หลังเครื่องเดิน และกราฟมีการลดระดับลงมาที่ชั่วโมงที่ 16-18



ภาพที่ 77 อุณหภูมิภายในห้องขณะเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลมทำงาน



ภาพที่ 78 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องขณะเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลมทำงาน

5.2 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม และเครื่องไล่ความชื้น (Dehumidifier)

จากการทดสอบในห้องทดลองติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) ทั้งหมด 4 ระดับโดยแบ่งตามระดับต่าง ๆ คือ 1. ตำแหน่ง A ระดับเหนือข้อเท้า (ที่ระยะความสูง (H) = +0.15 ม.) 2. ตำแหน่ง B ระดับลำตัว (ระดับการนั่งเก้าอี้) (ที่ระยะความสูง (H) = +0.81 ม.) 3. ตำแหน่ง C ระดับเหนือลำตัว (ที่ระยะความสูง (H) = +1.47 ม.) และ 4. ตำแหน่ง D ระดับเหนือศีรษะ (ที่ระยะความสูง (H) = +2.13 ม.) ตามลำดับ ซึ่งการทดสอบพบว่า ระยะความสูง (H) ของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศส่งผลต่อผลลัพธ์ของประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายในเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมดังนี้

1. ตำแหน่ง A ระดับเหนือข้อเท้า (ที่ระยะความสูง (H) = +0.15 ม.) มีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 570 วัตต์ มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.481 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

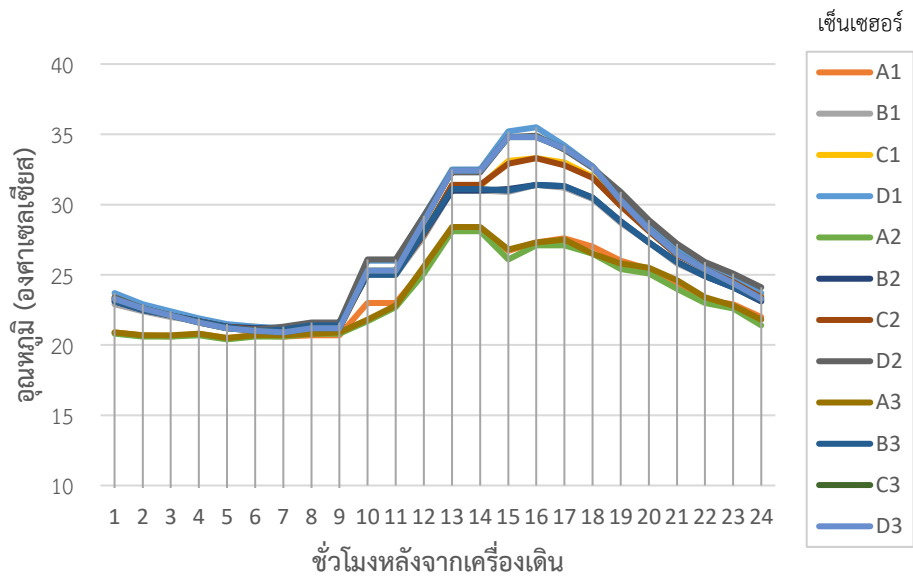
2. ตำแหน่ง B ระดับลำตัว (ระดับการนั่งเก้าอี้) (ที่ระยะความสูง (H) = +0.81 ม.) มีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 578.8 วัตต์มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.336 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

3. ตำแหน่ง C ระดับเหนือลำตัว (ที่ระยะความสูง (H) = +1.47 ม.) การใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 602.4 วัตต์มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.548 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

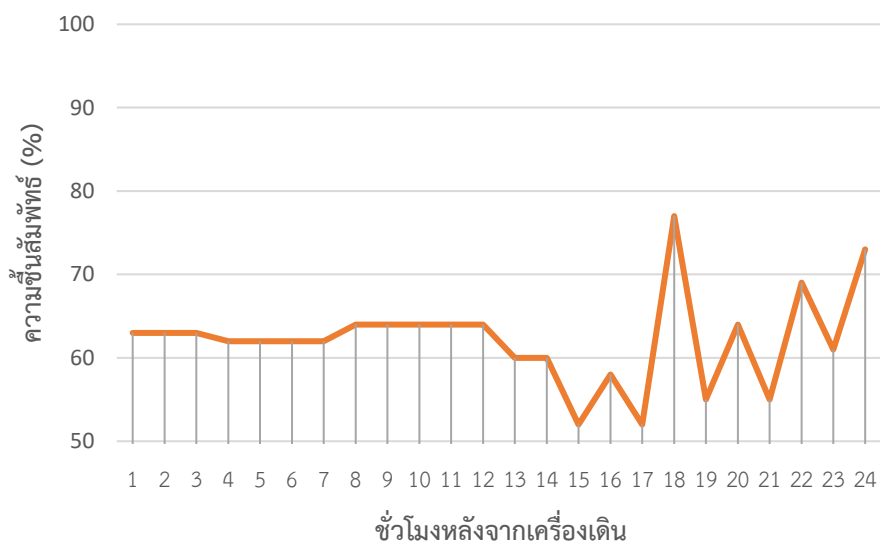
4. ตำแหน่ง D ระดับเหนือศีรษะ (ที่ระยะความสูง (H) = +2.13 ม.) มีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 595.6 วัตต์มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 9.608 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

เมื่อสรุปผลที่ได้จากการทดสอบพบว่า ณ ตำแหน่ง A (ภาพ 49) หรือระดับเหนือข้อเท้า (ที่ระยะความสูง (H) = +0.15 ม.) มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.481 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง รองลงมาคือตำแหน่ง B = 1.336 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง , C = 3.548 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และ D = 9.608 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงตามลำดับ

ผลการทดสอบของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น ณ ตำแหน่ง A ระดับเหนือข้อเท้า (ที่ระยะความสูง (H) = +0.15 ม.) เป็นตำแหน่งที่มีการใช้ไฟฟ้าน้อยที่สุด จากภาพที่ 79 พบว่าชั่วโมงที่ 9 หลังเครื่องเดิน อุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศเริ่มสูงขึ้นและอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ชั่วโมงที่ 16 หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดระดับลงมาตามภาพ และจากภาพที่ 80 พบว่าความชื้นสัมพัทธ์ก็เริ่มลดลงที่ชั่วโมงที่ 12 และความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดที่ชั่วโมงที่ 18 หลังเครื่องเดิน แต่ในกรณีนี้พบว่ากราฟมีสูงต่ำอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสรุปได้ว่าหลังชั่วโมงที่ 12 ของการทดสอบจะเกิดค่าความชื้นสัมพัทธ์จะไม่คงที่



ภาพที่ 79 อนุภาคภายในห้องขณะเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลม
ที่มีเครื่องลดความชื้นทำงาน



ภาพที่ 80 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องขณะเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลม
ที่มีเครื่องลดความชื้นทำงาน

เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบแล้วจะพบว่าในขณะที่เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) กำลังทำงานอยู่นั้นค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า (ภาพที่ 48) จะมีเส้นกราฟสูงต่ำไม่คงที่ ในกรณี ณ ตำแหน่งการติดตั้งที่ A ระดับเหนือข้อเท้า (ที่ระยะความสูง (H) = +0.15 ม.) ที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานมากที่สุดเนื่องจากการใช้กำลังไฟฟ้าน้อยที่สุด (แต่ไม่ได้มีร้อยละของสภาวะน่าสบายมากที่สุด) พบว่าเมื่อการทำงานอย่างต่อเนื่องกันมากกว่า 6 ชั่วโมง ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม จะเกิดการเพิ่มการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น โดยจะเห็นได้จากชั่วโมงที่ 7 หลังจากเดินเครื่องเป็นต้นไป แล้วจากนั้นเครื่องจะหยุดทำงานโดยการตัดเป็นระยะเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในห้อง โดยกราฟ (สีเหลือง) จะพุ่งสูงขึ้นเมื่อเครื่องทำงานอีกครั้งที่ชั่วโมงที่ 15 จนสูงที่สุดที่ชั่วโมงที่ 22 หลังจากเดินเครื่อง

การเพิ่มความร้อนภายในอาคาร (Internal heat load) โดยการใช้หลอดไฟ LED ขนาด 5 วัตต์ 10 วัตต์ และ 15 วัตต์ รวมทั้งหมด 35 วัตต์นั้นแสดงให้เห็นว่ามีผลทำให้ความร้อนภายในห้องสูงขึ้นเช่นกัน คือขณะเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมมีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) ทำงานชั่วโมงที่ 6.30 หลังจากเดินเครื่อง อุณหภูมิที่วัดได้ภายในห้องจากการเพิ่มของขนาดหลอดไฟจากเดิม 5 วัตต์ เป็น 15 วัตต์ และ 30 วัตต์ รวมทั้งหมด 35 วัตต์ ก็พบว่าผลที่ได้แปรผันตรงกัน แสดงว่าความร้อนที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

อุณหภูมิภายนอกที่สูงขึ้นจะส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อปรับอากาศภายในห้องด้วย สอดคล้องกับ ประกอบ, (2556) ระบุว่าจากการทดลองร่วมกับการไฟฟ้านครหลวง (MEA) ในการพิสูจน์ว่า หากอุณหภูมิภายนอกสูงขึ้นทุก ๆ 1 องศาเซลเซียส จะทำให้เครื่องปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นมากกว่า 3% จากไปปกติที่ใช้ ซึ่งเมื่ออากาศร้อน ตัวเครื่องปรับอากาศเองก็ต้องใช้พลังงานมากขึ้นในการให้ความเย็นตามอุณหภูมิที่เราตั้งไว้

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ที่แสดงพบว่า ค่อนข้างอยู่ในระดับคงที่โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 62.33% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมยังสามารถรักษาความชื้นขณะปรับอากาศได้ตามมาตรฐาน

5.2.1 การเปรียบเทียบการประหยัดไฟฟ้าระหว่างเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมและเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแบบทั่วไป

งานวิจัยเรื่องประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมพบว่า ณ ระดับ A ระดับเหนือข้อเท้า (ที่ระยะความสูง (H) = +0.15 ม.) ของการทดสอบของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม มีการใช้พลังงานอยู่ที่ 553 วัตต์และมีความน่าสบายจากการปรับอากาศมากที่สุดคือร้อยละ 55 (Comfort

zone) และ ณ ระดับ B ระดับลำตัว (ระดับการนั่งเก้าอี้) (ที่ระยะความสูง (H) = +0.81 ม.) ของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) การใช้พลังงานอยู่ที่ 570 วัตต์และมีความน่าสบายจากการปรับอากาศมากที่สุดคือร้อยละ 70 (Comfort zone) จากทั้งสองกรณีสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สรุปประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ณ ตำแหน่งที่ดีที่สุดของการทดสอบใน 24 ชม.

