**บทความวิจัย**

*การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 3*

*Proceedings of the 3rd RMUTP Conference of Engineering and Technology*

# การเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศรถยนต์ด้วยการซับคูลสารทำความเย็นโดยน้ำที่ควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์

# Performance Enhancement Study of Automotive Air Conditioning System Using Condensated Water from Evaporator

**ศิริพล ทองอ่อน[1] พิเชษฐ์ บุญญาสัย[1] จันทิมา ริ้วลายเงิน[1] วิชยา อาภาเวท[1]**

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: siripol.t@rmutp.ac.th

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศรถยนต์แบบปกติ และระบบปรับอากาศรถยนต์แบบติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยใช้น้ำที่เกิดจากการควบแน่นที่อีวาพอเรเตอร์เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์บริเวณทางออกของคอนเดนเซอร์ ซึ่งทำให้อุณหภูมิของสารทำความเย็นต่ำลง โดยความยาวท่อในชุดอุปกรณ์ที่ได้จากการคำนวณ 1.2 m และท่อทองแดงเส้นที่สองเป็นการเพิ่มความยาวจากท่อที่คำนวณเพื่อเปรียบเทียบโดยมีความยาว 1.6 m ในการทดสอบใช้ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ 1,000, 1,500, 2,000 และ 2,500 rpm และใช้ความเร็วลม 20, 35 และ50 km/hr

ผลการวิจัยระบบปรับอากาศรถยนต์แบบติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้อุณหภูมิสารทำความเย็นที่ออกจากอุปกรณ์ลดลงเฉลี่ย 1.6 ºC ที่ความยาวท่อ 1.2 m และที่ความยาวท่อ 1.6 m อุณหภูมิลดลงเฉลี่ย 1.8 องศา ทำให้อุณหภูมิที่เข้าอีวาพอเรเตอร์ลดลง จึงทำให้อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 6.68% ที่ความยาวท่อ 1.2 m และ 22.24% ที่ความยาว 1.6 m อีกทั้งยังรวมไปถึงสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 6.69%ที่ความยาวท่อ 1.2 m และ 22.4% ที่ความยาว 1.6 m โดยมีปัจจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศรถยนต์คือ การทำให้สารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์มีอุณหภูมิลดลงเพื่อดึงความร้อนออกจากห้องโดยสารผ่านอีวาพอเรเตอร์ได้สูงขึ้น

คำสำคัญ: ระบบปรับอากาศรถยนต์, ซับคูล, น้ำที่ควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์

## Abstract

The purpose of this research is comparisons the performance of automotive air conditioning system and another one that equipped more heat exchanger in main compartment. Condensated water from evaporator are medium in heat transfer. Installation the heat exchanger at the outlet of the condenser causes to decrease the temperature of the refrigerant. The copper pipe lengths of heat exchanger from design 1.2 meters and 1.6 meters. Compressor speed in this experiment is 1000, 1500, 2000 and. 2500 rpm and wind speed pass through condenser 20, 35 and 50 km/hr

The results of this experiment found that automotive air conditioning system installed heat exchanger that average cooling temperature of the device dropped by 1.6 ºC at a pipe length of 1.2 m and at a pipe length of 1.6 m, the average temperature dropped by 1.8 ºC. As a result, the average energy efficiency ratio increased by 6.68% at pipe lengths of 1.2 m and 22.24% at 1.6 m in length. 6.69% at pipe lengths of 1.2 m and 22.4% at 1.6 m length. There are important factors in increasing the efficiency of the automotive air conditioning system. The cooling of refrigerant in condenser has a lower temperature to remove heat from the cabin through the evaporator.

Keywords: Automotive Air Conditioning System, Condensated Water from Cooling Coil, Subcool

