การศึกษาทดสอบการใช้น้ำร้อนที่ออกจากเครื่องยนต์สำหรับหม้อต้มแก๊ส LPG

An experimental study on the LPG gas boiling with the hot water was extracted from engines

ธนาพล สุขชนะ*, ประเสริฐ พันชัย และ รังสรรค์ เชียงขวาง

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการถ่ายโอนความร้อน
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี จ.ปทุมธานี 12000
*ติดต่อ: E-mail: Ton0019@hotmail.com. , Tel. +66-2975-6999; fax. +66-2979-6728.

บทคัดย่อ

การศึกษาทดสอบเชิงทดลองนี้ เป็นการใช้น้ำร้อนจากการระบายความร้อนของเครื่องยนต์ขาออกก่อนที่จะเข้าหม้อน้ำ มาเป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการเพิ่มอุณหภูมิให้แก่เชื้อเพลิงแก๊ส LPG แทนการใช้น้ำจากตัวเครื่องยนต์ที่เป็นลักษณะการติดตั้งโดยทั่วไป เพื่อศึกษาแนวทางในการแก้ไขปัญหาเรื่องการสะสมความร้อนที่สูงขึ้นของเครื่องยนต์ เมื่อเปลี่ยนระบบเชื้อเพลิงจากแก๊สโซลีนมาเป็น LPG โดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ขนาด 2,500 cc ในสภาพการขับขี่จริงเป็นเวลา 90 นาที (ระยะทางประมาณ 100–120 km) เปรียบเทียบผลการทดสอบแบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิง แบบใช้ระบบ LPG ก่อนปรับปรุง และระบบ LPG หลังการปรับปรุง โดยจะพิจารณาอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ อุณหภูมิของ LPG ที่ออกจากหม้อต้ม และอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นในอ่าง ผลการทดสอบพบว่าการปรับปรุงระบบ LPG มาใช้น้ำร้อนที่ออกจากเครื่องยนต์เป็นแหล่งพลังงานในการทำระเหย LPG เป็นผลทำให้การสะสมความร้อนของเครื่องยนต์ลดลง โดยพบว่าอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นลดลงเฉลี่ย 5–8 °C โดยที่อุณหภูมิของแก๊ส LPG ที่ออกจากหม้อต้มสูงกว่าระบบเดิมเล็กน้อยซึ่งเป็นผลดีต่อการเผาไหม้

คำหลัก: LPG; ก๊าซรถยนต์; หม้อต้ม LPG; น้ำมันหล่อลื่น; เครื่องยนต์

Abstract

This experiment study aimed to investigate the method for solve an overheat problem of the engine. When changing the fuel system from gasoline to LPG. The cooling water that it extracted from engines was used to heat source for LPG boiling. While the typical installation LPG fuel system it will be using cooling water from side engine for LPG boiling. The design of experimental system was used for 2,500 cc gasoline engine and real driving in 90 minutes (distance of about 100–120 km). The experiments were carried out with liquid fuel system, LPG fuel system before modified and LPG fuel system after modified. The temperature of outlet cooling water, temperature of LPG boiled and oil temperature in oil pan were measured. The results showed that the improvement of LPG system which using hot water extracted from engine as a heat source for LPG evaporated was resulted in decrease of overheat problem of the engine. It was also found that the temperature of lubricant was

reduced average about 5—8 °C, while the LPG boiled temperature was slightly higher than that of the conventional system, which is a good for combustion.

