การประยุกต์ใช้ท่อความร้อนในการเพิ่มสมรรถนะของระบบปรับอากาศ

สันติภาพ นาคแก้ว[1] และ สมชาย วงศ์วิเศษ[2*]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

ท่อความร้อนเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่งที่มีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนสูง ไม่มีส่วนที่เคลื่อนไหว และสามารถทำงานได้โดยไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากภายนอก ด้วยจุดเด่นเหล่านี้ ทำให้ท่อความร้อนถูกนำมาใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนและการประหยัดพลังงาน ในทศวรรษที่ผ่านมามีบทความตีพิมพ์หลายฉบับได้นำเสนอเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ท่อความร้อนในรูปแบบต่างๆ เช่น การระบายความร้อนในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การอบแห้ง และการทำน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ หนึ่งในการใช้งานที่น่าสนใจ คือ การประยุกต์ใช้ท่อความร้อนในการเพิ่มสมรรถนะของระบบปรับอากาศ ซึ่งผลจากการติดตั้งท่อความร้อนทำให้ระบบปรับอากาศมีสมรรถนะเพิ่มขึ้น และการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง เมื่อเทียบกับระบบปรับอากาศทั่วไป บทความนี้นำเสนอหลักการทำงานของท่อความร้อน และการประยุกต์ใช้ท่อความร้อนในระบบปรับอากาศ ซึ่งประกอบไปด้วยการใช้ท่อความร้อนสำหรับลดความชื้น การนำความเย็นของอากาศที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้ใหม่ และการใช้ท่อความร้อนในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ตลอดจนแนวทางสำหรับงานวิจัยในอนาคต

คำสำคัญ : การลดความชื้น / ท่อความร้อน / ระบบปรับอากาศ / อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

* *Corresponding Author : somchai.won@kmutt.ac.th*

[1] *นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์*

[2] *ศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์*

Application of Heat Pipes to Enhance Performance of Air Conditioning System

Santiphap Nakkaew[1] and Somchai Wongwises[2*]

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod,Thungkru, Bangkok 10140

Abstract

Heat pipes are a kind of heat exchanger with high ability for heat transfer, no moving parts and no electricity input. With these advantages, heat pipes are widely used for heat transfer and in an array of energy saving applications. Heat pipes have been used in various applications such as cooling of electronics devices, drying and solar water heating. One of the interesting uses of heat pipes is for enhancing the performance of an air conditioning system. The use of heat pipes results in improved performance and reduced power consumption of an air conditioning system when compared with those of a conventional one. This article presents the principles and applications of heat pipes in air conditioning systems; these include the use of heat pipes for dehumidification, exhaust cool air recovery, and heat pipes for split-type air conditioners. Guidelines for future research are also given.

Keywords : Air Conditioning / Dehumidification / Heat Pipe / Heat Exchanger

* *Corresponding Author : somchai.won@kmutt.ac.th*

[1] *Master of Engineering Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering.*

[2] *Professor, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering.*

บทนำ

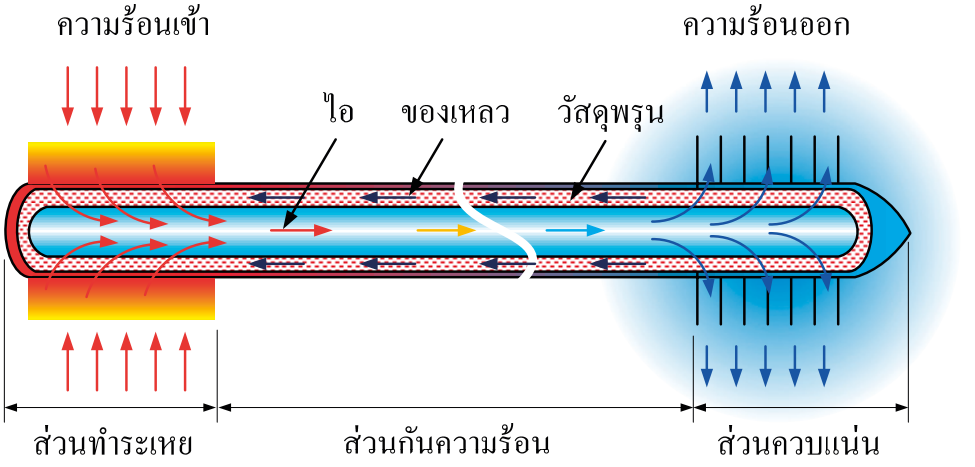
ในปัจจุบันระบบปรับอากาศเป็นสิ่งที่จำเป็นในการดำเนินชีวิตของมนุษย์ รวมถึงภาคอุตสาหกรรม อาทิ อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมอบแห้งสี อุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์ เป็นต้น การพัฒนาระบบปรับอากาศให้สามารถทำงานได้อย่างเต็มสมรรถนะจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ ด้วยเหตุนี้นักวิจัยหลายๆ ท่านจึงได้คิดค้นวิธีการที่สามารถเพิ่มสมรรถนะของระบบปรับอากาศโดยการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 วิธี คือ วิธีที่ใช้พลังงานจากภายนอก และวิธีที่ไม่ใช้พลังงานจากภายนอก ท่อความร้อน (Heat pipe) เป็นหนึ่งในอุปกรณ์ที่ไม่ใช้พลังงานจากภายนอกที่ได้รับความนิยมในการเพิ่มสมรรถนะและการลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ ท่อความร้อนเป็นประเภทของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่มีการถ่ายเทความร้อน และมีอายุการใช้งานยาวนาน ด้วยจุดเด่ดังกล่าวท่อความร้อนจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้เพิ่มสมรรถนะของระบบปรับอากาศในรูปแบบต่างๆ การปรับปรุงสมรรถนะของระบบปรับอากาศด้วยท่อความร้อนให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด จำเป็นต้องรู้หลักการทำงานของท่อความร้อนและการนำท่อความร้อนไปใช้ประโยชน์ บทความนี้นำเสนอหลักการทำงานของท่อความร้อน และการประยุกต์ใช้งานท่อความร้อนในการเพิ่มสมรรถนะของระบบปรับอากาศ