## 1. บทนำ

รถยนต์มีจำนวนมากและเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว ปัจจุบันผู้ผลิตรถยนต์จะติดตั้งระบบปรับอากาศมาพร้อมกับรถยนต์อยู่แล้วจึงทำให้รถยนต์ส่วนมากมีระบบปรับอากาศอยู่ภายในแต่พลังงานที่ใช้กับรถยนต์ทั้งหมดต้องถูกใช้ไปกับระบบปรับอากาศโดยประมาณถึง 10 เปอร์เซ็นต์ ระบบปรับอากาศรถยนต์จะประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ซึ่งมีหน้าที่ดูดอัดสารทำความเย็นในสถานะก๊าซให้มีแรงดันสูงและอุณหภูมิสูงให้ไหลผ่านคอนเดนเซอร์เพื่อระบายความร้อนให้และเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวหลังจากนั้นสารทำความเย็นจะไหลผ่านอุปกรณ์ควบคุมแรงดัน (Expansion valve) เพื่อลดแรงดันและอุณหภูมิและไหลเข้าสู่อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) เพื่อทำการดูดความร้อนรอบๆท่อทำให้อีวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิต่ำแล้วใช้พัดลมเป่าอากาศผ่านอีวาพอเรเตอร์จึงทำให้

อากาศที่ออกมาสู่ห้องโดยสารมีอุณหภูมิต่ำ สารทำความเย็นที่ดูดความร้อนรอบๆท่อจนเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอและดูดกลับเข้าสู่คอมเพรสเซอร์อีก หมุนเวียนเป็นวัฏจักรตลอดเวลาที่ระบบปรับอากาศทำงาน เมื่ออากาศภายในรถยนต์มีอุณหภูมิเหมาะสมตามความต้องการของผู้ใช้แล้วเทอร์โมสตัทก็จะตัดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ทำให้คอมเพรสเซอร์หยุด

ทำงาน ในกรณีที่ครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพการทำงานดี การทำงานของคอมเพรสเซอร์จะใช้เวลาน้อยก็จะทำให้ประหยัดเชื้อเพลิง

เพื่อการประหยัดเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนระบบปรับอากาศรถยนต์นั้นต้องเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศรถยนต์ให้สูงขึ้นกว่าที่ใช้งานอยู่ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดใช้น้ำที่ควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์ซึ่งจากการทดสอบเบื้องต้นพบว่ามีอุณหภูมิ 18 – 20 ºC มาทำการชับคูลสารทำความเย็นที่ออกมาจากคอนเดนเซอร์อุณหภูมิประมาณ 45 ºC โดยการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นกับน้ำที่ควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์ เมื่อมีการชับคูลของสารทำเย็นมากขึ้นทำให้ความสามารถในการทำความเย็นเพิ่มขึ้นจึงทำให้ประสิทธิภาพในการปรับอากาศเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย โดยไม่มีการใช้อุปกรณ์อื่นๆ

## 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทฤษฎีการออกแบบ

### 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

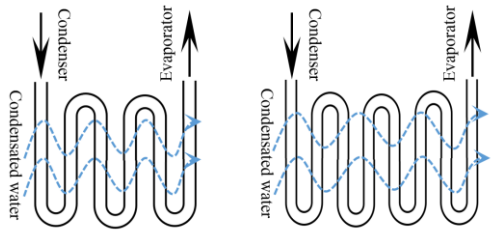
งานวิจัยของ Samaneh และคณะ [1] ที่เปรียบเทียบสารทำความเย็น 2 ประเภท คือ HFO-1234yf และ HFC-134a โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการพิจารณาสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของระบบปรับอากาศรถยนต์ ด้วยเงื่อนไขการทดสอบ 2 ประการ คือ การควบคุมอัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็นและปริมาณสารทำความเย็นคงที่ สรุปว่า สารทำความเย็น HFO-1234yf มีสัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนความร้อนน้อยกว่า 18-21% ในขณะที่ความดันที่ลดลงในกระบวนการควบแน่นต่ำกว่า 20-24% ตามลำดับ ในขณะที่งานวิจัยของ Baosheng และคณะ [2] ศึกษาด้านการเลือกวัสดุในระบบดูดซับความเย็น adsorption system CPO-27 (Ni) metal-organic ผลงานวิจัยสะท้อนให้เห็นการใช้วัสดุดังกล่าว สามารถสร้างกำลังการทำความเย็นจำเพาะ (SCP) ได้สูงถึง 440 W/kg และสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) มีค่า 0.456 ภายใต้อุณหภูมิ 130 $^0$C จากการนำแก๊สไอเสียของรถยนต์มาประยุกต์ใช้ นอกเหนือจากนี้ การศึกษาด้านการควบคุมระบบปรับอากาศถือเป็นความนิยมอีกอย่างหนึ่งของการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปรับอากาศในรถยนต์ เช่นงานวิจัยของ Yanjun และคณะ [3] ที่ควบคุมระบบการตัดต่อการทำงานของเครื่องอัดสารทำความเย็น (A/C-R) ด้วยการพัฒนาสมรรถนะอุณหภูมิ (Temperature Performance) และการใช้พลังงาน (Energy Consumption) จากการควบคุมความเร็วรอบเครื่องอัดสารทำความเย็น ผลการวิจัยเปิดเผยให้เห็นว่า Model Predictive Controller (MPC) ที่ได้ออกแบบมาสามารถลดการใช้พลังงานได้สูง 23% ด้วยการเปรียบเทียบเทียบผลภาระการทำความเย็นที่ความเร็วรอบต่างๆ กันของเครื่องอัดสารทำความเย็น