Keywords: LPG, Fuel gas, LPG boiling, Lubricant, Engine

1. บทนำ

เครื่องยนต์ที่มีการดัดแปลงเพื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซ ไม่ว่าจะเป็น LPG หรือ CNG ก็ตาม มักประสบปัญหาเรื่องความร้อนของเครื่องยนต์สูงกว่าปกติ อายุการใช้งานน้ำมันหล่อลื่นสั้นลง พัดลมระบายความร้อนหม้อของหม้อน้ำทำงานหนักตลอดเวลา เนื่องจากการดัดแปลงเครื่องยนต์นั้น มีความจำเป็นต้องใช้น้ำในระบบเดียวกันกับระบบระบายความร้อนเพื่อทำระเหยก๊าซเชื้อเพลิง เนื่องจากมีอัตราการเผาไหม้สูงจึงต้องส่งเชื้อเพลิงจากถังเก็บมาในรูปของของเหลว และต้องลดแรงดันลงให้เป็นแรงดันบรรยากาศก่อนป้อนให้แก่เครื่องยนต์ การลดแรงดันจากแรงดันสูงเป็นแรงดันต่ำนั้น จะทำให้ก๊าซเชื้อเพลิงเกิดการเดือดที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งการเดือดของก๊าซจะต้องอาศัยความร้อนป้อนให้ โดยความร้อนที่ป้อนให้นั้นได้มาจากระบบระบายความร้อนของเครื่องยนต์ จึงส่งผลให้อัตราการไหลของน้ำในการระบายความร้อนสำหรับเครื่องยนต์ลดลง เป็นผลให้เกิดการสะสมความร้อนสูงขึ้น ทำให้เกิดผลเสียต่ออุปกรณ์และระบบการทำงานของเครื่องยนต์ มีผู้ที่ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเชื้อเพลิง LPG ต่างๆ เช่น [1] ศึกษาการระเหยก๊าซปิโตรเลียมเหลวโดยใช้ความร้อนจากบรรยากาศ [2] ทดลองการนำน้ำร้อนของเครื่องยนต์ M50 เพื่อการระเหยแก๊ส LPG [3] ได้ศึกษาการเผาไหม้ของระบบเชื้อเพลิงร่วมที่ใช้ก๊าซหุงต้มในเครื่องยนต์ดีเซลชนิดห้องเผาไหม้ล่วงหน้า [4] ศึกษาการตัดสินใจเลือกอุปโภค ก๊าซ LPG สำหรับรถยนต์ส่วนบุคคล [5] ศึกษาการประยุกต์ใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามขวาง ดัดแปลงจากคอนเดนเซอร์ระบบปรับอากาศรถยนต์ [6] ทดสอบการระเหยของ LPG โดยเครื่องระเหยแบบใช้ความร้อนจากอากาศ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ในการออกแบบสร้างและการใช้งานที่มีประสิทธิภาพ

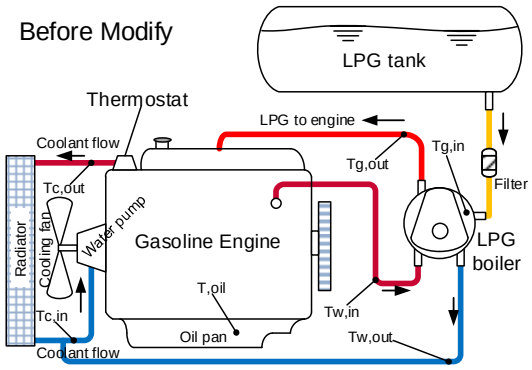
ความจำเป็นที่จะต้องต้ม LPG เนื่องจากการเผาไหม้มีความจำเป็นที่จะต้องทำให้เชื้อเพลิงที่ป้อนเข้ากระบอกสูบมีอุณหภูมิที่พอเหมาะเพื่อความสมบูรณ์ในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในกระบอกสูบ ซึ่ง LPG เหลวที่ไหลออกจากถังบรรจุด้วยแรงดันประมาณ 6 บาร์ ผ่านกรองไปยังหม้อต้ม ผ่านวาล์วลดแรงดันทำให้แรงดันลงเหลือประมาณ 2 บาร์ เพื่อจ่ายเป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์ การลดแรงดันของ LPG นั้นเป็นผลทำให้อุณหภูมิอิ่มตัวของ LPG ลดลงเหลือประมาณ —5 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิต่ำกว่าจุดน้ำค้าง (Dew point) ไม่เหมาะสมที่จะผสมกับอากาศแล้วเผาไหม้ในกระบอกสูบ จึงมีความจำเป็นต้องให้ความร้อนแก่ LPG เพื่อให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำ ภายในเครื่องระเหยแก๊สปิโตรเลียมเหลว ในปัจจุบันนิยมใช้เป็นเครื่องระเหยแบบหม้อต้ม ซึ่งเป็นแบบที่ใช้ในรถยนต์ทั่วไปการทำระเหยนั้นจะอาศัยความร้อนจากน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์