หลักการทำงานของท่อความร้อน

ท่อความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการถ่ายเทความร้อน เนื่องจากท่อความร้อนมีค่าความต้านทานความร้อนต่ำมากซึ่งอยู่ที่ประมาณไม่เกิน 0.25 ^{o}C/W จุดเริ่มต้นของแนวคิดเกี่ยวกับท่อความร้อนครั้งแรกถูกนำเสนอโดย Gaugler [1] เมื่อ พ.ศ. 2485 หลังจากนั้นได้มีนักวิจัยนำแนวคิดนี้มาพัฒนาท่อความร้อนรูปแบบต่างๆ จนสามารถทำงานได้ถึงปัจจุบัน ท่อความร้อนมีหลายประเภท เช่น ท่อความร้อนเทอร์โมไซฟอน ท่อความร้อนชนิดหมุน ท่อความร้อนชนิดออสโมซิส และท่อความร้อนแบบสั่น เป็นต้น ซึ่งแต่ละประเภทมีลักษณะที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น เทอร์โมไซฟอนและท่อความร้อนนั้นมีขนาดใหญ่เหมาะสำหรับการใช้งานในพื้นที่กว้างๆ ในขณะที่ท่อความร้อนแบบสั่นเหมาะสำหรับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก และพื้นที่การทำงานที่จำกัด [2] แต่หลักการทำงานของท่อความร้อนยังคงทำหน้าที่เหมือนเดิม โดยทั่วไปท่อความร้อนมีลักษณะเป็นท่อปลายปิดสองด้านที่ซึ่งทำจากโลหะ โดยโลหะที่ใช้ทำท่อความร้อนจะมีคุณสมบัติการนำความร้อนได้ดีและสามารถขึ้นรูปได้ เช่น ทองแดง อะลูมิเนียม เป็นต้น ภายในท่อความร้อนถูกทำให้มีสภาวะสุญญากาศ ดังแสดงในรูปที่ 1 สารทำงาน (Working fluid) ถูกบรรจุอยู่ภายในท่อความร้อนเพื่อเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน โดยที่สารทำงานมีหลายชนิด เช่น น้ำ สารทำความเย็น และแอมโมเนีย เป็นต้น บริเวณผนังด้านในของท่อความร้อนถูกเคลือบด้วยวัสดุพรุน (Wick) ตลอดความยาวของท่อ โดยวัสดุพรุนมีลักษณะเป็นตาข่ายหรือเส้นลวดขนาดเล็กที่ซึ่งทำจากวัสดุชนิดเดียวกันกับผนังท่อ วัสดุพรุนทำหน้าที่เป็นช่องทางการไหลเพื่อแยกระหว่างสารทำงานที่มีสถานะไอและของเหลว ท่อความร้อนประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนทำระเหย (Evaporator section) ส่วนกันความร้อน (Adiabatic section) และส่วนควบแน่น (Condenser section) โดยที่ ส่วนทำระเหยทำหน้าที่รับความร้อนจากแหล่งความร้อน ส่วนกันความร้อนทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้มีการระบายความร้อนจากท่อความร้อนออกสู่บรรยากาศ และส่วนควบแน่นทำหน้าที่ระบายความร้อนออก ท่อความร้อนสามารถทำงานได้โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนสถานะของสารทำงานที่บรรจุอยู่ภายในท่อความร้อน โดยการทำงานเริ่มจากส่วนทำระเหยรับความร้อนจากแหล่งความร้อนและถ่ายเทให้กับสารทำงาน ส่งผลให้สารทำงานเดือดและเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ จากนั้นสารทำงานในสถานะไอจะเคลื่อนที่ผ่านส่วนกันความร้อนไปยังส่วนควบแน่นที่ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าเพื่อระบายความร้อน ทำให้สารทำงานในสถานะไอควบแน่นกลายเป็นของเหลวและไหลกลับไปรับความร้อนที่ส่วนทำระเหยอีกครั้ง สารทำงานสถานะของเหลวสามารถซึมผ่านวัสดุพรุนที่เคลือบอยู่บริเวณผนังท่อด้วยแรงคาพิลลารี (Capillary force) ซึ่งเป็นแรงดึงตามรูหรือช่องทางการไหลขนาดเล็ก การทำงานของท่อความร้อนจะดำเนินอย่างต่อเนื่องเมื่อส่วนทำระเหยของท่อความร้อนยังรับความร้อนอยู่ ท่อความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่ถูกประยุกต์ใช้ในการระบายความร้อนและแลกเปลี่ยนความร้อนในระบบต่างๆ โดยที่จุดเด่นของท่อความร้อนสามารถสรุปได้ดังนี้

- มีสภาพนำความร้อนที่สูงซึ่งมีค่าประมาณ 100 kW/m.K
- สามารถทำงานที่อุณหภูมิแตกต่างระหว่างบริเวณรับและระบายความร้อนน้อย

- ดูแลรักษาง่าย และมีอายุการใช้งานยาวนาน
- ทนทานเนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ที่สามารถเคลื่อนไหวได้
- สามารถทำงานได้ด้วยพลังงานจากแหล่งความร้อนที่ต้องการระบายโดยที่ไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากภายนอกในการขับเคลื่อนการทำงาน



รูปที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของท่อความร้อน

การประยุกต์ใช้งานท่อความร้อนในระบบปรับอากาศ

ด้วยจุดเด่นของท่อความร้อนทำให้มีการประยุกต์ใช้งานที่หลากหลาย เช่น การระบายความร้อนในระบบอิเล็กทรอนิกส์ การทำน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ การปรับอากาศ การอบแห้ง และ การระบายความร้อนบนยานอวกาศ เป็นต้น หนึ่งในการใช้งานท่อความร้อนที่น่าสนใจคือ การประยุกต์ใช้งานท่อความร้อนในระบบปรับอากาศ จากการทบทวนเอกสารงานวิจัยจากอดีตจนถึงปัจจุบันพบว่า การเพิ่มสมรรถนะของระบบปรับอากาศด้วยท่อความร้อนมีอยู่ 3 วิธี คือ การใช้ท่อความร้อนในการลดความชื้น การนำความเย็นของอากาศที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้ใหม่ และ การใช้ท่อความร้อนในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยที่แต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