### 2.1 ระบบปรับอากาศรถยนต์

ระบบปรับอากาศในรถยนต์หมายถึง เครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอยู่ในรถยนต์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับปรับอากาศในรถยนต์ เพื่อความสบายทำหน้าที่ปรับอุณหภูมิในห้องโดยสารรถยนต์ให้ต่ำลง เครื่องปรับอากาศยังเป็นอุปกรณ์สำหรับรักษาอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในห้องให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม เมื่ออุณหภูมิภายในห้องสูงขึ้นความร้อนจะถูกดึงออกมาเพื่อให้อุณหภูมิลดลง (เรียกว่าการทำความเย็น) และในทางกลับกัน เมื่ออุณหภูมิภายในห้องลดลงความร้อนก็จะถูกจ่ายออกมา เพื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้น (เรียกว่า การทำความร้อน) ดังนั้นความชื้นที่อยู่ในอากาศจะถูกเพิ่มหรือลดลงเพื่อควบคุมระดับความชื้นของอากาศให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม ดังนั้น เครื่องปรับอากาศจึงเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นประกอบไปด้วยเครื่องทำความเย็น เครื่องทำความร้อน เพื่อเป็นตัวควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในห้องโดยสาร

### 2.3 การออกแบบติดตั้งชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

การระบายความร้อนให้กับเครื่องปรับอากาศรถยนต์โดยการนำน้ำจากการควบแน่น พบว่าสามารถกระทำได้ 2 ตำแหน่ง คือ สารทำความเย็นออกจากคอมเพรสเซอร์ และ สารทำความเย็นออกจากคอนเดนเซอร์ ซึ่งตำแหน่งที่สารทำความเย็นออกจากคอมเพรสเซอร์นั้นจะติดตั้งชุดอุปกรณ์ได้ยากกว่า เนื่องจากมีพื้นที่การติดตั้งที่น้อยและในห้องเครื่องยนต์มีอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง ทำให้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเกิดการสูญเสียประสิทธิภาพ สำหรับตำแหน่งท่อสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์และมีระยะห่างจากอีวาพอเรเตอร์จำกัด ดังนั้นจึงเลือกตำแหน่งที่ท่อสารทำความเย็นออกจากคอนเดนเซอร์ โดยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแสดงดังรูปที่ 1



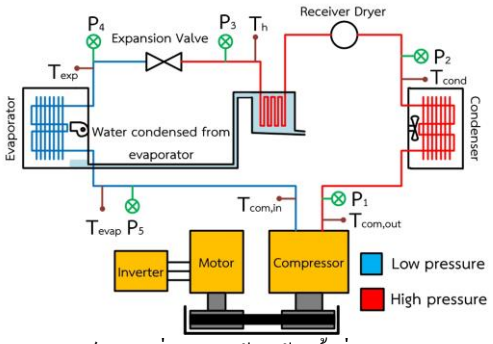

รูปที่ 1 ชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนของระบบปรับอากาศรถยนต์ที่ความยาวท่อแตกต่างกัน

การออกแบบใช้ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 0.00952 m ความยาว 1.11 m โดยการดัดให้อยู่ในชุดอุปกรณ์ความสูงชั้นเดียว เนื่องจากปริมาณน้ำที่เกิดจากการควบแน่นน้อยทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงเร็วขึ้น ซึ่งจะทำให้การถ่ายเทความร้อนได้ไม่ดี โดยทำการสร้างชุด