การติดตั้งระบบหม้อต้ม LPG ทั่วไปมักจะไม่คำนึงถึงผลกระทบต่อการระบายความร้อนให้กับเครื่องยนต์ ซึ่งจากการสำรวจพบว่า การติดตั้งส่วนใหญ่มักจะใช้น้ำร้อนจากบริเวณข้างเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นผลทำให้น้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์ระบายความร้อนของเครื่องยนต์ได้น้อยลง จึงเกิดการสะสมของความร้อนและเป็นสาเหตุของความเสียหายในชิ้นส่วนต่างๆ รวมถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์อีกด้วย เพื่อให้สามารถระบุสาเหตุที่ชัดเจนของการสะสมความร้อนของเครื่องยนต์เมื่อมีการปรับปรุงมาใช้เชื้อเพลิง LPG จึงทำการทดสอบเปรียบเทียบเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข และการประยุกต์ใช้อุปกรณ์อื่นๆ สำหรับทำระเหย LPG ที่เหมาะสมโดยไม่ต้องใช้ระบบน้ำหล่อเย็น

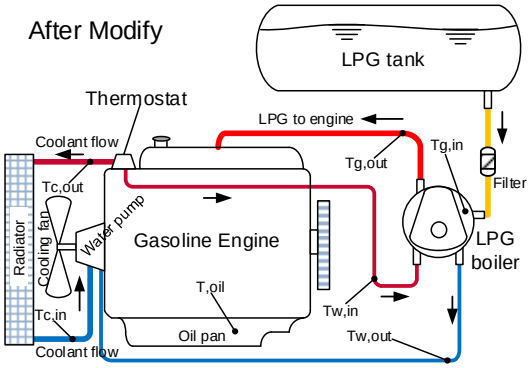
2. การทดลอง

2.1 อุปกรณ์ทดลอง

อุปกรณ์ในการทดลองประกอบด้วยเครื่องยนต์ 6 สูบ ขนาด 2500 cc ระบายความร้อนด้วยน้ำ สามารถใช้เชื้อเพลิงได้ 2 ระบบ โดยเป็นเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน 95 และเชื้อเพลง LPG ระบบหัวฉีด โดยหม้อต้ม LPG เป็นแบบใช้ความร้อนจากน้ำหล่อเย็น ซึ่งเป็นการติดตั้งระบบ LPG จากศูนย์บริการติดตั้ง ที่ได้รับอนุญาตจากกรมการขนส่งทางบก ระบบวงจรการทำงานเป็นดังรูปที่ 1 โดย LPG เหลวไหลออกจากถังบรรจุ (LPG tank) ด้วยแรงดันประมาณ 6 บาร์ ผ่านกรอง (Filter) ไปยังหม้อต้ม ผ่านวาล์วลดแรงดันทำให้แรงดันลดลง และแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์ภายในหม้อต้ม (LPG boiler) เพื่อให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเผาไหม้ ในรูปที่ 1 นั้นเป็นระบบเดิมที่ติดตั้งมาจากศูนย์บริการติดตั้ง พบว่าน้ำร้อนที่ใช้สำหรับแลกเปลี่ยนความร้อนให้ LPG นั้นมักต่อจากบริเวณด้านข้างของเครื่องยนต์ และน้ำที่ผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนแล้วมักจะถูกต่อเข้ากับทางดูดของปั้มน้ำของเครื่องยนต์ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของเครื่องยนต์เดินไม่เรียบในขณะที่เครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ และเป็นสาเหตุของการสะสมความร้อนของชิ้นส่วนต่างๆ ที่ทำให้อายุการทำงานของชิ้นส่วนและน้ำมันหล่อลื่นสั้นลงไปด้วยเช่นกัน การปรับปรุงวงจรน้ำร้อนสำหรับหม้อต้ม LPG ดังรูปที่ 2 เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการแย่งน้ำจากเครื่องยนต์มาให้ความร้อนแก่ LPG โดยเลือกใช้น้ำร้อนจากบริเวณ Thermostat ไปจ่ายให้หม้อต้ม LPG และน้ำเย็นที่ออกจากหม้อต้มนำมาต่อเข้ากับเครื่องยนต์บริเวณจุดบายพาส (Bypass) ของปั้มน้ำหล่อเย็น เพื่อให้มีน้ำไหลเวียนในหม้อต้ม LPG และสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนได้ในขณะที่ Thermostat ยังไม่เปิดให้น้ำไหลเวียนจากเครื่องยนต์ไปยังหม้อน้ำ



