

การอนุรักษ์พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยการติดตั้ง PVC Filling ที่ส่วนระบายความร้อน Energy Conservation of a Split Air-Conditioner by Installing PVC Filling at Condensing Unit

วันชลี เพ็งพงศา^{1*}, พิศิษฐ์ แซ่ตัน¹, สามารณ นอร์มา², เอนก เทียนบุชา¹, ประสิทธิ์ การนอก² และ วีระ ศรีอริยะกุล³
Wanchalee Pengpongsa^{1*}, Pisit Saetan¹, Samart Norma², Anek Thianboocha¹, Prasit Karnnok²
and Weera Sriariyakul³

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

¹ Department of Manufacturing Engineering and Energy Management, Faculty of Science, Chandrakasem Rajabhat University

² บริษัท เจอาร์ ซินเนอร์จี จำกัด

² JR Synergy Company Limited

³ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

³ Department of Power Engineering Technology, College of Industrial Technology,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการติดตั้งแผงระบายความร้อนแบบ PVC Filling ที่คอนเดนเซอร์ เพื่อเพิ่มการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ โดยเปรียบเทียบค่าสมรรถนะการทำความเย็น อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน และผลประหยัดที่เกิดขึ้น แบ่งออกเป็น 2 กรณี 1) กรณีไม่ติดตั้ง PVC Filling และ 2) กรณีติดตั้ง PVC Filling ที่ความหนา 5, 7.5 และ 10 เซนติเมตร ทำการทดลองกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ ยี่ห้อ Focus ขนาด 25,000 บีทียูต่อชั่วโมง ปรับตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 25 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที อัตราการไหลของน้ำที่ระบายความร้อน 2,500 ลิตรต่อชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่า ความหนาของ PVC Filling ขนาด 10 เซนติเมตร เป็นความหนาที่มีประสิทธิภาพพลังงานดีที่สุดในงานวิจัยนี้ โดยมีค่า EER และค่า COP เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 21.33 และ 21.58 ตามลำดับ ลดการใช้พลังงานได้ร้อยละ 5.67 คิดเป็นผลประหยัดได้ 817.61 บาทต่อปี การอนุรักษ์พลังงานด้วยการติดตั้ง PVC Filling ที่คอนเดนเซอร์สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 96.90 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

คำสำคัญ: การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การประหยัดพลังงาน เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน แผงระบายความร้อน ประสิทธิภาพพลังงาน

Abstract

This study aims to examine the installation of PVC filling media pads within an air-cooled condenser that exchanged the heat between water and hot air before the air entered the condenser. The study compared the coefficient of performance (COP), energy efficiency ratio (EER) and energy-saving cost in two cases: 1) the non-installation of PVC filling and 2) the installation of PVC filling of thicknesses 5, 7.5, and 10 cm. An air-cooled, split-type air conditioner, brand Focus, with a cooling capacity of 25,000 Btu/h. The air conditioner was set to a temperature of 25°C, with an airflow speed of 1 m/s and a cooling water flow rate of 2,500 L/h. The results showed that the PVC filling with a thickness of 10 cm provided the best energy efficiency. The EER and COP increased by 21.33% and 21.58%, respectively. Additionally, energy consumption was reduced by 5.67%, and the energy-saving cost was 817.61

* Corresponding author: wanchalee.p@chandra.ac.th

baht/year. Moreover, energy conservation through the installation of PVC filling at the condenser could reduce CO₂ emissions by 96.90 kgCO₂/year.

Keywords: CO₂ emission, Energy conservation, Energy efficiency, PVC filling, Split air-conditioning

1. บทนำ

ภาวะโลกร้อน (Global Warming) เกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยสาเหตุหลักเกิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยก๊าซเรือนกระจกแบ่งออกเป็น 6 ชนิด ได้แก่ CO₂, N₂O, CH₄, HFCs, SF₆ และ PECs ซึ่งในภาคพลังงาน CO₂ เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีผลกระทบต่อสร้างภาวะโลกร้อนที่มีผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศในระยะยาว (Winyuchakrit et al., 2011) ในปัจจุบันการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่งผลให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นถึง 1.1 องศาเซลเซียส จากช่วงปีค.ศ. 1800 จนถึงปี ค.ศ. 2020 จากเหตุการณ์ดังกล่าวส่งผลให้เกิดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ภัยแล้งรุนแรง น้ำท่วม น้ำแข็งขั้วโลกละลาย ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น อากาศร้อนจัด อากาศเย็นจัด (สหประชาชาติประเทศไทย, ม.ป.ป.) ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากสถานการณ์เหล่านี้โดยจากข้อมูลสถิติภูมิอากาศในประเทศไทยในช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคมมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 38-40°C (ศูนย์ภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป.) ส่งผลให้ภาคอาคารและบ้านที่อยู่อาศัยมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศมากขึ้น คิดเป็น 60% ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด (นพรัตน์ อมัตริรัตน์ และ สาธิต ทูลไธสง, 2562)

ชาติชาย พิสุทธิบริบูรณ์ (2551) กล่าวถึงคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดประสิทธิภาพสำหรับเครื่องปรับอากาศโดยอ้างอิงจากมาตรฐาน AHRI 210/240-2008 ประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศเป็นตัวบ่งชี้ระดับของประสิทธิภาพระบบปรับอากาศซึ่งมีความสำคัญต่อมนุษย์ เมื่อเทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลง ระดับของประสิทธิภาพพลังงานที่เพิ่มขึ้นจึงวัดขีดความสามารถในการทำ ความเย็นของเครื่องปรับอากาศสำหรับเทคโนโลยีนั้น ๆ โดยประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศมักพิจารณาสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance หรือ COP) และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio หรือ EER) ในปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องปรับอากาศด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่จึงมีการกำหนดประสิทธิภาพพลังงานเพิ่มขึ้น คืออัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (Seasonal Energy Efficiency Ratio หรือ SEER) อีกด้วย

เครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่ในอาคารและบ้านที่อยู่อาศัยมักเป็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ ซึ่งเมื่ออยู่ในช่วงฤดูร้อนที่มีอากาศแวดล้อมร้อนจัดทำให้ส่วนระบายความร้อน (Condensing Unit หรือ CDU) เกิดการระบายความร้อนได้ไม่ดี ผู้อยู่อาศัยจึงลดอุณหภูมิภายในอาคารหรือในส่วนจ่ายลมเย็น (Fan Coil Unit หรือ FCU) ส่งผลให้มีปริมาณการใช้พลังงานสูงขึ้น เครื่องปรับอากาศจึงมีสมรรถนะการทำความเย็นลดลง ดังนั้นการลดอุณหภูมิแวดล้อมก่อนเข้าระบายความร้อนในส่วน CDU จึงเป็นมาตรการอนุรักษ์พลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ ที่สามารถช่วยลดภาระการทำงานของคอมเพรสเซอร์เพื่อเพิ่มสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศได้

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงคิดค้นและหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ ซึ่งการปรับอุณหภูมิแวดล้อมภายนอกอาคารให้ลดลงถือเป็นการลดภาระการทำงานของระบบปรับอากาศได้ดี โดย Harby and Al-Amri (2019) ได้ทำการวิจัยติดตั้งแผงระบายความร้อนหรือแผงรังผึ้ง (Cooling Pad) ที่คอนเดนเซอร์ เพื่อลดอุณหภูมิของอากาศและทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบปรับอากาศโดยรวมดีขึ้น การลดอุณหภูมิของอากาศขาเข้าคอนเดนเซอร์ส่งผลให้อุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็นลดลง โดยอากาศร้อนไหลผ่านแผงรังผึ้งสัมผัสกับน้ำที่ไหลผ่านแผง ทำให้น้ำระเหยส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศลดลงในขณะที่การระเหยน้ำนั้นทำให้ความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น (Harby et al., 2016 และ Martinez et al., 2016) จากงานวิจัยของ นพรัตน์ อมัตริรัตน์ และสาธิต ทูลไธสง (2562) พบว่า เมื่ออุณหภูมิอากาศขาเข้าคอนเดนเซอร์ต่ำกว่าอุณหภูมิของสารทำความเย็นจะส่งผลให้อุณหภูมิของสารทำความเย็นลดลงมากยิ่งขึ้น ค่าสมรรถนะการทำความเย็นจึงมีค่าเพิ่มขึ้น และลดการใช้พลังงานลง จากงานวิจัยของ อีรพงศ์ บริรักษ์ และ พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ (2556) มีการศึกษาถึงการติดตั้งแผงรังผึ้งเพื่อลดอุณหภูมิอากาศร้อนก่อนเข้า

คอนเดนเซอร์ พบว่า แผงรังผึ้งทำจากวัสดุกระดาษเซลูโลส เมื่อเปียกชื้นมักเปื่อยยุ่ยง่ายจึงส่งผลให้มีอายุการใช้งานสั้น และไม่สามารถทำความสะอาดได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ใช้แผงระบายความร้อนแบบ PVC Filling ที่ทำจากวัสดุทนต่อความชื้นได้ดี ทำความสะอาดง่าย โดยติดตั้งแผงระบายความร้อน PVC Filling กับคอนเดนเซอร์ เพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์และเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศโดยเกิดผลประหยัดสูงสุด

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

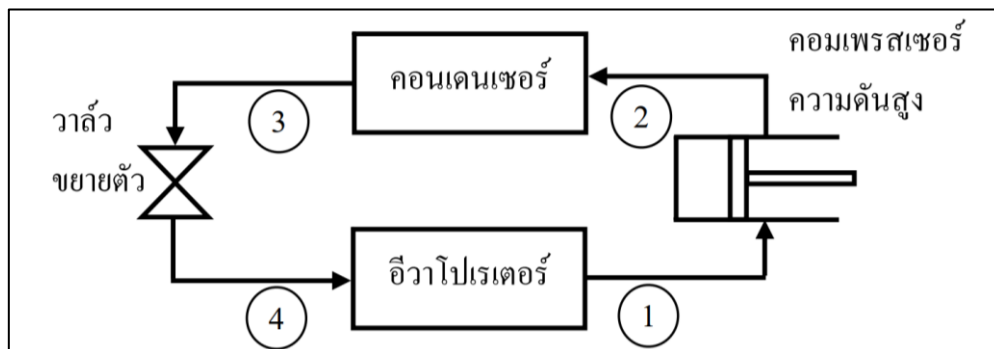
2.1 เพื่อติดตั้งและทดสอบแผงระบายความร้อน PVC Filling ที่คอนเดนเซอร์

