การเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศด้วยการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์โดยใช้พลังงานความเย็นเหลือทิ้งจากอิวาพอเรเตอร์

Performance Enhancement of Air Conditioning Systems with Enhancement the Heat Transfer of the Condenser Using Waste Cooling Energy from the Evaporator

สิริสวัสดิ์ จึงเจริญนิรชร

Sirisawat Juengjaroennirachon

แขนงวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

Program in Mechanical Technology, Faculty of Industrial Technology, Thepsatri Rajabhat University

Email: sirisawat74@hotmail.com

Received: January 29, 2023; Revised: March 06, 2023; Accepted: March 20, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศด้วยการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์โดยใช้พลังงานความเย็นเหลือทิ้งจากอิวาพอเรเตอร์ ชุดทดลองประกอบด้วย ระบบทำความเย็นแบบอัดไอขนาด 3.52 กิโลวัตต์ (12,000 บีทียูต่อชั่วโมง) คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยใช้สารทำความเย็น R-22 เป็นสารทำงาน ในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองระบบปรับอากาศออกเป็น 2 ระบบ ได้แก่ ระบบที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และระบบที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน จากการทดลองพบว่าระบบที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสารทำความเย็นที่ออกจากอิวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิเฉลี่ย 13.05 องศาเซลเซียส ในขณะเดียวกันอุณหภูมิของอากาศสิ่งแวดล้อมก่อนที่จะเข้าถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์มีอุณหภูมิเฉลี่ย 33.57 องศาเซลเซียส เมื่ออากาศไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อุณหภูมิของอากาศจะลดลงเฉลี่ย 2.46 องศาเซลเซียส ในส่วนอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนก่อนเข้าสู่คอมเพรสเซอร์จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 4.28 องศาเซลเซียส อีกทั้งระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถถ่ายเทความร้อนได้เพิ่มขึ้น 11.76 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะระบบปรับอากาศเพิ่มขึ้น 13.78 เปอร์เซ็นต์ และใช้กำลังไฟฟ้าลดลง 2.95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับระบบที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

คำสำคัญ : พลังงานความเย็นเหลือทิ้ง, อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน, การถ่ายเทความร้อน, ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

Abstract

The aim of this research was to study of performance enhancement of air conditioning systems with enhancement the heat transfer of the condenser using waste cooling energy from the evaporator. The experimental unit consisted of a vapor compression refrigeration system with a capacity of 3.52 kW (12,000 BTU/hr), and R-22 refrigerant was used in the system and air cooled condenser. This study was divided into

two experimental systems, the system without the heat exchanger device and the system with the heat exchanger device. For considering the system with the heat exchanger device, the results showed that the average outlet refrigerant temperature of evaporator was 13.05 °C while the air temperature before entering through heat exchanger device was 33.57 °C, when the air flow passing through the heat exchanger device, the average decrease of temperature was 2.46 °C the refrigerant temperature, that outlet heat exchanger device into the compressor increase to 4.28 °C. Nevertheless, comparable results between the system without the heat exchanger device and the system with the heat exchanger device indicated that the heat transfer rate of condenser increase of 11.76%, had the highest coefficient of performance with an increase of 13.78%, and reduced power consumption by up to 2.95%.

Keywords : Waste cooling energy, Heat exchanger device, Heat transfer, Split type air conditioning system

1. บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ส่งผลให้ประเทศไทยมีลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบร้อนชื้น ระบบปรับอากาศจึงมีความจำเป็นในชีวิตประจำวัน และถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในอาคารสำนักงาน และที่พักอาศัย เพราะหน้าที่หลักของระบบปรับอากาศ คือ ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในบริเวณที่ต้องการปรับอากาศ ระบบปรับอากาศส่วนมากจะนิยมใช้เป็นแบบแยกส่วน (Split type) เพราะเป็นระบบที่มีขนาดเล็ก ติดตั้งง่าย ราคาไม่แพงและบำรุงรักษาง่าย ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนใช้หลักการนำอากาศจากสิ่งแวดล้อมเป็นตัวถ่ายเทความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์ [1] และด้วยสภาพอากาศที่ร้อน คอนเดนเซอร์จึงถ่ายเทความร้อนได้ไม่ดี ส่งผลให้ระบบปรับอากาศใช้พลังงานมากขึ้นและมีประสิทธิภาพการทำงานลดลง พลังงานที่ใช้ไปกับระบบปรับอากาศนับได้ว่าเป็นพลังงานที่มีอัตราส่วนการใช้มากที่สุดเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดอื่นๆ ที่ใช้ในอาคารสำนักงาน และที่พักอาศัย เพราะฉนั้น การเพิ่มประสิทธิภาพและการลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลงได้