รูปที่ 1 ไดอะแกรมหม้อต้ม LPG ก่อนการปรับปรุง



รูปที่ 2 ไดอะแกรมหม้อต้ม LPG หลังการปรับปรุง

2.2 การทดลองและเงื่อนไขการทดลอง

สำหรับการทดลองนั้นเป็นการทดลองเปรียบเทียบผลของระบบก่อนการปรับปรุงกับหลังการปรับปรุง โดยการขับจริงเป็นเวลา 90 นาที (ประมาณ 100—120 km) ในเงื่อนไขละ 6 ครั้ง ช่วงเช้า 3 ครั้ง และช่วงบ่าย 3 ครั้ง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาเฉลี่ยรายงานผลการทดสอบ ซึ่งเงื่อนไขการทดสอบคือ 1). ใช้เชื้อเพลิง แก๊สโซลีน 95 โดยปิดระบบ LPG ทั้งหมด 2). ใช้ระบบเชื้อเพลิง LPG ก่อนปรับปรุง และ 3). ใช้ระบบเชื้อเพลิง LPG หลังปรับปรุง

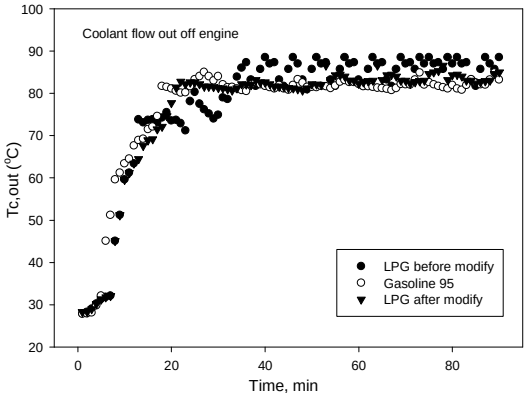
ในการทดสอบจะรายงานผลการทดสอบเป็นอุณหภูมิในตำแหน่งที่สำคัญต่างๆ พร้อมการวิเคราะห์ให้เหตุผลโดยไม่มีการคำนวณประกอบ ซึ่งจุดในการวัดอุณหภูมิมีดังนี้ (ดูรูปที่ 1,2) อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเครื่องยนต์ (Tc,in

และ Tc,out) อุณหภูมิน้ำเข้าและออกหม้อต้ม LPG (Tw,in และ Tw,out) อุณหภูมิ LPG เข้าและออกหม้อต้ม (Tg,in และ Tg,out) และอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น (T,oil) ซึ่งวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ที่มีค่าความคลาดเคลื่อน 0.1% บันทึกอุณหภูมิด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data logger) ที่มีค่าความคลาดเคลื่อน 0.1%

