การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

การศึกษาการออกแบบเครื่องระเหยก๊าซปิโตรเลียมเหลวแบบใช้ความร้อนจากอากาศ

A study the evaporator design for liquid petroleum gas by ambient heat

ธนาพล สุขชนะ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000
ติดต่อ: โทรศัพท์: (662) 9756999 ต่อ 166, โทรสาร: (662) 9796728
E-mail: ton0019@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาการออกแบบเครื่องระเหยก๊าซปิโตรเลียมเหลวแบบใช้ความร้อนจากอากาศ เพื่อศึกษาวิธีการทำระเหยของก๊าซเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ที่ไม่มีหม้อน้ำ ในการออกแบบสร้างอุปกรณ์ทดลองจะอ้างอิงเครื่องยนต์ขนาด 850 cc สร้างอีวาโปเรเตอร์ด้วยท่อทองแดง ในการทดลองอัตราการไหลเชิงมวลอากาศเท่ากับ 2.7 kg/min อัตราการไหลเชิงมวล LPG เท่ากับ 0.024, 0.087 และ 0.178 kg/min ความดันในอีวาโปเรเตอร์ขณะทดลองเท่ากับ 1 บาร์เกจ จากการทดลองพบว่าการใช้อีวาโปเรเตอร์เป็นเครื่องระเหย LPG สามารถทำได้โดยต้องออกแบบความยาวท่อให้เหมาะสมอากาศจะต้องมีอุณหภูมิและอัตราการไหลเชิงมวลที่มากพอเพื่อให้ได้ LPG ที่มีอุณหภูมิพอเหมาะกับการเผาไหม้ของเครื่องยนต์

คำหลัก: แก๊ส, แอลพีจี, อีวาโปเรเตอร์, หม้อต้ม, ก๊าซเชื้อเพลิง

Abstract

This paper presents, a study the evaporator design for liquid petroleum gas (LPG) by ambient heat. How to learn LPG evaporation of the engine with no radiator. The experiments were designed to reference 850 cc engine. A evaporator fabrication with copper pipes. In experimental were performed by varying mass flow rate 0.024, 0.087, 0.178 kg/min of LPG, 2.7 kg/min of air, and control pressure in evaporator at 1 bar_{gage}. The results show, the evaporator can be use for LPG evaporation, but must be design to good temperature of the LPG for combustion in the engine.