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนำท่อมาขดเป็น 3 ขดมีความยาวท่อขนาด 1.2 m และได้ทำการเพิ่มจำนวนขดท่อเป็นจำนวน 4 ขดโดยมีความยาวท่อสูงสุดเป็น 1.6 m เพราะว่าพื้นที่ในการติดตั้งชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีขนาดที่จำกัด จึงเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของระบบปรับอากาศแบบปกติและแบบมีชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ความยาวท่อต่างกัน

## 2.4 ตัวแปรและการทดสอบ

การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศในรถยนต์พิจารณาจากตัวแปร ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (rpm.), ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถยนต์ (v) โดยการออกแบบจากการศึกษาและการทดสอบนั้นจะเก็บข้อมูลและผลการทดสอบจากตัวแปร อุณหภูมิภายในห้องโดยสาร ($T_r$), อุณหภูมิภายนอกตัวรถ ($T_o$), อุณหภูมิหลังออกจากคอนเด็นเซอร์ ($T_{cond}$), อุณหภูมิหลังออกจากชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ($T_h$), อุณหภูมิออกจากคอมเพรสเซอร์ ($T_{c,o}$), อุณหภูมิกลับเข้าคอมเพรสเซอร์ ($T_{c,i}$), อุณหภูมิออกจากเอ็กเพนชันวาล์ว ($T_{exp}$), เปอร์เซ็นต์ความชื้นของอากาศภายนอก ($RH_o$), เปอร์เซ็นต์ความชื้นของอากาศที่ออกจากอีวาพอเรเตอร์ ($RH_s$), เปอร์เซ็นต์ความชื้นของอากาศที่ดูดเข้าอีวาโปเรเตอร์ ($RH_{re}$) ยังรวมไปถึงความดันที่เป็นตัวแปรในการเก็บข้อมูล ความดันออกจากคอมเพรสเซอร์ ($P_1$), ความดันออกจากคอนเด็นเซอร์ ($P_2$), ความดันออกจากชุดอุปกรณ์ ($P_3$), ความดันออกจากเอ็กเพนชันวาล์ว ($P_4$), ความดันออกจากอีวาโปเรเตอร์ ($P_5$) เพื่อนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพในการเปรียบเทียบระบบปรับอากาศรถยนต์แบบปกติกับแบบมีชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ความยาวท่อจากการคำนวณ

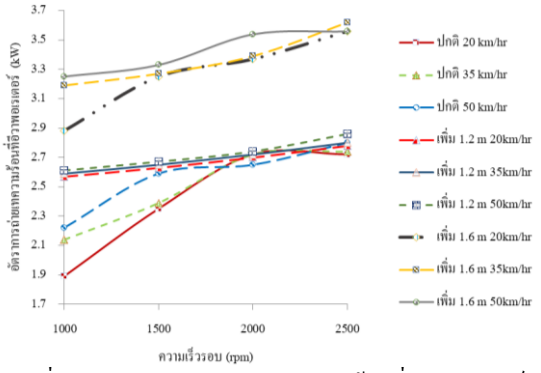



รูปที่ 2 ชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนด้วยน้ำที่ควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์

## 3. ผลการทดสอบ

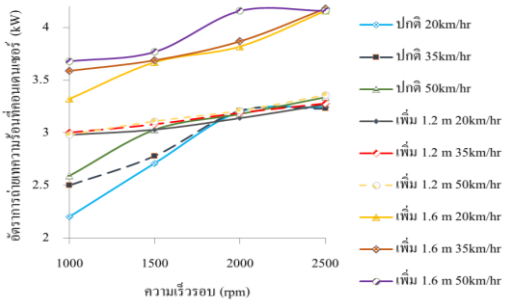
การทดสอบเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศรถยนต์โดยใช้สารทำความเย็น R134-a ระหว่างระบบปรับอากาศปกติกับระบบปรับอากาศที่ติดตั้งชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้น้ำที่ควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์ตามรูปที่ 2 เมื่อนำผลการทดสอบมาคำนวณ และวิเคราะห์เปรียบเทียบตัวแปรที่สำคัญของเครื่องปรับอากาศรถยนต์แบบปกติ และแบบติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ที่ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ 1,000, 1,500, 2,000 และ 2,500 rpm และความเร็วลม 20, 35 และ 50 km/hr ตามลำดับ