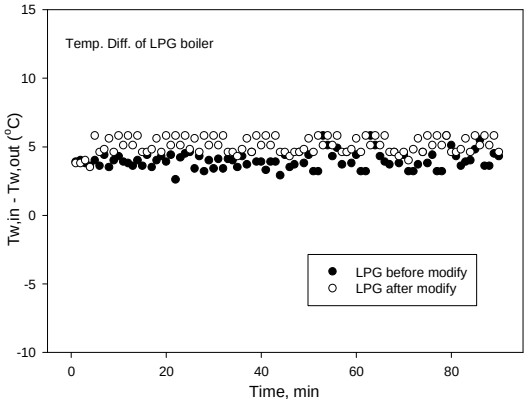
3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ไหลออกจากเครื่องยนต์ไปยังหม้อน้ำในช่วงเวลาการทดสอบ 90 นาที จากรูปจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยได้ 80 ºC เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 20 นาที ซึ่งจะเป็นอุณหภูมิที่ Thermostat เปิดให้น้ำร้อนจากเครื่องยนต์ไหลเวียนไปยังหม้อน้ำเพื่อระบายความร้อนทิ้งด้วยอากาศ และพบว่าการทดสอบแบบใช้ LPG ก่อนการปรับปรุงมีอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นเฉลี่ยสูงกว่าอีก 2 แบบ ซึ่งเป็นเพราะปริมาณน้ำหล่อเย็นที่จะต้องไปรับความร้อนบริเวณฝาสูบส่วนหนึ่งถูกใช้ไปสำหรับการต้ม LPG จึงทำให้น้ำหล่อเย็นต้องรับภาระมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการทดสอบแบบใช้แก๊สโซลีน 95 และ LPG หลังการปรับปรุงมีอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ใกล้เคียงกัน เนื่องจากหลักการปรับปรุงระบบน้ำของหม้อต้มนั้น เป็นการนำเอาน้ำที่รับภาระความร้อนจากเครื่องยนต์แล้วมาใช้งาน จึงไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำที่ไปหล่อเย็นเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังได้น้ำอุณหภูมิต่ำจากหม้อต้ม LPG เข้าไปผสมกับน้ำหล่อเย็นที่ถูกดูดมาจากหม้อน้ำอีกด้วย ซึ่งช่วยทำให้ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำหล่อเย็นสูงขึ้น สามารถรับเอาความร้อนสะสมของเครื่องยนต์ออกมาได้มากขึ้น

รูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงผลต่างของอุณหภูมิน้ำร้อนบริเวณทางเข้าและทางออกของหม้อต้ม LPG ซึ่งพบว่าผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4—5 ºC และแตกต่างกันเล็กน้อย โดยระบบหลังการปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงกว่า แสดงว่ามีอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนจากน้ำให้แก่ LPG ได้มากกว่าระบบเดิม เป็นผลมาจากอุณหภูมิของน้ำร้อนของระบบหลังการปรับปรุงมีค่าสูงกว่า ซึ่งส่งผลให้ได้อุณหภูมิ LPG ก่อนเข้าเครื่องยนต์สูงกว่าระบบ LPG เดิมด้วย ดังรูปที่ 5 ช่วยทำให้มั่นใจได้ว่าอุณหภูมิของ LPG ไม่เข้าใกล้จุดน้ำค้าง (Dew point) โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 42 ºC ส่งผลต่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้นได้อีกเช่นกัน



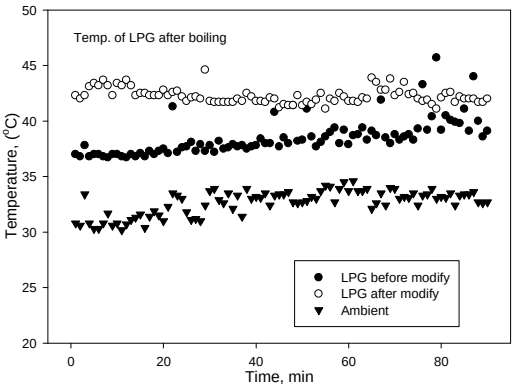
รูปที่ 3 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ไหลออกจากเครื่องยนต์