หัวข้อ	เครื่องปรับอากาศแยกส่วน แบบไร้พัดลม (ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.))	เครื่องปรับอากาศแยกส่วน แบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลด ความชื้น (Dehumidifier) (ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.))
ประสิทธิภาพด้านพลังงาน		
กำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย (วัตต์)	552.5	578.7
ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)	0.620	1.336
ค่าไฟฟ้าต่อหนึ่งวัน (บาท)	44.45	46.53
ประสิทธิภาพความน่าสบาย		
อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	21-29	20.4 -30.5
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	50-86	55-73
สภาวะน่าสบายเฉลี่ย (%)	55	70

จากตารางที่ 5 ช่างค้นพบว่าค่าการใช้ไฟฟ้าและการคิดค่าไฟของสองกรณีไม่แตกต่างกันมาก แต่เนื่องจากว่าเมื่อเทียบผลรวมของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดและเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) จะเห็นว่าเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดที่มีเครื่องลดความชื้นนั้นมีประสิทธิภาพที่สุด ดังนั้นเพื่อประเมินความประสิทธิภาพของการปรับอากาศด้านพลังงาน ผู้วิจัยจึงนำค่าการใช้กำลังไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ามาเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศแยกส่วนทั่วไปเพื่อเป็นแนวทางในการพิสูจน์ผลของค่าไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้น เมื่อใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) โดยหาได้จากสูตรการคำนวณค่าไฟฟ้าเป็นเวลา 24 ชม. ต่อเนื่อง สามารถหาได้จากสมการ 4

จากสูตร

$$\text{ค่าไฟ} = \frac{\text{จำนวนวัตต์(จากเครื่องปรับอากาศที่ทดสอบ)} \times (\text{จำนวนชั่วโมงต่อวัน})}{1,000} \times (\text{จำนวนวันที่ใช้งาน}) \times (\text{ค่าไฟ 3.3488 ต่อหน่วย})$$

(4)

เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier)

$$\text{ค่าไฟ} = \text{จำนวนวัตต์} \div 1,000 \times (\text{จำนวนชั่วโมงต่อวัน}) \times (\text{จำนวนวันที่ใช้งาน}) \times (\text{ค่าไฟ 3.3488 ต่อหน่วย})$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้} &= 579 \div 1,000 \times 24 \times 1 \times 3.3488 \\ &= 46.53 \text{ บาท/วัน} \\ &= 1,415.43 \text{ บาท/เดือน (16,985 บาท/ปี)} \end{aligned}$$

(หมายเหตุ: ตัวแปรที่จำนวนวัตต์หาได้จากการสรุปผลการวิจัย โดยการติดตั้ง ณ ตำแหน่ง A)

โดยเมื่อเทียบกับค่าใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแบบทั่วไปขนาด 9,000 บีทียู/ชั่วโมง ซึ่งเป็นโมเดลที่นิยมใช้ในท้องตลาดทั่วไป โดยเป็นแบบติดผนัง ระบบธรรมดาที่เปิดใช้งานในระดับอุณหภูมิ 25.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชม. เช่นกันพบว่า

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทั่วไป

$$\begin{aligned} \text{จะได้} &= 735 \div 1,000 \times 24 \times 1 \times 3.3488 \\ &= 59.07 \text{ บาท/วัน} \\ &= 1,796.79 \text{ บาท/เดือน (21,562 บาท/ปี)} \end{aligned}$$

เมื่อเปรียบเทียบจากทั้ง 2 กรณีแล้วพบว่า เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมมีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) สามารถลดค่าไฟฟ้าได้มากกว่า 4,577 บาทต่อปี หรือคิดเป็น 21.22% ของค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายกับการปรับอากาศของเครื่องปรับอากาศหนึ่งเครื่อง

สรุปได้ว่าประสิทธิภาพด้านพลังงานของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) นี้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก 735 วัตต์ เหลือ 579 วัตต์และประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากกว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทั่วไปได้มากถึง 21.22% คิดเป็นเงิน 4,577 บาทต่อปี, 376.2 บาทต่อเดือนและ 12.45 บาทต่อวัน ซึ่งประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบ

แทนที่ใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมพบว่าระบบปรับอากาศสามารถทำงานได้ต่อเนื่องตามระบบอัตโนมัติเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชม.

5.3 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพความน่าสบาย

จากการทดสอบของเครื่องปรับอากาศเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมและเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) สามารถสรุปผลการประเมินประสิทธิภาพความน่าสบายดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6 แสดงตารางเปรียบเทียบร้อยละของสภาวะน่าสบาย

ระดับการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม	เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier)
ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ระดับเหนือข้อเท้า	55%	70%
ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้)	55%	70%
ณ ตำแหน่ง C (+1.47 ม.) ระดับเหนือลำตัว	30%	65%
ณ ตำแหน่ง D (+2.13 ม.) ระดับเหนือศีรษะ	30%	65%

