

ผลกระทบของความเร็วมทางออกและอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นของพัดลมเย็นด้วยท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ

EFFECTS OF OUTLET AIR VELOCITY AND COOLING WATER TEMPERATURE OF AIR COOLER WITH CLOSED-LOOP OSCILLATING HEAT PIPES

นพรัตน์ สีหะวงษ์¹ ปฐมศก วิลไลพล¹ และ ปิยะนันท์ เจริญสุวรรณ^{1*}

Nopparat Seehawong¹, Patomsok Wilaipon¹ and Piyanun Charoensawan^{1*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University

* Corresponding Author E-mail: piyanunc@nu.ac.th

Received June 20, 2024; Revised August 15, 2024; Accepted August 22, 2024

บทคัดย่อ

พัดลมเย็นต้นแบบขนาด 355 × 300 × 700 มิลลิเมตร ใช้ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบสร้างจากท่อคาปิลลารีทองแดง แทนแผงรังผึ้ง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.5 มิลลิเมตร ภายในท่อความร้อนใช้สารทำงาน R-134a ทำการศึกษาเชิงการทดลองถึงผลกระทบของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อสมรรถนะการทำความเย็นของพัดลมเย็น คือ อัตราการไหลอากาศ อุณหภูมิน้ำเย็น และจำนวนท่อความร้อน โดยทำการทดสอบที่ความเร็วพัดลมในช่วงระหว่าง 3.5 เมตรต่อวินาที ถึง 4.2 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิน้ำเย็น 6 องศาเซลเซียส ถึง 21 องศาเซลเซียส ท่อความร้อนประกอบด้วย 2 และ 4 ชุด ท่อ พบว่า อัตราการถ่ายเทความร้อนลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วลมของ 2 และ 4 ชุดท่อ การเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพการทำความเย็นของท่อความร้อนลดลง การเพิ่มท่อความร้อนเป็น 4 ท่อจะให้ผลลัพธ์ดีกว่าการใช้ 2 ท่อ และที่อัตราส่วนความชื้นอากาศขาออก เมื่อใช้ท่อความร้อนจะมีค่าลดลงเพียงร้อยละ 6.6 ของอัตราส่วนความชื้นอากาศขาเข้า

คำสำคัญ: พัดลมเย็น ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ สมรรถนะทางความร้อน

Abstract

The air cooler original size 355 × 300 × 700 mm. The closed-loop Oscillating heat pipe (CLOHP) built from copper capillary pipes instead of cooling pad and contains R134a as working fluid. The effects of various parameters i.e., The Air flow rate, The water temperature and the number of heat pipes, The tests fan speed between 3.5 m/s to 4.2 m/s at cold water temperatures in the range of 6°C to 21°C. The CLOHP consists of 2 and 4 sets of heat pipes. The heat transfer rate decreased when increase air velocity for 2 and 4 sets of pipes. Increasing the cold-water temperature of both 2 and 4 heat pipe sets to have lower heat transfer rates and effectiveness decreased. Adding 4 heat pipes is better than using 2 heat pipes, and at the out-air humidity ratio, when using heat pipes, the value is reduced by 6.6% In air humidity ratio.

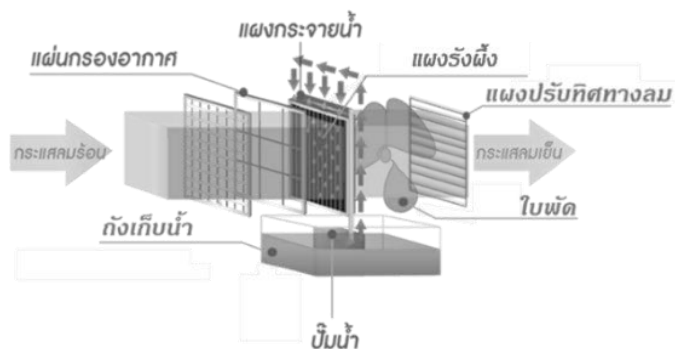
Keywords: Air cooler, closed-loop oscillating heat pipe, Thermal performance

1. บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีสภาพอากาศที่ร้อนสูงขึ้น เนื่องจากสภาวะโลกร้อน (Global warming) มนุษย์ส่วนใหญ่จึงมีการหันมาใช้เครื่องปรับอากาศมากขึ้น เครื่องปรับอากาศ (Air conditioner) โดยหลักการทำงาน คือ คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่ดูดและอัดสารทำความเย็นเพื่อเพิ่มความดันของสารทำความเย็นส่งต่อเข้าคอยล์ร้อน (Condenser) สารทำงานจะไหลผ่านแผงคอยล์ร้อน ระบายความร้อนด้วยพัดลมช่วยลดอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์ จากนั้นส่งต่อไปให้กับอุปกรณ์ลดความดัน (Expansion valve) สารทำงานที่ไหลผ่านอุปกรณ์จะมีความดันและอุณหภูมิลดลง แล้วไหลเข้าสู่คอยล์เย็น (Evaporator) สารทำงานจะไหลผ่านแผงคอยล์เย็นโดยมีพัดลมเป่าเพื่อดูดซับความร้อนภายในห้องทำให้อุณหภูมิภายในห้องลดลง ซึ่งทำให้สารทำงานที่ออกจากคอยล์เย็นมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น จากนั้นจะถูกส่งกลับเข้าคอมเพรสเซอร์เพื่อทำงานเป็นวัฏจักร [1] ปัจจุบันเครื่องปรับอากาศมีราคาที่สูงขึ้น สำหรับใช้ภายในที่อยู่อาศัยหรืออาคารในระบบปิด และต้องใช้พลังงานในการทำงานของระบบที่สูง ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าสูงตามมาด้วย พัดลมจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถประหยัดพลังงานและมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเครื่องปรับอากาศ