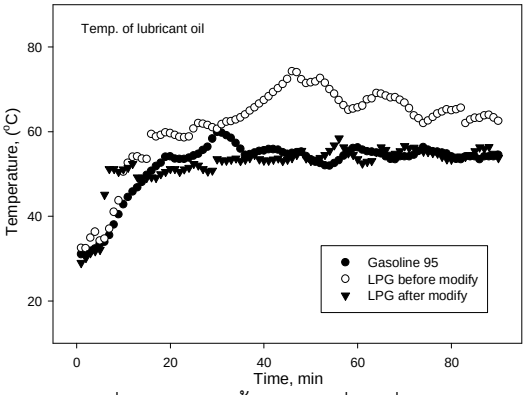
รูปที่ 4 ผลต่างของอุณหภูมิน้ำหม้อต้ม LPG

เมื่อตรวจสอบอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ดังรูปที่ 6 พบว่าการทำงานของเครื่องยนต์ด้วยระบบ LPG ก่อนปรับปรุง ส่งผลให้น้ำมันหล่อลื่นมีอุณหภูมิสูงมากกว่าแบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและระบบ LPG หลังการปรับปรุง

ซึ่งเป็นเพราะระบบ LPG ก่อนปรับปรุงนั้นมีความร้อนสะสมบริเวณฝาสูบและเสื้อสูบมากขึ้นเนื่องจากปริมาณของน้ำหล่อเย็นลดลง เพราะฉะนั้นน้ำมันหล่อลื่นจึงต้องรับภาระความร้อนบางส่วนและเกิดการสะสมความร้อนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่น และเมื่อปรับปรุงระบบหม้อต้ม LPG แล้วพบว่าอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นลดลงใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ทั้งนี้อุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นที่สูงขึ้นมีผลต่อค่าความหนืดที่ลดลงและอายุการใช้งานที่สั้นลง



รูปที่ 5 อุณหภูมิ LPG ก่อนเข้าห้องเผาไหม้



รูปที่ 6 อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์

4. สรุปผลการทดลอง

การทดลองโดยการใช้น้ำร้อน จากการระบายความร้อนของเครื่องยนต์บริเวณทางออกไปสู่หม้อน้ำ มาเป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการต้ม LPG ด้วยหม้อต้ม ซึ่งเป็นการทดสอบโดยการขับขี่บนถนนจริง จากการทดสอบพบว่าการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของน้ำร้อนที่เข้าและน้ำเย็นที่ออกจากหม้อต้ม LPG ให้ผลดีทั้งในแง่อุณหภูมิของ LPG ที่ป้อนให้กับเครื่องยนต์ อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นและอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นลดลงเทียบเคียงได้กับการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงปกติ ซึ่งวงจรน้ำหม้อต้ม LPG แบบเดิมมีผลกระทบต่อการสะสมความร้อนของชิ้นส่วนและน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้อายุในการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นสั้นลง และการชำรุดเสียหายของอุปกรณ์และชิ้นส่วนของเครื่องยนต์เนื่องจากความร้อนสะสม นอกจากนี้ยังพบว่าการปรับปรุงวงจรการไหลเวียนของน้ำใหม่นั้นสามารถลดการเดินไม่เรียบของเครื่องยนต์ในช่วงเปลี่ยนจากน้ำมันเชื้อเพลิงเป็น LPG ลงได้อีกด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับสถานที่ อุปกรณ์ในการทดลอง และห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการถ่ายโอนความร้อน และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยปทุมธานีซึ่งเป็นผู้สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ปนัดดา ภูอากาศ. (2549). การระเหยแก๊สปิโตรเลียมเหลวโดยใช้ความร้อนจากบรรยากาศ, 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 แก๊ส LPG สำหรับรถยนต์ส่วนบุคคล ของผู้ใช้รถยนต์ในเขต อ.เมือง จ.เชียงใหม่, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

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

[6] ธนาพล สุขชนะ. การศึกษาการระเหยของแก๊สปิโตรเลียมเหลวสำหรับเครื่องยนต์โดยใช้ความร้อนจากอากาศ, การประชุมสัมมนาทางวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 ระหว่างวันที่ 3-5 พฤษภาคม 2554 ณ Phuket Orchid Resort and Spa จังหวัดภูเก็ต.