ในการลดการใช้พลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบปรับอากาศนั้น สามารถทำได้หลายวิธี เช่น [2] การศึกษาการควบคุมอุณหภูมิของอากาศภายในห้องปรับอากาศให้มีความเหมาะสม พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานและลดภาระการทำงานของระบบปรับอากาศได้ [3] ได้ศึกษาการใช้พัดลมขนาดเล็กเป็นตัวช่วยในการถ่ายเทความร้อนภายในห้องปรับอากาศ พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศลงได้เมื่อใช้พัดลมขนาดเล็กเป็นตัวช่วยในการถ่ายเทความร้อน [4] ได้ศึกษาปริมาณน้ำควบแน่นที่ออกมาจากอิวาพอเรเตอร์ภายใต้สภาวะต่าง ๆ ของระบบปรับอากาศ พบว่าการลดภาระการทำความเย็นส่งผลต่อการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ [5] ได้ศึกษาการใช้ท่อความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิของอากาศก่อนระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบปรับอากาศได้ [6, 7] ได้ปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบคอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศโดยการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ด้วยการติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิ พบว่าความสามารถในการทำความเย็นและประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศเพิ่มขึ้น และใช้พลังงานลดลง [8] ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบมีวาล์วกันกลับ (CLOHP/CV) ในการเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้พลังงานให้กับระบบปรับอากาศ [9] ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศด้วยการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ด้วยถังกักเก็บพลังงานร่วมกับท่อความร้อน รวมถึง [10-12] ได้ศึกษาการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเข้ากับระบบปรับอากาศ พบว่าการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน สามารถเพิ่มการถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ได้ จึงส่งผลให้ระบบปรับอากาศมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นและใช้พลังงานลดลง อีกทั้ง [13-15] ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศโดยใช้น้ำควบแน่นจากอิวาพอเรเตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความ

ร้อนเพื่อลดอุณหภูมิของอากาศก่อนถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ พบว่าเมื่อลดอุณหภูมิของอากาศก่อนที่จะถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ คอนเดนเซอร์จะสามารถถ่ายเทความร้อนได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ระบบปรับอากาศมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นและใช้พลังงานลดลง นอกจากนี้ [16] ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้พลังงานให้กับระบบปรับอากาศด้วยวิธีการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่า การเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศมีด้วยกันหลายวิธี โดยที่วิธีการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์โดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนั้น เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้พลังงานให้กับระบบปรับอากาศได้เป็นอย่างดี อีกทั้งวิธีนี้มีข้อดีคือ อุปกรณ์ไม่ซับซ้อน ใช้พื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์น้อย และเมื่อนำหลักการทางด้านวิศวกรรมมาเกี่ยวข้องจะพบว่า เมื่อระบบปรับอากาศมีการทำงานครบวัฏจักร ท่อของสารทำความเย็นที่ออกจาก อิวาพอเรเตอร์ก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์จะมีความเย็นซึ่งเป็นพลังงานเหลือทิ้งจากระบบปรับอากาศ และถ้าหากนำความเย็นนี้กลับมาใช้ถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ได้ ก็จะเป็นการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด

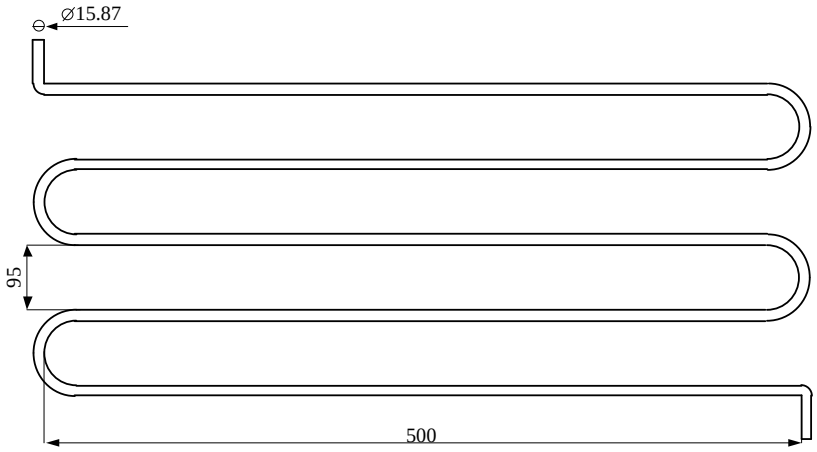
ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศด้วยการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์โดยใช้พลังงานความเย็นเหลือทิ้งจากอิวาพอเรเตอร์ เพื่อลดการใช้พลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพในระบบปรับอากาศ ผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้คือ สามารถลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศได้ทันทีเมื่อเปิดระบบปรับอากาศ และหากนำเอาอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นในครั้งนี้ไปติดตั้งกับระบบปรับอากาศ ภายในอาคารสำนักงาน และที่อยู่อาศัยทั้งหมดได้ จะสามารถช่วยประเทศชาติประหยัดพลังงานได้

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 อุปกรณ์และการออกแบบ

การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศด้วยการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์โดยใช้พลังงานความเย็นเหลือทิ้งจากอิวาพอเรเตอร์นั้น ได้ใช้ระบบทำความเย็นแบบอัดไอขนาด 3.52 kW (12,000 บีทียูต่อชั่วโมง) คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยใช้สารทำความเย็น R-22 เป็นสารทำงาน [16] และสร้างห้องจำลองการปรับอากาศขนาด 120X260X120 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 1 ในส่วนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสร้างจากท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.87 มิลลิเมตร ยาว 500 มิลลิเมตร ระยะห่างท่อ 95 มิลลิเมตร มีขดท่อจำนวน 4 โค้งเลี้ยว แสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะถูกติดตั้งระหว่างอิวาพอเรเตอร์และคอมเพรสเซอร์

รูปที่ 1 ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

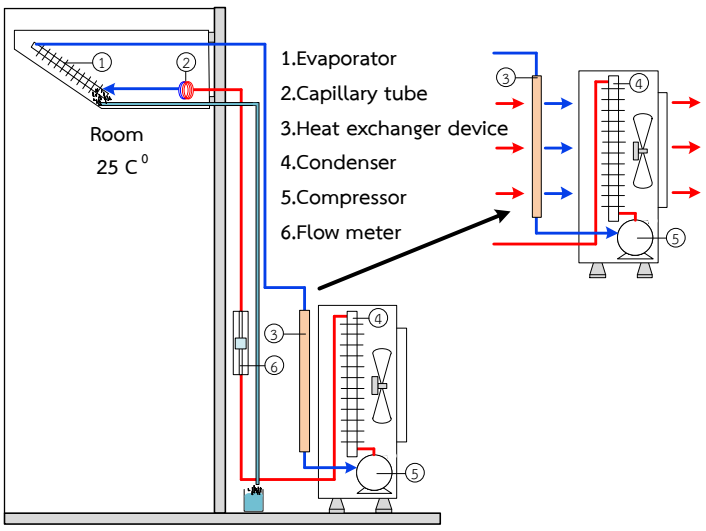


รูปที่ 2 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

2.2 หลักการทำงานของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์เปลี่ยนความร้อน

เมื่อเปิดระบบปรับอากาศ คอมเพรสเซอร์จะดูดสารทำความเย็นสถานะเป็นแก๊สจากอิวาพอเรเตอร์ที่มีอุณหภูมิต่ำ แรงดันต่ำ แล้วอัดสารทำความเย็นให้มีอุณหภูมิสูง แรงดันสูง สถานะเป็นแก๊ส และสารทำความเย็นจะไหลเข้าสู่คอนเดนเซอร์เพื่อควบแน่น โดยการถ่ายเทความร้อนออกจากสารทำความเย็น และสารทำความเย็นจะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวก่อนที่จะไปลดแรงดันที่แคปปิลารี่ทิ้ว หลังจากนั้นสารทำความเย็นจะไหลเข้าสู่อิวาพอเรเตอร์เพื่อดูดรับปริมาณความร้อนของอากาศโดยรอบ ซึ่งส่งผลให้อากาศโดยรอบอิวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิลดต่ำลง สารทำความเย็นภายในอิวาพอเรเตอร์จะระเหยตัวและเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊ส

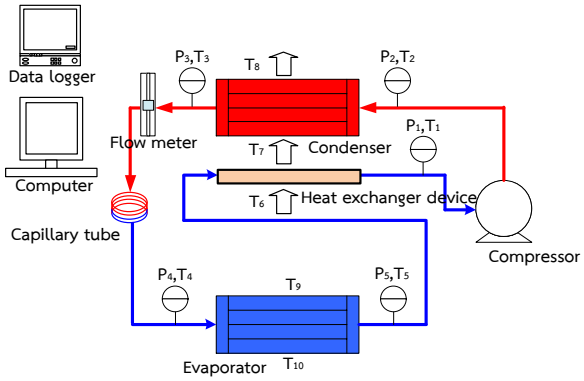
ซึ่งสารทำความเย็นที่ออกจากอิวาพอเรเตอร์นี้จะมีอุณหภูมิที่ต่ำและไหลเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนก่อนเข้าสู่คอมเพรสเซอร์เป็นวัฏจักรต่อไป [1] ซึ่งในวัฏจักรการทำงานของระบบปรับอากาศนั้นเมื่ออากาศไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นกับอากาศสิ่งแวดล้อม สารทำความเย็นจะดูดซับความร้อนของอากาศก่อนเข้าไปถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ ส่งผลให้คอนเดนเซอร์ถ่ายเทความร้อนได้เพิ่มขึ้น ส่วนสารทำความเย็นที่เข้าสู่คอมเพรสเซอร์จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและสถานะเป็นไอเพิ่มขึ้น มีผลให้คอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานในการขับลดลง แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การทำงานของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ในการทดลองนั้น ได้ปรับอุณหภูมิในห้องทดลองที่ 25 องศาเซลเซียส วัดความดันของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศโดยใช้บูดองเกจ วัดอัตราการไหลของสารทำความเย็นด้วย Flow meter วัดอุณหภูมิของสารทำความเย็นบริเวณผิวท่อและวัดอุณหภูมิของอากาศด้วยสายเทอร์โมคับเปิ้ล Type K โดยต่อเข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิยี่ห้อ Brainchild รุ่น VR18 ความถูกต้อง ±0.05 เปอร์เซ็นต์ และใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้ายี่ห้อ CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A.8210 ความถูกต้อง ±0.3 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของการเก็บข้อมูลการทดลองนั้นได้ทำการเก็บข้อมูล ณ ตำแหน่งต่าง ๆ โดยบันทึกค่าทุก 30 นาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 4 [16]

โดยที่ $P_1 - P_5$ คือความดันของสารทำความเย็น $T_1 - T_5$ คืออุณหภูมิของสารทำความเย็น $T_6 - T_{10}$ คืออุณหภูมิของอากาศ [16]



รูปที่ 4 ตำแหน่งวัดความดันและอุณหภูมิของระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศแบบอัดไอที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และระบบที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน จากการทดลองสามารถพิจารณาได้ดังนี้ [9, 16]

อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์จากการทดลองสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 และ 2

$$Q_{cond,without} = \dot{m}_r (h_2 - h_3) \quad (1)$$

$$Q_{cond,with} = \dot{m}_r (h_2 - h_{3'}) \quad (2)$$

อัตราการถ่ายเทความร้อนของอิวาพอเรเตอร์จากการทดลองสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3 และ 4

$$Q_{evap,without} = \dot{m}_r (h_5 - h_4) \quad (3)$$

$$Q_{evap,with} = \dot{m}_r ((h_5 - h_4) + (h_1 - h_5)) \quad (4)$$

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะระบบปรับอากาศสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5 และ 6