จากรูปที่ 3 การเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็นที่อีวาพอเรเตอร์ของระบบปรับอากาศรถยนต์ โดยแบบปกติจะมีค่าต่ำสุด 1.89 kW ที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm ความเร็ว 20 km/hr และค่าสูงสุดที่ได้ 2.80 kW ที่ความเร็วรอบ 2,500 rpm ความเร็ว 50 km/hr และแบบติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้ท่อยาว 1.2 mจะมีค่าต่ำสุด 2.57 kW ที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm ความเร็ว 20 km/hr และค่าสูงสุดที่ได้ 2.86 kW ที่ความเร็วรอบ 2,500 rpmความเร็ว 50 km/hr และที่ความยาวท่อ 1.6 mจะมีค่าต่ำสุด 2.88 kW ที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm ความเร็ว 20 km/hr และค่าสูงสุดที่ได้ 3.62 kW ที่ความเร็วรอบ 2,500 rpm ความเร็ว 35 km/hr เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้วพบว่าที่แบบติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนโดยมีความยาวท่อ 1.6 m มีอัตราการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุดและที่ความยาวท่อ 1.2 m จะมีผลรองลงมา เนื่องจากสารทำความเย็นถูกลดอุณหภูมิก่อนเข้าสู่เอ็กซ์แพนชันวาล์วทำให้เกิดการดูดซับความร้อนภายในห้องโดยสารเพิ่มสูงขึ้นกว่าระบบปกติ

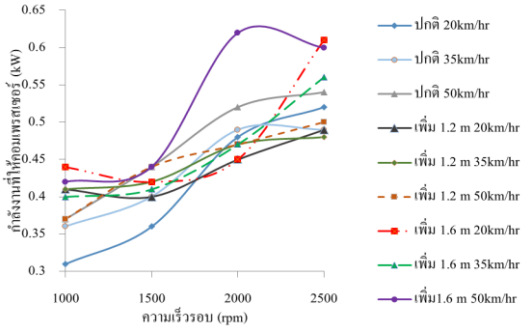



รูปที่ 3 การทดสอบอัตราการถ่ายเทความร้อนที่อีวาพอเรเตอร์

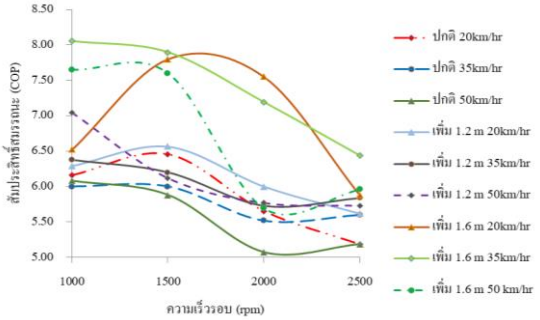
อัตราการถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็นที่คอนเดนเซอร์ของระบบปรับอากาศรถยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยแบบปกติจะมีค่าต่ำสุด 2.20 kW ที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm ความเร็ว 20 km/hr และค่าสูงสุดที่ได้ 3.34 kW ที่ความเร็วรอบ 2,500 rpm ความเร็ว 50 km/hr และแบบติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้ท่อยาว 1.2 mจะมีค่าต่ำสุด 2.98 kWที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm ความเร็ว 20 km/hr และค่าสูงสุดที่ได้ 3.36 kW ที่ความเร็วรอบ 2,500 rpm ความเร็ว 50 km/hrและที่ความยาวท่อ 1.6 mจะมีค่าต่ำสุด 3.32 kW ที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm ความเร็ว 20 km/hr และค่าสูงสุดที่ได้ 4.18 kW ที่ความเร็วรอบ 2,500 rpm ความเร็ว 35 km/hr เมื่อเปรียบเทียบกันพบว่าที่แบบติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนโดยมีความยาวท่อ 1.6 m มีอัตราการถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็นได้ดีที่สุดและความยาวท่อ 1.2 m มีผลต่ำลงมา เนื่องจากสารทำความเย็นถูกลดอุณหภูมิก่อนที่จะออกจากคอนเดนเซอร์ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็นจากไอกลายเป็นของเหลว