2.2 เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน และผลประหยัดที่เกิดขึ้นจากการติดตั้ง PVC Filling ที่คอนเดนเซอร์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเป็นระบบทำความเย็นแบบอัดไอ โดยระบบทำความเย็นแบบอัดไจะมีส่วนประกอบดังนี้ 1. เครื่องระเหยหรืออีวาโปเรเตอร์ (Evaporator) 2. เครื่องอัดไอหรือคอมเพรสเซอร์ (Compressor) 3. เครื่องควบแน่นหรือคอนเดนเซอร์ (Condenser) 4. วาล์วขยายตัว (Expansion Valve) หลักการทำงานของสารทำความเย็น โดยสารทำความเย็นที่เป็นของไหลผสมเข้าสู่อีวาโปเรเตอร์ค่อย ๆ เปลี่ยนสถานะจากของไหลผสมกลายเป็นไอ สารทำความเย็นไหลเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ โดยคอมเพรสเซอร์อัดสารทำความเย็นเพื่อเพิ่มอุณหภูมิและความดันให้สูงขึ้น จนมีสถานะเป็นไอร้อนยวดยิ่งหรือไอโดง (Superheated vapor) หลังจากนั้นสารทำความเย็นไหลเข้าสู่คอนเดนเซอร์ เพื่อระบายความร้อนสู่สภาวะแวดล้อมและเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว จากนั้นสารทำความเย็นไหลสู่วาล์วขยายตัวเพื่อลดความดันและกลายเป็นของไหลผสม ไหลเข้าสู่อีวาโปเรเตอร์เป็น 1 รอบการทำงาน (ธีรพงศ์ บริรักษ์ และ พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ, 2556) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

ที่มา คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (อาคาร) (2553)

3.2 วัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ

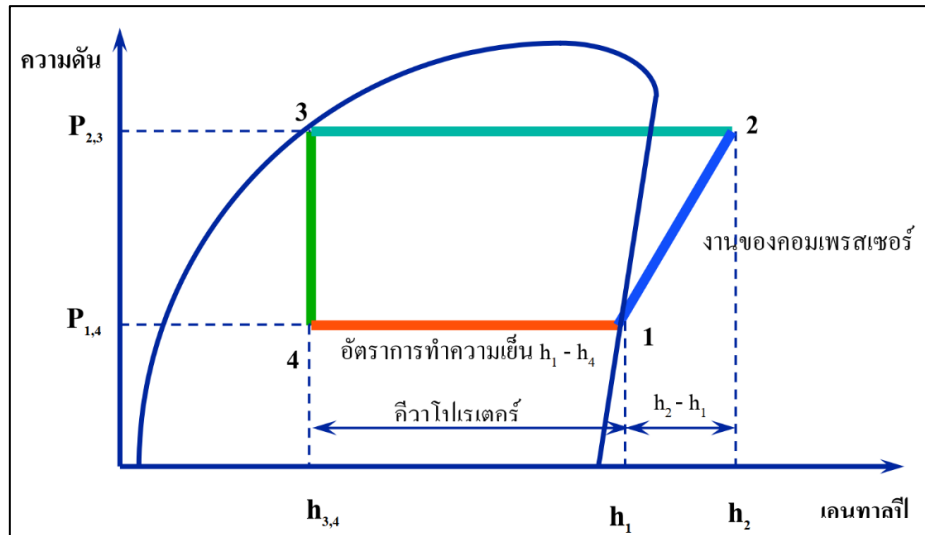
จากภาพที่ 2 สามารถอธิบายถึงวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ ซึ่งประกอบด้วย 4 กระบวนการ ดังต่อไปนี้

กระบวนการ 1-2 เป็นกระบวนการอัดตัวแบบไอเซนโทรปิก โดยคอมเพรสเซอร์อัดสารทำความเย็นในสภาวะไออิ่มตัว ให้มีความดันเท่ากับความดันที่คอนเดนเซอร์ ดังนั้นอุณหภูมิและความดันเพิ่มขึ้นจนสารทำความเย็นกลายเป็นไอร้อนยวดยิ่ง ($h_2 - h_1$)

กระบวนการ 2-3 เป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่ความดันคงที่ โดยสารทำความเย็นที่อยู่ในสภาวะไอร้อนยวดยิ่งถูกทำให้เย็นลงจนโดยการระบายความร้อน ส่งผลให้เกิดการควบแน่นของสารทำความเย็น กลายเป็นของเหลว ($h_3 - h_2$)

กระบวนการ 3-4 เป็นกระบวนการขยายตัว หรือกระบวนการลดความดัน โดยสารทำความเย็นที่อยู่สถานะของเหลวถูกลดความดันลง ส่งผลให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นของผสมไหลเข้าอีวาโปเรเตอร์ ($h_{3,4}$)

กระบวนการ 4-1 เป็นกระบวนการรับความร้อนที่ความดันคงที่ ซึ่งทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากของผสมเป็นไออิ่มตัว ($h_1 - h_4$)



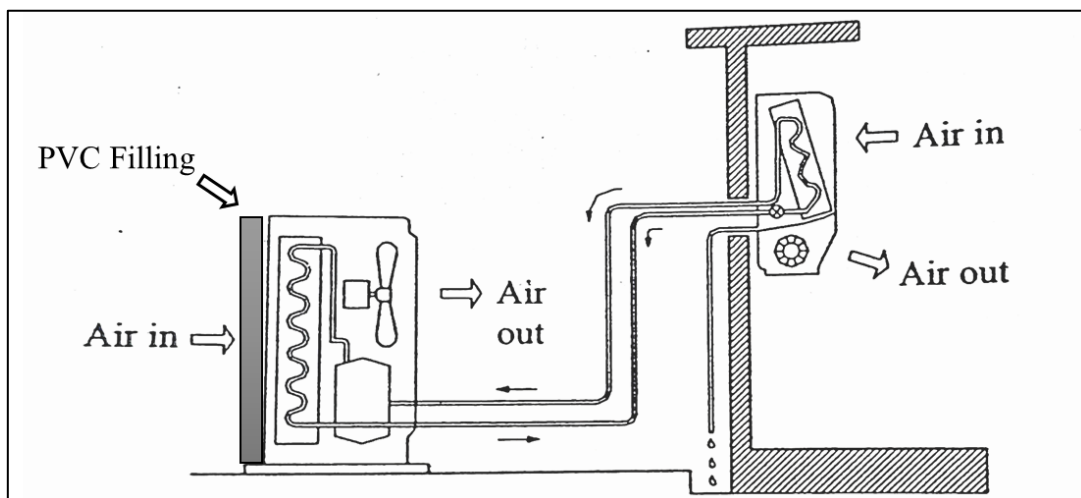
ภาพที่ 2 แผนภาพความดัน-เอนทาลปีของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

