

การศึกษาการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลแบบห้องเผาไหม้ช่วยใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิงหลัก

A study of diesel engine combustion chamber adapted to use LPG as the main fuel

นันทชัย โลหะโรจน์วิเชียร^{1*} และ อนันต์ชัย เทียงดาห์¹

¹ อาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยียานยนต์ คณะเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

*E-mail:nun58L@hotmail.com, 086-3173381, 02-878-5036

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลแบบห้องเผาไหม้ช่วยใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง เพื่อศึกษาและทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลใช้ก๊าซแอลพีจี หลังการดัดแปลง ในการสร้างการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลแบบห้องเผาไหม้ช่วยใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง โดยการสร้างชุดทดสอบนี้ต้องมีความรู้ทางด้านหลักการทำงานของเครื่องยนต์, การดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซล, การทำงานของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วม, ก๊าซแอลพีจี, การทำงานของระบบดูดอุปกรณ์ก๊าซแอลพีจี, แหล่งกำเนิดมลพิษในรถยนต์, มลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซล

ขั้นตอนการสร้างการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลแบบห้องเผาไหม้ช่วยใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง ได้ทำการศึกษาข้อมูลการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลหัวฉีดและการทำงานของเชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจี ที่ใช้อุปกรณ์ก๊าซแอลพีจีแบบผสม จากนั้นทำการออกแบบและทำการติดตั้งเครื่องยนต์ดีเซลกับโครงแท่นเครื่องและติดตั้งอุปกรณ์ก๊าซแอลพีจี จากนั้นทำการทดลองโดยมีขอบเขตในการหาประสิทธิภาพทางด้านต่าง ๆ ดังนี้ ด้านการทดสอบหาลำดับของเครื่องยนต์, ด้านการทดสอบมลภาวะของเครื่องยนต์, ด้านการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และด้านการทดสอบความเร็วรอบเครื่องยนต์

ผลการทดลองการวัดปริมาณก๊าซไอเสียของน้ำมันดีเซลและก๊าซแอลพีจีเมื่อใช้ก๊าซแอลพีจีที่ใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4,000 Rpm ปริมาณมลพิษที่วัดค่าได้ คือ ค่า HC = 147 ppm และ ค่า CO = 0.9% ส่วนเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล ปริมาณมลพิษที่วัดได้ค่า HC = 239 ppm และ CO = 3.41% ซึ่งปรากฏว่าค่า CO และ HC ของก๊าซแอลพีจีมีค่าสูง ดังนั้นสรุปได้ว่าปริมาณก๊าซไอเสีย CO และ HC ของก๊าซแอลพีจีจะมีน้อยกว่าปริมาณก๊าซไอเสีย CO และ HC ของน้ำมันดีเซล ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นพบว่าเมื่อใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นทางเข้าจะมีอุณหภูมิสูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และเมื่อใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นทางออกจะสูงกว่าเมื่อเราใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิไอเสียพบว่าเมื่อใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงค่าอุณหภูมิที่วัดได้จะสูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และผลการทดลองการวัดความประหยัดค่าใช้จ่าย พบว่าค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจีมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล

คำสำคัญ : ดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซล,เครื่องยนต์ดีเซลใช้ก๊าซ

Abstract

This study aims to design and adapt the diesel engine combustion chamber enables gas LPG as fuel. To study and test for gas, diesel, LPG. After modification To create a modified diesel engine combustion chamber enables gas LPG as fuel. By creating this test requires knowledge of the principles of the engine, a modified diesel engine, the engine fuel, gas, LPG, operation of vacuum systems. LPG gas equipment, sources of pollution in the car, the emissions from diesel engines.

The process of creating a modified diesel engine combustion chamber enables gas LPG as fuel. The study data modification and operation of the diesel injectors, fuel gas, LPG. The use of LPG gas mix. Then, the design and installation of a diesel engine to the frame and chassis fitted LPG gas. Then you have to find out the extent of the performance below. Test the compression of the engine, the engine emissions testing, the testing rate of fuel consumption. And testing the engine speed.