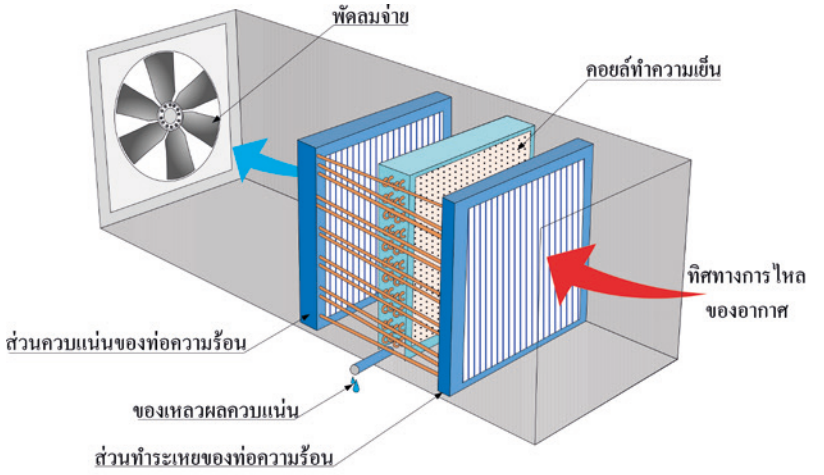
การใช้ท่อความร้อนสำหรับลดความชื้นในระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของอากาศให้เหมาะสมรวมถึงการควบคุมความชื้นของอากาศ ซึ่งสภาวะอากาศที่ไม่เหมาะสมนำมาสู่ปัญหาด้านสุขภาพและความเสียหายของอุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆ ได้ โดยทั่วไปในการควบคุมความชื้นของระบบปรับอากาศจะใช้คอยล์ทำความเย็น (Cooling coil) ในการดึงความชื้นออกจากอากาศ ซึ่งอากาศจะคายพลังงานความร้อนทั้งความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง การดึงความชื้นด้วยวิธีนี้จะกำหนดให้คอยล์ทำความเย็นมีอุณหภูมิต่ำซึ่งเท่ากับอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point temperature) เมื่ออากาศใหม่ (Fresh air) ที่ซึ่งมีลักษณะร้อนชื้นไหลผ่านคอยล์ทำความเย็น อากาศจะคายความร้อนแฝงและควบแน่นกลายเป็นของเหลว (Condensate) วิธีนี้ทำให้อากาศที่ไหลผ่านคอยล์ทำความเย็นมีอุณหภูมิต่ำมากจึงไม่เหมาะสมสำหรับการส่งไปยังห้องปรับอากาศ ดังนั้นจึงต้องใช้เครื่องทำความร้อน (Heater) ในการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศให้สูงขึ้น เพื่อให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมก่อนส่งไปยังห้องปรับอากาศ การลดความชื้นด้วยวิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้พลังงานสูง นอกจากต้องใช้พลังงานในการลดอุณหภูมิของคอยล์ทำความเย็นให้มีสภาพเย็นจัดแล้วยังต้องใช้พลังงานในการทำให้อากาศอุ่นขึ้น การใช้ท่อความร้อนในการลดความชื้นเป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ โดยท่อความร้อนถูกนำไป

ใช้ร่วมกับคอยล์ทำความเย็นเพื่อลดความชื้น ท่อความร้อนถูกวางบริเวณหน้าและหลังของคอยล์ทำความเย็นที่ซึ่งแสดงในรูปที่ 2 ส่วนของท่อความร้อนที่อยู่ด้านหน้าของคอยล์ทำความเย็นคือส่วนทำระเหย โดยอากาศใหม่ที่มีสภาพร้อนชื้นจะถ่ายเทความร้อนให้กับส่วนทำระเหย ทำให้สารทำงานที่บรรจุอยู่ภายในท่อความร้อนเดือดและเปลี่ยนสถานะเป็นไอ จากนั้นไอจะเคลื่อนที่ไปยังส่วนควบแน่นที่ซึ่งวางอยู่หลังคอยล์ทำความเย็นเพื่อระบายความร้อน โดยส่วนทำระเหยจะทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของอากาศใหม่ (Precooling) ก่อนไหลเข้าสู่คอยล์ทำความเย็น เมื่ออากาศไหลผ่านไปยังคอยล์ทำความเย็นทำให้อุณหภูมิของอากาศต่ำกว่าปกติ หลังจากนั้นอากาศถูกทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยรับความร้อนจากส่วนควบแน่นของท่อความร้อน (Reheating) ที่วางอยู่หลังคอยล์ทำความเย็น ด้วยเหตุนี้ส่งผลให้อากาศที่ผ่านท่อความร้อนและคอยล์ทำความเย็นมีอุณหภูมิที่พอเหมาะ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดความชื้นในระบบปรับอากาศจากอดีตถึงปัจจุบันมีดังนี้ ในปี พ.ศ. 2539 Wu และคณะ [3] ได้ศึกษาการใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนเพื่อการลดความชื้นในระบบปรับอากาศ ท่อความร้อนที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่ซึ่งทำจากทองแดง โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 15.88 mm ความยาว 660 mm สารทำงานที่ใช้ในท่อความร้อนคือ R22 ผลการศึกษาพบว่า ความสามารถการทำความเย็นของคอยล์ทำความเย็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 20-32.7 จากการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนไหลเข้าคอยล์ทำความเย็น ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ไหลผ่านส่วนควบแน่นของท่อความร้อนลดลงจากร้อยละ 92-100 เหลือร้อยละ 70-74 นอกจากนี้การทำให้อากาศร้อนด้วยส่วนควบแน่นของท่อความร้อนสามารถทำได้โดยไม่ต้องใช้พลังงานจากภายนอก ทำนองเดียวกัน ในปี พ.ศ. 2550 Wan และคณะ [4] ทำการศึกษาเชิงทดลองเกี่ยวกับการทำความเย็นและการบริโภคพลังงาน (Energy consumption) ในระบบปรับอากาศ โดยที่การศึกษานี้เปรียบเทียบระหว่างระบบปรับอากาศที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อน นอกจากนี้ในการทดลองยังศึกษาผลของความชื้นสัมพัทธ์ในห้อง ที่ร้อยละ 40, 50 และ 60 ผลการศึกษาพบว่า อัตราการประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของอุณหภูมิในห้องและการลดลงของความชื้นสัมพัทธ์ นอกจากนี้การบริโภคพลังงานของระบบปรับอากาศลดลงร้อยละ 38.1-40.9 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 และช่วงอุณหภูมิในห้อง 22-26 ºC ในปีเดียวกัน Yau [5] ได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry bulb temperature, DBT) ความชื้นสัมพัทธ์ และ ความเร็วลม ต่ออัตราส่วนความร้อนสัมผัส (Sensible heat ratio, SHR) โดยท่อความร้อนที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนจำนวน 8 แถว ส่วนทำระเหยของท่อความร้อนทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าคอยล์ทำความเย็น ในขณะที่ส่วนควบแน่นทำหน้าที่เพิ่มอุณหภูมิของอากาศหลังออกจากคอยล์ทำความเย็น ผลจากการศึกษาพบว่า SHR ลดลงตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศทางเข้าส่วนทำระเหยของท่อความร้อนโดยที่ SHR ลดลงจาก 0.688 ถึง 0.188 นอกจากนี้ SHR ลดลงจาก 0.856 ถึง 0.188 ตามการเพิ่มขึ้นของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศทางเข้าส่วนทำระเหยของท่อความร้อนนั้นหมายถึงความชื้นในระบบปรับอากาศลดลงเมื่ออุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเพิ่มขึ้น ในปีพ.ศ. 2551 Alklaibi [6] ได้ประเมินความเป็นไปได้ในการใช้ท่อความร้อนแบบวงรอบ (Loop heat pipe, LHP) ร่วมกับระบบปรับอากาศ ในการศึกษานี้ท่อความร้อนถูกติดตั้งที่หน่วยเครื่องส่งลม (Air handling unit, AHU) ซึ่งมีตำแหน่ง แตกต่างกัน 3 แบบ คือ ท่อความร้อนถูกติดตั้งคร่อมคอยล์ทำความเย็นโดยที่ส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นของท่อความร้อนอยู่หน้าและหลังคอยล์ทำความเย็นตามลำดับ แบบที่สองคือ ส่วนทำระเหยของท่อความร้อนถูกติดตั้งที่ท่อลมกลับ ก่อนที่ลมกลับ (Return air) จะผสมกับอากาศใหม่ แบบที่สามคือ ส่วนทำระเหยของท่อความร้อนถูกติดตั้งที่ท่ออากาศใหม่ ก่อนที่อากาศใหม่จะผสมกับลมกลับ ผลจากการศึกษาพบว่า การติดตั้งท่อความร้อนในหน่วยเครื่องส่งลมที่ตำแหน่งคร่อมคอยล์ทำความเย็นให้ค่า COP สูงสุด รองลงมาคือ แบบที่สองและสามตามลำดับ นั่นเป็นเพราะว่า อากาศใหม่มีปริมาณน้อยซึ่งเท่ากับ 1 ใน 4 ส่วน ของอากาศทั้งหมดที่ไหลในระบบปรับอากาศ ต่อมาในปี พ.ศ. 2559 Guo และคณะ [7] ได้ศึกษาผลของการใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ pump-assisted separate heat pipe (PASHP) ต่อการบริโภคพลังงานและการลดความชื้นในระบบปรับอากาศ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ PASHP ที่ใช้ในการศึกษานี้มีทั้งหมด 4 ชุด ซึ่งถูกติดตั้งที่คอยล์ทำความเย็น

ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิจุดน้ำค้างของระบบปรับอากาศลดลงจาก 11.7 ºC เหลือ 8.2 ºC ภายใต้เงื่อนไขอุณหภูมิของอากาศทางเข้าและร้อยละความชื้นสัมพัทธ์คงที่ซึ่งเท่ากับ 28.5 ºC และ 60 ตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิจุดน้ำค้างลดลงตามการเพิ่มขึ้นของจำนวนชุดของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน นอกจากนี้ การติดตั้งชุดท่อความร้อนทำให้ความสามารถในการลดความชื้นเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 ที่จำนวนอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน 4 ชุด การประหยัดพลังงานในการทำความเย็นถูกแสดงในรูปของอัตราส่วนระหว่าง การลดอุณหภูมิอากาศด้วยท่อความร้อนและวิสัยสามารถทำให้เย็นรวม (Total cooling capacity) ของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งชุดท่อความร้อน ที่ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 40.4 ในขณะที่อัตราส่วนระหว่างการลดอุณหภูมิอากาศด้วยท่อความร้อนและวิสัยสามารถทำให้เย็นที่เครื่องระเหยมีค่าเท่ากับร้อยละ 66

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ตำแหน่งที่เหมาะสมในการลดความชื้นด้วยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อน คือ หน้าและหลังคอยล์ทำความเย็น อากาศที่ไหลผ่านส่วนทำระเหยของท่อความร้อนมีอุณหภูมิลดลง ส่งผลให้ภาระการทำความเย็นของคอยล์ทำความเย็นลดลงโดยที่การลดลงของอุณหภูมิอากาศทางเข้าคอยล์ทำความเย็นทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ลดลง นอกจากนี้การบริโภคพลังงานในระบบปรับอากาศลดลง เนื่องจากส่วนควบแน่นของท่อความร้อนสามารถเพิ่มอุณหภูมิของอากาศหลังจากไหลผ่านคอยล์ทำความเย็นแทนการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศด้วยเครื่องทำความร้อนไฟฟ้า ตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพของท่อความร้อนคือ รูปแบบ ขนาด และลักษณะการจัดวางของท่อความร้อน รวมถึงผลของความชื้นสัมพัทธ์อัตราการไหลและความดันลดของอากาศที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนด้วย



รูปที่ 2 การลดความชื้นด้วยท่อความร้อนในระบบปรับอากาศ

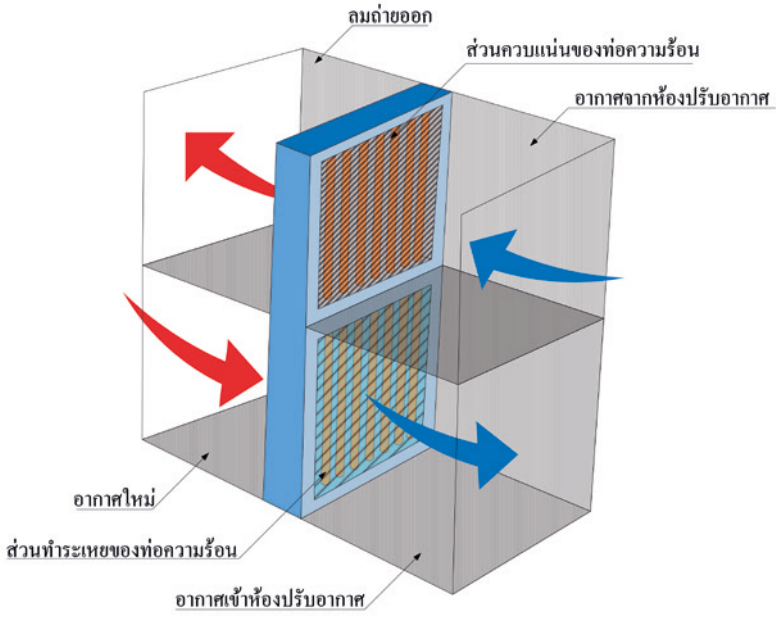
การใช้ท่อความร้อนสำหรับการนำความเย็นของอากาศที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้ใหม่

การนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ เป็นการนำพลังงานที่ใช้แล้วหรือพลังงานส่วนเกิน ซึ่งถูกปล่อยทิ้ง กลับมาใช้ใหม่ ในปัจจุบันมีความร้อนและความเย็นที่ปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศจำนวนมาก เช่น ความร้อนจากหม้อไอน้ำ ความร้อนจากโรงไฟฟ้า และความเย็นจากระบบปรับอากาศ เป็นต้น ดังนั้นการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ถือว่าเป็นการใช้พลังงานได้อย่างคุ้มค่าและสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้ ระบบปรับอากาศเป็นหนึ่งในระบบที่จำเป็นต้องมีการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ โดยทั่วไปห้องปรับอากาศเมื่อเวลาผ่านไปจะเกิดมลภาวะทางอากาศขึ้นซึ่งไม่เหมาะสำหรับใช้งาน เช่น การเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์