ที่มา คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (อาคาร) (2553)

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.3.1 การติดตั้ง PVC Filling

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมักนิยมใช้ในอาคารที่อยู่อาศัยหรืออาคารที่มีการแบ่งห้องเป็นห้องขนาดเล็ก ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนควรมีค่า COP ไม่น้อยกว่า 3.5 หรือ มีค่า EER ไม่น้อยกว่า 12 (Chirarattananon, 2005) ผู้วิจัยทำการติดตั้ง PVC Filling บริเวณด้านหน้าคอนเดนเซอร์ หรือก่อนอากาศเข้าคอนเดนเซอร์ ดังภาพที่ 3

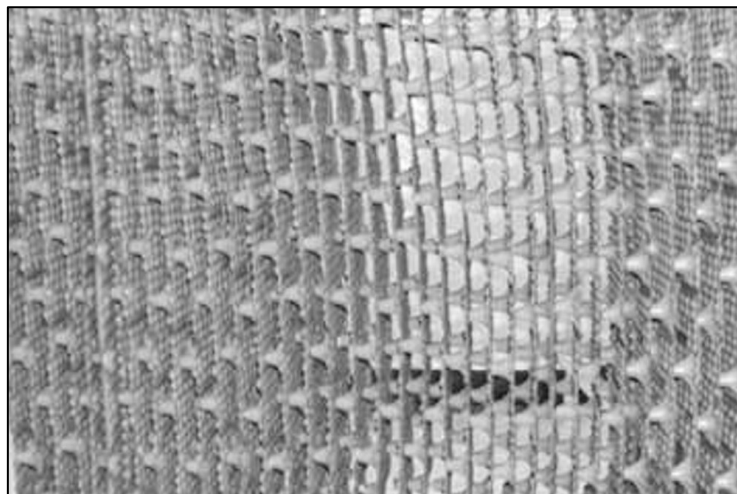


ภาพที่ 3 ตำแหน่งการติดตั้งแผงระบายความร้อน PVC Filling

ที่มา ดัดแปลงจาก Surapong Chirarattananon (2005)

การใช้แผงระบายความร้อนสำหรับการระบายอากาศร้อนขนาดเล็กมักใช้แผงรังผึ้ง ซึ่งวัสดุเป็นกระดาษเซลลูโลสมีลอนด้านในแผงเป็นลูกฟูก เมื่อเปียกชื้นสภาพการใช้งานจึงมีการเปื่อยยุ่ยทำให้ระยะเวลาในการใช้งานสั้นเพียง 2 ปี และไม่สามารถทำความสะอาดได้ ในขณะที่ PVC Filling เป็นวัสดุที่มีความทนทาน มีอายุการใช้งานนาน 5 ปี สามารถทนความเปียกชื้นได้ดี ทำความสะอาดง่าย (ธีรพงศ์ บริรักษ์ และ พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ, 2556) PVC Filling ที่นำมาใช้ในงานวิจัยเป็นแผงกระจายละอองน้ำแบบ Cross Flow ซึ่งน้ำที่ไหลผ่านแผงสามารถสัมผัสกับอากาศได้ดี และจากงานวิจัยของ Martinez et al. (2016) มีการศึกษาการติดตั้งแผงรังผึ้งที่มีความหนา 5, 10 และ 15 cm พบว่าการติดตั้งแผงรังผึ้งที่มีความหนา 15 cm ค่า COP ไม่เพิ่มขึ้น ผู้วิจัยจึงกำหนดความหนาของ PVC Filling เป็น 5, 7.5 และ 10 cm

ชุดระบายความร้อนมี 2 ส่วน ได้แก่ โครงสร้างกะสสำหรับใส่แผง PVC Filling (ภาพที่ 4) และถังพักน้ำ การสร้างโครงสร้างสำหรับใส่ PVC Filling วัสดุเป็นสังกะสีพับขึ้นรูปมีขนาด $70 \times 80 \times 10 \text{ cm}^3$ ส่วนถังพักมีน้ำจาก 2 แหล่ง เข้าทางขาเข้าถังพักน้ำ ได้แก่ น้ำทิ้งจากคอนเดนเซอร์ (Condensate Drain) และน้ำภายในระบบ ระบบน้ำจะเป็นระบบหมุนเวียนน้ำมีการใช้พลังงานคิดเป็นร้อยละ 1.42 เมื่อเทียบกับระบบปรับอากาศ โดยมีวิธีการตรวจวัดใช้พลังงานจากมิเตอร์ไฟฟ้า และท่อ PVC ที่ประกอบติดตั้งมีขนาด 3/8 inch หรือเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 mm ในการทดลองจะติดตั้ง PVC Filling ความหนา 5, 7.5 และ 10 cm อัตราการไหลของน้ำ 2500 L/h โดยให้น้ำในระบบไหลผ่านแผงแบบกระจายน้ำทั่วทั้งแผง เมื่อน้ำไหลตกลงมาจะมีภาตเก็บน้ำด้านล่าง จากนั้นปั๊มจะสูบน้ำขึ้นกลับไปด้านบนเพื่อปล่อยน้ำไหลผ่านแผงอีกครั้ง