Keywords: Gas, LPG, Evaporator, LPG Boiler, Fuel Gas

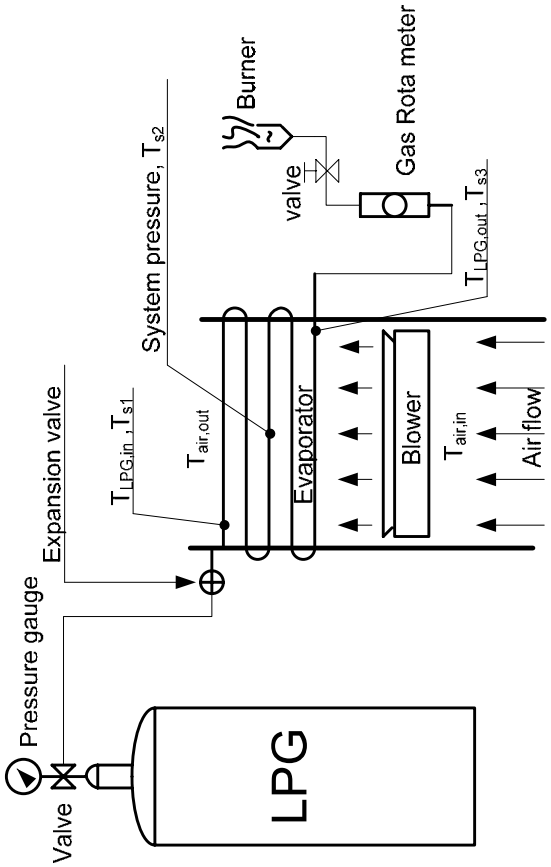
1. บทนำ

เครื่องระเหยก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ในปัจจุบันที่นิยมใช้เป็นเครื่องระเหยแบบหม้อต้ม โดยเฉพาะเป็นแบบที่ใช้ในรถยนต์ทั่วไป ซึ่งมีหลักการทำงานคล้ายๆ กับเครื่องระเหยของเครื่องปรับอากาศ โดยก๊าซ LPG ที่ถูกอัดอยู่ในถังด้วยความดันจะถูกลดความดันลงให้เหลือสูงกว่าบรรยากาศเล็กน้อย การลดความดันของก๊าซที่มีจุดเดือดต่ำนั้นจะทำให้เกิดการระเหยที่อุณหภูมิต่ำ ก๊าซจะใช้ความร้อนจากผนังและจากน้ำหล่อเย็นของรถยนต์ในการระเหย การทำให้

ก๊าซระเหยก่อนนำไปใช้งานนี้มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ หากเราให้ก๊าซ LPG เข้ากระบอกสูบในสถานะของเหลวการกลายเป็นไอของก๊าซในกระบอกสูบจะดูดเอาความร้อนจากอากาศในกระบอกสูบทำให้อุณภูมิในกระบอกสูบต่ำกว่าจุดน้ำค้างจะเป็นผลทำให้เกิดหยดน้ำขึ้นได้ในกระบอกสูบส่งผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ได้ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการทำให้เชื้อเพลิงที่เข้ากระบอกสูบมีอุณหภูมิที่พอเหมาะเพื่อความสมบูรณ์ในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง หากเราพิจารณาแล้วยังมีเครื่องยนต์อีกจำนวนมากที่ไม่มีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำโดยเฉพาะเครื่องยนต์เล็กหรือจักรยานยนต์ จึงไม่สามารถนำน้ำหล่อเย็นมาใช้ประโยชน์ในการระเหยของก๊าซได้ เพราะฉะนั้นความเป็นไปได้ของการที่จะพัฒนาการใช้เชื้อเพลิงก๊าซกับเครื่องยนต์ขนาดเล็กนั้นจะต้องมีเครื่องระเหยก๊าซ LPG ที่ใช้อากาศเป็นแหล่งความร้อนให้กับการระเหยของก๊าซแทนความร้อนจากน้ำหล่อเย็น เพื่อให้เกิดความสะดวกและความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้งานได้จริงผู้วิจัยได้คิดออกแบบการทดลองการระเหยของก๊าซปิโตรเลียมเหลว โดยเครื่องระเหยแบบใช้ความร้อนจากอากาศ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในการออกแบบสร้างและการใช้งานที่มีประสิทธิภาพ มีผู้วิจัยเกี่ยวกับเชื้อเพลิง LPG ต่าง ๆ เช่น ปนัดดา ภูอากาศ [1] ศึกษาการระเหยก๊าซปิโตรเลียมเหลวโดยใช้ความร้อนจากบรรยากาศ, บุญชัด เนติศักดิ์ [2] ได้วิจัยทดลองการนำน้ำร้อน ของเครื่องยนต์ M50 เพื่อการระเหยแก๊ส LPG, Kanit Watanavichien [3] ได้ศึกษาการเผาไหม้ของระบบเชื้อเพลิงร่วมที่ใช้ก๊าซหุงต้มในเครื่องยนต์ดีเซลชนิดห้องเผาไหม้ล่วงหน้า, ลลิตา วัฒนไกร [4] ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกอุปโภค ก๊าซ LPG สำหรับรถยนต์ส่วนบุคคล ของผู้ใช้รถยนต์ในเขต อ.เมือง จ.เชียงใหม่, ขวัญชัย ไกรทอง และ อติพงศ์ นันทพันธ์ [5] ศึกษาการประยุกต์ใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามขวาง ดัดแปลงจากคอนเดนเซอร์ระบบปรับอากาศรถยนต์ : กรณีศึกษาการดึงความร้อนทิ้งจากน้ำร้อนมาใช้อุ่นอากาศ