ฝุ่นละออง สารพิษ กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ เป็นต้น การลดปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดยวิธีระบายอากาศจากห้องปรับอากาศออกบางส่วนและเติมอากาศใหม่จากภายนอกเข้าไปแทนเพื่อให้อากาศภายในห้องปรับอากาศยังคงเหมาะสมกับความต้องการ อย่างไรก็ตาม อากาศใหม่ที่นำเข้ามามีอุณหภูมิสูงอยู่ ประกอบกับอากาศที่ระบายทิ้งมีอุณหภูมิและศักยภาพสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้น การนำความเย็นของอากาศที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้ใหม่จึงเป็นสิ่งที่สำคัญ การแลกเปลี่ยนอุณหภูมิระหว่างอากาศเย็นที่ปล่อยทิ้งและอากาศร้อนที่เติมเข้าสู่ห้องปรับอากาศสามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศและอากาศ (Air to air heat exchanger) ที่ซึ่งมีหลายประแบบ เช่น แบบวงล้อ (Wheel type) แบบแผ่น (Plate type) แบบคอยล์ (Coil type) และ แบบท่อความร้อน (Heat pipe) เป็นต้น อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่มีความน่าสนใจคือท่อความร้อน โดยที่จุดเด่นของอุปกรณ์นี้คือ มีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนสูง พื้นที่ขวางการไหลของอากาศน้อย สามารถปรับขนาดให้เหมาะกับท่อส่งอากาศได้ ราคาไม่แพง และไม่มีการเคลื่อนไหวที่เป็นสาเหตุของการชำรุดเสียหายในอุปกรณ์ ด้วยจุดเด่นดังกล่าวทำให้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนได้รับความนิยมเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบอื่น ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนถูกแสดงในรูปที่ 3 โดยที่ส่วนทำระเหยของท่อความร้อนถูกวางอยู่ทางด้านอากาศใหม่และส่วนควบแน่นถูกวางอยู่ทางด้านลมถ่ายออก (Exhaust air) หรือลมกลับ (Return air) ในกรณีที่อยู่ในภูมิอากาศเขตร้อน การทำงานของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนเริ่มจาก อากาศใหม่ที่ซึ่งมีสภาวะร้อนชื้นถ่ายเทความร้อนให้กับท่อความร้อนบริเวณส่วนทำระเหย จากนั้นความร้อนจะถูกถ่ายเทออกที่บริเวณส่วนควบแน่นโดยความร้อนถูกระบายออกด้วยอากาศอุณหภูมิต่ำจากการถ่ายลมออก ด้วยเหตุนี้ทำให้อากาศใหม่ที่ถูกส่งไปยังห้องปรับอากาศมีอุณหภูมิลดลงจากเดิม (Precooling) ในกรณีที่อยู่ในภูมิอากาศเขตหนาว อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะทำหน้าที่เพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศใหม่ (Preheating) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำความเย็นของอากาศที่ปล่อยทิ้งจากการปรับอากาศกลับมาใช้ใหม่มีดังนี้ ในปี พ.ศ. 2546 Martinez และคณะ [8] ออกแบบระบบ mixed energy recovery ซึ่งประกอบด้วย ท่อความร้อนและอุปกรณ์ indirect evaporative recuperators สำหรับระบบปรับอากาศ ตัวแปรสำคัญที่ถูกศึกษาคือ ประสิทธิภาพทางความร้อน และ COP ผลจากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพทางความร้อนเพิ่มขึ้นร้อยละ 82.49 ส่งผลให้ COP ของระบบปรับอากาศเท่ากับ 9.83 ในปี พ.ศ. 2550 El-Baky และคณะ [9] ได้ใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนในระบบปรับอากาศ เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างลมกลับและอากาศใหม่ ตัวแปรที่ถูกศึกษาคือ อัตราส่วนอัตราการไหลของลมกลับและอากาศใหม่ ซึ่งเท่ากับ 1, 1.5 และ 2.3 โดยกำหนดให้อัตราการไหลของอากาศใหม่คงที่ซึ่งเท่ากับ 0.4 kg/m^3 อุณหภูมิทางเข้าของอากาศใหม่เพิ่มขึ้นจาก 32 ถึง 40 ºC ในขณะที่อุณหภูมิทางเข้าของลมกลับคงที่ ซึ่งเท่ากับ 26 ºC ผลจาการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศใหม่และลมกลับเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของอากาศใหม่ มากไปกว่านั้น การเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลของลมกลับทำให้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศใหม่เพิ่มขึ้นร้อยละ 20 ประสิทธิผลและการถ่ายเทความร้อน ของท่อความร้อนเพิ่มขึ้นร้อยละ 48 เมื่ออุณหภูมิทางเข้าของอากาศใหม่เท่ากับ 40 ºC นอกจากนี้ยังพบว่า การนำพลังงานกลับมาเพิ่มขึ้นร้อยละ 85 จากการใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งเพิ่มตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศใหม่ นอกจากนี้ ในปี พ.ศ. 2556 Ahmadzadehtalatapeh [10] ได้ใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนในระบบปรับอากาศของห้องสมุด การศึกษานี้ต้องการหาจำนวนแถวที่เหมาะสมที่สุดของท่อความร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ซึ่งมีจำนวน 4, 6 และ 8 แถว ผลจากการศึกษาพบว่า การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่จำนวนท่อความร้อน 8 แถว ทำให้ภาระทำความเย็นของระบบระบายอากาศด้านซ้ายและด้านขวาของห้องสมุดลดลงจาก 533.6 MWh ถึง 473 MWh และ 156.3 MWh ถึง 133.1 MWh ต่อปี ตามลำดับ การลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าคอยล์ทำความเย็นและการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศหลังคอยล์ทำความเย็นด้วยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อน สามารถประหยัดพลังงานได้ 236.9 MWh นอกจากนี้ ในปี พ.ศ. 2558 Jadhav [11] วิเคราะห์การประหยัดพลังงานเชิงทฤษฎีของระบบปรับอากาศโดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อน สำหรับสภาพภูมิอากาศในประเทศอินเดีย อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนจำนวน 6 แถว ถูกใช้แลกเปลี่ยนความร้อน