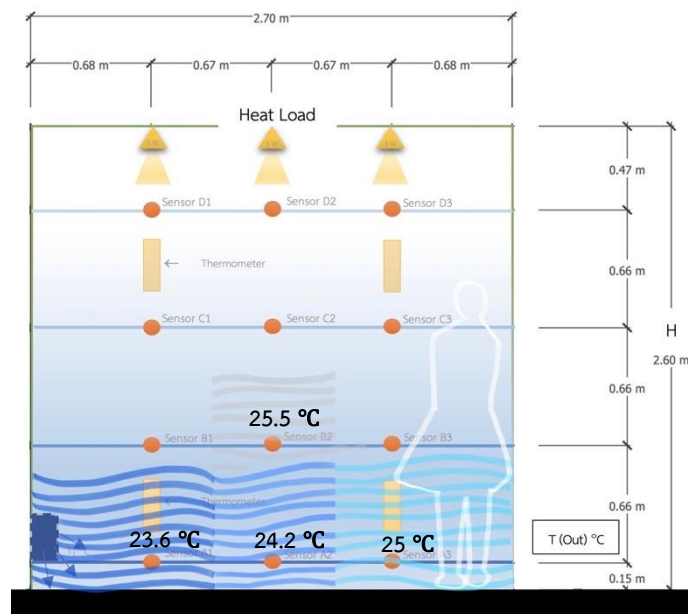
เมื่อเปรียบเทียบการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมและเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้นพบว่า ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศไร้พัดลมแบบแยกส่วน ในตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ระดับเหนือข้อเท้า เป็นตำแหน่งที่ดีที่สุดของการทดสอบ เนื่องจากมีความชื้นสัมพัทธ์ที่ 70-86% ส่วนตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้) มีความชื้นสูงถึง 84-92% สามารถสรุปได้ว่า การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมยิ่งสูงก็ยิ่งส่งผลให้เกิดความชื้นสัมพัทธ์สูงด้วย

สำหรับตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น ในตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ณ ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้) เป็นตำแหน่งที่ดีที่สุดของการทดสอบ เนื่องจากมีความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำกว่า คือ 55-70% ส่วนตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ระดับเหนือข้อเท้า มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดสูงกว่าคือ 60-68%

5.4 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพความน่าสบายของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม

ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ระดับเหนือข้อเท้านั้น เป็นตำแหน่งที่ดีที่สุดในการปรับอากาศให้เกิดประสิทธิภาพที่สุดของสภาวะน่าสบาย โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดสอบอยู่ที่ 21-29 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดที่ เซนเซอร์

A1 อยู่ที่ 23.6 องศาเซลเซียส รองลงมาคือเซนเซอร์ A2 อยู่ที่ 24.2 องศาเซลเซียส ,A3 อยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส และ B2 อยู่ที่ 25.5 องศาเซลเซียสตามลำดับ มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 50-86% และพบว่าร้อยละ 55 อยู่ในเขตสภาวะที่น่าสบาย (Comfort zone) ดังแสดงในภาพที่ 81 แต่ทั้งนี้ ความชื้นที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบคือปัจจัยหลักในการสร้างสภาวะน่าสบาย ดังนั้นผู้วิจัยขอเสนอแนะว่า การทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม นั้น ยังให้ผลลัพธ์ที่ดีต่อสภาวะน่าสบายน้อยกว่าการใช้เครื่องดูดความชื้น (Dehumidifier) ร่วมกัน ขณะปรับอากาศ

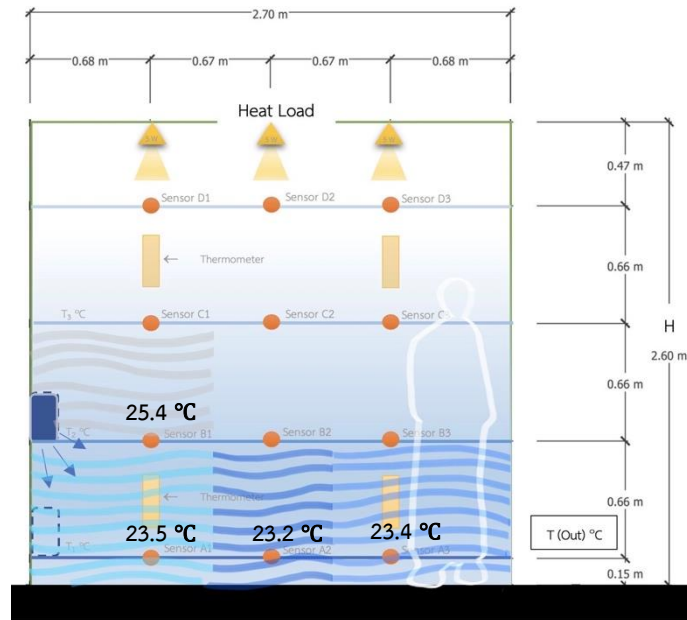


ภาพที่ 81 ไดอะแกรมแสดงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้)

5.5 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพความน่าสบายของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม และเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier)

ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) ณ ตำแหน่ง B นั้นเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดในการปรับอากาศให้เกิดประสิทธิภาพที่สุดของสภาวะน่าสบาย โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดสอบอยู่ที่ 20.4 -30.5 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดที่ เซนเซอร์ A2 อยู่ที่ 23.2 องศาเซลเซียส รองลงมาคือเซนเซอร์ A3 อยู่ที่ 23.4 องศาเซลเซียส ,A1 อยู่ที่ 23.5 องศาเซลเซียส และ B1 อยู่ที่ 25.4 องศาเซลเซียส

ตามลำดับ มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 55-73% หรือเฉลี่ยที่ 62.5% และพบว่าร้อยละ 70 ทั่วไปอยู่ในเขตสภาวะที่น่าสบาย (Comfort zone) ดังแสดงในภาพที่ 82



ภาพที่ 82 ไดอะแกรมแสดงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้)

5.6 สรุปผลและอภิปรายผล

จากผลการทดสอบของงานวิจัย สามารถสรุปผลตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบด้านพลังงานและความน่าสบายของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม และเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น

ระดับการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม		เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น	
	พลังงาน	ความน่าสบาย	พลังงาน	ความน่าสบาย
ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.) ระดับเหนือข้อเท้า	26.02%	55%	27.05%	70%
ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) ระดับลำตัว (นั่งเก้าอี้)	26.34%	55%	27.47%	70%
ณ ตำแหน่ง C (+1.47 ม.) ระดับเหนือลำตัว	28.81%	30%	28.59%	65%
ณ ตำแหน่ง D (+2.13 ม.) ระดับเหนือศีรษะ	28.8%	30%	28.27%	65%

จากการศึกษาประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมทำให้เห็นว่า การกระจายลมเย็นที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบนั้น ทุกการศึกษาก็เกิดอุณหภูมิต่ำที่สุดที่ระดับล่าง (ระดับพื้น) ระบบนี้เป็นไปตามหลักการการกระจายลมเย็นแบบแทนที่ (Displacement Ventilation) ที่จะใช้การส่งลมเย็นเข้าสู่บริเวณที่ต้องการปรับอากาศโดยตรงจากคอยล์เย็นที่ตั้งอยู่ในแนวระดับเดียวกันกับบริเวณที่ปรับอากาศ (หรือที่ระดับพื้นและระดับลำตัวขณะนั่ง) แล้วอาศัยการลอยตัวตามธรรมชาติของอากาศที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นของอากาศที่ปรับอากาศ

เมื่อเทียบกับระบบปรับอากาศในต่างประเทศ เช่น Chilled beam เป็นระบบปรับอากาศที่เดินท่อน้ำเย็นเข้าไปยังพื้นที่ปรับอากาศเพื่อกระจายลมเย็นลงมายังบริเวณที่ทำงาน (แทนการใช้ท่อส่งลมเย็นและพัดลมของระบบปรับอากาศที่ใช้กันทั่วไป) แต่ยังคงส่งอากาศแห้งในปริมาณที่น้อยกว่าระบบเดิม เพื่อการเติมอากาศบริสุทธิ์และลดความชื้น) ก็ช่วยลดพลังงานพัดลมในการกระจายความเย็นลงกว่า 60% หรือระบบฝ้าเพดานทำความเย็น (Chilled Ceiling) ที่อาศัยกลไกการรับการแผ่รังสีความร้อนโดยตรงจากผนังห้องและกลไกการพาความร้อนแบบธรรมชาติ ซึ่งเกิดขึ้น ณ บริเวณชั้นอากาศที่อยู่ชิดกับผนังทำความเย็น แล้วอากาศที่ได้รับการถ่ายเทความร้อนนี้จะเกิดการเคลื่อนตัวเข้าผสมกับอากาศที่อยู่ภายในห้องด้วยแรงลอยตัว กลไกทั้งหมดนี้เกิดขึ้นจากฝ้าเพดานโลหะทำความเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งอาศัยอุปกรณ์ที่สำคัญคือท่อโลหะที่มีสารทำความเย็นไหลเวียนอยู่ภายใน และสารทำความเย็นที่นิยมมาใช้คือน้ำ

ระบบปรับอากาศข้างต้นเป็นที่นิยมและมีการศึกษาในต่างประเทศที่ประสบผลสำเร็จมาแล้วทั่วโลกโดยเฉพาะในเขตสภาพอากาศที่หนาว แต่เมื่อนำมาปรับใช้ในประเทศไทยที่อยู่ในภูมิอากาศเขตร้อนชื้นจึงพบว่า ความชื้นจะมากกว่าและความชื้นที่เป็นปัจจัยหลักในการสร้างสภาวะน่าสบาย ดังนั้นระบบปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมจึงได้ทำการทดสอบโดยการติดตั้งเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) เข้าไปเพื่อลดความชื้นที่เกิดขึ้น จึงเป็นผลที่นำมาสู่การกำจัดความชื้นที่เกินเกณฑ์ของกรอบสภาวะน่าสบาย ทำให้การทดสอบมีความชื้นลดลงถึงร้อยละ 25 และมีสภาวะน่าสบายที่มากกว่าร้อยละ 70 ในขณะเดียวกันก็มีการประหยัดค่าไฟฟ้ากว่าร้อยละ 21 เมื่อเทียบกับการใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนทั่วไปที่ประเทศไทยนิยมใช้ในปัจจุบัน เช่นเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของประเทศไทย เช่น งานวิจัยของนิกรและคณะ (2559) ที่ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยใช้ลมเย็นจากพัดลมระบายอากาศ พบว่า ปริมาณไฟฟ้ามีปริมาณลดลงอยู่ระหว่าง 4.56% ถึง 12.5% จากการพิจารณาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานที่เพิ่มขึ้นและค่าไฟฟ้าที่ลดลง และงานวิจัยของ เดชาวัตและคณะ (2558) ที่ศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศร่วมกับแผงรังผึ้งสำหรับลดอุณหภูมิอากาศเข้าแผงคอนเดนเซอร์ พบว่า การติดตั้งระบบ Cooling Pad มีปริมาณพลังงานขณะเปิดเครื่องปรับอากาศให้ทำงานปริมาณพลังงานไฟฟ้าลดลง 16.40 - 16.41 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

ความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม พบว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนไร้พัดลมที่มีเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) ที่ทำการทดสอบมีประสิทธิภาพในด้านการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากกว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนทั่วไปร้อยละ 21.22 คิดเป็นเงินสามารถประหยัดเงินได้ถึง 4,577 บาทต่อปี ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก 735 วัตต์ เหลือ 579 วัตต์และมีความน่าสบายเพิ่มขึ้นร้อยละ 25 เมื่อเทียบกับเครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม โดยอุณหภูมิเฉลี่ยของการกระจายสม่ำเสมออยู่ที่ 23.2-25.4 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 62.5% เมื่อเทียบกับงานวิจัยของ (Olgay, 1962) ที่เสนอว่า “อยู่อาศัยในเขตร้อนชื้นจะรู้สึกสบายเมื่ออยู่ภายใต้อุณหภูมิ 23.3 – 29.4 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ระหว่าง 30-70% จะเป็นช่วงของสภาวะสบาย