พัดลม (Fan) เป็นอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า มีหลักการทำงาน คือ ให้อากาศรอบพัดให้หมุนลมที่พัดผ่านออกมา จะมีความเร็วที่เพิ่มขึ้นและอุณหภูมิเท่ากับอากาศโดยรอบ ด้วยราคาที่ถูกลงและใช้งานได้ง่ายเคลื่อนย้ายสะดวก ทั้งยังช่วยลดปัญหาการใช้พลังงานที่สูงในเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นพัดลมจึงเป็นอีกทางเลือกที่ดีสำหรับอุปกรณ์ในการช่วยคลายร้อน แต่ถ้าหากอากาศโดยรอบมีอุณหภูมิสูงลมที่ออกจากพัดลมจะมีอุณหภูมิสูงเช่นเดียวกัน

ปัจจุบันมีการพัฒนาพัดลมแบบเดิมกลายเป็นพัดลมไอเย็น เพื่อแก้ปัญหาในส่วนนี้ พัดลมไอเย็น (Hydro air) เป็นพัดลมที่ทำงานผ่านระบบการระบายความร้อนด้วยการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling) เป็นหลักการทำงานวิธีทางธรรมชาติ ที่ใช้น้ำในการลดอุณหภูมิของอากาศ โดยการแบ่งอนุภาคของน้ำให้มีขนาดเล็ก (เพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสมากขึ้น) เมื่ออากาศร้อนไหลผ่านพื้นผิวน้ำ อากาศร้อนส่วนหนึ่งจะถูกน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าดูดความร้อน (Latent heat) และน้ำบางส่วนที่ได้รับความร้อนจะกลายเป็นไอน้ำ ผลที่ได้คือ อุณหภูมิอากาศร้อนจะลดลง แต่จะมีปริมาณไอน้ำในอากาศที่เพิ่มขึ้น หลักการทำงานดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 หลักการทำงานของพัดลมไอเย็น [2]

ปั๊มน้ำขนาดเล็กทำหน้าที่ดึงน้ำจากถังเก็บน้ำซึ่งอยู่ด้านล่างบรรจุน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ ขึ้นไปยังแผงกระจายน้ำด้านบน เพื่อให้มีน้ำมีอนุภาคที่เล็กลง จากนั้นน้ำจะถูกกระจายผ่านแผงรังผึ้ง (Cooling pad) ด้วยแรงโน้มถ่วง และในส่วนนี้เมื่อลมร้อนจากภายนอกถูกดูดผ่านแผ่นกรอง (Filter) หลังจากนั้นไหลสัมผัสกับแผงรังผึ้งทำให้น้ำดึงเอาความร้อนจากอากาศมาใช้ในการระเหย เมื่ออากาศถูกดึงความร้อนจะทำให้อุณหภูมิลดลง ซึ่งความสามารถในการลดอุณหภูมิอากาศของพัดลมไอเย็นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลมของอากาศที่ไหลผ่านแผงรังผึ้งในขณะนั้น ต่อมาพัดลมจะดูดอากาศที่ผ่านแผงรังผึ้งและผ่านแผงตะแกรงปรับทิศทางลม (Grille) ลมที่ออกมาจะมีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งพัดลมไอเย็น

ใช้พลังงานในการทำงานที่ต่ำกว่าเครื่องปรับอากาศทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย ทั้งยังใช้งานง่ายเคลื่อนย้ายสะดวก รวมถึงการดูแลและบำรุงรักษาง่าย แต่ลมเย็นที่ออกมาจะมีปริมาณไอน้ำในอากาศที่เพิ่มขึ้นหรือความชื้นสูง หากมีใช้งานในห้องปิดเป็นเวลานาน อาจเกิดกลิ่นอับชื้นและอาจมีปัญหาเรื่องเชื้อโรคและเชื้อราตามมาได้ ในงานวิจัยนี้จึงต้องการพัฒนาพัดลมไอเย็นด้วยการประยุกต์ใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนส่งถ่ายความร้อนระหว่างน้ำเย็นกับอากาศเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาความชื้นที่เพิ่มขึ้นจากอากาศที่ไหลผ่านสัมผัสกับน้ำโดยตรงและปัญหาดังกล่าวข้างต้น