2. อุปกรณ์การทดลอง

2.1 อุปกรณ์และชิ้นส่วนต่าง ๆ



รูปที่ 1 ไดอะแกรมอุปกรณ์สำหรับการทดลอง

จากรูปที่ 1 อุปกรณ์ทดลองประกอบด้วย LPG tank ถังสำรับบรรจุก๊าซธรรมชาติในการทดลอง, Valve ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลจากถังบรรจุก๊าซเข้าสู่อุปกรณ์ทดลอง, Pressure gauge ทำหน้าที่บอกความดันในถังบรรจุก๊าซ, Expansion valve ทำหน้าที่ลดความดันของก๊าซแล้วฉีดเข้าใน Evaporator ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศกับก๊าซที่ถูกฉีดเข้ามาในท่อ เพื่อให้ก๊าซเดือดกลายเป็นไอ, Blower ทำหน้าที่เป่าลมเพื่อให้อากาศเป็นสารตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อน, Burner

ทำหน้าที่เป็นหัวเผาเพื่อเผาก๊าซธรรมชาติทิ้งเพื่อไม่ให้เป็นผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม, Gas Rota Meter เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดอัตราการไหลของก๊าซ, เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Thermocouple), เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger)

2.2 การทดลอง

ประกอบชุดทดลองเข้ากับถังบรรจุก๊าซเปิดวาล์วควบคุมให้ก๊าซไหลเข้าระบบตามอัตราการสิ้นเปลืองของเครื่องยนต์ซึ่งคำนวณได้จากขนาดของเครื่องยนต์ 850 cc ให้พัดลมทำงานที่อัตราการไหลเชิงมวล 2.7 kg/min วัดอุณหภูมิที่ทางเข้าของอีวาโปเรเตอร์หลัง Expansion valve ทางออกของอีวาโปเรเตอร์ อุณหภูมิอากาศเข้าและออกจากอีวาโปเรเตอร์ ควบคุมอัตราการไหลเชิงมวลของ LPG เท่ากับ 0.024, 0.087 และ 0.178 kg/min คำนวณได้จากสมการ (1) ควบคุมความดันในอีวาโปเรเตอร์ให้คงที่ 1 bar นำผลที่ได้ไปคำนวณหาค่าและวิเคราะห์ผลการทดลองต่อไป

3. ทฤษฎีและการคำนวณการทดลอง

3.1 อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศและแก๊ส

$$\dot{m} = \frac{PV}{RT} \quad (1)$$

โดยที่ $\dot{m}$ คืออัตราการไหลเชิงมวล (kg/s), P คือความดัน (N/m^2), V คือปริมาตรการไหล (m^3/s), R คือค่าคงที่ของก๊าซ (kJ/kg.K), T คืออุณหภูมิ (K)

3.2 อัตราการถ่ายเทความร้อนของอากาศ

$$Q_{air} = m_{air} C_{p,air} (T_{air,in} - T_{air,out}) \quad (2)$$

โดยที่ Q_{air} คือปริมาณความร้อน (W), m_{air} คืออัตราการไหลเชิงมวล (kg/s), $C_{p,air}$ คือค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ (kJ/kg.K), $T_{air,in}$ และ $T_{air,out}$ คืออุณหภูมิทางเข้าและทางออก (K)

3.3 อัตราการถ่ายเทความร้อนของ LPG

$$Q_{LPG} = m_{LPG} C_{p,LPG} (T_{LPG,in} - T_{LPG,out}) \quad (3)$$

โดยที่ Q_{LPG} คือปริมาณความร้อน (W), m_{LPG} คืออัตราการไหลเชิงมวล (kg/s), $C_{p,LPG}$ คือค่าความร้อนจำเพาะของ LPG (kJ/kg.K), $T_{LPG,in}$ และ $T_{LPG,out}$ คืออุณหภูมิทางเข้าและทางออก (K)