5.7 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในการใช้วัสดุในการสร้างห้องทดลอง เนื่องจากเลือกศึกษาแค่วัสดุประกอบผนังเบาและโครงคร่าวเหล็ก ห้องสูงไม่เกิน 2.60 ม. เท่านั้น โดยที่ไม่ได้ศึกษาวัสดุก่อสร้างแบบอื่น เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูนและอื่น ๆ มีระยะเวลาทดสอบช่วงสั้น ๆ ดังนั้นค่าผลการทดสอบที่ได้จะเจาะจงในห้องที่สร้างขึ้นโดยใช้วัสดุผนังเบาและโครงคร่าวเหล็กเท่านั้น

ระยะเวลาที่จำกัด ทำให้งานวิจัยไม่สามารถเก็บผลการทดสอบได้ครอบคลุมทุกฤดูกาลของประเทศไทย รวมถึงสภาพภูมิอากาศที่จังหวัดขอนแก่นเท่านั้น

ความคลาดเคลื่อนของผลการทดสอบที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการทดลอง ดังนั้นหากมีความพร้อมด้านเทคโนโลยีการตรวจวัดที่ครอบคลุมแม่นยำและห้องทดสอบที่มีประสิทธิภาพมากกว่า การวิจัยจะเกิดประสิทธิภาพของผลลัพธ์มากขึ้น และง่ายต่อการนำไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในงานวิจัยอื่น ๆ ต่อไป

5.7.1 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรศึกษาในห้องทดลองที่มีการใช้วัสดุหลากหลาย มีฝ้าที่สูงกว่า 2.60 ม. มีการทดสอบโดยใช้แหล่งกำเนิดความร้อนภายในห้องที่หลากหลายหรือใช้ร่วมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าจริง รวมถึงช่วงเวลาของการทดสอบที่ยาวนานขึ้น ที่ตั้ง อุณหภูมิภายนอกที่มีผลต่อการทดลองของเครื่องปรับอากาศ อันจะได้ผลการทดสอบที่ครอบคลุมและมีประสิทธิผลมากขึ้น

ช่วงเวลาที่ทำการวิจัยควรเพิ่มเติมให้ครบทุกฤดูกาล รวมถึงเขตพื้นที่ที่ตั้งอื่น ๆ ของประเทศไทยด้วย เพื่อความหลากหลายของผลการทดสอบอันจะนำไปสู่ค่าตัวเลขที่เป็นมาตรฐานต่อไป

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- Digitalschool club. (2560). เครื่องปรับอากาศ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.digitalschool.club/digitalschool/technologym4-6/handcraft4_1/lesson1/item2.php [5 มิถุนายน 2565]
- iEnergyGuru. (2558). Heat transfer through the building envelope: การถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://ienergyguru.com/2015/09/heat-transfer-through-the-building-envelope/> [16 พฤศจิกายน 2565]
- Yosawat Permsiripakorn. (2566). Fire Protection System. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://fusionfiresafety.com/hvac/> [11 ธันวาคม 2565]
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2547). ตำราฝึกอบรมหลักสูตรผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (ผชพ.) สามัญ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www2.dede.go.th/bhrd/old/file_handbook.html [10 พฤษภาคม 2564]
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2562). หมวดที่ 4 : ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning). [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: [http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/Residential\(PDF\)/4_Bay51%20Air%20Conditioning_Rev1.pdf](http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/Residential(PDF)/4_Bay51%20Air%20Conditioning_Rev1.pdf) [12 เมษายน 2565]
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2550). เยาวชนไทยร่วมใจประหยัดพลังงาน. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/movie/young_energy.pdf [10 พฤษภาคม 2565]
- กลุ่มสถิติและข้อมูลพลังงาน. (2563). สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย (มกราคม-ธันวาคม 2564). [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=47349 [3 พฤษภาคม 2564]
- กองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข. (2553). มาตรฐานการก่อสร้างอาคาร พ.ศ. 2553. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://dcd.hss.moph.go.th/web/attachments/article/382/131218_041303.pdf [15 มิถุนายน 2566]
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2565). ทำไมประหยัดพลังงานช่วยชาติได้. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.egat.co.th/home/20220409-art01/> [10 มิถุนายน 2565]

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กองส่งเสริมประสิทธิภาพอุปกรณ์ไฟฟ้า. (2564).

เกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:

https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=47349 [10 มิถุนายน 2566]

กิจชัย จิตขจรวานิช. (2544). แนวคิดใหม่เกี่ยวกับการศึกษาวิจัยเรื่องสภาวะน่าสบาย. หน้าจั่ว, 18, 176.

คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน. (2561). การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง. [ออนไลน์].