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเกี่ยวกับพัดลมเย็นด้วยท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบยังมีน้อยมาก โดยก่อนหน้านี้มีงานวิจัยเกี่ยวกับท่อความร้อน นั่นคือ Charoensawan และคณะ (2003) [3] ได้ศึกษาทดลองท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ โดยนำท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในขนาด 2.0 มิลลิเมตร และ 1.0 มิลลิเมตร ให้ความร้อนด้วยอ่างน้ำร้อน อุณหภูมิคงที่และระบายความร้อนด้วยอ่างน้ำเย็นอุณหภูมิคงที่ที่ผสมเอทิลีนไกลคอล (Water-ethylene glycol ร้อยละ 50 โดยปริมาตร) สารทำงานที่ใช้ คือ น้ำ เอทานอลและ R-123 พบว่า ท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.0 มิลลิเมตร สารทำงานชนิดน้ำให้สมรรถนะการทำงานสูงกว่าเมื่อเทียบกับ R-123 และเอทานอล ในทางกลับกันสำหรับท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.0 มิลลิเมตร สารทำงานชนิด R-123 และเอทานอลให้สมรรถนะการทำงานสูงกว่าเมื่อเทียบกับน้ำ และผลต่างอุณหภูมิที่กำหนดสมรรถนะจะเพิ่มขึ้นเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเพิ่มขึ้น สำหรับการศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่วางตัวอยู่ในแนวระดับมีการทำวิจัยไว้โดย Charoensawan และ Terdtoon (2008) [4] โดยนำท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในขนาด 1.0 1.5 และ 2.0 มิลลิเมตร ความยาวส่วนระเหย 50 และ 150 มิลลิเมตร และจำนวนโค้งเลี้ยว 5 11 16 และ 26 รอบ โดยสารทำงานที่ใช้คือ น้ำกลั่นและเอทานอลบริสุทธิ์ ที่อัตราส่วนการเติมต่างๆ ได้แก่ ร้อยละ 30 50 และ 80 ของปริมาตรภายในท่อทั้งหมด ทำการทดสอบที่อุณหภูมิส่วนระเหยตั้งแต่ 40–90 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้นทีละ 10 องศาเซลเซียส พบว่า สำหรับท่อความร้อนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.0 มิลลิเมตร สารทำงานที่เหมาะสมคือน้ำ ตรงกันข้ามกับเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.0 มิลลิเมตร สารทำงานที่เหมาะสม สามารถใช้ทั้งน้ำและเอทานอล สมรรถนะที่ดีที่สุดของท่อความร้อนอยู่ที่จำนวนโค้งเลี้ยว 26 รอบ สำหรับท่อความร้อนที่มีความยาวส่วนระเหย 150 มิลลิเมตร อัตราส่วนการเติมที่เหมาะสมคือร้อยละ 30 ของปริมาตรภายในท่อทั้งหมด สำหรับท่อความร้อนที่มีความยาวส่วนระเหย 50 มิลลิเมตร อัตราส่วนการเติมที่เหมาะสมคือร้อยละ 30 และ 50 ของปริมาตรภายในท่อทั้งหมด สำหรับการประยุกต์ใช้ท่อความร้อนในระบบของการจัดการความร้อนของการระบายความร้อน CPU มีการทำวิจัยไว้โดย Siricharoenpanich และคณะ (2019) [5] ใช้ท่อความร้อนแบบสั่นที่ไม่มีวัสดุพูนและวัสดุพูน สารทำงานที่ใช้ R-11 R-134a และเอทานอล มุมการเอียง (0 30 60 และ 90 องศา) มีอัตราส่วนการเติมคงที่ที่ร้อยละ 50 ของปริมาตรภายในท่อทั้งหมด พบว่า ที่มุมเอียง 30 องศา และ 60 องศา ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบที่ติดตั้งในแนวตั้งและแนวระดับ (0 องศา และ 90 องศา) สารทำงานที่เหมาะสมในการระบายความร้อน คือ R-134a เมื่อเทียบกับ R-11 และเอทานอล สำหรับการเพิ่มภาระของคอมพิวเตอร์จะส่งผลให้อุณหภูมิของ CPU สูงขึ้นตามไปด้วย และท่อความร้อนแบบที่มีวัสดุพูนช่วยให้อุณหภูมิของ CPU ต่ำกว่าท่อความร้อนที่ไม่มีวัสดุพูน และสำหรับการประยุกต์ใช้ท่อความร้อนแบบสั่น ได้ศึกษาทดลองเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนพร้อมท่อความร้อนแบบสั่น มีการทำวิจัยไว้โดย H. Yang และคณะ (2019) [6] โดยใช้ท่อความร้อนแบบสั่นจำนวน 40 ท่อ มีความยาว 21.6 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.0 มิลลิเมตร และจำนวนโค้งเลี้ยว 40 รอบ สารทำงานที่ใช้คือ R-134a ด้วยอัตราส่วนการเติมคงที่ร้อยละ 50 ของปริมาตรภายในท่อทั้งหมด อุณหภูมิของอากาศภายนอกถูกควบคุมอยู่ในช่วง 30-45 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศภายในอาคารคงที่เท่ากับ 26 องศาเซลเซียส ความเร็วลมถูกควบคุมไว้ที่ 1.0 ถึง 3.5 เมตรต่อวินาที และมุมการติดตั้งแตกต่างกันตั้งแต่ 0-90 องศา พบว่า ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนพร้อมท่อความร้อนแบบสั่นอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 30-50 การเพิ่มอุณหภูมิของอากาศบริสุทธิ์ทำให้ประสิทธิภาพการนำกลับมาใช้ใหม่ดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด การเพิ่มความเร็วลม (ปริมาตรอากาศ) ค่าความจุการนำกลับมาใช้ใหม่มีค่าเพิ่มขึ้นแต่ประสิทธิภาพการนำกลับมาใช้ใหม่มีค่าลดลง ในขณะที่ผลต่างความดันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นควรเลือกใช้ระดับความเร็วที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในการระบายความร้อนของหลอดไฟ LED มีการศึกษาโดย Y.Tang และคณะ (2021) [7] ได้มีการ

เสนอและทดสอบการออกแบบท่อความร้อนแบบใหม่ที่จะช่วยระบายความร้อนขนาดเล็ก (HPACHS) สำหรับการกระจายความร้อนออกจาก LED แรงสูง ข้อมูลอุณหภูมิในส่วนต่างๆของแผงระบายความร้อนได้รับการบันทึกภายใต้กำลังไฟฟ้าขาเข้าของหลอด LED อยู่ระหว่าง 18–34 วัตต์ โดยเพิ่มขึ้นทีละ 4 วัตต์ ผลการวิจัยพบว่าเมื่อใช้ท่อความร้อนช่วยระบายความร้อน การปรับการใช้พลังงานขาเข้าหลอด LED ถึง 34 วัตต์ พบว่าอุณหภูมิฐานของหลอด LED สามารถระบายความร้อนได้อย่างปลอดภัยที่ 100.32 องศาเซลเซียส และมีการศึกษาการลดอุณหภูมิห้องใต้หลังคาและภายในอาคารโดยการติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นงอกรอบกับหลังคาในงานวิจัยของ L.H. Saw และคณะ (2021) [8] ได้ออกแบบและทดสอบระบบหลังคา โดยการนำระบบท่อความร้อนแบบสั่นงอกรอบที่สร้างจากท่อคาปิลลารีทองแดงมาประยุกต์ใช้เข้ากับระบบหลังคาโลหะแบบเปลือย ใช้เอทานอลเป็นสารทำงาน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ระบบหลังคาทำความเย็นท่อความร้อนแบบสั่นงอกรอบสามารถลดอุณหภูมิห้องใต้หลังคาจาก 34 องศาเซลเซียส เป็น 29.6 องศาเซลเซียส คิดเป็นร้อยละ 12.94 และเป็นระบบที่ออกแบบง่ายและมีค่าใช้จ่ายน้อย และนอกจากนี้ Calautit และคณะ (2020) [9] ทำการศึกษาตรวจสอบความสบายเชิงความร้อนและคุณภาพอากาศภายในอาคารที่มีการระบายความร้อนด้วย Windcatcher ร่วมกับท่อความร้อนพร้อมติดตั้ง โดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลข อุโมงค์ลมและการทดสอบภาคสนามที่ UAE ช่วงฤดูร้อน พบว่า การเพิ่มท่อความร้อนและพื้นผิวครีป ทำให้การไหลของอากาศผ่าน Windcatcher ลดลง แต่ไม่ได้ขัดขวางการไหลของอากาศแม้ที่ความเร็วมกลางแจ้งต่ำ และข้อมูลการทดสอบภาคสนามพบว่า สมรรถนะการระบายความร้อนของระบบท่อความร้อนใน Windcatcher สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้โดยเพิ่มครีป