ภาพที่ 4 แผงระบายความร้อน PVC Filling
ที่มา ธีรพงศ์ บริรักษ์ และ พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ (2556)

3.3.2 วิธีการทดลอง

ห้องทดลองเป็นห้องเรียนที่มีขนาด 28 m^2 ติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิด Fixed speed ยี่ห้อ Focus รุ่น AFT25M ขนาด 25,000 Btu/h ใช้สารทำความเย็น R32 และติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 มีค่า EER เท่ากับ 11.95 โดยเครื่องปรับอากาศดังกล่าวได้ติดตั้งที่ห้องทดลองมาแล้วเป็นระยะเวลา 8 ปี ดำเนินการทดลองการระบายความร้อนด้วยแผงระบายความร้อน PVC Filling ในทุกการทดลองจะทำการปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ 25°C ความเร็วลม 1 m/s และระยะเวลาในการทดลอง 9 h/day ตั้งแต่ 08.00 – 17.00 น. เป็นเวลา 20 วัน (ทดลองวันจันทร์ – วันศุกร์) โดยคิดค่าไฟฟ้า 4.18 Baht/kWh ตามค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่ประกาศจากการไฟฟ้านครหลวง ประกาศวันที่ 28 มีนาคม 2567 (การไฟฟ้านครหลวง, 2567) เงื่อนไขการทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การไม่ติดตั้ง PVC Filling (Referenced) และการติดตั้ง PVC Filling ที่มีความหนาขนาด 5 (T5), 7.5 (T7.5) และ 10 (T10) cm ตามลำดับ

3.4 ประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

ประสิทธิภาพพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และ อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน โดยประสิทธิภาพพลังงานสามารถหาในรูปแบบของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance) หรือค่า COP และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio) หรือ ค่า EER โดยค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) สามารถคำนวณได้จาก

$$COP = \frac{EER}{3.412} \quad (1)$$

โดยที่ COP คือ สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น

EER คือ อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Btu/h/W)

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) สามารถคำนวณได้จาก

$$EER = \frac{Q_L}{W_{comp}} \quad (2)$$

โดยที่ Q_L คือ ภาระการทำความเย็น (Btu/h)

W_{comp} คือ กำลังไฟฟ้า (W)

ภาระการทำความเย็นสามารถคำนวณได้จาก

$$Q_L = 4.5 \times CFM \times (h_r - h_s) \quad (3)$$

โดยที่ Q_L คือ ภาระการทำความเย็น (Btu/h)

CFM คือ อัตราการจ่ายลมของเครื่องปรับอากาศ (ft^3/min)

h_r คือ เอนทาลปีที่สถานะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมกลับ (Btu/lbs)

h_s คือ เอนทาลปีที่สถานะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมจ่าย (Btu/lbs)

3.5 การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นการประเมินปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ประเภท 1 (Scope 1) กิจกรรมการเผาไหม้โดยตรงและการรั่วไหล ประเภท 2 (Scope 2) กิจกรรมการนำเข้าพลังงานเข้ามาใช้ และประเภท 3 (Scope 3) กิจกรรมการจ้างเหมาหรือนอกขอบเขตองค์กร ดังนั้นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้ในการวิจัยใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อจากภายนอกองค์กร จึงเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม จัดอยู่ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภท 2 (Scope 2) ดังนั้นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อจากการไฟฟ้าของประเทศไทยสามารถใช้ค่า Emission Factor ของการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยได้ ซึ่งค่า Emission Factor (EF) สำหรับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่า $0.4999 \text{ kgCO}_2/\text{unit}$ สามารถคำนวณหาปริมาณการปล่อย CO_2 ได้ดังสมการต่อไปนี้

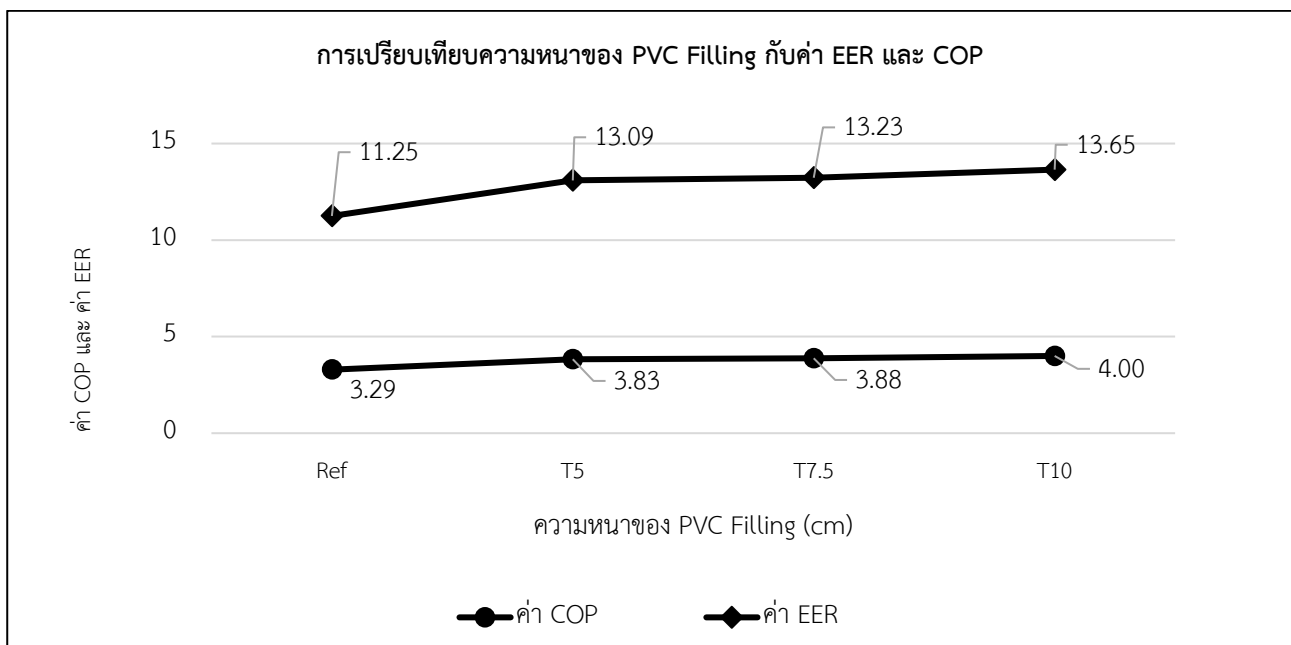
$$\text{ปริมาณการปล่อย } \text{CO}_2 \text{ (kgCO}_2\text{/ปี)} = \text{ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)} \times EF \text{ (kgCO}_2\text{/kWh)} \quad (4)$$