รูปที่ 4 ผลการทดสอบอัตราการถ่ายเทความร้อนที่คอนเดนเซอร์




รูปที่ 5 กำลังงานที่ให้กับคอมเพรสเซอร์




รูปที่ 6 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ

จากรูปที่ 5 กำลังงานที่ให้กับคอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศรถยนต์ โดยแบบปกติจะมีค่าต่ำสุด 0.31 kW ที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm ความเร็ว 20 km/hr และค่าสูงสุดที่ได้ 0.52 kW ที่ความเร็วรอบ 2,500 rpm ความเร็ว 20 km/hr. กรณีแบบติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้ท่อยาว 1.2 m จะมีค่าต่ำสุด 0.37 kW ที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm ความเร็ว 50 km/hr ค่าสูงสุดที่ได้ 0.5 kW ที่ความเร็วรอบ 2,500 rpm ความเร็ว 50 km/hr และที่ความยาวท่อ 1.6 m จะมีค่าต่ำสุด 0.4 kW ที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm ความเร็ว 35 km/hr ค่าสูงสุดที่ได้ 0.62 kW ที่ความเร็วรอบ 2,000 rpm ความเร็ว 50 km/hr เมื่อเปรียบเทียบกันพบว่ากรณีแบบติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนโดยมีความยาวท่อ 1.6 m ใช้กำลังงานจากคอมเพรสเซอร์สูงสุดและที่ความยาว 1.2 m ระบบปกติใช้กำลังงานคอมเพรสเซอร์ต่ำสุด เนื่องจากสารทำความเย็นที่เข้าคอมเพรสเซอร์มีสถานะเป็นไอที่มีอุณหภูมิและความดันต่ำ และเมื่อออกจากคอมเพรสเซอร์สารทำความเย็นจะมีอุณหภูมิและความดันที่สูงขึ้น

จากรูปที่ 6 การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) พบว่าความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ต่ำให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะสูง ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบปกติมีค่าสูงสุด 6.45 ที่ความเร็วรอบ 1,500 rpm ความเร็ว 20 km/hr และค่าต่ำสุดที่ได้ 5.07 ที่ความเร็วรอบ 2,000 rpm ความเร็ว 50 km/hr. กรณีติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ความยาวท่อ 1.2 m ให้ค่าสูงสุดที่ 7.05 ความเร็วรอบ 1,000 rpm ความเร็ว 50 km/hr และค่าต่ำสุดที่ 5.62 ความเร็วรอบ 2,500 rpm ความเร็ว 20 km/hr และที่ความยาวท่อ 1.6 m ให้ค่าสูงสุดที่ 8.05 ความเร็วรอบ 1,000 rpm ความเร็ว 35 km/hr และค่าต่ำสุด 5.67 ความเร็วรอบ 2,000 rpm ความเร็ว 50 km/hr เมื่อนำมาเปรียบเทียบพบว่าในความเร็วรอบต่ำค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะโดยชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ความยาวท่อ 1.6 m มีค่าสูงสุดตามด้วยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ความยาวท่อ 1.2 m ตามลำดับ

## 4. สรุป

จากการทดสอบเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนโดยใช้น้ำที่ควบแน่นจากอีวาพอเรเตอร์มีสมรรถนะเพิ่มขึ้น โดยดูได้จากค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) เมื่อเปรียบเทียบจากค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) พบว่าเครื่องปรับอากาศแบบปกติจะมีค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ยที่ 5.73 และระบบปรับอากาศแบบแลกเปลี่ยนความร้อนที่ความยาวท่อ 1.2 mจะมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเฉลี่ย 6.11 เพิ่มขึ้นจากระบบปกติ 6.69% และที่ความยาวท่อ 1.6 m มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเฉลี่ย 7.02 โดยเพิ่มขึ้นจากระบบปกติ 22.24%

## เอกสารอ้างอิง

[1] S.Daviran, A. Kasaeian, S.Golzari, O.Mahian, S.Nasirivatan and S.Wongwises, “A comparative study on the performance of HFO-1234yf and HFC-134a as an alternative in automotive air conditioning systems,” *Applied Thermal Engineering Journal.*, vol. 110, pp. 1091-1100, January 2017.

[2] B.Shi, R.AL-Dadah, S.Mohmoud, A.Elsayed, and E.Elsayed, “CPO-27 (Ni) metal-organic framework based adsorption system for automotive air conditioning,” *Applied Thermal Engineering Journal.*, vol. 106, pp. 325-333, August 2016.

[3] Y.Huang, A.Khajepour, F.Bagheri, and M.Bahrami, “Optimal energy-efficient predictive controllers in automotive air-conditioning/refrigeration systems,” *Applied Energy Journal.*, vol. 184, pp. 605-618, December 2016.