3.4 อัตราการถ่ายเทความร้อนรวม

$$Q_{ave} = \left(\frac{Q_{air} + Q_{LPG}}{2}\right) \quad (4)$$

$$h = \left(\frac{Q_{ave}}{A(T_{a,ave} - T_{s,ave})}\right) \quad (5)$$

โดยที่ Q_{ave} คือปริมาณความร้อน (W), Q_{air} คือปริมาณความร้อนของอากาศ (W), Q_{LPG} คือปริมาณความร้อนของ LPG (W), h คือสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวสัมผัส (W/m^2.K), A คือพื้นที่ผิวท่อ (m^2), $T_{s,ave}$ คืออุณหภูมิผิวท่อเฉลี่ย (K), $T_{a,ave}$ คืออุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย (K)

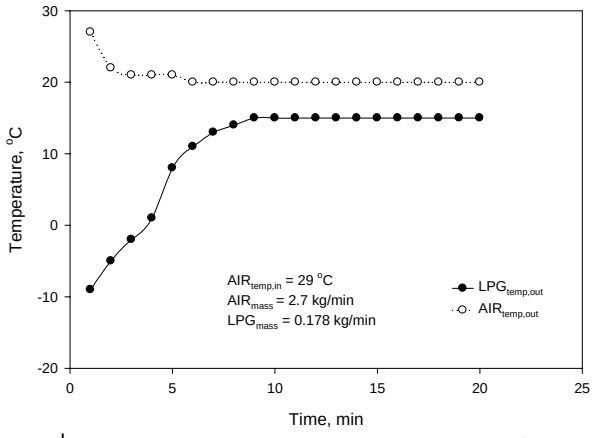
3.5 สมบัติของ LPG

ตารางที่ 1 สมบัติของก๊าซเชื้อเพลิง LPG

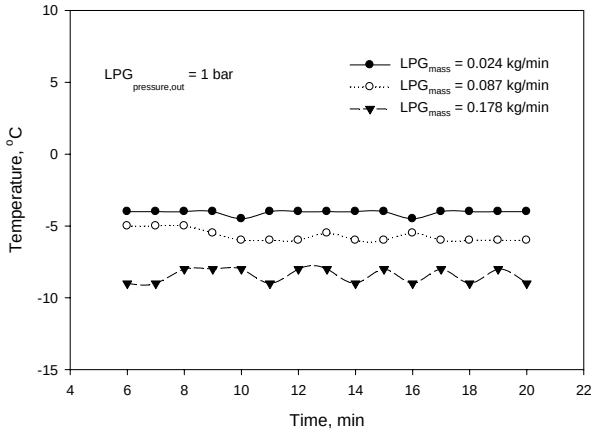
สมบัติ		LPG
สถานะปกติ		ก๊าซ (หนักกว่าอากาศ)
จุดเดือด (องศาเซลเซียส)		-50 - 0
อุณหภูมิจุดระเบิดในอากาศ (องศาเซลเซียส)		400
ช่วงติดไฟในอากาศ (ร้อยละโดยปริมาตร)	ค่าสูง	15
	ค่าต่ำ	1.5
ค่าออกเทน	RON	105
	MON	97