The results of the measurement of exhaust gas of diesel and gas, LPG on gas LPG at an engine speed of 4,000 Rpm pollution load measurement is HC = 147 ppm and CO = 0.9% of fuel. Diesel pollution is measured HC = 239 ppm and CO = 3.41%, which showed that the CO and HC gas, LPG is higher. This means that the amount of CO and HC exhaust gas of gas LPG is less than the amount of CO and HC exhaust gases of diesel. The results showed that the cooling water temperature on gas LPG fuel temperature of the coolant inlet temperature is higher than diesel fuel. When gas and LPG as fuel, coolant temperature solution is higher. When we use oil as a fuel The results showed that when measuring the temperature of exhaust gas LPG fuel temperature sensor is higher than diesel fuel. And the results of measuring the cost. The cost of fuel gas, LPG to cost less than the cost of diesel fuel.

Keywords : Modified diesel engines, Dedicated Engine

1. บทนำ

ในปัจจุบันทุก ๆ ประเทศทั่วโลกต่างกำลังให้ความสนใจกับสภาพแวดล้อมเป็นพิษ ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้เกิดขึ้นจากสาเหตุต่าง ๆ กัน อันเนื่องมาจากเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาวะอากาศที่เป็นพิษ ในปัจจุบันสภาวะมลพิษทางอากาศกำลังทำลายสิ่งมีชีวิตทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งมลพิษที่เกิดขึ้นนี้ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มจะสูงขึ้น จากปัญหานี้ นักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกต่างกำลังศึกษาวิจัยหาหนทางแก้ไขผลติดค้างพลังงานใหม่ขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาและยังเป็นการเตรียมตัวรับสถานการณ์สภาวะน้ำมันเชื้อเพลิงที่กำลังจะหมดไป

รถยนต์ที่ใช้ LPG (Liquid Petroleum Gas) และเบนซินเป็นเชื้อเพลิงมีจำนวนมากขึ้น ซึ่งทำให้การติดตั้งระบบการจ่ายเชื้อเพลิง LPG ให้กับรถยนต์โดย การติดตั้งอุปกรณ์ก๊าซแอลพีจีกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินจึงเป็นที่นิยมใช้ในขณะนี้ แต่การดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้ก๊าซแอลพีจีก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยลดการใช้ปริมาณน้ำมันลงได้เนื่องจากมีข้อได้เปรียบกว่าวิธีการอื่นๆ เช่น ราคาของเครื่องยนต์ดีเซล (มือสอง) ในปัจจุบันมีราคาถูกลงมาก อีกทั้งอะไหล่ที่ใช้ในการดัดแปลงสามารถหาได้ง่ายจากแหล่งต่างๆ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจและเล็งเห็นความสำคัญของการนำก๊าซธรรมชาติมาใช้เป็นพลังงานเพื่อทดแทนการใช้พลังงานจากน้ำมัน จึงได้จัดทำการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลแบบห้องเผาไหม้ช่วยใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง โดยทำการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลขนาดกลางแบบใช้ห้องเผาไหม้ช่วยให้สามารถใช้เชื้อเพลิงก๊าซได้เพียงอย่างเดียว ในการดัดแปลงจะมีการทดสอบอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและมลภาวะที่เกิดขึ้น โดยการหาจุดที่เหมาะสมของการใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิงหลักที่มีแนวโน้มที่ดีที่สุด เพื่อเป็นการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ

การปรับแต่งเครื่องยนต์และสมรรถนะของเครื่องยนต์ในการพัฒนาสู่เครื่องยนต์อิเล็กทรอนิกส์ควบคุมการป้อนเชื้อเพลิงก๊าซในเครื่องยนต์ดีเซลที่จะใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิงในอนาคตต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลแบบห้องเผาไหม้ช่วยใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงหลัก
2. เพื่อศึกษาและทดสอบผลกระทบของเครื่องยนต์ดีเซลที่ดัดแปลงใช้ก๊าซแอลพีจีหลัก

3. ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตในการการพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซลมีรายละเอียดในการดัดแปลงเพื่อติดตั้งก๊าซแอลพีจี ดังต่อไปนี้

- 1 ติดตั้งเครื่องยนต์เข้ากับโครงแท่นเครื่อง
- 2 การลดอัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์ ด้วยการดัดแปลงฝาสูบและลูกสูบ
- 3 ติดตั้งระบบไฟจุดระเบิดจ่ายไฟโดยใช้หัวเทียนควบคุมด้วยจานจ่ายแบบมีคอยล์จุดระเบิดในตัว
- 4 การควบคุมรอบเครื่องยนต์ใช้รีล่อนลิ้นเร่งแบบปีกผีเสื้อ
- 5 ติดตั้งอุปกรณ์ระบบจ่ายเชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจีกับเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่พัฒนาขึ้นมาโดยมีขอบเขตในการทดสอบเครื่องยนต์ด้านต่าง ๆ ดังนี้

- 1 ด้านการทดสอบมลภาวะของเครื่องยนต์
- 2 ด้านการทดสอบอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นและอุณหภูมิไอเสีย
- 3 ด้านการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
- 4 ด้านการทดสอบความดังของระดับเสียงไอเสียที่ปล่อยออกจากท่อไอเสียเครื่องยนต์

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลใช้ก๊าซแอลพีจี เพื่อลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการดัดแปลง
2. ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายจากการใช้เชื้อเพลิง และลดการนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศ
3. ช่วยลดปัญหามลภาวะทางอากาศเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องยนต์ดีเซล

5. แนวคิดทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การดัดแปลงให้ใช้เชื้อเพลิงก๊าซเพียงอย่างเดียว Dedicated Engine ส่วนแบบสุดท้าย คือเปลี่ยนเครื่องยนต์เชื้อเพลิงก๊าซใหม่ ที่นำเข้าจากต่างประเทศมาเปลี่ยนแทนเครื่องยนต์เดิม ซึ่งแบบสุดท้ายจะเป็นเครื่องยนต์ที่มีราคาแพง ซึ่งแต่ละแบบมีทั้งข้อดี และข้อเสีย รูปแบบการติดตั้งและการใช้งานที่ต่าง ๆ กัน ซึ่งผู้วิจัยมีความสนใจในการดัดแปลงแบบที่สาม คือแบบ Dedicated Engine ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในรถบรรทุกขนาดใหญ่ ที่จดทะเบียนตาม พรบ . ขนส่งทางบก แต่ในงานวิจัยครั้งนี้จะเป็นการศึกษาการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลรถกระบะบรรทุกขนาดกลาง ซึ่งจะเปลี่ยนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงก๊าซ โดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด คือ การดัดแปลงเครื่องยนต์เดิมที่เป็นเครื่องยนต์ดีเซลให้เป็นเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ และใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง แต่ผู้ที่ดัดแปลงเครื่องยนต์โดยส่วนใหญ่ยังขาดความรู้เรื่องวิธีการปรับแต่งค่าต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ที่ถูกต้อง จึงทำให้เกิดปัญหาขึ้นตามมาหลายประการ ปัญหาโดยส่วนใหญ่ที่พบ คือ เครื่องยนต์มีสมรรถนะลดลงไปจากเดิมมากเกินไป และอุณหภูมิไอเสียสูงเกินไปจนทำให้ลูกสูบได้รับความเสียหาย