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด จะเห็นว่าพัฒมเย็นด้วยท่อความร้อนแบบสั่นงอกรอบยังไม่ได้มีการศึกษาไว้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงต้องการวิเคราะห์ผลของความเร็วมทางออกและอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่มีต่อสมรรถนะการทำงานของพัฒมเย็นด้วยท่อความร้อนแบบสั่นงอกรอบนี้

2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 ท่อความร้อนแบบสั่นงอกรอบ

ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักคือ ส่วนทำระเหยเป็นแหล่งรับความร้อนภายนอก ส่วนที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนและส่วนควบแน่นเป็นแหล่งระบายความร้อนออก และแบ่งออกเป็น 3 ชนิดตามโครงสร้างของท่อ ดังแสดงในภาพที่ 2 ดังนี้

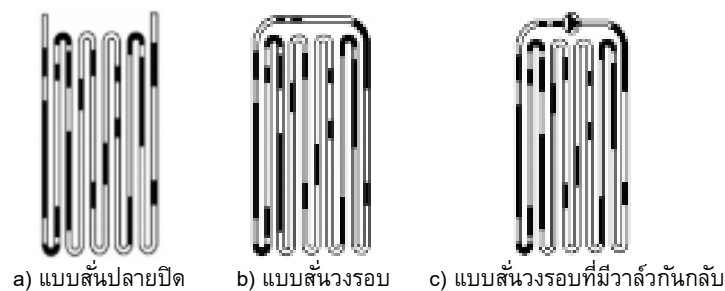
1) ท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด (Closed-end oscillating heat pipe, CEOHP) สร้างจากท่อคาปิลลารียาวท่อเดียวที่มีการปิดปลายท่อทั้งสองข้างแยกจากกัน ในกรณีนี้การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นจากการสั่นของสารทำงานตามแนวแกนท่อเพียงอย่างเดียวเท่านั้น โดยการสั่นจะถูกกระตุ้นโดยการผันผวนของคลื่นความดันอย่างรวดเร็ว ซึ่งเกิดจากการเดือดของฟองในของไหลทำงาน

2) ท่อความร้อนแบบสั่นงอกรอบ (Closed-loop oscillating heat pipe, CLOHP) สร้างจากจากท่อคาปิลลารียาวท่อเดียวที่มีการเชื่อมต่อปลายทั้งสองข้างเข้าด้วยกันเป็นวงรอบการถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นจากการสั่นของสารทำงานร่วมกับการไหลเวียนของสารทำงานผ่านโค้งเลี้ยวต่างๆ ในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง

3) ท่อความร้อนแบบสั่นงอกรอบที่มีวาล์วกักเก็บกลับ (Closed-loop oscillating heat pipe with check valves, CLOHP/CV) มีลักษณะเป็นท่อคาปิลลารีขนาดเล็กขดกลับไปกลับมาปลายท่อทั้งสองด้านเชื่อมต่อกันเป็นวงรอบและติดตั้งวาล์วกักเก็บ ไว้ตรงตำแหน่งส่วนที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนสำหรับควบคุมทิศทางการไหลของสารทำงานภายในท่อเพื่อให้มีการไหลไปในทิศทางเดียวกับการติดตั้งวาล์วกักเก็บไว้ที่ส่วนที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อน ข้อดีของท่อความร้อนแบบสั่น คือ ไม่ต้องใช้วัสดุพูนภายในท่อเพราะอาศัยการเคลื่อนที่แบบสั่นเนื่องจากผลต่างความดันในการทำงานของสารทำงาน ถ่ายเทความร้อนได้มากขึ้นโดยเพิ่มจำนวนโค้งเลี้ยวให้มีพื้นที่สัมผัสในการถ่ายเทความร้อนมากขึ้น มีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าท่อความร้อนแบบธรรมดาที่มีวัสดุพูนและแบบเทอร์โมไซฟอน ท่อความร้อนแบบสั่นสร้างได้

ง่ายเนื่องจากไม่มีวัสดุพูนเมื่อเทียบกับท่อความร้อนแบบธรรมดาที่มีวัสดุพูน สามารถทำงานได้ทุกระนาบเมื่อเทียบกับเทอร์โมไซฟอน และท่อความร้อนแบบสั่นไร้ขีดจำกัดในการถ่ายเทความร้อน