4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

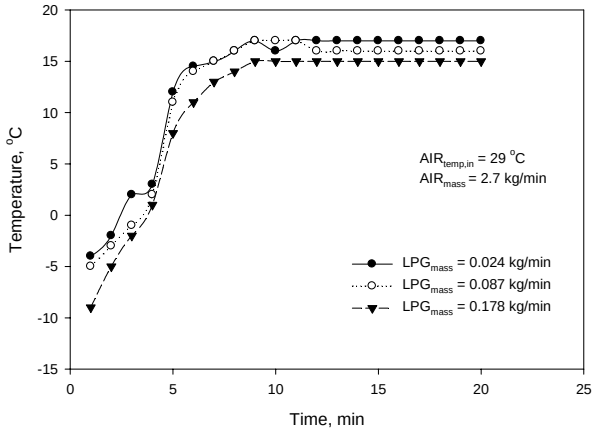
ผลของการทดสอบการต้มก๊าซ LPG ด้วย อีวาโปเรเตอร์ สามารถแสดงในรูปความสัมพันธ์ของค่าต่างๆ ที่ได้จากการทดลองและการคำนวณดังนี้



รูปที่ 2 อุณหภูมิอากาศและ LPG ทางออกอีวาโปเรเตอร์



รูปที่ 3 อุณหภูมิ LPG หลัง Expansion valve

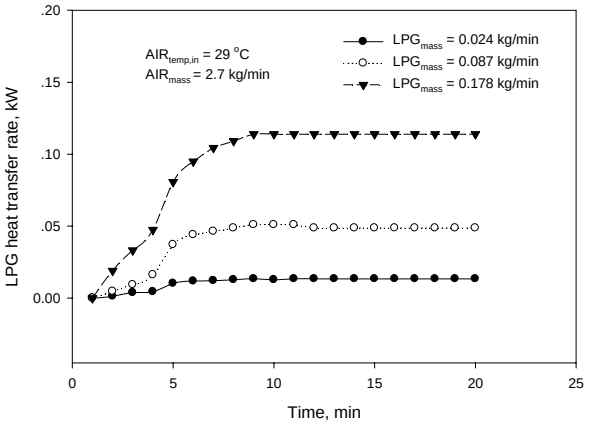


รูปที่ 4 อุณหภูมิ LPG บริเวณทางออกอีวาโปเรเตอร์

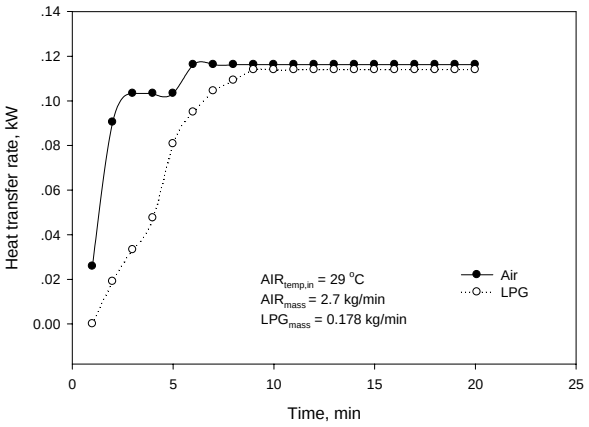
รูปที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศที่ทางออกของอีวาโปเรเตอร์ และ LPG ที่ท่อทางออก จะพบว่าอากาศ และ LPG มีการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้เวลาประมาณ 8 นาทีอุณหภูมิอากาศและ LPG จึงคงที่ แสดงให้เห็นว่าการแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่ในสภาวะคงที่ด้วยอัตราไหลเชิงมวลคงที่

รูปที่ 3 แสดงให้เห็นอุณหภูมิ LPG หลังจากถูกฉีดผ่าน Expansion valve พบว่าอุณหภูมิจะเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 6 นาที โดยที่อัตราการไหลเชิงมวลของ LPG มากจะมีจุดเดือดที่ต่ำกว่าซึ่งจะมีผลต่อการใช้ความร้อนจากอากาศในการระเหยมากขึ้น