แหล่งที่มา: [https://image.makewebeasy.net/makeweb/0/mqk9PemK3/](https://image.makewebeasy.net/makeweb/0/mqk9PemK3/Document/Part_2_Chapter_3_%E0%B8%9B%E0%B8%B5_2561.pdf?v=202012190947)

[Document/Part_2_Chapter_3_%E0%B8%9B%E0%B8%B5_2561.pdf?v=202012190](https://image.makewebeasy.net/makeweb/0/mqk9PemK3/Document/Part_2_Chapter_3_%E0%B8%9B%E0%B8%B5_2561.pdf?v=202012190947)

[947](https://image.makewebeasy.net/makeweb/0/mqk9PemK3/Document/Part_2_Chapter_3_%E0%B8%9B%E0%B8%B5_2561.pdf?v=202012190947) [16 พฤศจิกายน 2565]

เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์. (2545). การคำนวณพลศาสตร์ของไหลเพื่อการออกแบบการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติแนวทางสำหรับบ้านในประเทศไทย. วารสารวิจัยและสถาปัตยกรรม, 1, 49.

ช่างประจำบ้านโดยบ้านและสวน. (2566). เรื่องควรรู้ก่อนกัน “ผนังเบา”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:

<https://www.baanlaesuan.com/244351/ideas/house-ideas/light-wall-2>

[8 กรกฎาคม 2565]

ดลสิทธิ์ แทนคำ, ชลสิทธิ์ เหล่าสนธิ์ และ ภูษงค์ จันทร์จิระ. (2564). การประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์ระบายความร้อนจากน้ำทิ้งของพัดลมคอยล์เย็น. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 15(2).

ดาวรุ่งรดา วงษ์ไกร. (2563). ปัจจัยทางการจัดการการตลาดที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเครื่องปรับอากาศเพื่อที่อยู่อาศัยของผู้บริโภคในอำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเวสเทิร์น มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 6(2).

เดชาวัต มั่นกลาง, ภาณุวัฒน์ ทรัพย์ปรุง, สุตาร์ตัน ยาวะระ และ ปิยะวรรณ ยางคำ. (2558).

ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศร่วมกับแผงรังผึ้งสำหรับ ลดอุณหภูมิอากาศเข้าแผงคอนเดนเซอร์. วารสาร มทร. อีสาน, 8(3 (กันยายน - ธันวาคม 2558)),

90 - 99.

ทรงพล โพธิ์สุวรรณากุล. (2552). ประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวม (IEER) สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดเล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

ทรงพล อัดถากร. (2562). สภาวะแวดล้อมเชิงธรรมชาติและสภาวะน่าสบายในโรงกึ่งเปิดโล่ง:

กรณีศึกษา ศูนย์การค้ากึ่งเปิดโล่งในกรุงเทพมหานคร. วารสารวิชาการสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล, 29(2), 62-64.

ทศพล สถิตสุวงศ์กุล. (2563). การกระจายลมเย็นแบบแทนที่ด้วยอากาศเหนี่ยวนำแบบหมุนควง.

สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย, 23, 55-56.

เทรน ประเทศไทย. (2013). คู่มือการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:

<http://www.tranethailand.com/data/product/adfiopruv178.pdf> [10 สิงหาคม 2565]

ธีรพงศ์ บริรักษ์ และ พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ. (2556). การเพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยการลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย, 7(2), 57-63.

นพรัตน์ เกตุขาว และ สิทธิพร ศรีเมือง. (2561). SEER คืออะไร. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:

<http://www.me.eng.up.ac.th/index.php/2017-11-22-08-53-08/19-seer>

[5 กันยายน 2565]

นิกร เนื่องอุดม, ปิยากร จันทะนะ, สมนึก เครือสอน และ ณรงค์ฤทธิ์ พิมพ์คำวงศ์. (2559). การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยใช้ลมเย็นจากพัดลมระบายอากาศ.

วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, 10(1), 15 - 23.

นินนาท ราชดิษฐ์, จุฑาวัชร สุวรรณภพ และ นฤพล สร้อยวัน. (2557). การศึกษาผลกระทบของรูปแบบการระบายอากาศที่มีต่อระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในสำนักงานที่ใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน. วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร, ฉบับพิเศษ (2556)

นิรันดร์ วัชรโถม. (2561). การเพิ่มสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยอาศัยพลังงานความร้อนที่กลับมาใช้ใหม่. วารสารวิชาการ มทร. สุวรรณภูมิ, 134(6), 134-147.

ประกอบ สุรวฒนาวรรณ. (2556). ฤดูร้อนนี้ อากาศยิ่งร้อน แอร์ยิ่งกินไฟจริงหรือไม่. [ออนไลน์].

แหล่งที่มา: <https://www.springnews.co.th/spring-life/822957> [1 ตุลาคม 2565]

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2566). ความร้อนจากไฟส่องสว่าง. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:

<https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/6160/lighting-heat-ความร้อน>

จากไฟส่องสว่าง [11 ธันวาคม 2565]

เฟอริงไลน์. (2566). คู่มือการติดตั้ง แผ่นสมาร์ทบอร์ด SCG. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:

<https://furringline.com/wp-content/uploads/SCG-SmartBoard-Installation-Manual.pdf> [10 มิถุนายน 2565]

ภัทรนันท์ ทักขนนท์. (2547). ภาชนะน้ำสลาย: พื้นฐานและแบบจำลองสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. หน้าจั่ว, 21(2547-2548), 134.

มานพ แจ่มกระจ่าง. (2549). ศึกษาทางเลือกการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมเพื่อการประหยัดพลังงาน. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 18(1), 77-78.