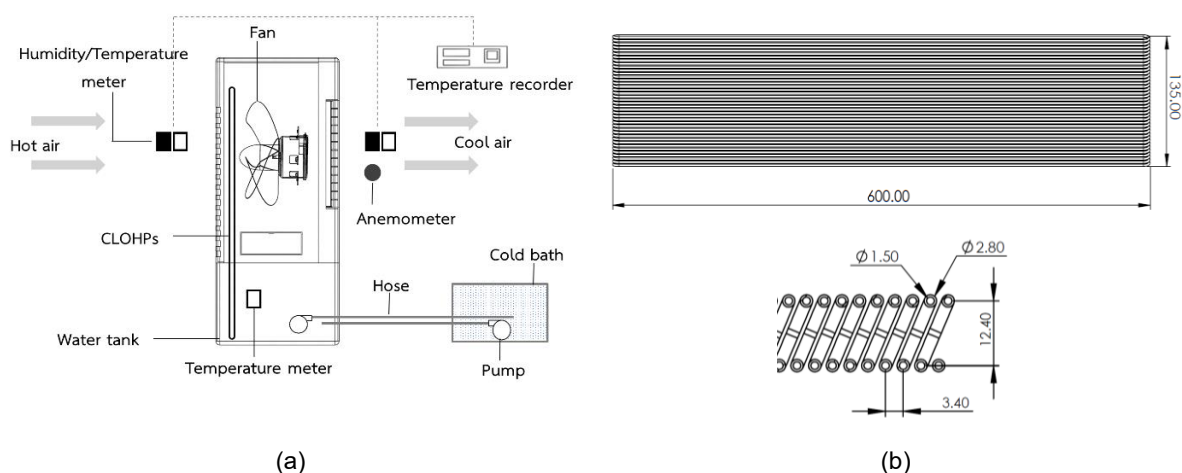
จากการเปรียบเทียบท่อความร้อนทั้ง 3 ชนิด เลือกท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ เนื่องจากข้อได้เปรียบที่เหนือกว่าเมื่อเทียบกับท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิดและท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบชนิดวาล์วกันกลับคือ การไหลเวียนของสารทำงานของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบมีความเป็นอิสระมากกว่า ดังแสดงในภาพที่ 2 เนื่องจากท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด ปลายทั้งสองข้างไม่ได้ติดกันทำให้การไหลเวียนไม่เป็นอิสระ สำหรับท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบชนิดวาล์วกันกลับ การสร้างและออกแบบมีความซับซ้อนยุ่งยาก เนื่องจากท่อกว้างขนาดเล็กจึงอาจทำให้เกิดการอุดตันบริเวณวาล์วกันกลับซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน



ภาพที่ 2 ชนิดของท่อความร้อนแบบสั่น [10]

2.2 อุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง

อุปกรณ์การทดลองดังแสดงภาพที่ 3(a) ประกอบด้วย ชุดพัดลมเป็นต้นแบบที่มีท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบอยู่ภายในเครื่อง สายยางซิลิโคน (Hose) ที่ต่อเข้ากับอ่างน้ำเย็น (Cold Bath) และปั้มน้ำ (Pump) ของชุดพัดลมเป็นต้นแบบ เครื่องวัดความเร็วม (Anemometer) เครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิอากาศ (Humidity/Temperature Meter) และเครื่องวัดอุณหภูมิน้ำ (temperature meter)



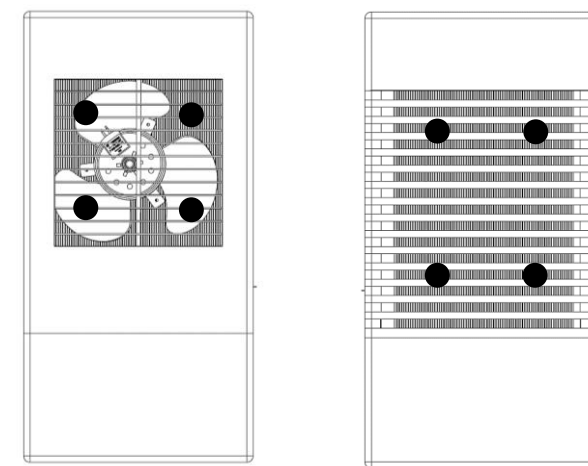
ภาพที่ 3 (a) อุปกรณ์การทดลองทั้งหมด (b) ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ

ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่สร้างมาจากท่อคาปิลลารีทองแดงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 2.8 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.5 มิลลิเมตร นำมาขดให้เป็นวงรอบ โดย 1 ชุดท่อจะมีความยาว 600 มิลลิเมตร และกว้าง 135 มิลลิเมตร ระยะโค้งเลี้ยว 12.40 มิลลิเมตร แต่ละท่อกว้าง 3.4 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3(b) นอกจากนี้ พัดลมเป็นต้นแบบขนาด 355 × 300 × 700 มิลลิเมตร ภายในประกอบด้วยใบพัดขนาด 250 มิลลิเมตร อยู่ตรงช่อง

จ่ายลมหน้า สำหรับช่องจ่ายลมเป็นแบบบานเกล็ดมีขนาด 260×260 มิลลิเมตร ตัวถังมีความจุได้ 14 ลิตร แผงควบคุมที่อยู่ด้านบนตัวเครื่องสามารถปรับระดับความเร็วลมได้ 3 ระดับ คือ สูง กลาง และต่ำ ส่วนภาพที่ 4 แสดงการติดตั้งท่อความร้อนเข้ากับพัดลมเย็นที่สร้างขึ้นจริง โดยนำท่อความร้อนมาติดตั้งด้านหลังพัดลมเย็น ให้ส่วนควบแน่นอยู่ภายในถังเก็บน้ำเย็นด้านล่าง และส่วนทำระเหยจะอยู่ด้านบนเพื่อให้อากาศไหลผ่าน



(a) ด้านหน้าพัดลมเย็นสำหรับ
อากาศขาออก (b) ด้านหลังพัดลมเย็นสำหรับ
ดูดอากาศขาเข้า
ภาพที่ 4 การติดตั้งท่อความร้อนเข้ากับพัดลมเย็น