รูปที่ 4 เป็นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของ LPG เมื่อได้รับความร้อนจากอากาศโดยใช้เวลาประมาณ 8 นาทีจึงทำให้อุณหภูมิคงที่จะพบว่าอัตราการไหลเชิงมวลของ LPG มาก อุณหภูมิที่ท่อทางออกจะต่ำกว่าซึ่งเป็นผลจากอัตราไหลเชิงมวลของอากาศคงที่ ซึ่งสามารถให้อัตราการถ่ายเทความร้อนได้คงที่



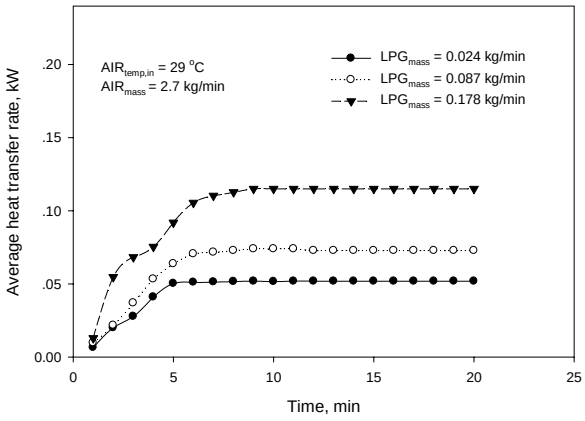
รูปที่ 5 อัตราการรับความร้อนของ LPG



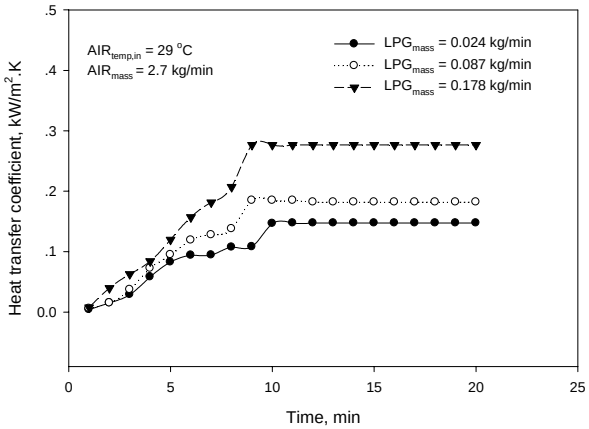
รูปที่ 6 อัตราการให้ความร้อนของอากาศและการรับความร้อนของ LPG

รูปที่ 5 แสดงอัตราการรับความร้อนจากอากาศที่ไหลผ่านอีวาโปเรเตอร์ของ LPG ที่อัตราการไหลเชิงมวลต่างกัน คำนวณได้จากสมการ (3) ซึ่งพบว่าที่อัตราการไหลเชิงมวลมากสามารถรับความร้อนได้มากตามสมการ และการแลกเปลี่ยนความร้อนของอีวาโปเรเตอร์เข้าสู่สภาวะคงที่เมื่อเวลาประมาณ 8 นาที

รูปที่ 6 เปรียบเทียบอัตราการให้ความร้อนของอากาศกับการรับความร้อนของ LPG คำนวณได้จากสมการ (2),(3) จะเห็นว่าอัตราการให้และรับความร้อนเมื่อเข้าสู่สภาวะคงที่มีค่าเข้าใกล้กัน



รูปที่ 7 อัตราการถ่ายเทความร้อนรวม



รูปที่ 8 สัมประสิทธิ์การพาความร้อน

รูปที่ 7 แสดงอัตราการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยรวมระหว่างการให้ความร้อนของอากาศและการรับความร้อนของ LPG คำนวณได้จากสมการ (4) ซึ่งได้อัตราการถ่ายเทความร้อนอยู่ในช่วงประมาณ 50-120 W ตามอัตราการไหลเชิงมวลของ LPG โดยที่อัตราการไหลเชิงมวลและอุณหภูมิของอากาศคงที่