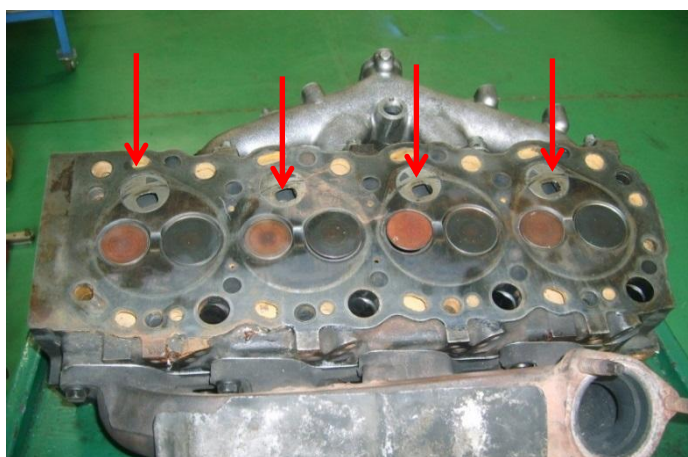
ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะใช้เป็นแนวทางในการปรับแต่งจังหวะการจุดระเบิดที่เหมาะสมกับเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงเป็นเครื่องยนต์ก๊าซแอลพีจี เพื่อให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะสูงสุด ไม่เกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากอุณหภูมิไอเสียสูงเกินไป และปล่อยมลพิษไอเสียสู่บรรยากาศน้อยที่สุดอีกทั้งยังสามารถนำผลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบ และพัฒนาระบบควบคุมการจุดระเบิดเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงเป็นเครื่องยนต์ก๊าซแอลพีจีได้อีกต่อไปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมศักดิ์ (2548) ได้นำเสนอเรื่องอิทธิพลของจังหวะเปิดวาล์วไอเสียต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติแบบหัวฉีด โดยการนำเอาเครื่องยนต์เบนซินขนาด 1,500 ซีซี ดัดแปลงให้สามารถใช้เชื้อเพลิงสลับระหว่างก๊าซธรรมชาติกับน้ำมันเบนซิน ทดสอบการทำงานเมื่อเปิดลิ้นเร่งเต็มที่ และเปลี่ยนจังหวะการเปิดวาล์วไอเสียที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า การปรับจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียให้ช้าลง 9 องศา ทำให้แรงบิด กำลัง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคของเครื่องยนต์โดยรวมนั้นสูงขึ้นประมาณร้อยละ 5 ส่วนความเข้มข้นของ ไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนมอนอกไซด์ และออกไซด์ของไนโตรเจน โดยรวมนั้นมีค่าลดลงประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียที่ตำแหน่งมาตรฐาน นอกจากนี้การปรับจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอเสียให้เร็วขึ้น 9 องศา ทำให้แรงบิด กำลัง และประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคของเครื่องยนต์ต่ำที่สุด แต่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์สูงที่สุด ส่วนปริมาณมลพิษของไฮโดรคาร์บอน และคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าสูงที่สุด

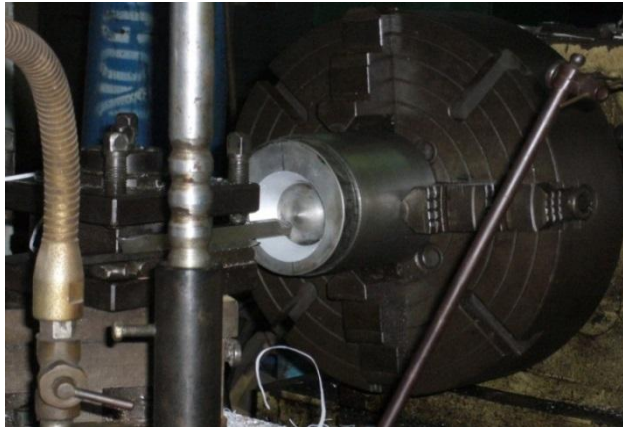
รักษิต (2550) ได้ทำการทดลองปรับปรุงสมรรถนะของรถยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติอัดเป็นเชื้อเพลิง ด้วยการนำเอารถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินมาดัดตั้งอุปกรณ์ก๊าซธรรมชาติระบบฉีดใช้สมองกลควบคุมการจ่ายก๊าซ จากนั้นจึงนำรถทดสอบยึดเข้ากับแท่นทดสอบกำลังที่ล้อ โดยทำการทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างรถยนต์ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง กับเครื่องยนต์ใช้ก๊าซธรรมชาติอัดเป็นเชื้อเพลิง มีการติดตั้งระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมจังหวะการจุดระเบิด และไม่ได้ติดตั้งระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมจังหวะการจุดระเบิด ทำงานแบบโหลดสูงสุด ผลการทดสอบพบว่า เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติอัดเป็นเชื้อเพลิงไม่ได้มีการติดตั้งระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมจังหวะการจุดระเบิดสูญเสียกำลังร้อยละ 20 เมื่อเปรียบเทียบกับรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง

6. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาข้อมูลเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและเชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจีเพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลแบบห้องเผาไหม้ช่วยใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง โดยการศึกษาหลักการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซล ศึกษาการทำงานของระบบก๊าซแอลพีจีแบบผสมและการติดตั้งอุปกรณ์ก๊าซแอลพีจีแบบผสม ตลอดจนศึกษาหาสมรรถนะความประหยัด น้ำมันดีเซลและเชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจี โดยทำการศึกษาจากแหล่งข้อมูลต่างๆที่สามารถเก็บรวบรวมได้ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการประมวลผลเพื่อที่จะทำการออกแบบและติดตั้งระบบก๊าซแอลพีจีแบบผสม เพื่อที่จะเป็นแนวทางในการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลแบบห้องเผาไหม้ช่วยใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 1 แสดงฝาสูบและตำแหน่งห้องเผาไหม้ที่มีการดัดแปลง



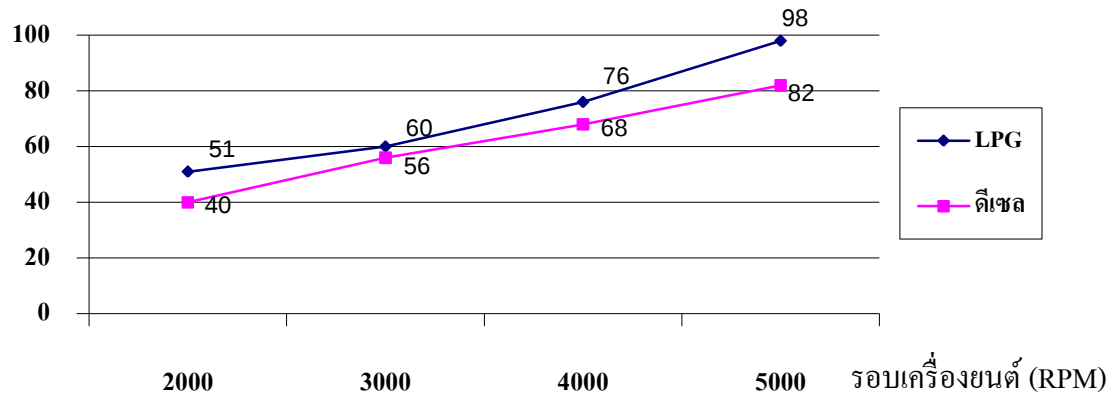
รูปที่ 2 แสดงการกลึงหัวลูกสูบเพื่อขยายปริมาตรห้องเผาไหม้



รูปที่ 3 ติดตั้งลิ้นปีกผีเสื้อเพื่อควบคุมปริมาณอากาศที่ไหลเข้าสู่เครื่องยนต์



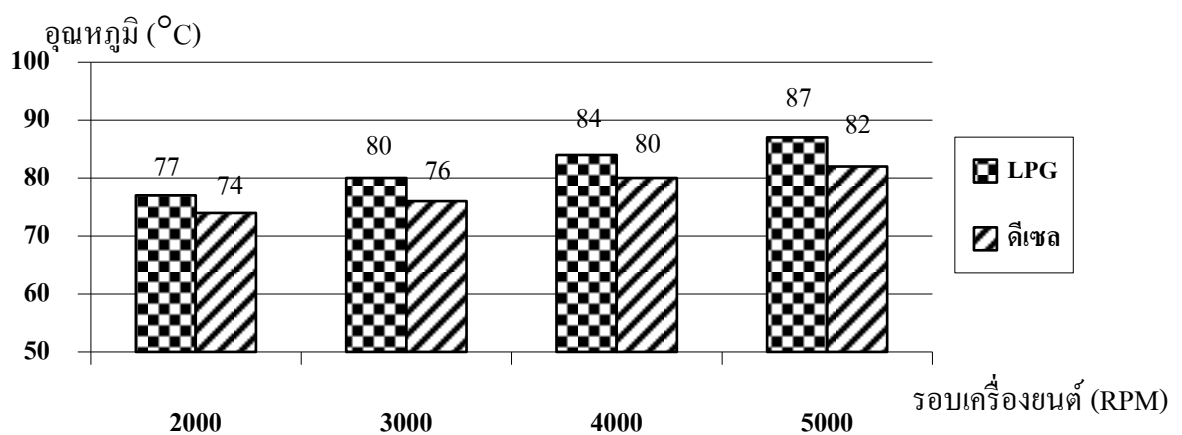
รูปที่ 4 ติดตั้งระบบจ่ายไฟโดยใช้หัวเทียนควบคุมด้วยจานจ่ายแบบมีคอยล์จุดระเบิดในตัว



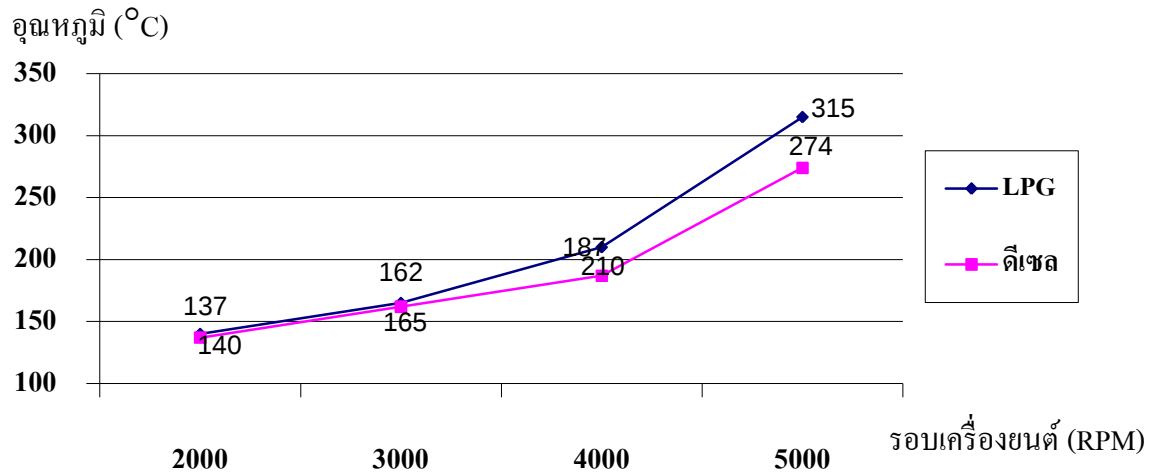
รูปที่ 5 การเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองปริมาณเชื้อเพลิง

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิง

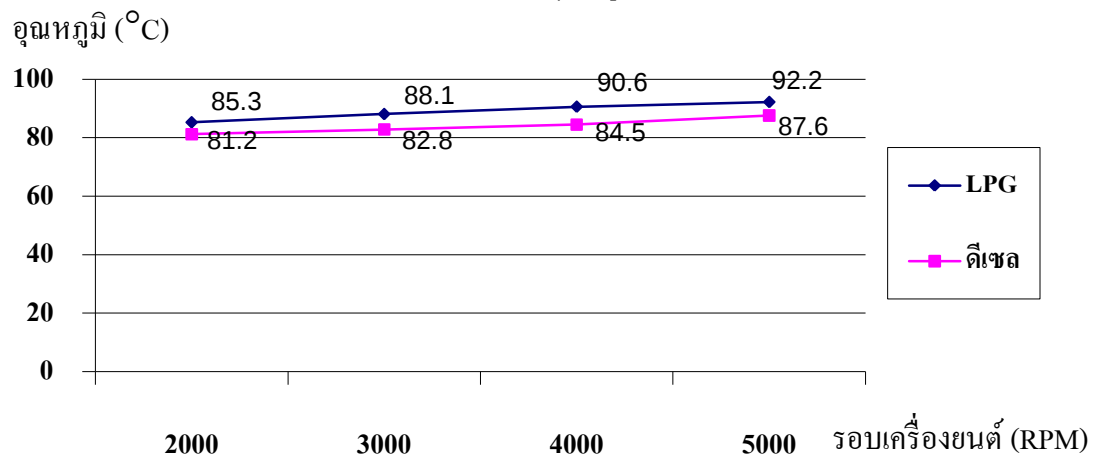
รอบเครื่องยนต์ (RPM)	น้ำมันดีเซล (29.04 บาท/ลิตร)		ก๊าซ LPG (11.80 บาท/ลิตร)		คิดเป็น เปอร์เซ็นต์
	จำนวนน้ำมัน (กรัม)	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวนก๊าซ (กรัม)	จำนวนเงิน (บาท)	
2,000	40	1.61	51	1.03	36%
3,000	56	2.25	60	1.21	46%
4,000	68	2.74	76	1.53	44%
5,000	82	3.30	98	1.98	40%



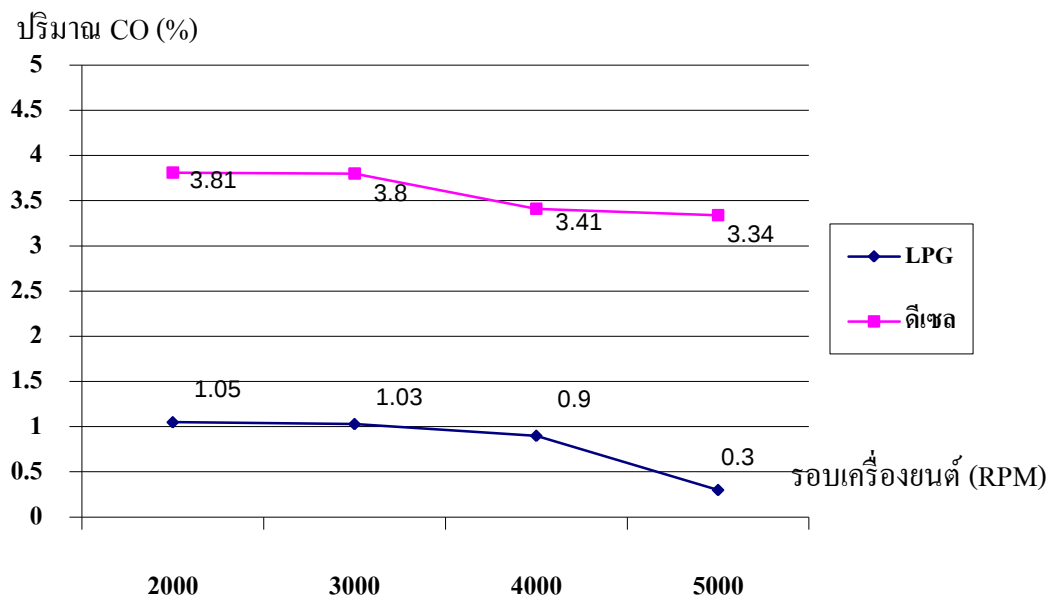
รูปที่ 6 เปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์



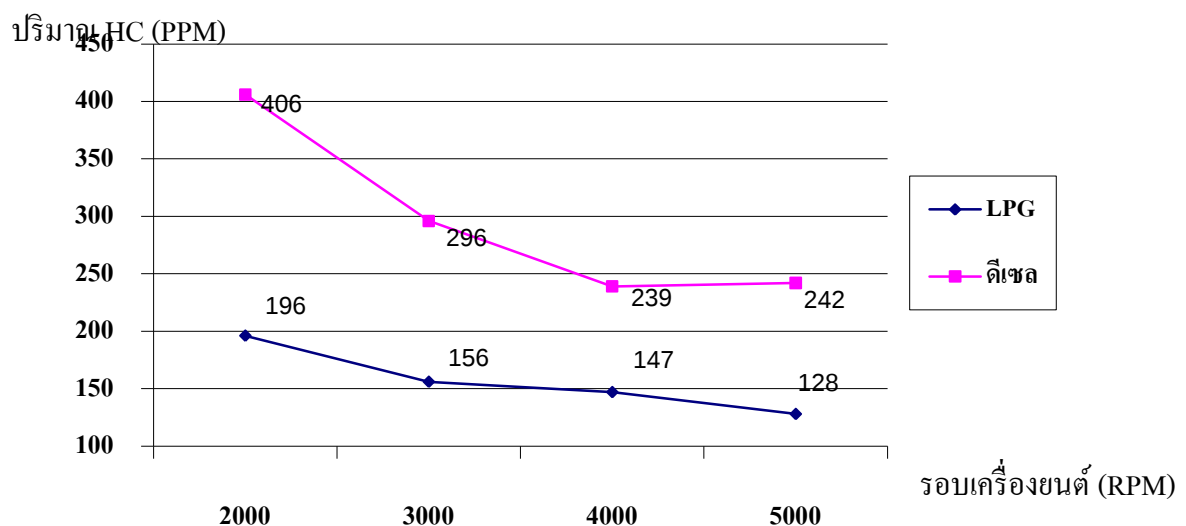
รูปที่ 7 เปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสีย



รูปที่ 8 เปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง



รูปที่ 9 แสดงการตรวจวัดมลพิษไอเสีย CO



รูปที่ 10 แสดงการตรวจวัดมลพิษไอเสีย HC

7. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการทดลองการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลแบบห้องเผาไหม้ช่วยใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง เพื่อให้ทราบถึงปริมาณก๊าซไอเสีย CO, HC อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น อุณหภูมิไอเสีย และเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล และเชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจี ผลของการทดลองที่ได้จะแสดงผลเป็นตารางและกราฟ เพื่อเปรียบเทียบผลแตกต่างระหว่างเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล และเชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจี ซึ่งทุกค่าจะสูงขึ้นกว่าการใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง ยกเว้นปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ที่ของก๊าซแอลพีจี จะมีค่าสูงกว่า แต่เมื่อคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิง การใช้ก๊าซแอลพีจีจะประหยัดกว่า ข้อมูลที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้จะสามารถนำไปพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีเซลที่ดัดแปลงใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงหลักต่อไป

8. เอกสารอ้างอิง

- [1]. John, B.H. 1998. Internal Combustion Engine Fundamentals. McGraw-Hill, Inc.,Singapore
- [2]. Karim, G.A., I. Wierzbza and Y. Al-Alousi. 1996. Methane-hydrogen mixture as fuel. Hydrogen Energy 7: 625-631
- [3]. สารานุกรมแก๊สรถยนต์. เอ็นเอสแก๊ซแอลพีจี. สืบค้นเมื่อ 17 พฤศจิกายน 2557. , จาก <http://www.nsgaslpg.co.th>.
- [4]. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงาน.ราคาน้ำมันและราคาก๊าซ LPG ในปัจจุบัน. สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2557. , จาก <http://www.eppo.go.th>