$$COP_{without} = \frac{Q_{evap,without}}{W_T} \quad (5)$$

$$COP_{with} = \frac{Q_{evap,with}}{W_T} \quad (6)$$

กำลังไฟฟ้าจากการทดลองสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 7

$$W_T = VI\cos\theta \quad (7)$$

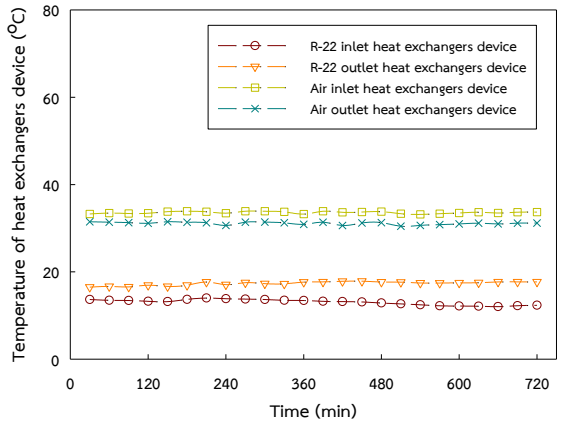
เมื่อ

COP	คือ	สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของระบบปรับอากาศ
$\cos\theta$	คือ	เพาเวอร์แฟคเตอร์
h	คือ	เอนทาลปี
I	คือ	กระแสไฟฟ้า
$\dot{m}_r$	คือ	อัตราการไหลสารทำความเย็น
Q_{cond}	คือ	อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์
Q_{evap}	คือ	อัตราการถ่ายเทความร้อนของอิวาพอเรเตอร์
V	คือ	แรงดันไฟฟ้า
W_T	คือ	กำลังไฟฟ้า

3. ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศด้วยการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์โดยใช้พลังงานความเย็นเหลือทิ้งจากอิวาพอเรเตอร์ ในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองระบบปรับอากาศออกเป็น 2 ระบบ ได้แก่ ระบบที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และ

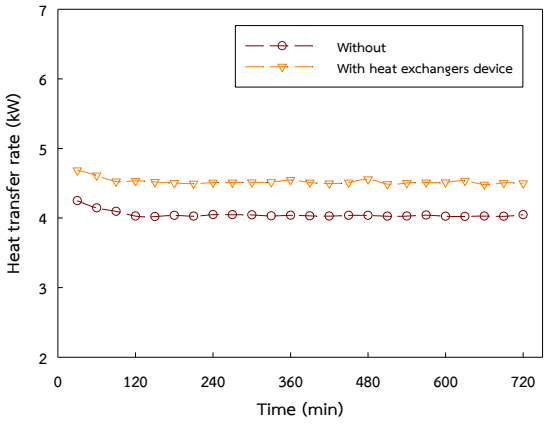
ระบบที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน [16] สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้



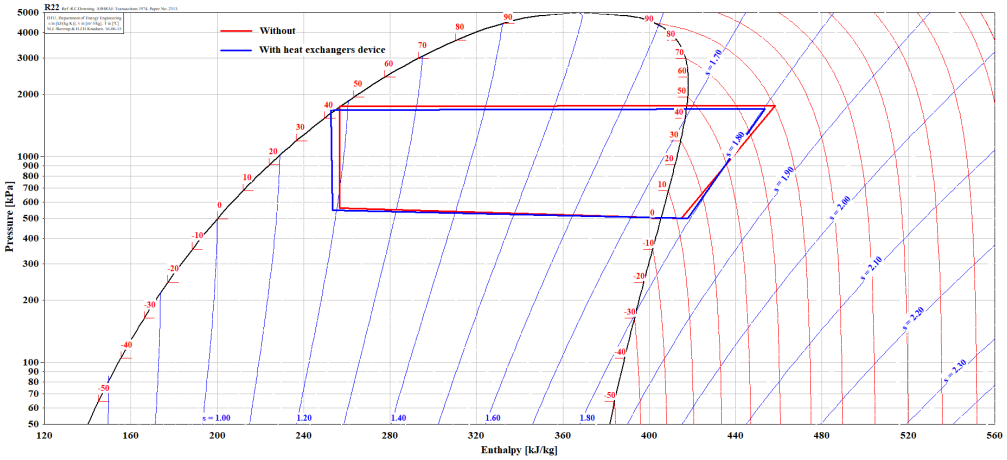
รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารทำความเย็นและอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าและออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

รูปที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารทำความเย็นและอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าและออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าสารทำความเย็นที่ออกจากอิวาพอเรเตอร์ก่อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 13.05 องศาเซลเซียส ในขณะเดียวกันอุณหภูมิของอากาศสิ่งแวดล้อมก่อนที่จะเข้าถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 33.57 องศาเซลเซียส เมื่ออากาศไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นกับอากาศสิ่งแวดล้อม โดยสารทำความเย็นจะดูดซับความร้อนของอากาศก่อนเข้าไปถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ อุณหภูมิของอากาศหลังออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน จะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 31.11 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถถ่ายเทความร้อนได้เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 6 ในส่วนสารทำความเย็นที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเมื่อดูดซับความร้อนของอากาศแล้ว จะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 17.34 องศาเซลเซียส ก่อนไหลเข้าสู่คอมเพรสเซอร์

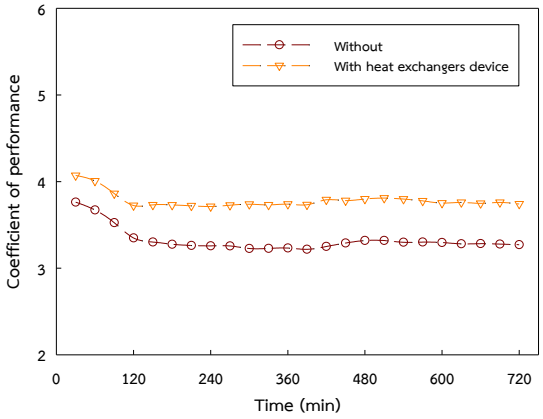
รูปที่ 6 แสดงอัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์ในระบบปรับอากาศที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและระบบที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์เฉลี่ย 4.05 กิโลวัตต์ และ 4.53 กิโลวัตต์ ตามลำดับ ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าเนื่องจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ ซึ่งอุณหภูมิของสารทำความเย็นโดยรวมในคอนเดนเซอร์จะลดลง จึงส่งผลให้คอนเดนเซอร์ถ่ายเทความร้อนได้เพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์จะมีสถานะ subcooled โดยสารทำความเย็นจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของสารทำความเย็นอิ่มตัวที่มีความดันเดียวกัน ดังนั้นอัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์ในระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจึงสูงกว่าระบบที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งเหตุผลนี้จะสอดคล้องกับรูปที่ 7 ที่แสดง P-h diagram ของระบบปรับอากาศที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และระบบที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน



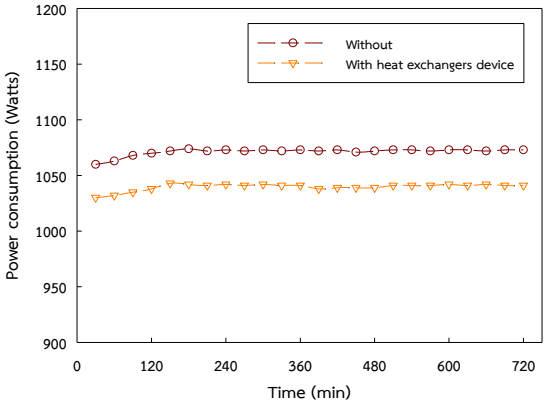
รูปที่ 6 อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์



รูปที่ 7 P-h diagram ของระบบปรับอากาศที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และระบบที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 8 สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะระบบปรับอากาศ



รูปที่ 9 กำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ

รูปที่ 8 แสดงสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะระบบปรับอากาศที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและระบบที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะระบบปรับอากาศมีค่าเฉลี่ย 3.32 และ 3.78 ตามลำดับ ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าสูงกว่า เนื่องจากสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์มีสถานะเป็น Subcool มากกว่า อีกทั้งสารทำความเย็นที่เข้าสู่อิวาพอเรเตอร์แตกตัวเป็นฝอยละอองได้ดีกว่า ส่งผลให้สารทำความเย็นสามารถแลกเปลี่ยนกับภาวะในการปรับอากาศได้ปริมาณความร้อนที่สูง มีผลให้สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าสูงกว่าระบบที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

รูปที่ 9 แสดงกำลังไฟฟ้าของระบบปรับอากาศที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและระบบที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1,071.33 วัตต์ และ 1,039.70 วัตต์ ตามลำดับ ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถลดการใช้พลังงานได้มากกว่า เนื่องจากระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถเพิ่มการถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ได้ดีกว่า เมื่ออากาศไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นกับอากาศสิ่งแวดล้อม สารทำความเย็นจะดูดซับความร้อนของอากาศก่อนเข้าไปถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ ซึ่งอุณหภูมิของสารทำความเย็นโดยรวมในคอนเดนเซอร์จะลดลง ส่งผลให้ความดันของ

สารทำความเย็นในคอนเดนเซอร์และทางออกคอมเพรสเซอร์ลดลงด้วย ในขณะเดียวกันสารทำความเย็นที่ไหลออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนก่อนเข้าสู่คอมเพรสเซอร์จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นและสถานะเป็นไอเพิ่มขึ้น ส่งผลให้คอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานในการขับลดลง ดังนั้นระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจึงสามารถลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศได้มากกว่าระบบที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

4. สรุปผลและอภิปรายผล

จากการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศด้วยการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์โดยใช้พลังงานความเย็นเหลือทิ้งจากอิวาพอเรเตอร์พบว่า ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน สารทำความเย็นที่ออกจากอิวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิเฉลี่ย 13.05 องศาเซลเซียส ในขณะเดียวกันอุณหภูมิของอากาศสิ่งแวดล้อมก่อนที่จะเข้าถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์มีอุณหภูมิเฉลี่ย 33.57 องศาเซลเซียส เมื่ออากาศไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นกับอากาศสิ่งแวดล้อม สารทำความเย็นจะดูดซับความร้อนของอากาศก่อนเข้าไปถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ อุณหภูมิของอากาศหลังจากแลกเปลี่ยนความร้อนจะลดลงเฉลี่ย 2.46 องศาเซลเซียส ในส่วนอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ไหลออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนก่อนเข้าสู่คอมเพรสเซอร์จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 4.28 องศาเซลเซียส อีกทั้งระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถถ่ายเทความร้อนได้เพิ่มขึ้น 11.76 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะระบบปรับอากาศเพิ่มขึ้น 13.78 เปอร์เซ็นต์ และใช้กำลังไฟฟ้าลดลง 2.95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับระบบที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ซึ่งจากการศึกษาพบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ [5] ที่ได้ศึกษาการใช้ท่อความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิของอากาศก่อนระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ พบว่าสามารถเพิ่มสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะให้กับระบบปรับอากาศได้ 6.40 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของ [7] ได้ปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบปรับอกาศแบบคอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศโดยการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ พบว่าระบบปรับอากาศมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 50 เปอร์เซ็นต์ และใช้กำลังไฟลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้ง [14] ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบปรับอากาศโดยใช้น้ำควบแน่นจากอิวาพอเรตอร์ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดครีบแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้ายาวตลอดแนวท่อ พบว่าสามารถลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์เฉลี่ย 2.81 องศาเซลเซียส ซึ่งระบบปรับอากาศสามารถถ่ายเทความร้อนได้เพิ่มขึ้น 5.52 เปอร์เซ็นต์ ใช้กำลังไฟฟ้าลดลง 3.72 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะเพิ่มขึ้น 9.53 เปอร์เซ็นต์ และ [16] ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้พลังงานให้กับระบบปรับอากาศด้วยวิธีการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์โดยใช้ถังแลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าระบบปรับอากาศที่ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน ใช้กำลังไฟฟ้าลดลง 3.10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะเพิ่มขึ้น 15.38 เปอร์เซ็นต์ และสามารถถ่ายเทความร้อนได้เพิ่มขึ้น 12.11 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับระบบที่ไม่ได้ติดตั้งถังแลกเปลี่ยนความร้อน เพราะฉะนั้นวิธีการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์โดยใช้พลังงานความเย็นเหลือทิ้งจากอิวาพอเรเตอร์ จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศได้ ซึ่งข้อดีของการใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนคือสามารถใช้พลังงานความเย็นเหลือทิ้งจากระบบปรับอากาศมาลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าถ่ายเทความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ได้ ในขณะเดียวกันก็สามารถเพิ่มอุณหภูมิให้กับสารทำความเย็นก่อนเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ได้ด้วย ที่สำคัญวิธีนี้อุปกรณ์ไม่ซับซ้อน และใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย อีกทั้งสามารถใช้ได้กับระบบปรับอากาศทุกประเภทที่ใช้คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

5. ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองนั้น มีความเป็นไปได้ที่จะนำอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมาติดตั้งใช้งานร่วมกับระบบปรับอากาศที่คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศ แต่เนื่องด้วยการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเข้ากับระบบปรับอากาศนั้น มีผลให้ความยาวของท่อสารทำความเย็น

เพิ่มขึ้น ดังนั้นในการติดตั้งใช้งานจริงต้องระวังเรื่องความดันของสารทำความเย็นที่ลดลงภายในระบบปรับอากาศด้วย และในการวิจัยครั้งต่อไปนั้น ควรศึกษาการเพิ่มพื้นที่การถ่ายเทความร้อนให้กับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรีที่สนับสนุนทุนวิจัย ประเภทกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี สัญญาเลขที่ ก.18/2565 ขอขอบคุณแขนงวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่อำนวยความสะดวกในด้านสถานที่ทำงานวิจัย ขอขอบคุณภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] W. F. Stoecker, and J. W. Jones, *Refrigeration & Air Conditioning*, (2nd *edition*). McGraw-Hill, Singapore, 1982.

[2] N. Yamtraipat, J. JKhedari, J. Hirunlabh and J. Kunchornrat, “Assessment of Thailand indoor set-point impact on energy consumption and environment,” *Energy Policy*, vol. 34, no. 7, pp. 765-770, May. 2006.

[3] S. Atthajariyakul and C. Lertsatittanakorn, “Small fan assisted air conditioner for thermal comfort and energy saving in Thailand,” *Energy Conversion and Management*, vol. 49, no. 10, pp. 2499–2504, Oct. 2008.

[4] S. Juengjaroennirachon, P. Namprakai, N. Pratinthong, N. Suparos and N. Roonprasang, “A study of the amount of condensed water coming out of evaporator under different air temperature conditions affecting energy savings in air-conditioning system,” in *Proceeding of The International Conference on Agricultural Engineering*, Thailand, April 4-5, 2012, pp. 1081-1087.

[5] P. Naphon, “On the performance of air conditioner with heat pipe for cooling air in the condenser,” *Energy Conversion and Management*, vol. 51, no. 11, pp. 2362-2366, Nov. 2010.

[6] E. Hajidavalloo, “Application of evaporative cooling on the condenser of window-air-conditioner,” *Applied Thermal Engineering*, vol. 27, no. 11-12, pp. 1937–1943. Aug. 2007

[7] E. Hajidavalloo and H. Eghtedari, “Performance improvement of air-cooled refrigeration system by using evaporatively cooled air condenser,” *International Journal of Refrigeration*, vol. 33, no. 5, pp. 982-988. Aug. 2010

[8] P. Supirattanakul, S. Rittidech and B. Bubphachot, “Application of a closed-loop oscillating heat pipe with check valves (CLOHP/CV) on performance enhancement in air conditioning system,” *Energy and Buildings*, vol. 43, no. 7, pp. 1531-1535. Jul. 2011.

[9] S. Juengjaroennirachon, N. Pratinthong, P. Namprakai and T. Suparos, “Performance enhancement of air conditioning using thermosyphon system’s energy storage unit for cooling refrigerant before entering the condenser,” *Journal of Mechanical science and Technology*, vol. 31, no. 1, pp. 393-400. Jan. 2017.

[10] D.M. Nasution, M. Idris, N.A. Pambudi and W. Weriono, “Room air conditioning performance using liquid-suction heat exchanger retrofitted with R290,” *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 13, pp. 100350. Mar. 2019.

[11] Y. Honghai, W. Jun, W. Ning and Y. Fengchang, “Experimental study on a pulsating heat pipe

heat exchanger for energy saving in air-conditioning system in summer," *Energy and Buildings*, vol. 197, no. 1-6. Aug. 2019.

[12] A.A. Eidan, M.J. Alshukri, M. lSahlani and D.M. Abdulridha, "Optimizing the performance of the air conditioning system using an innovative heat pipe heat exchanger," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 26, pp. 101075. Aug. 2021.

[13] S. Juengjaroennirachon, "A Study of air temperature reduction before entering the condenser by condensed water of evaporator passing through heat exchanger," in *Proceeding of The 4th Rajabhat University National and International Research and Academic Conference*, Thailand, November. 22-24, 2016, pp. 385-394.

[14] S. Juengjaroennirachon and T. Suparos, "Performance enhancement of air conditioning by condensed water of evaporator passing through heat exchanger with straight rectangular fins along the length of pipe," in *Proceeding The 13th Conference On Energy Network of Thailand*, Thailand, May-June. 31-2, 2017, pp. 627-632. (in Thai).

[15] S. Juengjaroennirachon, Performance Enhancement of air conditioning by air temperature reduction before entering the condenser by condensed water of evaporator passing through heat exchanger with square fins, in *Proceeding The 9th Conference on Application Research and Development, Chiang khon Thailand*, July. 25-28, 2017, pp. 261-264. (in Thai).

[16] S. Juengjaroennirachon and T. Suparos, "Performance enhancement of air conditioning with refrigerant temperature reduction before entering the condenser using heat exchanger storage tank," *RMUTSV Research Journal*, vol. 12 no. 2, pp. 312-322. May-Aug. 2020. (in Thai).