ระหว่างอากาศใหม่และลมกลับ ผลจากการศึกษาพบว่า ศักยภาพการประหยัดพลังงานสูงสุดคือ สภาพอากาศแบบร้อนแห้ง และอุ่นชื้น การประหยัดพลังงานแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ปริมาณอากาศใหม่ อุณหภูมิอากาศใหม่ อุณหภูมิลมกลับ กำลังที่ใช้ไปของเครื่องคอมเพรสเซอร์ และระยะเวลาการใช้งาน ในปี พ.ศ. 2559 Jadhav [12] ได้ใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนเพื่อศึกษาการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ โดยที่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศใหม่และลมกลับ ลักษณะของวัสดุพรุนของท่อความร้อนต่างกัน 3 แบบ คือ single wick, composite wick และการรวมกันระหว่าง Single wick และ composite wick ในขณะที่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ต่างกัน 2 แบบ คือ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อน และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหย อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนถูกติดตั้งที่เมืองต่างๆ ในประเทศอินเดียโดยแต่ละเมืองมีภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่า อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนที่วัสดุพรุนแบบ Single wick ใช้ได้ดีใน สภาพภูมิอากาศแบบอุ่นและชื้น และสภาพภูมิอากาศแบบหนาวของประเทศอินเดีย นอกจากนี้ยังพบว่า อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนที่วัสดุพรุนแบบ composite wick ใช้ได้ดีในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนและแห้ง ในปีเดียวกัน Wang และคณะ [13] ศึกษาเชิงทดลองโดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนในระบบปรับอากาศ โดยศึกษาตามสภาวะอากาศตามฤดูหนาวและฤดูร้อน ผลจากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการนำพลังงานกลับมาเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 21.8 และ 39.2 ในฤดูหนาวและฤดูร้อนตามลำดับ ในปี พ.ศ. 2559 Monirimanesh และคณะ [14] ใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในการอนุรักษ์พลังงานของระบบปรับอากาศ โดยท่อความร้อนที่ใช้ศึกษาเป็นแบบเทอร์โมไซฟอน ที่ซึ่งมี 2 และ 4 แถว สารทำงานที่ใช้ในท่อความร้อนคือ ไททาเนียมไดออกไซด์ผสมกับเมทานอล ที่ความเข้มข้น 0-4 wt% การทดลองนี้ศึกษาผลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่อประสิทธิผลของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ผลจากการทดลองพบว่า การเพิ่มขึ้นของแถวอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนส่งผลให้การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศมากขึ้น ซึ่งที่อุณหภูมิของอากาศทางเข้าเท่ากับ 45 ºC และร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์ 50-74 ความเข้มข้น 3 wt% ระบบปรับอากาศสามารถประหยัดพลังงานได้สูงสุดที่ร้อยละ 30.6-32.8 นอกจากนี้ ที่อุณหภูมิของอากาศทางเข้าในช่วง 35-50 ºC และอัตราส่วนความชื้นเท่ากับ 38 $g_{water}/kg_{dry\ air}$ ระบบปรับอากาศสามารถประหยัดพลังงานได้สูงสุดที่ร้อยละ 26.1-43.7 ในปี พ.ศ. 2560 Mahajan และคณะ[15] ศึกษาเกี่ยวกับพลังงานและการประหยัดค่าใช้จ่ายโดยการติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นในระบบปรับอากาศ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนถูกติดตั้งระหว่างอากาศใหม่และลมถ่ายออก ผลการทดลองพบว่า การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถลดอุณหภูมิของอากาศใหม่ได้ 8 ºC โดยที่ประสิทธิผลของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเท่ากับ 0.48 และความดันลดประมาณ 40 Pa การติดตั้งท่อความร้อนสามารถลดการบริโภคพลังงานในระบบปรับอากาศได้ร้อยละ 16 ต่อปี

การนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่เป็นการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มาก เนื่องจากร้อยละ 50-60 ของภาระการความเย็น (Cooling load) ในระบบปรับอากาศเกิดจากการเติมอากาศใหม่ที่ซึ่งเป็นอากาศร้อน ดังนั้น การลดอุณหภูมิของอากาศใหม่ด้วยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนสามารถช่วยประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศได้ ส่วนใหญ่ท่อความร้อนถูกใช้ในการถ่ายเทความร้อน ระหว่างอากาศใหม่และลมกลับของระบบปรับอากาศ ข้อได้เปรียบของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนคือสามารถทำงานได้โดยไม่ใช้พลังงานจากภายนอก ตัวแปรที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของประสิทธิผลของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนคืออัตราการไหลของลมกลับ นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของจำนวนแถวของท่อความร้อนทำให้พื้นที่ในการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้ภาระการทำความเย็นในห้องปรับอากาศลดลง สำหรับตัวแปรที่ควรศึกษาเพิ่มเติมในเชิงทดลอง เช่น ประเภทของสารทำงานของท่อความร้อน ผลของความดันลดของอากาศที่เกิดจากการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อน กำลังที่ใช้ไปของพัดลมและระยะเวลาคืนทุน



รูปที่ 3 การใช้ท่อความร้อนสำหรับการนำความเย็นของอากาศที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้ใหม่

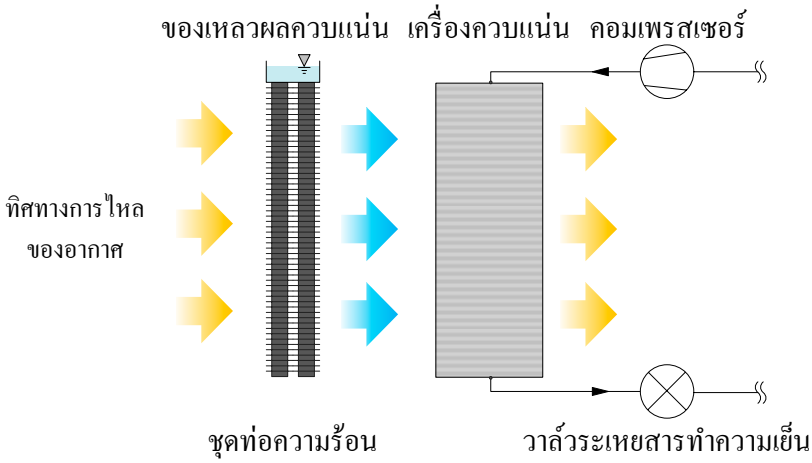
การใช้ท่อความร้อนในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ท่อความร้อนนอกจากใช้ในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่แล้ว ยังสามารถประยุกต์ใช้ในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type air conditioner) การเพิ่มสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ท่อความร้อนมีหลายแบบ เช่น การใช้ท่อความร้อนในการลดอุณหภูมิของอากาศทางเข้าเครื่องควบแน่น การใช้ท่อความร้อนในการลดความชื้น และการใช้ท่อความร้อนในการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นบริเวณท่อทางออกของคอมเพรสเซอร์ เป็นต้น ในปี พ.ศ. 2551 Alklaibi [6] ได้ประเมินความเป็นไปได้ในการติดตั้งท่อความร้อนแบบวงรอบในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ในการศึกษานี้ท่อความร้อนถูกติดตั้งในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนซึ่งมี 2 แบบ คือ ท่อความร้อนถูกติดตั้งคร่อมเครื่องระเหย (Evaporator) โดยที่ส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นของท่อความร้อนอยู่หน้าและหลังเครื่องระเหย ตามลำดับ แบบที่สองคือ ส่วนควบแน่นของท่อความร้อนอยู่หลังเครื่องระเหยและส่วนทำระเหยของท่อความร้อนอยู่หน้าเครื่องควบแน่นของเครื่องปรับอากาศ ผลการศึกษาพบว่า การติดตั้งท่อความร้อนทั้ง 2 แบบ ในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทำให้สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of performance, COP) เพิ่มขึ้นเท่ากัน อย่างไรก็ตาม ค่า COP ของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งท่อความร้อนมีค่าสูงกว่าเครื่องปรับอากาศทั่วไปประมาณ 2.1 เท่า ที่อัตราส่วนความร้อนสัมผัสของห้อง (Room sensible heat ratio, RSHR) เท่ากับ 0.55 โดย COP ลดลงเมื่อ RSHR เพิ่มขึ้น นอกจากนี้แนวคิดเกี่ยวกับการใช้ท่อความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิของอากาศทางเข้าเครื่องควบแน่นถูกนำเสนอโดย Naphon [16] เมื่อปี พ.ศ. 2553 เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการศึกษานี้มีขนาดการทำความเย็นเท่ากับ 12,000 Btu/h ชุดท่อความร้อนที่ใช้ศึกษามี 3 แบบ คือ 1, 2 และ 3 แถว ซึ่งถูกติดตั้งที่บริเวณช่องอากาศทางเข้าเครื่องควบแน่นของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนดังรูปแสดงที่ 4 อากาศที่มีสภาวะร้อนชื้นจะถ่ายเทความร้อนให้กับท่อความร้อนที่ส่วนทำระเหย และถ่ายเทความร้อนออกที่ส่วนควบแน่น โดยที่ส่วนควบแน่นถูกระบายความร้อนออกด้วยน้ำที่ซึ่งถูก