โดยค่า $EF = 0.4999 \text{ kgCO}_2/\text{unit}$ อ้างอิงจาก Thai National LCI Database, TIISMEC-NSTDA, AR5 (with TGO electricity 2016-2018) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2565)

4. ผลการวิจัย

4.1 ค่าสมรรถนะการทำความเย็น

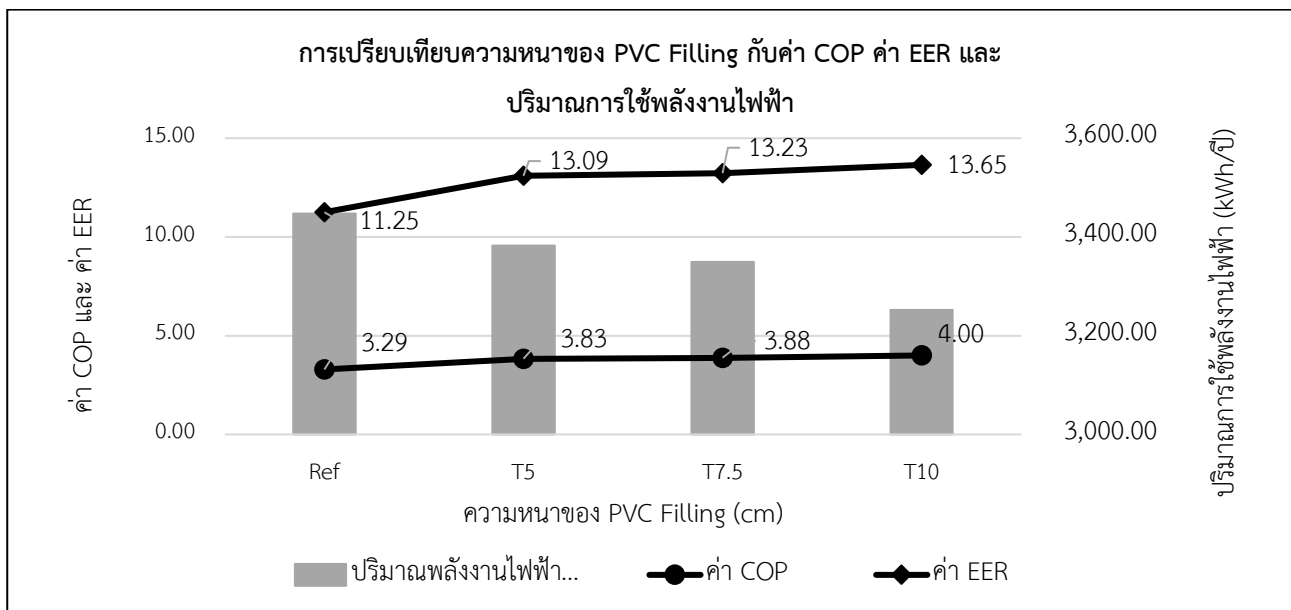
จากการทดลองพบว่า ค่า COP และค่า EER มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน จากภาพที่ 5 การไม่ติดตั้ง PVC Filling มีค่า COP เท่ากับ 3.29 และ EER เท่ากับ 11.25 จากสเปคเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งจากโรงงานผลิต ติดฉนวนประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 มีค่า EER เท่ากับ 11.95 จะเห็นได้ว่าเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองมีประสิทธิภาพที่ลดลงร้อยละ 5.86 เนื่องจากเครื่องปรับอากาศที่ใช้การทดลองมีอายุการใช้งานยาวนาน และขาดการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ เมื่อทำการทดลองติดตั้ง PVC Filling โดยปรับความหนาขนาด 5, 7.5 และ 10 cm พบว่า ค่า EER เท่ากับ 13.09, 13.23 และ 13.65 และค่า COP เท่ากับ 3.83, 3.88 และ 4.00 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่า COP และค่า EER กับกรณีไม่ติดตั้ง PVC Filling พบว่ากรณีที่ติดตั้ง PVC Filling ที่ความหนา 5, 7.5 และ 10 cm มีค่า COP เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 16.41, 17.93 และ 21.58 และค่า EER เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 16.36, 17.60 และ 21.33 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ทั้งร้อยละการเพิ่มขึ้นของค่า COP และค่า EER เป็นไปในทิศทางเดียวกันและมีค่าร้อยละใกล้เคียงกัน เนื่องจากความหนาของ PVC Filling ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มขึ้น แสดงถึงการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ นพรัตน์ อมัตริรัตน์ และ สาธิต พูลโธสง (2562) และ Atmaca et al. (2022)