รูปที่ 8 สัมประสิทธิ์การพาความร้อนในการออกแบบอีวาโปเรเตอร์ คำนวณได้จากสมการ (5) ซึ่งมีอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศและ LPG ตามรูปที่ 7 จะได้สัมประสิทธิ์การพาความร้อนอยู่ในช่วงประมาณ 150-280 W/m^2.K ซึ่งอัตราการไหลเชิงมวลของ LPG นั้นจะอยู่ในช่วงความเร็วรอบเดินเบา 750 rpm ถึง ความเร็วรอบสูง 5,000 rpm

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองเครื่องระเหย LPG ที่สร้างขึ้นสามารถใช้ในการระเหย LPG ให้อยู่ในรูปของไอดงได้ โดยที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 16°C และอุณหภูมิของอากาศที่ได้เฉลี่ย 21°C โดยใช้ความสัมพันธ์ของอัตราการไหลเชิงมวลตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ขนาด 850 cc และตามอัตราส่วนผสมในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง LPG กับอากาศ อุณหภูมิของ LPG ที่ได้ยังไม่เหมาะแก่การเผาไหม้ในเครื่องยนต์ การเผาไหม้ที่ดีและสมบูรณ์นั้นอุณหภูมิระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงที่เข้าห้องเผาไหม้ไม่ควรแตกต่างกันหรืออยู่ในช่วง 25-30°C หากเชื้อเพลิงมีอุณหภูมิต่ำกว่านี้อาจส่งผลให้เกิดการควบแน่นของไอน้ำในห้องเผาไหม้ ซึ่งจะเกิดผลเสียต่อการเผาไหม้และระบบจุดระเบิดของเครื่องยนต์ ทั้งนี้ในการออกแบบพัฒนาให้สามารถใช้ได้จริงและได้อุณหภูมิของ LPG ที่เหมาะสมนั้นต้องอาศัยหลักการสมดุลย์ทางความร้อนในการออกแบบความยาวท่อของอีวาโปเรเตอร์และอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศให้เหมาะสมกับอัตราการไหลเชิงมวลของ LPG ซึ่งจะเห็นได้ว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนและสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศขาเข้า โดยอุณหภูมิอากาศทั่วไปจะไม่สูงมากนักก็จะทำให้เหลือตัวแปรหลักคืออัตราไหลเชิงมวล หรือใช้วิธีเพิ่มอุณหภูมิอากาศโดยให้พัดลมดูดอากาศผ่านเครื่องยนต์ก่อนเข้าอีวาโปเรเตอร์ ด้วยหลักการน่าจะเป็นทางเลือกในการออกแบบให้สามารถใช้งานได้จริง

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณอธิการบดี และผู้บริหารมหาวิทยาลัยปทุมธานี ที่ได้พิจารณาอนุมัติสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ปนัดดา ภูอากาศ. (2549). *การระเหยก๊าซปิโตรเลียมเหลวโดยใช้ความร้อนจากบรรยากาศ*, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. คณะวิศวกรรมศาสตร์. สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี.

[2] BOONCHAT NETISAK. (2008). *Hot Water of BMW M50 Engine for LPG Vaporizer*, Lampang Rajabhat University, THAILAND.

[3] Kanit Watanavichien. (2006). *A Study on the LPG dual fuel combustion characteristics of an indirect injection compression ignition engine*, Thesis (D.Eng.) Chulalongkorn University.

[4] ลลิตา วัฒนไกร. (2549). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกอุปโภค ก๊าซ LPG สำหรับรถยนต์ส่วนบุคคล ของผู้ใช้รถยนต์ในเขต อ.เมือง จ.เชียงใหม่*, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[5] ขวัญชัย ไกรทอง และ อติพงศ์ นันทพันธ์. (2005). การประยุกต์ใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามขวางดัดแปลงจากคอนเดนเซอร์ระบบปรับอากาศรถยนต์:กรณีศึกษาการดึงความร้อนทิ้งจากน้ำร้อนมาใช้อุ่นอากาศ, *Naresuan University Journal*. 13(1). 13-23.