กำหนดให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของของเหลวผลควบแน่น (Condensate) จากคอยล์เครื่องระเหย (Evaporator coil) ท่อความร้อนทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของอากาศ ก่อนไหลเข้าไประบายความร้อนที่เครื่องควบแน่น ผลจากการศึกษาพบว่า กำลังที่ใช้ไปของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดท่อความร้อนน้อยกว่าเครื่องปรับอากาศที่ไม่ติดตั้งชุดท่อความร้อนเนื่องจากผลทำความเย็น (Refrigerating effect) ของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดท่อความร้อนสูงกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องปรับอากาศที่ไม่ติดตั้งชุดท่อความร้อน นอกจากนี้ยังพบว่า การติดตั้งชุดท่อความร้อนทำให้ COP และประสิทธิภาพการให้ความเย็น (Energy efficiency ratio, EER) ของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้น โดยที่ท่อความร้อนจำนวน 3 แถวมีค่า COP และ EER สูงสุด เนื่องจากการลดอุณหภูมิของอากาศทางเข้าเครื่องควบแน่นทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศทางเข้าและคอยล์เครื่องควบแน่นเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้ส่งผลให้เครื่องควบแน่นสามารถระบายความร้อนได้ดีขึ้น การลดอุณหภูมิของอากาศทางเข้าเครื่องควบแน่นด้วยท่อความร้อนส่งผลให้ค่า COP และ EER ของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.4 และ 17.5 ตามลำดับ นอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2554 ท่อความร้อนถูกใช้เพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนซึ่งนำเสนอโดย Supirattanakul และคณะ [17] ท่อความร้อนที่ใช้เป็นท่อความร้อนชนิดสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับ เพื่อศึกษาการบริโภคพลังงานในเครื่องปรับอากาศ ท่อความร้อนที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2.03 mm สารทำความเย็น R134a, R22 และ R502 ถูกใช้เป็นสารทำงานในท่อความร้อน ท่อความร้อนถูกติดตั้งที่ตำแหน่งก่อนและหลังคอยล์เครื่องระเหย ผลการศึกษาพบว่า การติดตั้งท่อความร้อนทำให้ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลง ส่งผลให้ COP และ EER ของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้นร้อยละ 14.9 และ 17.6 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ฟลักส์ความร้อนของท่อความร้อนเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิใช้งานของอากาศเพิ่มขึ้น โดยสารทำงานที่มีฟลักส์ความร้อนสูงสุดคือ R134a ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.19 kW/m^2 ด้วยเหตุนี้ทำให้การบริโภคพลังงานของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งท่อความร้อนลดน้อยลงเมื่อเทียบกับเครื่องปรับอากาศที่ไม่ติดตั้งท่อความร้อน การใช้ท่อความร้อนในการลดอุณหภูมิสารทำความเย็น เป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถเพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศได้ โดยในปี 2556 Siricharoenpanich และคณะ [18] ได้ใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนชนิดสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับในการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นที่ทางออกคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ท่อความร้อนในการศึกษานี้มีสารทำงานแตกต่างกัน 3 แบบ คือ R134a, R123 และ เอททานอล ตัวแปรที่เขาศึกษาคือ COP, EER และ กำลังที่ใช้ไปของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งท่อความร้อน ผลจากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิของสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องควบแน่นลดลง 8.5 °C ส่งผลให้ COP ของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจาก การลดลงของอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องควบแน่นทำให้ภาระการระบายความร้อนของเครื่องควบแน่นลดลง ด้วยเหตุนี้ส่งผลให้เครื่องควบแน่นสามารถระบายความร้อนได้ดีขึ้น มากไปกว่านั้นการลดอุณหภูมิสารทำความเย็นยังส่งผลให้อัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็นในระบบเพิ่มขึ้นทำให้ผลทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้น โดยที่ COP และ EER ของเครื่องปรับอากาศที่ท่อความร้อนมี R134a เป็นสารทำงาน เพิ่มขึ้นร้อยละ 21.98 และ 20.72 ตามลำดับ นอกจากนี้กำลังที่ใช้ไปของเครื่องปรับอากาศลดลงร้อยละ 5.6 เนื่องจาก อุณหภูมิของสารทำความเย็นและความดันของระบบมีค่าลดลง ส่งผลให้การใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศลดลง ในปี พ.ศ. 2560 Nethaji [19] ได้ศึกษาการลดความชื้นในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ท่อความร้อนที่ใช้ในการทดลองนี้คือ ท่อความร้อนแบบวงรอบซึ่งทำจากวัสดุทองแดง จำนวน 1, 2 และ 3 ชุด ตามลำดับ โดยท่อความร้อนถูกติดตั้งที่ตำแหน่งก่อนและหลังคอยล์เครื่องระเหย การทดลองนี้ถูกดำเนินภายใต้เงื่อนไข อุณหภูมิกระเปาะแห้งและร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศโดยรอบเท่ากับ 29 และ 72 ตามลำดับ ในขณะที่ช่วงอุณหภูมิอากาศในห้องเท่ากับ 22-26 °C และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 การทดลองนี้กำหนดให้อัตราการไหลของอากาศคงที่ ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า เครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งท่อความร้อน จำนวน 3 ชุด มีค่า COP สูงสุด ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 18-20 นอกจากนี้ยังพบว่า อุณหภูมิจุดน้ำค้างลดลงจาก 11.8 °C ถึง 8.9 °C เนื่องจากอุณหภูมิของลมกลับลดลง ด้วยเหตุนี้ส่งผลให้ความสามารถในการลดความชื้นของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 โดยที่การลดความชื้นเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของจำนวนท่อความร้อน มากไปกว่านั้น วิสัยสามารถทำให้เย็นของเครื่อง

ปรับอากาศเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 23.5

การติดตั้งชุดท่อความร้อนร่วมกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชี้ให้เห็นว่าตำแหน่งที่มีการติดตั้งท่อความร้อนมี 2 ส่วน คือ เครื่องระเหยและเครื่องควบแน่น จากงานวิจัยที่ผ่านมาการติดตั้งท่อความร้อนที่เครื่องระเหยถูกใช้ในการลดภาระการทำความเย็นซึ่งท่อความร้อนถูกติดตั้งที่ก่อนและหลังคอยล์เครื่องระเหย ในส่วนของการติดตั้งท่อความร้อนที่เครื่องควบแน่น พบว่า ท่อความร้อนถูกใช้ในการลดอุณหภูมิของอากาศทางเข้าเครื่องควบแน่นและลดอุณหภูมิของสารทำความเย็น จากการติดตั้งท่อความร้อนที่เครื่องควบแน่นทำให้ผลทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้นเนื่องจากเมื่อเครื่องควบแน่นระบายความร้อนดีขึ้นส่งผลให้อัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้กำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปของเครื่องปรับอากาศมีค่าลดลง เนื่องจากอุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็นลดลงส่งผลให้ภาระงานของคอมเพรสเซอร์ลดลง สำหรับตัวแปรที่มีความสำคัญและควรศึกษาเพิ่มเติม คือ จำนวนท่อความร้อน ขนาดท่อความร้อน ประเภทของสารทำงานภายในท่อความร้อน และ ประเภทของท่อความร้อน



รูปที่ 4 การใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิของอากาศทางเข้าเครื่องควบแน่นในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

สรุป

ท่อความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่มีความโดดเด่นด้านการถ่ายเทความร้อน ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ท่อความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้ระบบปรับอากาศทำงานได้ดีขึ้น เช่น คอยล์ทำความเย็นสามารถลดความชื้นเพิ่มมากขึ้น รวมถึงการบริโภคพลังงานในระบบปรับอากาศลดลง ดังนั้น การประยุกต์ใช้ท่อความร้อนอย่างเหมาะสมสามารถเพิ่มสมรรถนะของระบบปรับอากาศได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Gaugler, R.S., 1944, Heat Transfer Device, US Patent 2350348.

2. Pipatpaiboon, N., Rittidech, S. and Paramatthanuwat, T., 2013, "Heat Transfer Characteristics of Oscillating Heat Pipes," *KMUTT Research and Deve-lopment Journal*, 36 (2), pp. 259-270.

3. Wu, X.P., Johnson, P. and Akbarzadeh, A., 1997, "Application of Heat Pipe Heat Exchangers to Humidity Control in Air-conditioning Systems," *Applied Thermal Engineering*, 17 (6), pp. 561-568.

4. Wan, J. W., Zhang, J.L. and Zhang, W.M., 2007 "The Effect of Heat-Pipe Air-handling Coil on Energy Consumption in Central Air-conditioning System," *Energy and Buildings*, 39 (9), pp. 1035-1040.

5. Yau, Y. H., 2007, "Application of a Heat Pipe Heat Exchanger to Dehumidification Enhancement in a HVAC System for Tropical Climates-a baseline Performance Characteristics Study," *International Journal of Thermal Sciences*, 46, pp. 164–171.

6. Alklaibi, A.M., 2008 "Evaluating the Possible Configurations of Incorporating the Loop Heat Pipe into the Air-conditioning Systems," *International Journal of Refrigeration*, 31 (5), pp. 807-815.

7. Guo, Z.J., Shao, J., Li, X.H., Wang, W. and Tian, X.L., 2016, "Application of Pump-assisted Separate Heat Pipe on Dehumidifying Enhancement in Air Conditioning System," *Applied Thermal Engineering*, 98, pp. 374-379.

8. Matinez, F.J.R., Plasencia, M.A. A.G., Gómez, E.V., D´ıez, F.V. and Mart´ın, R.H., 2003, "Design and Experimental Study of a Mixed Energy Recovery System, Heat Pipes and Indirect Evaporative Equipment for Air Conditioning," *Energy and Buildings*, 35, pp. 1021–1030.

9. El-Baky, M.A.A. and Mohamed, M.M., 2007, "Heat Pipe Heat Exchanger for Heat Recovery in Air Conditioning," *Applied Thermal Engineering*, 27 (4), pp. 795-801.

10. Ahmadzadehtalatapeh, M., 2013, "An Air-conditioning System Performance Enhancement by Using Heat Pipe Based Heat Recovery Technology," *Scientia Iranica*, 20 (2), pp. 329-336.

11. Jadhav, T.S. and Lele, M.M., 2015, "Theoretical Energy Saving Analysis of Air Conditioning System Using Heat Pipe Heat Exchanger for Indian Climatic Zones," *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 18, pp. 669-673.

12. Jadhav, T.S. and Lele, M.M., 2016, "Analysis of Annual Energy Savings in Air Conditioning Using Different Heat Pipe Heat Exchanger Configurations Integrated with and Without Evaporative Cooling," *Energy*, 109, pp. 876-885.

13. Wang, H., Zhou, S. and Ren wang, Z.W., 2016, "A Study of Secondary Heat Recovery Efficiency of a Heat Pipe Heat Exchanger Air Conditioning System," *Energy and Buildings*, 133, pp. 206-216.

14. Monirimanesh, N., Nowee, S.M., Khayyami, S. and Abrishamchi, I., 2016, "Performance Enhancement of an Experimental Air Conditioning System by Using TiO_2/methanol Nanofluid in Heat Pipe Heat Exchangers," *Heat Mass Transfer*, 52, pp. 1025–1035.

15. Mahajan, G., Thompson, S.M. and Cho, H., 2017, "Energy and Cost Savings Potential of Oscillating Heat Pipes for Waste Heat Recovery Ventilation," *Energy Reports*, 3, pp. 46–53.

16. Naphon, P., 2010, "On the Performance of Air Conditioner with Heat pipe for cooling air in the condenser," *Energy Conversion and Management*, 51 (11), pp. 2362-2366.

17. Supirattanakul, P., Rittidech, S. and Bubphachot, B., 2011, "Application of a Closed-loop Oscillating Heat Pipe with Check Valves (CLOHP/CV) on Performance Enhancement in Air Conditioning System," *Energy and Buildings*, 43 (7), pp. 1531-1535.

18. Siricharoenpanich, A., Rittidech, S. and Bubphachot, B., 2014, "Performance Improvement

of Air Conditioner by Using Closed-loop Oscillating Heat Pipe with Check Valve," *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 33 (3), pp. 294-299.

19. Nethaji, N. and Mohideen, S.T., 2017, "Energy Conservation Studies on a Split Airconditioner Using Loopheat Pipes," *Energy and Buildings*, 155, pp. 215–224.