ภาพที่ 5 อิทธิพลของความหนา PVC Filling ต่อค่า EER และค่า COP

4.2 อิทธิพลของความหนา PVC Filling ต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

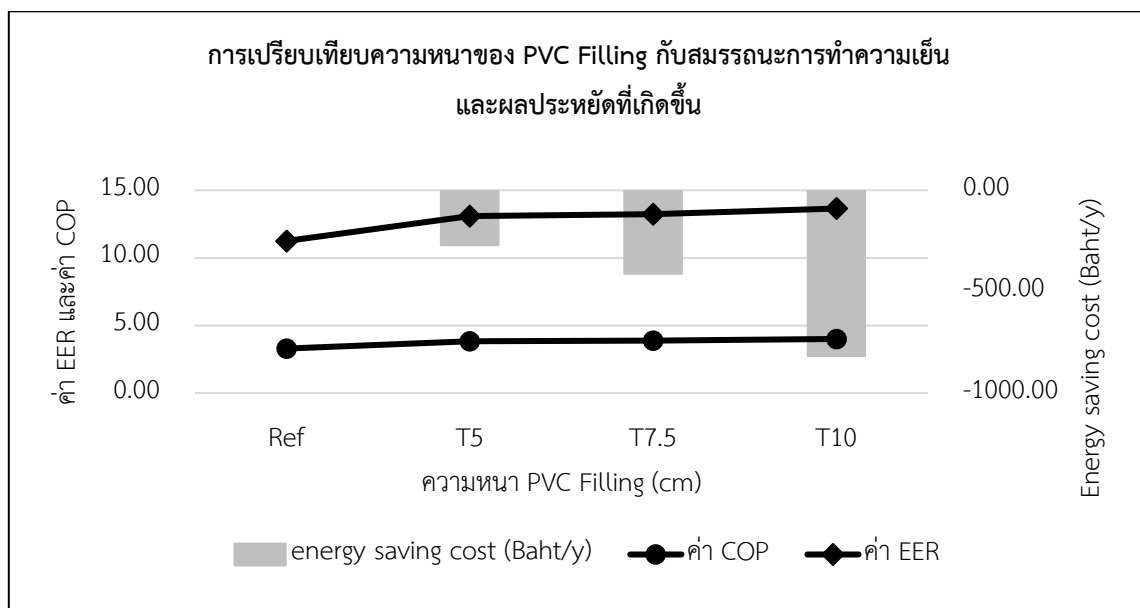
การทดลองกรณีไม่ติดตั้ง PVC Filling มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า 3,447.60 kWh/ปี และกรณีติดตั้ง PVC Filling ที่ความหนาขนาด 5, 7.5 และ 10 cm มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า 3,382.80, 3,349.20 และ 3,252.00 kWh/ปี ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า เมื่อความหนา PVC Filling เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง เนื่องจากพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำและอากาศก่อนเข้าเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้น ทำให้การถ่ายเทความร้อนระหว่างสารทำความเย็นกับสภาวะแวดล้อมดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธงไชย เดิมดา และ นุภาพ แยมไทรพัฒน์ (2553) และ Phatidamrongkul and Varodompun (2012)



ภาพที่ 6 อิทธิพลของความหนา PVC Filling ต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่า COP

4.3 อิทธิพลของความหนา PVC Filling กับผลประหยัดที่เกิดขึ้น

จากภาพที่ 7 พบว่า การติดตั้ง PVC Filling ที่มีความหนาเพิ่มขึ้น เกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำและอากาศก่อนเข้าเครื่องปรับอากาศได้ดี ค่า EER และค่า COP เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง และเกิดผลประหยัดขึ้น 270.86, 411.31 และ 817.61 บาท/ปี ในกรณีการติดตั้ง PVC Filling ที่ความหนา 5, 7.5 และ 10 cm ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Martinez et al. (2016) พบว่าแผงรังผึ้งที่มีความหนา 100 mm เป็นความหนาที่เหมาะสม และมีค่า COP เพิ่มขึ้นร้อยละ 10.6 ทั้งนี้ การเพิ่มความหนาของแผงรังผึ้งเป็น 150 mm ไม่ได้ส่งผลให้ค่า COP เพิ่มขึ้น เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มขึ้นเกิดกระบวนการไอเซนโทรปิก อุณหภูมิสถานะแวดล้อมไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นการเพิ่มความหนามากกว่า 100 mm หรือ 10 cm ไม่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน และการติดตั้งแผง PVC Filling ทุกกรณีไม่ส่งผลต่อการควบคุมสถานะความชื้นของพื้นที่ปรับอากาศ



ภาพที่ 7 อิทธิพลความหนา PVC Filling กับสมรรถนะการทำความเย็นและผลประหยัดที่เกิดขึ้น

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การติดตั้ง PVC Filling ช่วยในการระบายความร้อนของอากาศก่อนเข้าเครื่องปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ เมื่อความหนาของ PVC Filling เพิ่มขึ้น ทำให้ค่า EER และค่า COP เพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่า EER จากสเปคเครื่องปรับอากาศ ติดฉนวนใยหินไฟฟ้าเบอร์ 5 มีค่า EER เท่ากับ 11.95 กับการติดตั้ง PVC Filling ที่คอนเดนเซอร์ความหนาขนาด 10 cm มีค่า EER เพิ่มขึ้นร้อยละ 14.23 นอกจากนี้ความหนาของ PVC Filling ที่เพิ่มสมรรถนะการทำความเย็นได้มากที่สุดของงานวิจัยนี้มีขนาด 10 cm มีค่าสมรรถนะการทำความเย็น ได้แก่ ค่า EER และค่า COP เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 21.33 และ 21.58 ตามลำดับ ลดการใช้พลังงานลง คิดเป็นร้อยละ 5.67 และลดการปล่อย CO₂ เท่ากับ 96.90 kgCO₂/ปี ทั้งนี้การเพิ่มความหนาของ PVC Filling มากกว่า 10 cm ไม่ได้ส่งผลให้ค่า COP เพิ่มขึ้น หรือลดการใช้พลังงานลงได้ (Harby and Al-Amri, 2019)

จากการวิจัยติดตั้ง PVC Filling ที่คอนเดนเซอร์ เพื่อลดอุณหภูมิอากาศขาเข้าคอนเดนเซอร์ โดยเปรียบเทียบความหนาของ PVC Filling นั้น ผู้วิจัยคาดว่า การเพิ่มความหนาของ PVC Filling อาจทำให้ประสิทธิภาพพลังงานเพิ่มขึ้น เนื่องจาก PVC Filling ทำจากวัสดุต่างชนิดกันกับแผงรังผึ้งที่ใช้กระดาษเซลลูโลส

ตารางที่ 1 แสดงประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ และการลดการปล่อย CO₂

เงื่อนไขการทดลอง	ค่า EER	ค่า COP	พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (kWh/ปี)	การลดการปล่อย CO ₂ (kgCO ₂ /ปี)
Reference (Ref)	11.25	3.29	0.00	0.00
PVC Filling หนา 5 cm (T5)	13.09	3.83	64.80	32.10
PVC Filling หนา 7.5 cm (T7.5)	13.23	3.88	98.40	48.75
PVC Filling หนา 10 cm (T10)	13.65	4.00	195.60	96.90

6. เอกสารอ้างอิง

- การไฟฟ้านครหลวง (สำนักงานใหญ่). (2567, 27 มีนาคม). กภพ. ประกาศตรึงค่าเอฟที 39.72 สตางค์/หน่วย ค่าไฟฟ้าเรียกเก็บเฉลี่ย 4.18 บาท/หน่วย ถึง ส.ค.67. การไฟฟ้านครหลวง. <https://www.erc.or.th/th/news-release/3029>
- ชาติชาย พิสุทธิบริบูรณ์. (2551). การกำหนดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศโดยคำนึงถึงสภาพภูมิอากาศ. *สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย*, 16, 82–91.
- ธงไชย เดิมตา, & นุภาพ แยมไตรพัฒน์. (2553). การศึกษาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิร่วมกับ อินเวอร์เตอร์. *วิศวกรรมลาดกระบัง*, 27(4), 49–54.
- ธีรพงศ์ บริรักษ์, & พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ. (2556). การลดอุณหภูมิก่อนเข้าคอนเดนเซอร์เพื่อเพิ่มสมรรถนะระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ด้วยการใช้ PVC Filling. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย*, 6(2), 147–155. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/25741/21863>
- นพรัตน์ อมศิริรัตน์, & สาธิต พูลโธสง. (2562). ศึกษาการลดอุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องควบแน่นของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิด ระบายความร้อนด้วยอากาศด้วยแผ่นระเหย. ใน *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33*. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ศูนย์ภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา. (ม.ป.ป.). *สถิติภูมิอากาศ*. กรมอุตุนิยมวิทยา. <http://climate.tmd.go.th/content/category/29>
- สหประชาชาติประเทศไทย. (ม.ป.ป.). *การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ*. สหประชาชาติประเทศไทย. <https://thailand.un.org/th/173511-การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ>
- สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน. (2553). *คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (อาคาร) พ.ศ.2553* (พิมพ์ครั้งที่ 1). http://berc.dede.go.th/?page_id=842

องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก. (2565). *Emission Factor (CFO)*. องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก.

<https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=YjNKblXNXBlbUYwYVc5dVgyVnRhWE56YVc5dQ>

Atmaca, I., Senol, A., & Caglar, A. (2022). Performance testing and optimization of a split-type air conditioner with evaporatively-cooled condenser. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 32, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2021.09.010>

Chirarattananon, S. (2005). *Building for energy efficiency*. Asian Institute of Technology.

Harby, K., & Al-Amri, F. (2019). An investigation on energy savings of a split air-conditioning using different commercial cooling pad thicknesses and climatic conditions. *Energy*, 182, 321–336. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.06.031>

Harby, K., Gebaly, D. R., Koura, N. S., & Hassan, M. S. (2016). Performance improvement of vapor compression cooling systems using evaporative condenser: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 347–360. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.313>

Martinez, P., Ruiz, J., Cutillas, C. G., Martinez, P. J., Kaiser, A. S., & Lucas, M. (2016). Experimental study on energy performance of a split air-conditioner by using variable thickness evaporative cooling pads coupled to the condenser. *Applied Thermal Engineering*, 105, 1041–1050. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.01.067>

Phatidamrongkul, T., & Varodompun, J. (2012). Field efficiency of split-type air conditioners with evaporatively-cooled condensers. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, 9(1), 101–112. <https://doi.org/10.56261/jars.v9i1.168601>

Winyuchakrit, P., Limmeechokchai, B., Matsuoka, Y., Gomi, K., Kainuma, M., Fujino, J., & Suda, M. (2011). Thailand's low-carbon scenario 2030: Analyses of demand side CO2 mitigation options. *Journal of Energy for Sustainable Development*, 15(4), 460–466. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2011.09.002>