● แสดงตำแหน่งในการวัด

(a) ด้านหน้าพัดลมเย็นสำหรับ
อากาศขาออก (b) ด้านหลังพัดลมเย็นสำหรับ
ดูดอากาศขาเข้า

ภาพที่ 5 ตำแหน่งของการวัดค่าตัวแปรต่างๆ ในแต่ละจุด

ทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำความเย็นของพัดลมเย็นที่ใช้ท่อความร้อนแบบส่นวงรอบ โดยการติดตั้งชุดท่อความร้อนแบบส่นวงรอบจำนวน 2 ชุดท่อในพัดลมเย็น ดังแสดงภาพที่ 3(a) จากนั้นเปิดอ่างน้ำเย็นให้เครื่องทำงานโดยการปรับให้มีอุณหภูมิน้ำเย็น 6 องศาเซลเซียส รออ่างน้ำเย็นมีอุณหภูมิน้ำคงที่ 15 นาที จากนั้นเปิดปั๊มน้ำขนาด 12 วัตต์ ปล่อยน้ำเข้าและออกระบบผ่านสายยางซิลิโคน น้ำเย็นจะไหลเวียนกันระหว่างถังเก็บน้ำในพัดลมเย็นและอ่างน้ำเย็น เปิดเครื่องพัด

ลมเย็นปรับความเร็วของพัดลมไปที่ระดับความเร็วต่ำ บันทึกค่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่ถังเก็บน้ำของพัดลมเย็นโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature meter) และใช้เครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิอากาศ (Humidity/ Temperature Meter) วัดค่าอุณหภูมิอากาศขาเข้าและความชื้นสัมพัทธ์เข้าตามตำแหน่งในภาพที่ 5(b) และความเร็วอากาศขาออก อุณหภูมิอากาศขาออกและความชื้นสัมพัทธ์ขาออกตำแหน่งในภาพที่ 5(a) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นทำการเปลี่ยนระดับความเร็วพัดลมเป็นระดับความเร็วกลางและสูง พร้อมกับทำการปรับเปลี่ยนค่าอุณหภูมิน้ำเย็นไปที่ 11 16 และ 21 องศาเซลเซียสตามลำดับ และเปลี่ยนชุดท่อความร้อนเป็น 4 ชุดท่อความร้อน หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งมีการพิจารณาถึงค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัด มาคำนวณคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนและอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดได้จาก

$$\dot{Q} = \dot{m} (h_{in} - h_{out}) \quad (1)$$

$$\dot{Q}_{max} = \dot{m} (h_{in} - h_{out,min}) \quad (2)$$

เมื่อ $\dot{Q}$	คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน (กิโลวัตต์)
$\dot{Q}_{max}$	คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุด (กิโลวัตต์)
$\dot{m}$	คือ อัตราการไหลเชิงมวลอากาศ (กิโลกรัมต่อวินาที)
h_{in}	คือ เอนทาลปีทางเข้า (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
h_{out}	คือ เอนทาลปีทางออก (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
$h_{out,min}$	คือ เอนทาลปีทางออกที่น้อยที่สุด (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)

คำนวณหาอัตราส่วนความชื้นได้จาก

$$\Delta\omega = \omega_{in} - \omega_{out} \quad (3)$$

เมื่อ $\Delta\omega$	คือ ปริมาณไอน้ำที่ลดลง
ω_{in}	คือ ปริมาณไอน้ำที่ตำแหน่งขาเข้า
ω_{out}	คือ ปริมาณไอน้ำที่ตำแหน่งขาออก

คำนวณหาประสิทธิภาพการทำความเย็น (Effectiveness, ε)

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{max}} \quad (4)$$

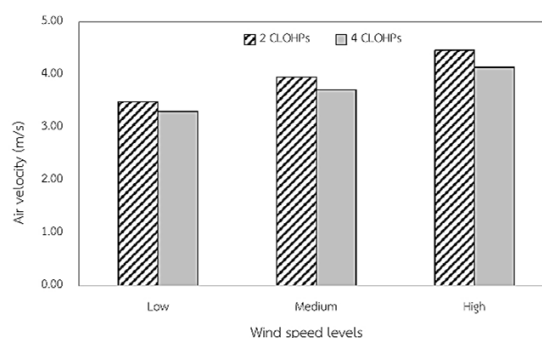
เมื่อ ε	คือ ประสิทธิภาพการทำความเย็น
$\dot{Q}$	คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน (กิโลวัตต์)
$\dot{Q}_{max}$	คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุด (กิโลวัตต์)

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 ผลกระทบของความเร็วลมต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพการทำความเย็น

ตัวแปรที่ต้องการศึกษาประกอบด้วย ระดับความเร็วลมของพัดลมเย็น อุณหภูมิน้ำเย็น ที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพการทำความเย็นของพัดลมเย็น และค่าความชื้นในอากาศของการใช้ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ

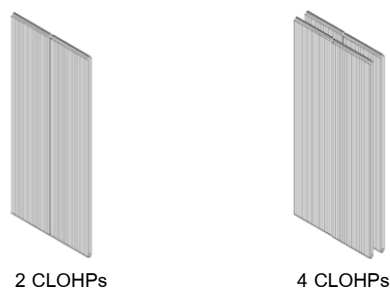
จากภาพที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วลมของพัดลมเย็นและจำนวนชุดท่อความร้อนเปรียบเทียบค่าความเร็วที่ได้จากการใช้ชุดท่อความร้อนทั้ง 2 และ 4 ชุดท่อ ตามลำดับ การใช้ท่อความร้อน 4 ชุดท่อกมีค่าความเร็วลมทางออกที่ระดับความเร็วพัดลมต่ำ เท่ากับ 3.3 เมตรต่อวินาที เมื่อระดับความเร็วพัดลมเพิ่มขึ้นเป็นระดับกลางและระดับสูง การใช้แบบ 4 ชุดท่อความร้อนจะมีค่าความเร็วลมเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 3.7 และ 4.1 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ส่วนในการใช้ท่อความร้อนแบบ 2 ชุดท่อกมีค่าความเร็วลมมากที่สุดอย่างเห็นได้ชัดในทุกระดับความเร็วพัดลมซึ่งมีค่าอยู่ที่ 3.5 4.0 และ 4.5 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ



ภาพที่ 6 ค่าความเร็วลมทางออกของพัดลมเย็นที่ระดับความเร็วพัดลมระหว่าง 3.5 เมตรต่อวินาที ถึง 4.2 เมตรต่อวินาที ที่ใช้ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ

ดังนั้นการเลือกใช้งานจำนวนชุดท่อความร้อนหรือการใช้แผงรังผึ้งมีผลกับค่าความเร็วลมของอากาศ เนื่องจากการใช้ท่อความร้อนจำนวน 2 ชุดท่อ จะเกิดช่องว่างในการไหลผ่านของอากาศมากกว่าการใช้ท่อความร้อนจำนวน 4 ชุดท่อ ทำให้การใช้แบบ 2 ชุดท่อความร้อน อากาศสามารถไหลผ่านได้สะดวกและรวดเร็วกว่าการใช้แบบ 4 ชุดท่อความร้อน ดังแสดงในภาพที่ 7 ลักษณะของการจัดเรียงตัวของชุดท่อความร้อน

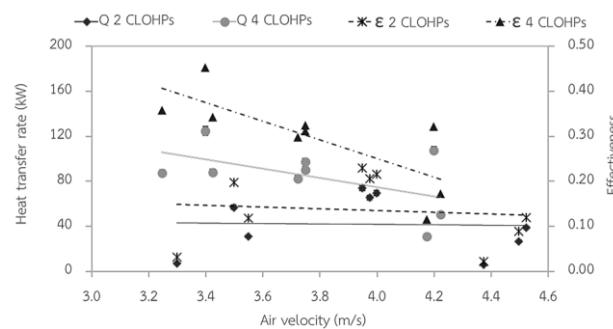
จากภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมทางออกของพัดลมเย็นต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น มีแนวโน้มเดียวกันคือ ท่อความร้อน 2 และ 4 ชุดท่อ เมื่อเพิ่มความเร็ว มีแนวโน้มให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพการทำความเย็นมีค่าลดลง เนื่องจากลักษณะการจัดเรียงตัวของท่อความร้อน 2 และ 4 ชุดท่อ มีช่องว่างในการไหลผ่านของอากาศที่มาก จึงมีพื้นที่ผิวสัมผัสที่น้อย ดังนั้นผลของการเพิ่มค่าความเร็วลมและประสิทธิภาพการทำความเย็น ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก



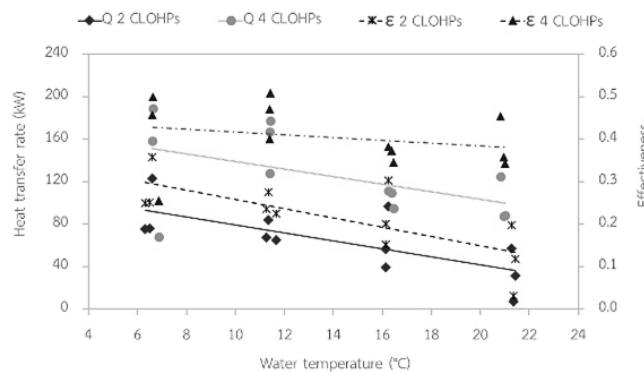
ภาพที่ 7 ลักษณะของการจัดเรียงตัวของชุดท่อความร้อนในเครื่องพัดลมเย็น

3.2 ผลกระทบของอุณหภูมิน้ำเย็นต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิผลการทำความเย็นของพัดลมเย็นในการใช้ท่อความร้อนแบบสั่นรอบสำหรับการทำความเย็น (CLOHP)

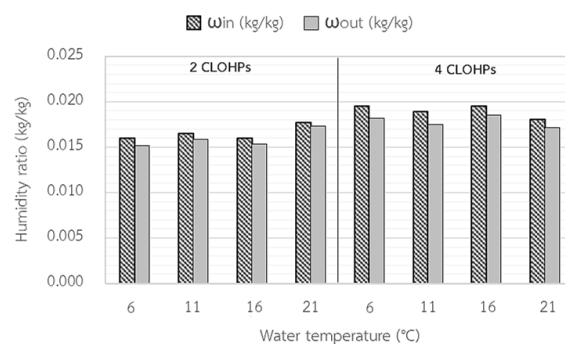
เนื่องจากผลของอุณหภูมิน้ำเย็นต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิผลการทำความเย็นของพัดลมเย็นมีแนวโน้มในแนวเดียวกัน จึงพิจารณาที่ระดับความเร็วลมต่ำของพัดลมเย็นมาแสดงดังภาพที่ 9 เมื่ออุณหภูมิน้ำเย็นมีค่าเท่ากับ 6 องศาเซลเซียส ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนแบบการใช้ท่อความร้อนจำนวน 2 และ 4 ชุดท่อ มีค่าเท่ากับ 91 กิโลวัตต์ และ 138 กิโลวัตต์ ตามลำดับ จากนั้นการเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนมีค่าลดลง และเมื่ออุณหภูมิน้ำเย็น 21 องศาเซลเซียส อัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนจำนวน 2 และ 4 ชุดท่อมียุทธค่าอยู่ที่ 32 กิโลวัตต์ และ 100 กิโลวัตต์ ตามลำดับ สำหรับค่าประสิทธิผลการทำความเย็นของ 2 และ 4 ชุดท่อ ที่อุณหภูมิน้ำเย็น 6 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 0.30 และ 0.43 ตามลำดับ เมื่ออุณหภูมิน้ำเย็นเพิ่มขึ้นเป็น 21 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพการทำความเย็นของชุดท่อความร้อนทั้ง 2 แบบ ลดลงเท่ากับ 0.14 และ 0.38 ตามลำดับ



ภาพที่ 8 ค่าความเร็วลมทางออกของพัดลมเย็นต่อประสิทธิผลการทำความเย็นและอัตราการถ่ายเทความร้อน



ภาพที่ 9 ผลกระทบของอุณหภูมิน้ำเย็นต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิผลการทำความเย็น



ภาพที่ 10 ค่าอัตราส่วนความชื้นในอากาศเข้าและขาออกของพัดลมเย็นที่อุณหภูมิน้ำเย็นต่างๆ

3.3 การเปรียบเทียบค่าความชื้นในอากาศ สำหรับการใช้ท่อความร้อนแบบส่นวงรอบของพัดลมเย็น

เนื่องจากผลของค่าความชื้นในอากาศสำหรับการใช้ท่อความร้อนแบบส่นวงรอบของพัดลมเย็น มีแนวโน้มในแนวเดียวกัน จึงพิจารณาที่ระดับความเร็วมต่ำของพัดลมเย็นมาแสดงดังภาพที่ 10 การใช้ท่อความร้อนจำนวน 2 ชุดท่อความร้อนที่อุณหภูมิน้ำเย็นที่ 2 องศาเซลเซียส ค่าอัตราส่วนความชื้นที่ลดลงอยู่ที่ร้อยละ 4.9 เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 21 องศาเซลเซียส ค่าอัตราส่วนความชื้นที่ลดลงอยู่ที่ร้อยละ 2.0 และสำหรับการใช้ 4 ชุดท่อความร้อนที่อุณหภูมิน้ำเย็น 6 องศาเซลเซียส ค่าอัตราส่วนความชื้นที่ลดลงอยู่ที่ร้อยละ 6.6 เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 21 องศาเซลเซียส ค่าอัตราส่วนความชื้นที่ลดลงอยู่ที่ร้อยละ 4.8 และเปรียบเทียบที่อุณหภูมิเดียวกันระหว่างการใช้ 2 และ 4 ชุดท่อความร้อน จะเห็นได้ว่าการใช้ท่อความร้อนจำนวน 4 ชุดท่อจะมีค่าอัตราส่วนความชื้นในอากาศทั้งเข้าและออกที่สูงกว่าการใช้ท่อความร้อนจำนวน 2 ชุดท่อ เนื่องจากในการทดสอบการใช้ท่อความร้อนจำนวน 4 ชุดท่อนั้นทำการทดลองในช่วงวันเวลาที่มีสภาพอากาศที่แตกต่างกับการทดสอบการใช้ท่อจำนวน 2 ชุดท่อ

4. บทสรุป

จากการทดลองศึกษาพัดลมเย็นด้วยท่อความร้อนแบบส่นวงรอบ สรุปได้ว่า การเพิ่มความเร็วม (อัตราการไหลอากาศ) จะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนมีผลเปลี่ยนแปลงน้อยมาก การเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นสำหรับกรณีการใช้ชุดท่อความร้อน จะทำให้ผลต่างอุณหภูมิต่างอากาศร้อนและน้ำเย็นลดลง การส่งถ่ายความร้อนหรือการแลกเปลี่ยนความร้อนจึงมีค่าลดลง เนื่องจากการเพิ่มจำนวนชุดท่อความร้อนเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการถ่ายเทความร้อนทำให้อัตราการพาความร้อนเพิ่มขึ้นด้วยดังนั้นเมื่อเพิ่มจำนวนชุดท่อความร้อนแบบส่นวงรอบเป็น 4 ชุดท่อ จะทำให้ของอัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพการทำความเย็นของพัดลมเย็นมีค่าสูงกว่า 2 ชุดท่อความร้อนทุกระดับความเร็วมพัดลมและอุณหภูมิน้ำเย็น และอัตราส่วนความชื้นในอากาศขาออกของการใช้ท่อความร้อนจะมีค่าลดลงเล็กน้อย ซึ่งมีค่าลดลงสูงสุดร้อยละ 6.6 ของอัตราส่วนความชื้นในอากาศขาเข้า

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Wechillmart. (2020). How does the air conditioning system work, Retrieved September 16, 2019, from <https://www.wechillmart.com/blog/air-conditioning-system-work/>
- [2] Ingreen. (2018, April 4). Principle of Evaporative Cooling. Retrieved January 27, 2020, from <https://ingreen.co.th>
- [3] P. Charoensawan, et al. (2003). Closed loop pulsating heat pipes Part A: parametric experimental investigations. Appl. Therm. Eng, (23), 2009–2020.
- [4] P. Charoensawan and P. Terdtoon. (2008). Thermal performance of horizontal closed-loop oscillating heat pipes. Appl. Therm. Eng, (28), 460-466.
- [5] A. Siricharoenpanich, et al. (2019). Thermal management system of CPU cooling with a novel short heat pipe cooling system. Energy and building, (197), 100545.

- [6] H. Yang, et al. (2019). Experimental study on a pulsating heat pipe heat exchanger for energy saving in air-conditioning system in summer. *Energy and building*, (197), 1–6.
- [7] J.K. Calautit, et al. (2020). Numerical and experimental investigation of the indoor air quality and thermal comfort performance of a low energy cooling windcatcher with heat pipes and extended surfaces. *Renewable energy*, (145), 744-756.
- [8] Y. Tang, et al. (2021). Experimental investigation on active heat sink with heat pipe assistance for high-power automotive LED headlights. *Case Studies in Thermal Engineering*, (28), 1-10.
- [9] L.H. Saw, et al. (2021). Development of the closed loop pulsating heat pipe cool roof system for residential buildings. *Case Studies in Thermal Engineering*, (28), 1-11.
- [10] P. Charoensawan. (2012). Heat pipe technologies. Phitsanulok: Focus Printing.