สกลทรศน์ อินแก้ว, นพดล อำภา และ ปฐวี ถือแก้ว. (2557). การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของ

- เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยชุดสายยางน้ำดื่ม. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย. (2556). มาตรฐานการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.ashraethailand.org/download/ashraethailand_org/Standard_update%2028%20April%202015.pdf [30 กรกฎาคม 2565]
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2564). รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.dede.go.th/download/stat63/12_SIT_Jan-Dec%2064_01.pdf [25 กุมภาพันธ์ 2565]
- สุชาติ ศิริทวารจันทร. (2547). การออกแบบการจ่ายลมเย็นแบบ Mixing, Displacement Ventilation และ Radiant Cooling ในระบบปรับอากาศ. สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย, 9, 127-132.
- สุริชัย ภัทรกิจนรินทร์ และ รวี งามโชคชัยเจริญ. (2546). มารู้จัก Psychrometric Chart กันเถอะ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.acat.or.th/download/acat_or_th/journal-8/08%20-%2007.pdf [20 สิงหาคม 2565]

ภาษาอังกฤษ

- Alamdari, F., Butler, D.J.G., Grigg, P.F. and Shaw, M.R. (1998). Chilled ceilings and displacement ventilation. Renewable Energy, 15(1), 300-305.
- American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2009). ANSI/ASHRAE 138-2009: Method of testing for rating ceiling panels for sensible heating and cooling American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. [Online]. Available from: https://webstore.ansi.org/preview-pages/ASHRAE/preview_ANSI+ASHRAE+Standard+138-2009.pdf [2021, September]
- American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2013). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. [Online]. Available from: https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Standards%20and%20Guidelines/Standards%20Addenda/55_2010_i_k_l_m_n_r_Final_07092013.pdf [2021, October]

- American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2016). ASHRAE Handbook-HVAC Systems and Equipment: American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers. [Online]. Available from: <http://arcohvac.ir/wpcontent/uploads/2016/11/ASHRAE-Handbook-2016-HVAC-Systems-and-EquipmentIP.pdf> [2021, September]
- Djongyang, N., Tchinda, R. and Njomo, D. (2010). Thermal comfort: A review paper. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(9), 2626-2640.
- Etheridge, D.W. (2010). Materials for Energy Efficiency and Thermal Comfort in Buildings. [Online]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/internal-heat-gain> [2023, June]
- Gan, G. and Riffat, S.B. (2004). CFD modelling of air flow and thermal performance of an atrium integrated with photovoltaics. Building and Environment, 39(7), 735-748.
- Halton. (n.d.). Displacement Ventilation Design Guide. [Online]. Available from: <https://www.yumpu.com/en/document/read/31498004/displacement-ventilation-design-guide-halton> [2022, August]
- International Organization for Standardization. (2012). ISO 11855-2:2012(E). Building Environment Design-Design, Dimensioning, Installation and Control of Embedded Radiant Heating and Cooling Systems. [Online]. Available from: <https://www.iso.org/standard/52408.html> [2021, October]
- Khedari, J., Yamtraipat, N., Pratintong, N. and Hirunlabh, J. (2000). Thailand ventilation comfort chart. Energy and Buildings, 32(3), 245-249.
- Kim, H., Park, K.-s., Kim, H.-y. and Song, Y.-h. Study on Variation of Internal Heat Gain in Office Buildings by Chronology. Energies 11(2018), DOI: 10.3390/en11041013.
- Kumar, R., Aggarwal, R., Sharma, J. and Pathania, S. (2012). Predicting Energy Requirement for Cooling the Building Using Artificial Neural Network. Journal of Technology Innovations in Renewable Energy, 1, 113-121.
- Lee, H.-L., Chou, H.-M. and Yang, Y.-C. (2004). The function estimation in predicting heat flux of pin fins with variable heat transfer coefficients. Energy Conversion and Management, 45(11), 1749-1758.
- Liu, S., Ma, Y.T. and Lu, W. (2006). Analysis about EER and SEER of air conditioner. 39, 1088-1092.

- Olgay, V. (1963). Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism - New and expanded Edition. U.S.A.: Princeton university press.
- Persily, A.K. (1997). Evaluating building IAQ and ventilation with indoor carbon dioxide. ASHRAE Trans, 103(2), 193-204.
- Rhee, K.-N., Olesen, B.W. and Kim, K.W. (2017). Ten questions about radiant heating and cooling systems. Building and Environment, 112, 367-381.
- Riffat, S.B., Zhao, X. and Doherty, P.S. (2004). Review of research into and application of chilled ceilings and displacement ventilation systems in Europe. International Journal of Energy Research, 28(3), 257-286.
- Simmonds, P., Mehlornakulu, B., Chambers, I. and Simmonds, C. (2006). Applied performance of radiant ceiling panels for cooling. ASHRAE Transactions, 112, 368-376.
- Tartarini, F., Schiavon, S., Cheung, T. and Hoyt, T. (2020). CBE Thermal Comfort Tool: Online tool for thermal comfort calculations and visualizations. SoftwareX, 12.
- The Japan Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers (JSRAE) of Japan Report. (2012). Risk Assessment of Mildly Flammable Refrigerants. [Online]. Available from: https://www.jsrae.or.jp/info/2012progress_report_e.pdf [2022, January]
- Yang, F., Qian, F. and Lau, S.S.Y. (2013). Urban form and density as indicators for summertime outdoor ventilation potential: A case study on high-rise housing in Shanghai. Building and Environment, 70, 122-137.
- Yuan, X., Chen, Q. and Glicksman, L.R. (1998). A Critical Review of Displacement Ventilation. [Online]. Available from: https://www.aivc.org/sites/default/files/airbase_11091.pdf [June 2022]



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวสุพัตรา สุขเมือง
วัน เดือน ปี เกิด	24 มิถุนายน 2536
สถานที่เกิด	ขอนแก่น
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2559 สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY