

ประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบ แทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม

Energy Performance and Thermal Comfort of Displacement

Ventilation Cooling Using Fanless Split Air-conditioner

รับบทความ	11/10/2565
แก้ไขบทความ	21/12/2565
ยอมรับบทความ	22/12/2565

สุพัตรา สุขเมือง อรรถจัน เศรษฐบุตร

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Supattra Sukmuang, Atch Sreshthaputra

Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University

supattrasukmuang@gmail.com, Atch111@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยศึกษาประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพความน่าสบายและศึกษาประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศต้นแบบ โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนไร้พัดลมไปทำการทดลองในห้องจำลองเสมือนจริงที่ขนาด $1.60 \times 2.70 \times 2.60$ ม. และมีการใช้หลอดไฟขนาด 5 วัตต์ 10 วัตต์ และ 15 วัตต์ ตามลำดับเพื่อเพิ่มตัวแปรในการทดลอง ซึ่งภายในห้องทดลองได้มีการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องวัดอุณหภูมิ 12 ขานแนล เครื่องตรวจวัดคุณภาพ อุณหภูมิกระเปาะเปียก-แห้ง เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าและเครื่องวัดความชื้น โดยมีระยะเวลาในการทำวิจัยอยู่ในช่วงสั้น ๆ คือช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2565 (เริ่มต้นเข้าฤดูหนาว) โดยมีช่วงเวลาทดสอบตลอด 24 ชั่วโมง ของ 1 วัน ภายใต้อุณหภูมิอากาศของจังหวัดขอนแก่น จากการทดสอบพบว่าการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบปรับอากาศสามารถทำงานได้ต่อเนื่องโดยไม่เกิดการตัดระบบและสตาร์ทเครื่องใหม่เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยลดลงทุก 2 ชม. $0.5 - 1$ องศาเซลเซียสและมีการกระจายความเย็นอย่างสม่ำเสมอเมื่อเครื่องทำงานต่อเนื่อง 6 ชั่วโมงเป็นต้นไป แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าไม่ต่างจากก่อนการทดลองมากนัก ซึ่งจากผลการประเมินประสิทธิภาพความน่าสบายพบว่า อุณหภูมิตลอดการทดลองอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานความสบายของคนไทย คืออุณหภูมิ $27.5 - 28.53$ องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกินร้อยละ 70 สรุปการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศนี้มีประสิทธิภาพมากกว่าเครื่องปรับอากาศแบบทั่วไปมากถึง 26.5% มีความน่าสบายเพิ่มขึ้นคิดเป็น 8.164% คืออุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 26 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 64.5% แต่ความชื้นที่เกิดขึ้นก็ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่น่าสังเกตว่า แนวทางการกำจัดความชื้นนั้นควรพัฒนาและแก้ไขให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีกว่าและสามารถใช้งานเครื่องปรับอากาศแยกส่วนไร้พัดลมได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ อีกทั้งเพื่อพัฒนาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในบ้านพักอาศัยให้เกิดการประหยัดพลังงานมากขึ้นด้วย

คำสำคัญ: ระบบกระจายลมเย็นแบบแทนที่ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ระบบปรับอากาศครึ่งสีความร้อน ภาวะน่าสบาย

Abstract

The purposes of this research aimed to evaluate the comfort efficiency and study the energy saving efficiency of the prototype air conditioner. The fanless split air conditioner was examined in a simulation room with a size of 1.60 x 2.70 x 2.60 m. by using lamps of 5W, 10W and 15W respectively to add the variables. In such room, a 12-channel thermometer was installed accompanied by a dry-wet bulb temperature, a power recorder meter and a dehumidifier. The length of the research was short, conducted in November, 2022, (the beginning of winter) based on an examination period of 24 hours of 1 day under the room temperature of Khon Kaen Province. According to the result, it was found that the air conditioning system continued operating without system shutdown or restarting for a minimum of 24 hours. The results also showed that the average temperature gradually decreased every 2 hours, and the air cooling is evenly distributed as the air conditioner was operating continuously over 6 hours. Nonetheless, it was notable that the relative humidity was rarely different from the prior experiments. As per the evaluation of comfort efficiency, it was found that the temperature throughout the experiment was within the comfort standard of Thai people (temperatures of 27.5 - 28.53 degrees Celsius), and a relative humidity of not over 70%. In conclusion, the energy saving of this air conditioner was 26.5% and increase in comfort of 8.164%, with an average temperature of 26°C and a relative humidity of 64.5%RH. Considered more efficient than the conventional air conditioners, but its humidity is also a significant factor worth noting. Dehumidification guidelines should be developed and further improved for the enhanced performance to achieve higher efficiency, be able to use the fanless split air conditioner with its full capacity and develop the split-type air conditioners for household uses to save more energy.

Keywords: *Displacement Ventilation, Split type Air-conditioner, radiation Cooling, radiation Heat Cooling, Thermal comfort*

บทนำ

การใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยในปัจจุบันยังคงเพิ่มขึ้น การสรุปข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าพบว่า การใช้ไฟฟ้าของไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากการแพร่ระบาดของโรค COVID-19 ตั้งแต่ปลายปี พ.ศ. 2562 พบว่าสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าที่สูงที่สุด คือสาขาอุตสาหกรรม คิดเป็นร้อยละ 44 รองลงมาคือไฟฟ้าในครัวเรือนและธุรกิจ คิดเป็นร้อยละ 28 และ 24 ตามลำดับ การใช้ไฟฟ้าลดลงเกือบทุกสาขา ยกเว้นสาขาครัวเรือนที่ใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 7.4 เนื่องจากประชาชนอยู่บ้านมากขึ้น ประกอบกับมาตรการส่งเสริมให้ทำงานที่บ้าน (Work from Home) และสภาพอากาศที่ร้อนส่งผลให้มีการใช้ไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศมากขึ้น (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2564)

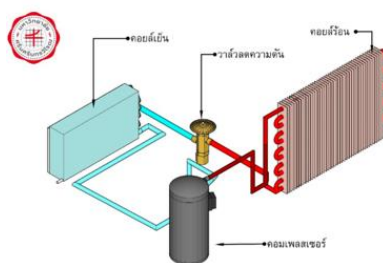
เครื่องปรับอากาศเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับชีวิตประจำวันสำหรับที่พักอาศัยและสถานที่ทำงาน ซึ่งปกติเป็นการใช้เครื่องปรับอากาศมีวัตถุประสงค์ในการลดอุณหภูมิ ภายในประเทศไทยนิยมใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type air-conditioner) เนื่องจากมีราคาถูกและติดตั้งง่ายเมื่อเทียบกับแบบอื่น ๆ (นินนาท ราชดิษฐ์ และคณะ, 2557) หลักการในการปรับสภาพอากาศภายในอาคารจะต้องคำนึงถึงสบายทางความร้อน (thermal comfort) ซึ่งประกอบไปด้วยอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลมที่ปะทะร่างกาย อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ กิจกรรมที่ทำและเสื้อผ้าที่สวมใส่หรือแม้กระทั่งความแตกต่างทางเพศและวัย (Djomgyang et al., 2010) และในปัจจุบันมีการตระหนักในเรื่องของคุณภาพอากาศภายในอาคารควบคู่กันไปด้วย (Indoor air quality; IAQ) (Persily, 1997)

ระบบระบายอากาศด้วยการแผ่รังสี (Radiant Heat Cooling: RHC) ได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายไม่เฉพาะในที่พักอาศัยเท่านั้น แต่ยังรวมถึงในอาคารที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย เช่น อาคารสำนักงาน ร้านค้าปลีก โรงเรียน และแม้แต่อาคารขนาดใหญ่ เช่น อาคารผู้โดยสารในสนามบิน สถานีรถไฟ เป็นต้น ระบบทำความร้อนใต้พื้นแบบแผ่รังสีได้รับการติดตั้งในอาคารที่พักอาศัยเกือบทั้งหมดในเกาหลีและ 85% ของบ้านในชนบททางตอนเหนือของจีน กว่า 30%-50% ของอาคารที่พักอาศัยสร้างใหม่ในเยอรมนี ออสเตรเลีย และเดนมาร์ก ก็มีการใช้ระบบทำความร้อนใต้พื้นแบบแผ่รังสีด้วย ในขณะเดียวกันก็มีการใช้ระบบทำความเย็นในเขตสภาพอากาศที่อบอุ่น เช่น ยุโรปและอเมริกาเหนือ นอกจากนี้ด้วยการผสมผสานระบบระบายอากาศเพื่อรองรับภาระแฝง ระบบระบายความร้อนแบบแผ่รังสีได้รับการพิสูจน์แล้วว่า มีความเป็นไปได้แม้ในสภาพอากาศร้อนและชื้น เช่น จีน ไทย สิงคโปร์ อินเดีย เป็นต้น และเป็นที่ทราบกันดีว่าระบบ RHC มีข้อดี คือระบบมีความปลอดภัยการทำงานที่เงียบ ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำและสามารถใช้ร่วมกับการออกแบบให้เข้ากับองค์ประกอบของอาคารอื่น ๆ ซึ่งข้อดีเหล่านี้ได้ส่งเสริมให้เกิดการศึกษา วิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับระบบ RHC ในแง่ของความสะดวกสบาย การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน การจำลองด้านพลังงาน กลยุทธ์การควบคุมความเย็น การกำหนดค่าต่าง ๆ ของระบบ (Rhee et al., 2017)

จากบทความข้างต้นแสดงให้เห็นถึงความสำคัญและต้องการพัฒนาระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) และระบบปรับอากาศรังสีความร้อน (Radiant cooling) ผสานกับระบบกระจายลมแบบแทนที่ (Displacement ventilation) จึงต้องการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับระบบปรับอากาศที่มีหน้าที่หลัก คือสร้างความสบายพร้อมกับคุณภาพอากาศที่ดีให้ผู้อยู่อาศัย และในขณะเดียวกันก็ต้องมีการคำนึงถึงการใช้พลังงานไปพร้อมกันด้วย ความสบายของผู้อยู่อาศัยในอาคารประกอบไปด้วยช่วงอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมภายใต้การหมุนเวียนอากาศที่เพียงพอ ระบบการปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยใช้หลักการของระบบทำความเย็นแบบแทนที่ซึ่งเป็นเทคนิคการปรับอากาศที่มีต้นทุนต่ำที่ใช้ในการกระจายอากาศได้อย่างสม่ำเสมอ จึงเหมาะสมอย่างยิ่งในการลดการใช้พลังงานของอาคารในยุคนี้

การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การปรับอากาศมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อชีวิตประจำวันโดยเฉพาะประเทศไทยที่ตั้งอยู่ในเขตซึ่งมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ภายในอาคารจำเป็นต้องมีการปรับอากาศเพื่อให้ผู้ใช้งานในห้องสามารถอยู่ได้อย่างสบาย ซึ่งการปรับอากาศในระบบปรับอากาศมีการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูง ระบบการปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยใช้หลักการของระบบทำความเย็นแบบแทนที่ซึ่งเป็นเทคนิคการปรับอากาศที่มีต้นทุนต่ำแต่แผ่รังสีอย่างสม่ำเสมอ จึงเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้ในการลดการใช้พลังงานของอาคารในยุคนี้นี้ ดลสิทธิ์ แทนคำ และคณะ (2564) ได้กล่าวถึงอุปกรณ์ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor-Compressor Cycle) ว่าหลักการทำงาน คือการทำให้สารทำความเย็นไหลวนไปตามระบบ โดยผ่านส่วนประกอบหลักทั้ง 4 อย่างต่อเนื่องกันเป็นวัฏจักรการทำความเย็น (refrigeration cycle) โดยมีกระบวนการเริ่มต้นโดยคอมเพรสเซอร์ทำหน้าที่ดูดและอัดสารทำความเย็นเพื่อเพิ่มความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็นแล้วส่งต่อเข้าคอยล์ร้อน สารทำความเย็นจะไหลผ่านแผงคอยล์ร้อนโดยมีพัดลมเป่าเพื่อช่วยระบายความร้อน ทำให้สารทำความเย็นที่ออกจากคอยล์ร้อนมีอุณหภูมิลดลง (ความดันคงที่) จากนั้นจะถูกส่งต่อไปยังอุปกรณ์ลดความดัน สารทำความเย็นที่ไหลผ่านอุปกรณ์ลดความดันจะมีความดันและอุณหภูมิที่ต่ำมากแล้วไหลเข้าสู่คอยล์เย็น จากนั้นสารทำความเย็นจะไหลผ่านแผงคอยล์เย็นโดยมีพัดลมเป่าเพื่อช่วยดูดซับความร้อนจากภายในห้อง เพื่อทำให้อุณหภูมิห้องลดลง ซึ่งทำให้สารทำความเย็นที่ออกจากคอยล์เย็นมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น (ความดันคงที่) จากนั้นจะถูกส่งกลับเข้าคอมเพรสเซอร์เพื่อทำการหมุนเวียนน้ำยาต่อไป



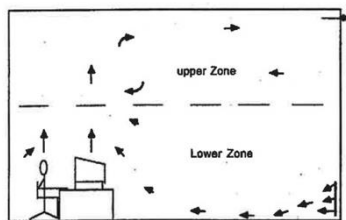
ภาพ 1 หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ที่มา: จากการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของ

เครื่องปรับอากาศด้วยอุปกรณ์ระบายความร้อนจากน้ำทิ้งของพัดลมคอยล์เย็น โดย ดลสิทธิ์ แทนคำ และคณะ, 2564.

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 15(2), หน้า 10-23.

ระบบระบายอากาศแบบแทนที่สำหรับการทำความเย็นทั่วไป (Displacement Ventilation: DV) ดังแสดงในภาพ 2 เป็นการจ่ายอากาศจากเครื่องกระจายอากาศจากขอบด้านข้างผนังไปยังพื้นที่ในห้อง อุณหภูมิอากาศที่ถูกจ่ายออกไปจะต่ำกว่าอุณหภูมิห้องและมีความเร็วลมต่ำ (< 100 fpm หรือ 0.5 เมตร/วินาที) โดยอากาศที่ถูกจ่ายจะกระจายไปทั่วพื้นและลอยขึ้นเมื่อได้รับความร้อนจากแหล่งความร้อน (เช่น คน คอมพิวเตอร์) โดยแหล่งความร้อนจะพาความร้อนที่เกิดขึ้นขึ้นอากาศและสิ่งปนเปื้อนในอากาศที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศที่ถูกปล่อยจากแหล่งกระจายอากาศโดยรอบไปยังพื้นที่ด้านบนของห้องแล้วส่งออกไปยังท่อระบายอากาศออกที่อยู่ใกล้กับเพดาน ระบบระบายอากาศนี้จะไม่แผ่กระจายความร้อน เรียกว่าระบบระบายอากาศแบบแทนที่ (Yuan et al., 2010)

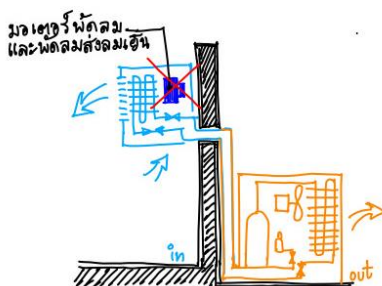


ภาพ 2 การทำงานของระบบระบายอากาศแบบแทนที่

ที่มา: จาก A critical review of displacement ventilation โดย Yuan et al., 2010.

(https://www.aivc.org/sites/default/files/airbase_11091.pdf).

หลักการทำงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนไร้พัดลม จะใช้หลักการเดียวกันกับระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนทั่วไป เพียงแต่ในระบบแบบไร้พัดลมนั้นจะไม่มีพัดลมส่งความเย็น (blower) ซึ่งปกติแล้วมีหน้าที่ดูดเป่าอากาศหมุนเวียนกระจายความเย็นภายในห้อง ทำให้อัตราพัดลมไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนพัดลมส่งความเย็น ส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศนี้มากขึ้น



ภาพ 3 การทำงานของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนไร้พัดลม

ผู้วิจัย, 2565

ดาวรุ่งรดา วงษ์ไกร (2563) กล่าวว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 9,000 บีทียู/ชั่วโมง ที่เหมาะสมกับขนาด 12-15 ตร.ม. ห้องปกติและ 11-14 ตร.ม. ห้องโดนแดด (ห้องนอน ห้องนั่งเล่น ห้องทำงาน) และตัวแปรที่เป็นเกณฑ์เลือกเครื่องปรับอากาศในการทดลอง คือตัวแปรที่ใช้กำหนดค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบความเร็วตัวควบแน่นคงที่เพื่อกำหนดฉลากประหยัดไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย คืออัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER) นิกธ เนืองอุตม์ และคณะ (2559) จากการศึกษาของ นินนาท ราชประดิษฐ์ และคณะ (2556) พบว่าเครื่องปรับอากาศที่มีอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานยิ่งสูงจะมีระดับฉลากประหยัดไฟสูงหรือมีประสิทธิภาพสูงนั่นเอง การพิจารณาที่ผลของอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานนี้เป็นสำคัญ การคำนวณค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานสามารถคำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) ตามสมการ 1 และ 2 ดังต่อไปนี้

$$EER = 3.41 \times COP \quad \text{_____ (1)}$$

$$COP = \frac{h_c - h_b}{h_d - h_c} = \frac{h_c - h_a}{h_d - h_c} \quad \text{_____ (2)}$$

เมื่อ

EER คือ อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Btu/hr.)/W

COP คือ สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ

- h_A คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องควบแน่น (กิโลจูลต่อกิโลกรัม, KJ/kg)
 h_B คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นขณะเข้าเครื่องทำระเหย (กิโลจูลต่อกิโลกรัม, KJ/kg)
 h_C คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่ขณะออกจากเครื่องทำระเหย (กิโลจูลต่อกิโลกรัม, KJ/kg)
 h_D คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องอัดไอ (กิโลจูลต่อกิโลกรัม, KJ/kg)

ที่มา: จาก การเพิ่มประสิทธิภาพ

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยใช้ลมเย็นจากพัดลมระบายอากาศ โดย นิกร เนื่องอุดม และคณะ, 2559.

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

เมื่อสรุปการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลอง พบว่าควรเลือกใช้เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 หรือค่า EER= 10.6 ขึ้นไป (นิกร เนื่องอุดม และคณะ, 2559) และค่า SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) = หรือมากกว่า 15.40 ขึ้นไปสำหรับขนาดทำความเย็นน้อยกว่า 27,000 BTU โดย SEER จะนำค่าการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศตามฤดูกาล ซึ่งมีผลต่อการทำงานของเครื่องปรับอากาศมาร่วมพิจารณาด้วย (กลุ่มสถิติและข้อมูลพลังงาน, 2563) หรือมาตรฐานเบอร์ 5 จะเป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้อง 27 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกระเปาะเปียกภายในห้อง 19 องศาเซลเซียส (ทรงพล โพธิ์สุวรรณกุล, 2552) ในประเทศจีนพบว่าเครื่องปรับอากาศที่ผลิตในประเทศ ค่า EER (Energy Efficiency Ratio) และ SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) เป็นมาตรฐานสามารถทำให้ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Liu et al., 2021) โดยเฉพาะค่า SEER สามารถชี้วัดการใช้พลังงานได้ใกล้เคียงกว่าเมื่อทำการพิจารณาการใช้พลังงานรวมตลอดทั้งปี ดังจะหาค่าได้จากสมการ 3, 4 และ 5 เมื่อทราบผลจากสมการข้างต้นแล้วจะสามารถคำนวณอัตราค่าการใช้ไฟฟ้าได้ โดยแสดงดังสมการที่ 6

$$EER = \frac{\text{Cooling Capacity (Btu/h)}}{\text{Power Consumption (W)}} \quad (3)$$

$$EER = \frac{\text{Cooling Capacity}}{\text{Compressor Work + Evaporator Fan Work + Condensor Fan Work}} \quad (4)$$

$$SEER = \frac{\text{Cooling Capacity (Btu/h)}}{\text{Power Consumption (W)}} \quad (5)$$

ที่มา: SEER คืออะไร โดย นพรัตน์ เกตุขาว และสิทธิพร ศรีเมือง, 2561. (<http://www.me.eng.up.ac.th/index.php/2017-11-22-08-53-08/19-seer>).

$$\text{หน่วยการใช้ไฟฟ้า} = \frac{\text{วัตต์} \times \text{ชั่วโมงที่ใช้} \times \text{วันที่ใช้งานต่อเดือน}}{1,000} \quad (6)$$

(หน่วยหรือยูนิต)

ที่มา: รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย โดย สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2564.

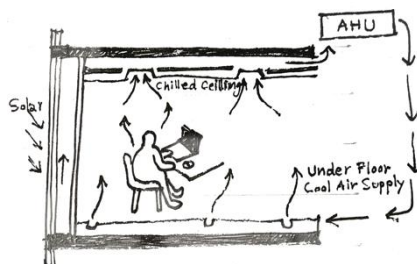
(https://www.dede.go.th/download/stat63/12_SIT_Jan-Dec%2064_01.pdf).

การปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศโดยทั่วไปควรตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส หากตั้งต่ำกว่านี้มาก ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน ดังนั้นควรปรับอุณหภูมิไว้ที่ 25 องศาเซลเซียสจะประหยัดพลังงาน ค่าไฟลงได้ถึงร้อยละ 20 เมื่อเทียบกับการตั้งอุณหภูมิที่ 23 องศาเซลเซียส (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2547)

เมื่อกล่าวถึงระบบระบายอากาศด้วยการแผ่รังสี (Radiant Heat Cooling: RHC) พบว่ามีการใช้กันอย่างแพร่หลายในยุโรปในช่วงทศวรรษ 2000-2020 ที่ผ่านมา (Simmond et al., 2006) เนื่องจากการกระจายอากาศที่ดีมีคุณภาพสูง (Lee et al., 2004) งานวิจัยของ (Riffat et al., 2004) ยังแสดงอีกว่าแม้ว่าอุณหภูมิของอากาศอาจสูงกว่าปกติ 2-3 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่ในขณะเดียวกันก็มีการสำรวจพบว่าข้อจำกัด คือการเข้าใจระบบอย่างถ่องแท้ เนื่องจากมีความยุ่งยากและการขาดแนวทางในการเข้าถึงมาตรฐานที่พัฒนาขึ้น (Feng et al., 2013) แต่ปัจจุบันมาตรฐาน ISO 7730 และ EN 15251 ได้ถูกกำหนดขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการออกแบบไว้ซึ่งได้แนะนำระดับความสบายทางอุณหภูมิการแผ่รังสี ความเร็วลม ความชื้น ฯลฯ สำหรับสภาพฤดูหนาวและฤดูร้อนด้วย การระบายอากาศแบบแทนที่ (Displacement ventilation) ขึ้นอยู่กับการเคลื่อนที่ของอากาศในห้องที่เกิดจากปัจจัยทางความร้อนที่เกิดขึ้นภายในห้อง การแผ่รังสีของผู้ใช้อาศัย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และแสงอาทิตย์จากภายนอก (Riffat et al., 2004) โดยในงานวิจัยใช้หลอดไฟ LED (Light Emitting Diode) ขนาด 5 วัตต์ 10 วัตต์ และ 15 วัตต์ มาเป็นตัวแปรต้นในการเพิ่ม Internal Heat Load (คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน, 2561) แทน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Alamdari (1998) ที่ได้อธิบายหลักการทำงานของระบบกระจายลมผ้าเพดานกับแบบแทนที่ผสมผสาน (ได้พื้น) และมีการคำนึงถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในห้องจริง โดยงานวิจัยพบว่าระบบนี้ให้คุณภาพอากาศที่ดีขึ้นและมีประสิทธิภาพการกระจายอากาศสูงและใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย ซึ่งหลักการ คือแหล่งกำเนิดการกระจายความเย็นมาจากผนังหรือพื้น จากนั้นก็กระจายผ่านคนขึ้นสู่อากาศด้านบน แล้วนำอากาศกลับไปยังเครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่ (AHU: Air Handling Unit) เพื่อผ่านระบบกรองอากาศแล้วนำกลับมาปล่อยในห้องเป็นวงจร ดังจะเห็นได้จากภาพ 4 และ 5



ภาพ 4 หลักการทำงานการระบายอากาศแบบแทนที่
ผู้วิจัย, 2565



ภาพ 5 ระบบผ้าเพดานเย็นรวมระบบระบายอากาศแบบแทนที่ได้พื้น
ผู้วิจัย, 2565

จากงานวิจัยที่กล่าวมานั้นพบว่าระบบระบายอากาศด้วยการแผ่รังสีส่วนใหญ่ใช้ในห้องที่มีพื้นที่ใช้งานเป็นระบบการรวมศูนย์ มีเพียงบ้านเรือนที่นิยมการทำความร้อนโดยใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ซึ่งก็เพียงพอในการให้ความอบอุ่น และในต่างประเทศ การศึกษาสภาวะน่าสบายแบบปรับตัวเข้ากับสภาวะแวดล้อมในไทย โดยงานวิจัยของ Khedari et al. (2000) พบว่าขอบเขตความสบายในประเทศไทยอยู่ในช่วงอุณหภูมิอากาศ 27.5 - 35.34 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50-78 % และ ความเร็วลม 0.2-3.0 เมตร/วินาที (Olgay 1963) ได้กล่าวว่าความร้อนและความเร็วลมนับเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายก็สอดคล้องกับสมาคมปรับอากาศแห่งประเทศไทยที่กล่าวว่า “เมื่อออกแบบระบบปรับอากาศอุณหภูมิ ความชื้นจะเป็นส่วนประกอบสำคัญของอากาศที่จะทำการปรับสภาวะเพื่อให้เหมาะสมกับความสบาย การวิเคราะห์คุณสมบัติสามารถกระทำได้โดยใช้ Psychrometric chart” (สกลทรศน์ อินแก้ว และคณะ, 2557) เพื่อแสดงสภาวะของอากาศที่เกิดขึ้นใน

กระบวนการปรับอากาศต่าง ๆ และสามารถใช้ประเมินภาระการทำความเย็น (cooling load) ของระบบปรับอากาศได้ซึ่งจะนำไปสู่การประเมินค่าของพลังงานที่ใช้ของระบบปรับอากาศได้ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ศึกษาประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม มีวัตถุประสงค์ของการศึกษาดังนี้

1. ศึกษาการประเมินประสิทธิภาพความน่าสบาย
2. ศึกษาประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศต้นแบบ

สมมติฐาน

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนไร้พัดลมเกิดประสิทธิภาพการประหยัดงานมากกว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทั่วไปและสามารถตอบสนองต่อสภาวะน่าสบายในระดับร่างกายคน

ขอบเขตของการศึกษา

วิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม โดยมีขอบเขตของการวิจัยดังนี้

1. ศึกษาสำหรับอาคารพักอาศัยเท่านั้นและกำหนดห้องทดลองโดยสามารถควบคุมปัจจัยภายในได้
2. ติดตั้งอุปกรณ์ในห้องทดลอง
3. การทดสอบใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) ขนาด 9,000 บีทียู/ชั่วโมง
4. ระยะเวลาในการทำวิจัยอยู่ในช่วงสั้น ๆ ในฤดูร้อนเนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องระยะเวลาในการศึกษา ขบประมาณเครื่องมือฯ แต่ก็สามารถใช้ทำการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาเบื้องต้นได้
5. การทดสอบอยู่ภายใต้อุณหภูมิอากาศของจังหวัดขอนแก่น ช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2565 โดยมีช่วงเวลาทดสอบแบ่งเป็นชุด ๆ ละ 24 ชม.

ระเบียบวิธีวิจัย

การทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนไร้พัดลม ได้ทำการสร้างห้องทดลองโดยจำลองใช้ระบบผนังเบาเหมือนห้องนอนจริงขึ้น โดยคำนวณปริมาตรจากโหลดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ทดสอบ เพื่อการทดสอบที่สามารถควบคุมปัจจัยภายในและภายนอกได้ ซึ่งจะทำให้ผลการทดลองมีประสิทธิภาพ ดังนี้

- 1.1 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบต่อเนื่องตลอด 24 ชม. ในแต่ละชุด ดังนี้
 - 1.1.1 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ 12 ช่อง (12 - Channel Temperature Recorder)

ความแม่นยำ: ± 0.4 %rdg (error of reading) ใช้กับเครื่องมือดิจิทัล ความละเอียด: $0.1^{\circ}/1^{\circ}$ (+1.8 องศาฟาเรนไฮต์/+1 องศาเซลเซียส)
 - 1.1.2 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง-เปียก (Dry-wet bulb temperature) ความแม่นยำ ± 1 องศาเซลเซียส

ความละเอียด 95%
 - 1.1.3 เครื่องมือวัดการใช้ไฟฟ้าดิจิทัล (Power meter monitor) ความแม่นยำและความละเอียด

± 0.2 %rdg (error of reading) ± 0.2 %f.s. (error full scale) ใช้กับเครื่องมือดิจิทัล
 - 1.1.4 เครื่องลดความชื้นขนาดเล็ก (Dehumidifier) พื้นที่ไม่เกิน 5 ตรม.

1.1.5 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 9,000 บีทียู (Air conditioner 9000 Btu)

1.1.6 อุปกรณ์จัดบันทึกและคอมพิวเตอร์ (สมุด ปากกา และดินสอ)

1.2 ห้องทดลองและขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์

1.2.1 สร้างกล่องสี่เหลี่ยมลักษณะคล้ายห้อง และติดตั้งเครื่องปรับอากาศออกเป็น 4 ระดับ

1.2.2 ติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิจำนวน 12 จุด โดยแบ่งระยะเฉลี่ยจากพื้นที่ภายในห้องให้เท่ากัน

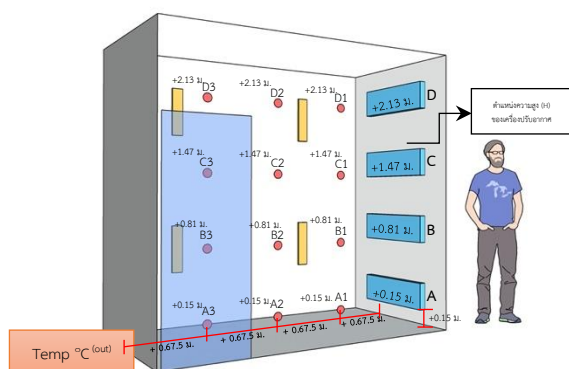
1.2.3 ติดตั้งอุณหภูมิกระเปาะเปียก-แห้งจำนวน 4 ตัว โดยแบ่งระยะเท่ากันทั้งสองด้าน

1.2.4 ติดตั้งหลอดไฟขนาด 5 วัตต์ 10 วัตต์ และ 15 วัตต์ ตามลำดับพร้อมทั้งเครื่องลดความชื้น

1.2.5 ติดตั้งเครื่องวัดการใช้ไฟฟ้าดิจิทัลภายนอกห้องพร้อมทั้งอ่านค่าอุปกรณ์ภายในห้องทดลองผ่านกล่องวงจรปิด

1.2.6 ทดลองเปิดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ตั้งอุณหภูมิการทำงานไว้ที่ 25.5 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งหลอดไฟขนาด 5 วัตต์ 10 วัตต์ และ 15 วัตต์ โดยเพิ่มขึ้นทีละ 5 วัตต์ช่วงละ 6 ชม. ต่อเนื่องและติดตั้งเครื่องลดความชื้นตลอดการทดลอง แล้วทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ด้วยเครื่องตรวจวัดแบบบันทึกต่อเนื่องและสังเกตการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนไร้พัดลมทั้งคอนเดนเซอร์และแผงกระจายลมเย็นในทุกชั่วโมงหรือทุกการเปลี่ยนแปลง

1.2.7 เงื่อนไขการทดลองปรับตามสภาพภูมิอากาศอัตโนมัติ ดังแสดงระยะและภาพประกอบดังนี้

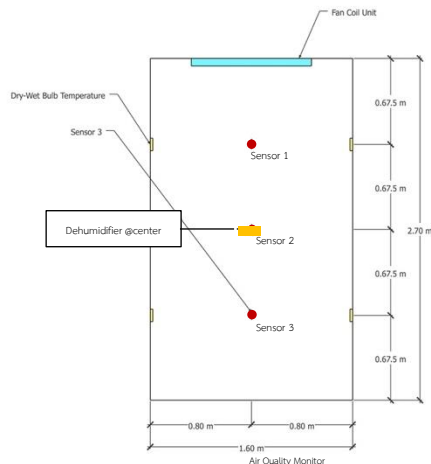


ภาพ 6 ห้องทดลองและตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ทดลอง

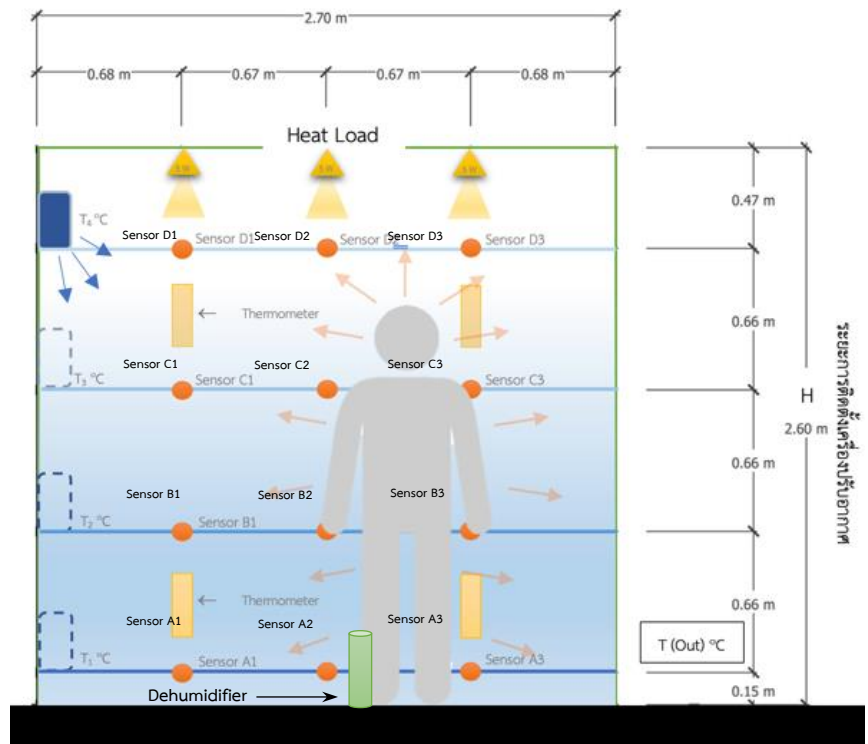


ภาพ 7 ภายนอกห้องจำลอง

1.3. ระยะการติดตั้งเซนเซอร์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในตำแหน่งต่าง ๆ



ภาพ 8 ผังพื้นแสดงตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ทดลอง



ภาพ 9 ไดอะแกรมความสัมพันธ์ของตัวแปรในงานวิจัย



ภาพ 10 อุปกรณ์จริงภายในห้องทดลอง

ตาราง 1 แสดงค่าตั้งต้นของตัวแปรต้นและตัวแปรตาม

ตัวแปรตาม ตัวแปรต้น		ตั้งค่าตั้งต้น เครื่องปรับอากาศ อัตโนมัติ (°C)	แรงดันน้ำยาแอร์ ตั้งต้นอัตโนมัติ (PSI)	ความชื้นสัมพัทธ์ (RH%)		หมายเหตุ
				กำลังไฟฟ้าของ ปรับอากาศตั้งต้น (kW)	กำลังไฟฟ้าของเครื่อง ลดความชื้นตั้งต้น (kW)	
ความสูงการติดตั้ง เครื่องปรับอากาศ แบบไร้พัดลม (H)	ระดับเหนือ ช่อเท้า (+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	
	ระดับเหนือ ลำตัว (+1.47 ม.)	25.5 °C	250-270	2.7	0.02	
	ระดับเหนือ ศีรษะ (+2.13 ม.)	25.5 °C	250-270	2.7	0.02	
Internal Heat Load (หลอดไฟ LED)	5W	25.5 °C	250-270	2.7	0.02	เพิ่มกำลัง วัตต์ขึ้นทุก 6 ชม.
	10W	25.5 °C	250-270	2.7	0.02	
	15W	25.5 °C	250-270	2.7	0.02	

หมายเหตุ: การเพิ่มกำลังวัตต์ไฟฟ้าของหลอดไฟขึ้นทุก 6 ชม.เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศ แม้อยู่ในช่วงเวลาที่มีการระจากการแผ่รังสีความร้อนเพิ่มขึ้นก็ตาม เครื่องปรับอากาศก็ยังสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและคงประสิทธิภาพ

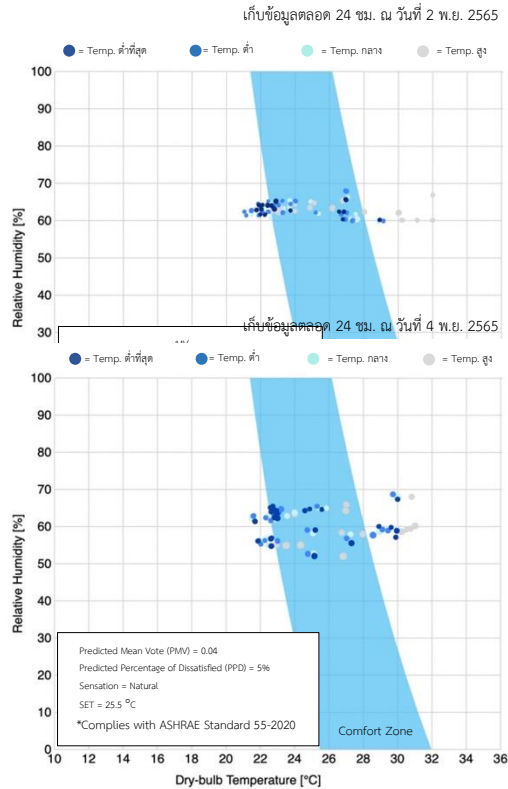
จากตาราง 1 ทำให้ทราบถึงการตั้งค่าเริ่มต้นของตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ความชื้นสัมพัทธ์และตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่การหาการประหยัดพลังงานและความน่าสบายของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลม

การเก็บข้อมูล

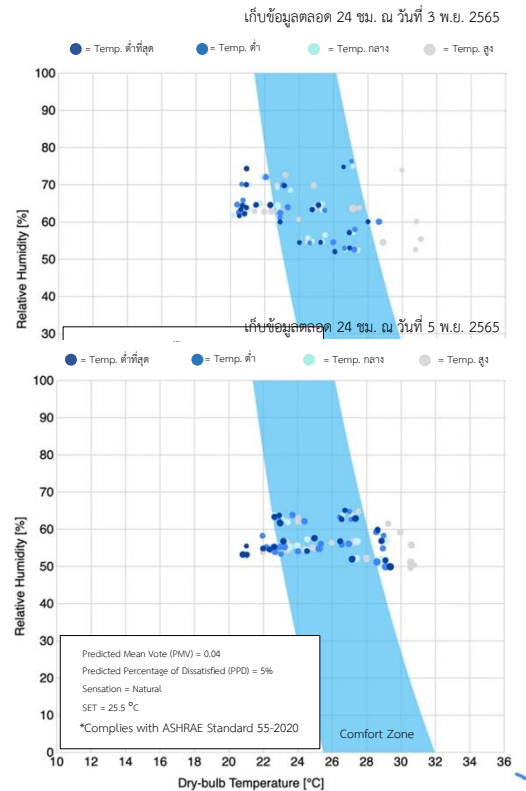
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 25.5 องศาเซลเซียสแบ่งการทดสอบออกเป็น 4 ชุด ๆ ละ 24 ชั่วโมง ถอดพัดลมออกใน Fan Coil Unit (Blower) จากนั้นจดบันทึกผลทุกๆ ชั่วโมงอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำผลไปประเมินความสามารถในการทำความเย็นและคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้า

ผลการทดลอง

หลังจากการเก็บข้อมูลการทดลองด้วยการจดบันทึกครบ 24 ชั่วโมง แล้วนำผลมาประเมิน ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลและแสดงผลด้วยการใช้แผนภูมิไซโครเมตริก (ASHRAE standard 55-2020) เพื่อเปรียบเทียบ Comfort zone จากนั้นแสดงผลภาพรวมของการทดลองแต่ละเงื่อนไขด้วยการใช้กราฟ ดังแสดงต่อไปนี้



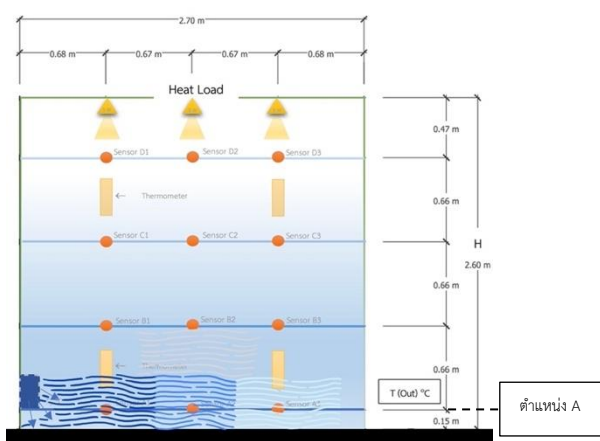
ภาพ 13 กราฟแสดงผลการประเมินประสิทธิภาพความสบายของ
เครื่องปรับอากาศไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง C (+ 1.47 ม.)



ภาพ 14 กราฟแสดงผลการประเมินประสิทธิภาพความสบายของ
เครื่องปรับอากาศไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง D (+ 2.13 ม.)

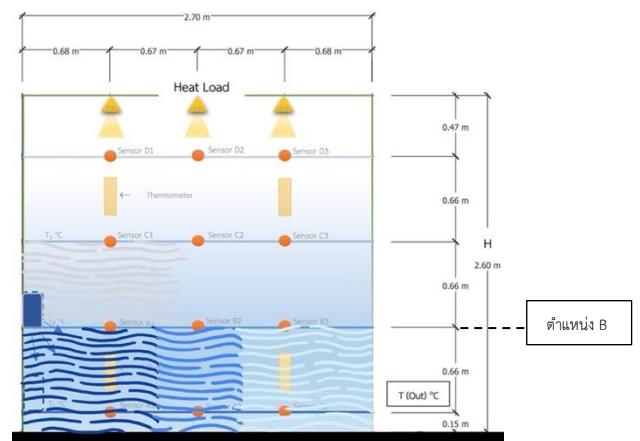
จากการวิเคราะห์ทั้ง 4 ภาพ คือภาพที่ 11, 12, 13 และ 14 พบว่าอุณหภูมิจากเครื่องปรับอากาศไร้พัดลมร้อยละ 95 กระจุกตัวอยู่ในเกณฑ์น่าสบาย คือช่วงอุณหภูมิอากาศ 21-29.9 องศาเซลเซียส (27.5 - 35.34 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50-78 % Olgay 1963) โดยภาพที่ 11 ผลที่ได้จะอยู่ระหว่าง 22.5-31.1 องศาเซลเซียส 60-68% ความชื้นสัมพัทธ์ ภาพที่ 12 ผลที่ได้จะอยู่ระหว่าง 20.6-31.4 องศาเซลเซียส 52-77% ความชื้นสัมพัทธ์ ภาพที่ 13 ผลที่ได้จะอยู่ระหว่าง 21.9-31.1 องศาเซลเซียส 55-65% ความชื้นสัมพัทธ์ ภาพที่ 14 ผลที่ได้จะอยู่ระหว่าง 21-30.7 องศาเซลเซียส 54-64% ความชื้นสัมพัทธ์ จากการสรุปทั้ง 4 เงื่อนไขพบว่าตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.) คือ 20.6-31.4 องศาเซลเซียส 52-77% ความชื้นสัมพัทธ์ เกิดประสิทธิภาพดีที่สุด ซึ่งสัมพันธ์กับภาพที่ 16 ที่แสดงถึงลักษณะการแผ่รังสีของเครื่องปรับอากาศไร้พัดลม

ไดอะแกรมแสดงการเก็บข้อมูลตลอด 24 ชม.
ณ วันที่ 2 พ.ย. 2565



ภาพ 15 ไดอะแกรมแสดงประสิทธิภาพการทำงานของ
เครื่องปรับอากาศไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง A (+0.15 ม.)

ไดอะแกรมแสดงการเก็บข้อมูลตลอด 24 ชม.
ณ วันที่ 3 พ.ย. 2565

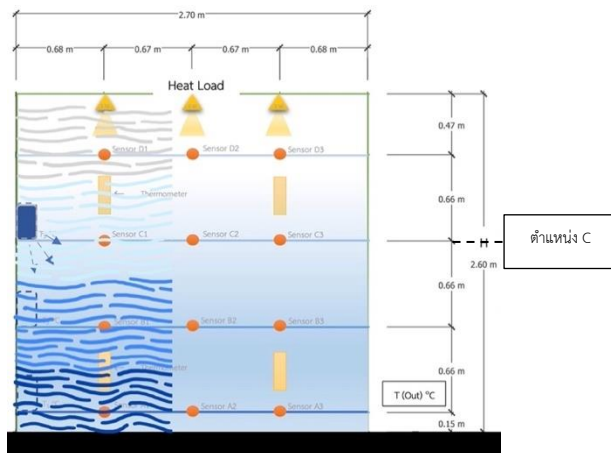


ภาพ 16 ไดอะแกรมกราฟแสดงประสิทธิภาพการทำงานของ
เครื่องปรับอากาศไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.)

เมื่อวิเคราะห์ลักษณะการแผ่รังสีของภาพที่ 13 พบว่า อุณหภูมิที่ต่ำที่สุดจะอยู่ใกล้เครื่องปรับอากาศที่สุด (เซ็นเซอร์ A1) รองลงมาคือ A2, A3 และ B2 ตามลำดับและวิเคราะห์ลักษณะการแผ่รังสีของภาพที่ 14 พบว่าอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดจะอยู่ใกล้เครื่องปรับอากาศที่สุด (เซ็นเซอร์ A1) รองลงมาคือ A2, A3 และ B1 ตามลำดับ ซึ่งจะสังเกตได้ว่ารังสีการแผ่กระจายของอากาศจากเครื่องปรับอากาศไร้พัดลม จากพื้นที่ใกล้แหล่งกำเนิดความเย็นจะเกิดอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดและจะไหลลงสู่ด้านล่างแล้วกระจายออกด้วยอุณหภูมิที่สูงกว่า

ไดอะแกรมแสดงการเก็บข้อมูลตลอด 24 ชม.

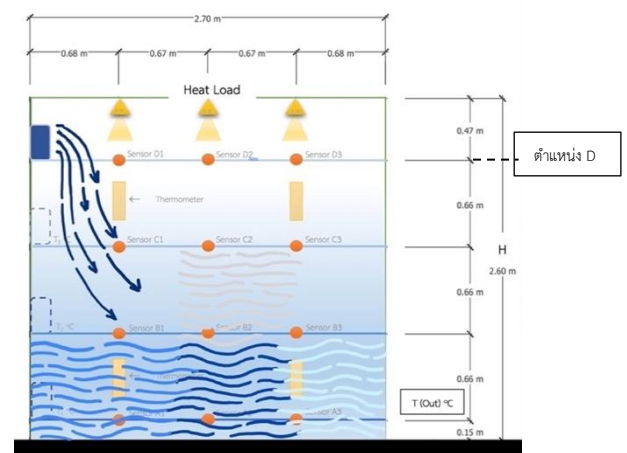
ณ วันที่ 4 พ.ย. 2565



ภาพ 17 ไดอะแกรมแสดงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง C (+1.47 ม.)

ไดอะแกรมแสดงการเก็บข้อมูลตลอด 24 ชม.

ณ วันที่ 5 พ.ย. 2565

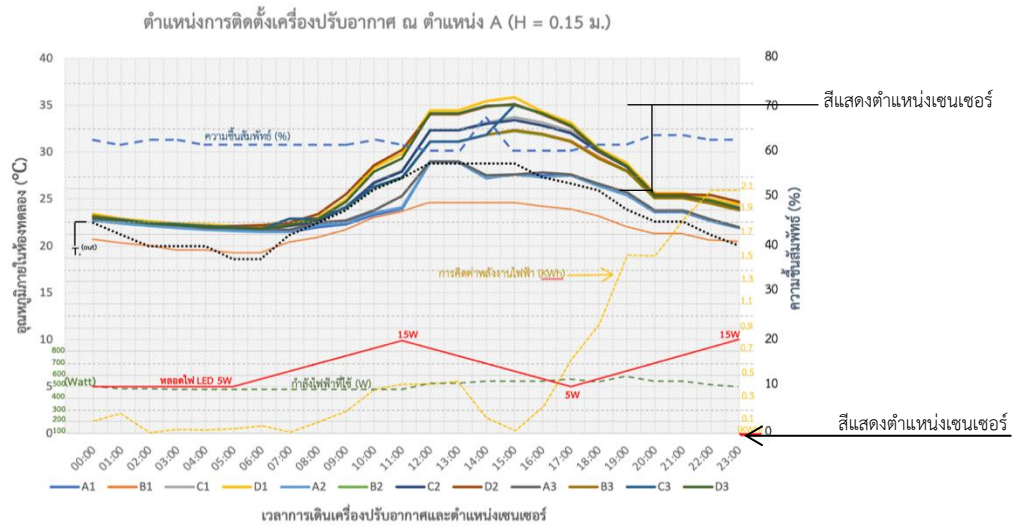


ภาพ 18 ไดอะแกรมกราฟแสดงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศไร้พัดลม ณ ตำแหน่ง D (+2.13 ม.)

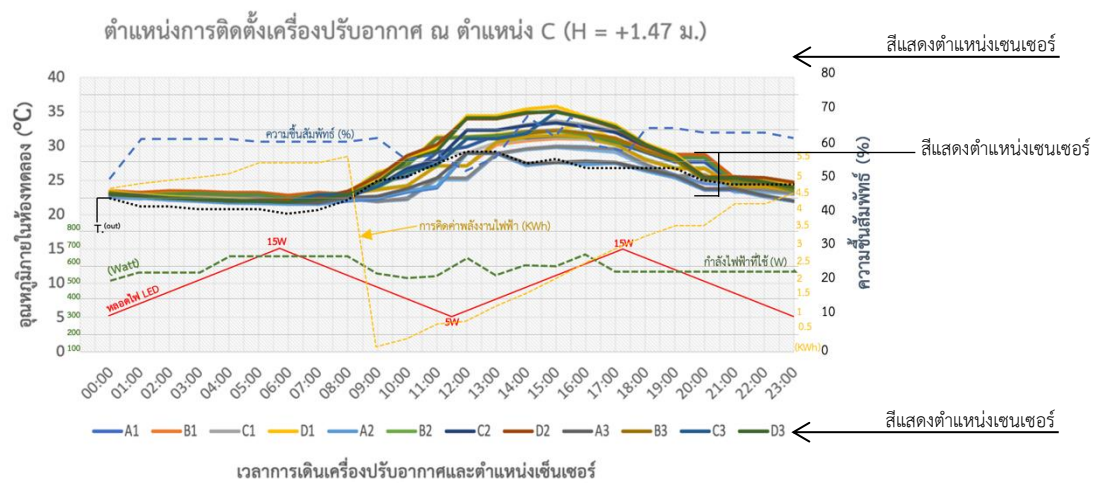
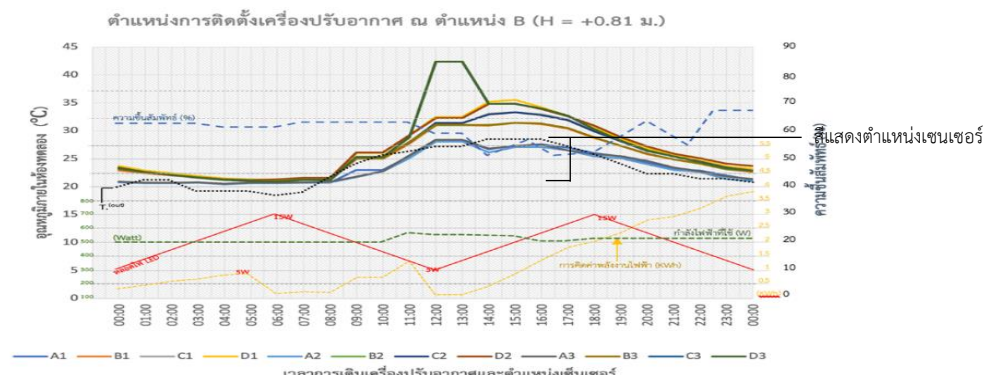
เมื่อวิเคราะห์ลักษณะการแผ่รังสีของภาพที่ 17 พบว่า อุณหภูมิที่ต่ำที่สุดจะอยู่ในตำแหน่งเซ็นเซอร์ A1 (ล่างสุด) รองลงมาคือ B1, C1 และ D1 ตามลำดับและวิเคราะห์ลักษณะการแผ่รังสีของภาพที่ 16 พบว่าอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดจะอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (เซ็นเซอร์ A2) รองลงมาคือ A1, A3 และ B2 ตามลำดับ เป็นที่น่าสังเกตว่าระยะการกระจายลมเย็นจะตกลงสู่ด้านล่างก่อนเสมอและจะกระจายออกตามรัศมีการแผ่รังสีได้แสดงในภาพ

ผลการศึกษา

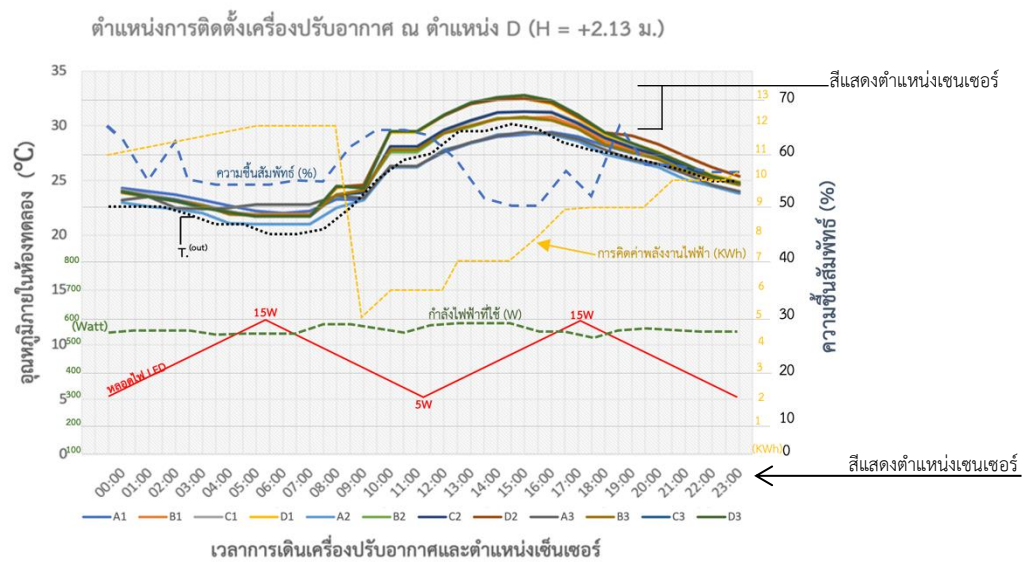
เมื่อทดสอบจากเงื่อนไขทั้ง 4 แล้วพบว่าระยะความสูง (H) ของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ โดยแบ่งเป็น 4 ระดับคือ ระดับเหนือข้อเท้า ($H = +0.15$ ม.) ระดับลำตัว (ระดับการนั่งเก้าอี้) ($H = +0.81$ ม.) ระดับเหนือลำตัว ($H = +1.47$ ม.) และระดับเหนือศีรษะขึ้นไป ($H = +2.13$ ม.) ตามลำดับ มีผลนำไปสู่การระบุระยะติดตั้งของเครื่องปรับอากาศแบบไร้พัดลมได้คือ ระยะ B ที่มีประสิทธิภาพในการกระจายรังสีความร้อนมากที่สุด เมื่อคิดจากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในห้อง รองลงมาคือ A, D และ C ตามลำดับ และตำแหน่งการติดตั้ง A พบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยเฉลี่ยคือ 0.481 กิโลวัตต์-ชั่วโมง รองลงมาคือ B = 1.336 กิโลวัตต์-ชั่วโมง C = 3.548 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และ D = 9.608 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ตามลำดับดังจะสามารถสรุปปัจจัยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดลองได้ตามภาพด้านล่างนี้



ภาพ 19 กราฟแสดงการประเมินประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศต้นแบบ เก็บข้อมูล ณ วันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565



ภาพ 21 กราฟแสดงการประเมินประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศต้นแบบ เก็บข้อมูล ณ วันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565



ภาพ 22 กราฟแสดงการประเมินประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศต้นแบบ

เก็บข้อมูล ณ วันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565

หาได้จากสูตรการคำนวณค่าไฟของเครื่องปรับอากาศแยกส่วนโดยไร้พัดลมเป็นเวลา 24 ชม. ต่อเนื่อง พบว่า

$$\text{จากสูตร ค่าไฟ} = \text{จำนวนวัตต์ (จากเครื่องปรับอากาศที่ทดสอบ)} \div 1,000 \times (\text{จำนวนชั่วโมงต่อวัน}) \times (\text{จำนวนวันที่ใช้งาน}) \times (\text{ค่าไฟ 3.3488 ต่อหน่วย}) \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร ค่าไฟ} &= \text{จำนวนวัตต์} \div 1,000 \times (\text{จำนวนชั่วโมงต่อวัน}) \times (\text{จำนวนวันที่ใช้งาน}) \times (\text{ค่าไฟ 3.3488 ต่อหน่วย}) \\ \text{จะได้} &= 570 \div 1,000 \times 24 \times 1 \times 3.3488 \\ &= 45 \text{ บาท/วัน} \\ &= 1,374.34 \text{ บาท/เดือน (16,492.08 บาท/ปี)} \end{aligned}$$

โดยเมื่อเทียบกับค่าใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแบบทั่วไปขนาด 9,000 บีทียู/ชั่วโมง ซึ่งโมเดลที่ใช้ในงานวิจัยคือ Mitsubishi Heavy Duty ติดผนัง ระบบธรรมดาที่เปิดใช้งานในระดับอุณหภูมิ 25.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชม. พบว่า

$$\begin{aligned} \text{จะได้} &= 734.9 \div 1,000 \times 24 \times 1 \times 3.3488 \\ &= 59.06 \text{ บาท/วัน} \\ &= 1,772 \text{ บาท/เดือน (21,263 บาท/ปี)} \end{aligned}$$

เมื่อเปรียบเทียบจากทั้ง 2 แบบแล้วพบว่า เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนสามารถลดค่าไฟฟ้าได้มากถึง 4,771 บาทต่อปี หรือคิดเป็น 26.5%

สรุปได้ว่า เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนไร้พัดลมสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากกว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทั่วไปได้มากถึง 26.5 % จากการทดสอบประสิทธิภาพด้านพลังงานและความน่าเชื่อถือของการทำความเย็นวิธีกระจายลมแบบแทนที่โดยใช้เครื่องปรับอากาศแยกส่วนแบบไร้พัดลมพบว่า การประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบปรับอากาศสามารถทำงานได้ต่อเนื่องโดยไม่เกิดการตัดระบบเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชม. การประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศนี้มีประสิทธิภาพมากกว่าเครื่องปรับอากาศแบบทั่วไป จากปกติเครื่องปรับอากาศทั่วไปใช้ไฟฟ้า 734.90 วัตต์ แต่เมื่อใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนไร้พัดลมต้นแบบแล้ว พบว่าใช้กำลังไฟฟ้าแค่ 570 วัตต์ และยังให้ผลของความน่าเชื่อถืออยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือช่วงระหว่าง 20.6-31.4 องศาเซลเซียส 52-77% ความชื้นสัมพัทธ์ ณ ตำแหน่ง B (+0.81 ม.)

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษาพบว่า ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนไร้พัดลมที่ทำการทดสอบมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากกว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนทั่วไปกว่า 26.5% คิดเป็นเงินสามารถประหยัดเงินได้ถึง 4,771 บาทต่อปี มีความน่าสบายเพิ่มขึ้นคิดเป็น 8.164% คืออุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 26 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 64.5% เมื่อเทียบกับงานวิจัยของ Khedari et al., (2000) ที่ศึกษาว่าขอบเขตความสบายในประเทศไทยอยู่ในช่วงอุณหภูมิอากาศ 27.5 - 35.34 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50-78 %

ข้อค้นพบที่สำคัญของงานวิจัยนี้คือ การทดสอบหาแนวทางเพิ่มการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้ในบ้านเรือนทั่วไปด้วยการหยุดการทำงานของมอเตอร์พัดลมและพัดลมระบายอากาศเย็น รวมทั้งการนำแนวคิดการผสมผสานระบบแบบแผ่รังสี (Radiation) และการใช้หลักการทำงานของระบบระบายอากาศแบบแทนที่ (Displacement Ventilation) ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในยุโรปและเมืองที่มีอากาศหนาว เพื่อทดสอบถึงความเป็นไปได้ในลดการใช้พลังงาน อีกทั้งเรื่องการลดความชื้นที่เป็นปัจจัยสำคัญของความน่าสบายของอากาศที่แผ่ออกจากเครื่องกำเนิดความเย็น จำเป็นต้องคำนึงถึง เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศในเขตร้อนชื้น

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

ดังนั้นหากมีการศึกษาต่อไป ควรศึกษาในห้องทดลองที่มีการใช้วัสดุหลากหลายหรือทดสอบในห้องนอนจริง มีฝ้าที่สูงกว่า 2.60 ม. มีการทดสอบโดยใช้แหล่งกำเนิดความร้อนภายในห้องที่หลากหลายหรือใช้ร่วมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าจริง รวมถึงช่วงเวลาของการทดสอบที่ยาวนานขึ้น ที่ตั้ง อุณหภูมิภายนอกที่มีผลต่อการทดลองของเครื่องปรับอากาศ อันจะได้ผลการทดสอบที่ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2547). *ตำราฝึกอบรมหลักสูตรผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (ผพ.)* สามัญ.
http://www2.dede.go.th/bhrd/old/file_handbook.html
- กระทรวงพลังงาน. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2564). *รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย*.
https://www.dede.go.th/download/stat63/12_SIT_Jan-Dec%2064_01.pdf
- กลุ่มสถิติและข้อมูลพลังงาน. (2563). *สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย (มกราคม-ธันวาคม 2564)*.
https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=47349
- คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน. (2561). *การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง*.
https://image.makewebeasy.net/makeweb/0/mqk9PemK3/Document/Part_2_Chapter_3_%E0%B8%9B%E0%B8%B5_2561.pdf?v=202012190947
- ดลสิทธิ์ แทนคำ, ชลสิทธิ์ เหล่าสนธิ์, และภูษงค์ จันทร์จิระ. (2564, กรกฎาคม-ธันวาคม). การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศด้วยอุปกรณ์ระบายความร้อนจากน้ำทิ้งของพัดลมคอยล์เย็น. *วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 15(2), 10-23.
- ดาวรุ่งระตา วงษ์ไกร. (2563, พฤษภาคม-สิงหาคม). ปัจจัยทางการจัดการการตลาดที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเครื่องปรับอากาศเพื่อที่อยู่อาศัยของผู้บริโภคในอำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 6(2), 82-93.
- ทรงพล โพธิ์สุวรรณกุล. (2552). *ประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวม (IEER) สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดเล็ก* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เทรน ประเทศไทย. (2556). *คู่มือการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ*. <http://www.tranethailand.com/data/product/adfiopruv178.pdf>
- นพรัตน์ เกตุขาว และสิทธิพร ศรีเมือง. (2561). *SEER คืออะไร*. <http://www.me.eng.up.ac.th/index.php/2017-11-22-08-53-08/19-seer>
- นิกร เนื่องอุดม, ปิยากร จันทนะ, สมนึก เครือสอน, และณรงค์ฤทธิ์ พิมพ์คำวงศ์. (2559). การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยใช้ลมเย็นจากพัดลมระบายอากาศ. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*, 10(1), 15-23.
- นิรันดร์ วัชรโธม. (2561). การเพิ่มสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยอาศัยพลังงานความร้อนที่กลับมาใช้ใหม่. *วารสารวิชาการ มทร. สุวรรณภูมิ*, 6(2), 134-147.
- นินนาท ราชดิษฐ์, จุฑาวัชร สุวรรณภพ, และ นฤพล สร้อยวัน. (2556). การศึกษาผลกระทบของรูปแบบการระบายอากาศที่มีต่อระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในสำนักงานที่ใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร*, ฉบับพิเศษ, 17-23.
- มานพ แจ่มกระจ่าง. (2549, มิถุนายน-ตุลาคม). ศึกษาทางเลือกการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมเพื่อการประหยัดพลังงาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*, 18(1), 77-78.
- สกลทรรศน์ อินแก้ว, นพดล อ่ำภา, และปฐวี ถือแก้ว. (2557). *การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยชุดสายพานน้ำซึม* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย. (2556). *มาตรฐานการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน*.

- https://www.ashraethailand.org/download/ashraethailand_org/Standard_update%2028%20April%202015.pdf
- Alamdari, F. D., Butler, J. G., Grigg, P. F., & Shaw, M. R. (1998). Chilled ceilings and displacement ventilation. *Renewable Energy*, 15(1-4), 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*. ASHRAE. https://webstore.ansi.org/preview-pages/ASHRAE/preview_ANSI+ASHRAE+Standard+138-2009.pdf
- American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers. (2016). *ASHRAE handbook-HVAC systems and equipment*. ASHRAE. <http://arcohvac.ir/wpcontent/uploads/2016/11/ASHRAE-Handbook-2016-HVAC-Systems-and-EquipmentIP.pdf>
- Feng, Yang, Feng, Qian, & Stephen, S. Y. Lau. (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.
- Guohui, Gan, & Riffat, Saffa B. (2004). CFD modelling of air flow and thermal performance of an atrium integrated with photovoltaics. *Building and Environment*, 39(7), 735-748.
- Lee, Haw- Long, Chou, Huann- Ming, & Yang, Yu- Ching. (2004). The function estimation in predicting heat flux of pin fins with variable heat transfer coefficients. *Energy Conversion and Management*, 45(11-12), 1749-1758.
- Skistad, H. (n.d.). *Displacement ventilation research studies press, thermal environmental conditions for human occupancy*. https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Standards%20and%20Guidelines/Standards%20Addenda/55_2010_i_k_l_m_n_r_Final_07092013.pdf
- Halton. (n.d.). *Displacement ventilation design guide*. <https://www.yumpu.com/en/document/read/31498004/displacement-ventilation-design-guide-halton>
- ISO 11855-2:2012(E). (n.d.). *Building environment design-Design, dimensioning, instalation and control of embedded radiant heating and cooling systems*. <https://www.iso.org/standard/52408.html>
- The Japan Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers (JSRAE) of Japan. (n.d.). *Report "risk assessment of mildly flammable refrigerants."* <http://aradtahvieh.ir/wp-content/uploads/2016/05/ASHRAE-2012.pdf>
- Khedari, Joseph, Yamtraipat, Nuparb, Pratintong, Naris, & Hirunlabh, Jongjit. (2000). Thailand ventilation comfort chart. *Energy and Buildings*, 32, 3245-249.
- Rhee, Kyu-Nam, Olesen, Bjarne W., & Kim, Kwang Woo. (2017). Ten questions about radiant heating and cooling systems. *Building and Environment*, 112, 367-381.
- Liu, Sheng-Chun, Yi-Tai, & Wei, Lu. (2021). Analysis about EER and SEER of air conditioner. *Journal of Tianjin University Science and Technology*, 39, 1088-1092.
- Djongyang, Noël, Tchindac, René, & Njomoa, Donatien. (2010). Thermal comfort: A review paper. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 92626-2640.
- Olgay, V. (1963). *Design with climate*. Princeton University Press.

- Persily, A. K. (1997). Evaluating building IAQ and ventilation with indoor carbon dioxide.0. *ASHRAE Transactions*, (103), 2193-2204.
- Riffat, S. B., Zhao, X., & 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, 257-286.
- Simmonds, P., Mehlornakulu, B., Chambers, I., & Simmomds, C. (2006, January). Applied performance of radiant ceiling panels for cooling. *ASHRAE Transactions*, (112), 368-376.
- Yuan, Xiaoxiong, Che, Qingyan, & Glicksman, Leon R. (2010). *A critical review of displacement ventilation*. https://www.aivc.org/sites/default/files/airbase_11091.pdf