การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 17
15-17 ตุลาคม 2546 จังหวัดปราจีนบุรี

เครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติแบบหัวฉีดประจำสูบ

Natural Gas Multi point Injection Engine

สมศักดิ์ เพ็ชร์กุล พงษ์ศักดิ์ คำมูล และ จินดา เจริญพรพาณิชย์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 3 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทร 0-23264197 โทรสาร 0-23264198 E-mail: popkmitl@lemononline.com, kchchind@kmitl.ac.th

Somsak Pethkool, Pongsak Kammool and Chinda Charoenphonphanich
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Lardkrabang
3 Chalongkrung Rd, Lardkrabang Bangkok 10520 Thailand
Tel: 0-23264197 Fax: 0-23264198 E-mail: popkmitl@lemononline.com[1], kchchind@kmitl.ac.th[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเอาแก๊สธรรมชาติมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อทดแทนเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนกับเครื่องยนต์ที่มีการจุดระเบิดด้วยประกายไฟ ซึ่งเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติที่ใช้เป็นประเภท CNG (Compressed Natural Gas) โดยนำมาใช้กับเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดประจำสูบ ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติที่นำมาใช้นี้เป็นระบบหัวฉีดแก๊สธรรมชาติสำหรับปริมาณเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติที่ฉีดเข้าไปในเครื่องยนต์ถูกควบคุมด้วยชุดควบคุมอิเล็กทรอนิคส์แบบปรับค่าได้ ซึ่งทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้ดีขึ้น ในงานวิจัยนี้มีความประสงค์เพื่อนำระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติมาใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน พร้อมปรับแต่งเครื่องยนต์ให้มีสมรรถนะสูงขึ้น ผลจากการทดสอบเครื่องยนต์ระหว่างเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดแก๊สธรรมชาติกับเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดแก๊สโซลีนที่สภาวะการทำงานต่างๆ พบว่าที่สภาวะการทำงานต่างๆ ผลทางด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติมีค่าต่ำกว่าเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดแก๊สโซลีน และที่สภาวะการทำงานเดียวกันผลทางด้านปริมาณมลพิษของคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรคาร์บอน จากเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดแก๊สธรรมชาติต่ำกว่าเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดแก๊สโซลีน

Abstract

The compressed natural gas (CNG) has been used as alternative fuel for a spark ignition engine with multi-point port injection system. The quantity of CNG injection is controlled by an adjustable electronic control unit to obtain the best performance. The objective of this research study is to apply the natural gas injection system with gasoline engine and to modify the engine for higher performance. The comparative test between the natural gas injection and gasoline injection engines shows that the performance of natural gas injection engine is lower than that of gasoline one at all operating conditions. However, the amount of carbondioxide, carbon monoxide and hydrocarbon from natural gas injection engine is lower than that from gasoline engine at the same operating condition.

1. บทนำ

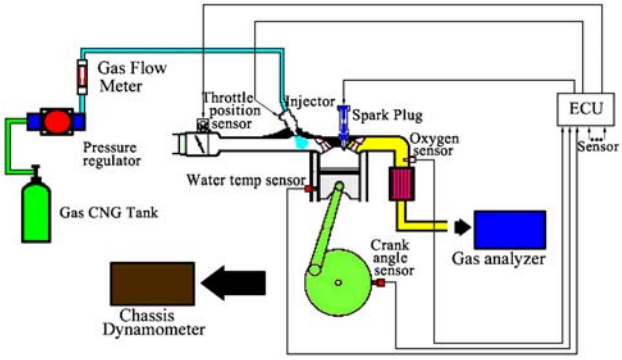
การนำแก๊สธรรมชาติมาใช้กับเครื่องยนต์เพื่อเป็นทางเลือกใหม่กำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ ขณะที่ประเทศไทยมีทรัพยากรทางด้านเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติสามารถผลิตขึ้นมาใช้ได้เอง ปัญหาทางด้านมลพิษที่ปล่อยออกมามีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจนไปทำลายสิ่งแวดล้อม และแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นของราคาเชื้อเพลิง และแก๊ส LPG ที่ผ่านมามีการศึกษาถึงการใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติกับรถแท็กซี่ในกรุงเทพมหานคร[1] การพัฒนาเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติที่มีการเผาไหม้ แบบส่วนผสมบางในรถยนต์เชิงพาณิชย์ขนาดเล็ก[2] การพัฒนารถยนต์แก๊สธรรมชาติ[3] การติดตั้งและการพัฒนาระบบฉีดเชื้อเพลิงร่วมของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนกับแก๊สธรรมชาติอัดในเครื่องยนต์ฉีดตรง[4] การพัฒนาของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพสูง[5] ขณะที่แก๊สธรรมชาติอัดมีคุณสมบัติที่ได้เปรียบกว่าเชื้อเพลิงตัวอื่น ๆ เช่น มลพิษหลังการเผาไหม้ต่ำ ปริมาณแหล่งวัตถุดิบมีมากสามารถสำรองใช้ได้ในอนาคตอีกหลายปี และต้นทุนการผลิตต่ำทำให้ราคาถูก ในการนำแก๊สธรรมชาติมาใช้ก็เพื่อช่วยลดปัญหาทางด้านมลพิษและปัญหาน้ำมันเชื้อเพลิงราคาแพง

2. การติดตั้งอุปกรณ์และเงื่อนไขการทดลอง

เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นเครื่องยนต์โตโยต้า 4 สูบ จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 รายละเอียดของเครื่องยนต์

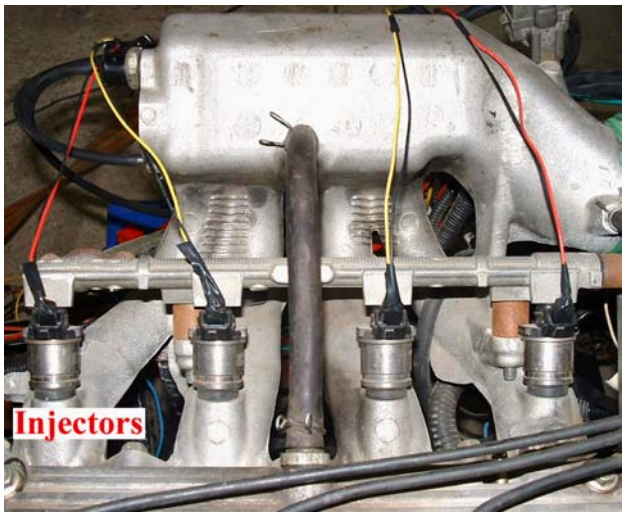
เครื่องยนต์โตโยต้ารุ่น	5A-FE
อัตราส่วนการอัด	9.8 : 1
ปริมาตรกระบอกสูบ	1498 CC.
ขนาดกระบอกสูบ	78.7 mm.
ระยะชัก	77.0 mm.
กำลังม้าสูงสุด(SAE)	70 kW @ 5600 RPM (95 HP)
แรงบิดสูงสุด (SAE)	126 N-m @ 4800 RPM
ระบบจ่ายน้ำมัน	หัวฉีด EFI ควบคุมด้วยระบบ TCCS



รูปที่ 1 ไดอะแกรมแสดงการติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

รูปที่ 1 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบปรับค่าได้, ไดนาโมมิเตอร์, อุปกรณ์วัดการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ, เครื่องวัดไอเสียและระบบจ่ายเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ จากรูปเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติที่อยู่ภายในถังที่มีความดันสูงประมาณ 200 bar ถูกเปิดออกมาด้วยวาล์วที่หัวถังแล้วไหลมายังอุปกรณ์ลดความดัน(Pressure Regulator) อุปกรณ์ตัวนี้จะทำหน้าที่เป็นลดความดันของแก๊สธรรมชาติให้ต่ำลงมาเท่ากับความดันที่หัวฉีดแก๊สสามารถทำงานได้ ในขณะที่แก๊สธรรมชาติไหลไปยังหัวฉีดจะต้องผ่านอุปกรณ์วัดการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติก่อน จากนั้นแก๊สธรรมชาติจะไปรออยู่ที่หัวฉีด เมื่อเครื่องยนต์ทำงานตัวรับรู้ต่างๆ ที่ติดตั้งอยู่ในตัวเครื่องยนต์จะส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุมอิเล็กทรอนิคส์ อุปกรณ์ชุดนี้จะทำการประมวลผลแล้วส่งสัญญาณการฉีดให้กับหัวฉีด หัวฉีดจะเปิดขึ้นให้แก๊สธรรมชาติไหลไปผสมกับอากาศภายในท่อไอดี เมื่อถึงจังหวะดูดไอดีจะถูกดูดเข้าไปในห้องเผาไหม้แล้วทำการเผาไหม้จนได้กำลังออกมา กำลังที่ได้นี้จะถูกส่งผ่านเพลากลางไปยังล้อเพื่อขับลูกกลิ้งของไดนาโมมิเตอร์ให้หมุน ทำให้ค่าแสดงขึ้นมาที่หน้าจอของเครื่องวัด สำหรับปริมาณมลพิษที่ออกมาจากไอเสียของเครื่องยนต์ถูกวัดได้โดยตรงจากท่อไอเสียด้วยเครื่องวัดก๊าซ (gas analyzer) ซึ่งเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสียเทคโนเทสท์รุ่น 488 นี้ได้ทำการวิเคราะห์แก๊สไอเสียด้วยแสงอินฟราเรด (NDIR : Non dispersive infrared analyzer)

ในรูปที่ 2 แสดงการติดตั้งหัวฉีดแก๊สธรรมชาติในเครื่องยนต์ โดยหัวฉีดถูกนำไปติดตั้งระหว่างท่อไอดีของแต่ละสูบกับรางจ่ายเชื้อเพลิง ในขณะที่สัญญาณการทำงานของหัวฉีดถูกส่งมาจากชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งแบ่งการฉีดออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน กลุ่มแรกเป็นกลุ่มของสูบ 1 และสูบ 4 ส่วนกลุ่มที่สองเป็นกลุ่มของสูบ 2 และสูบ 3 สำหรับปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติให้มากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับการควบคุมชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์โดยที่กล่องตัวนี้สามารถจะปรับเวลาในการฉีดได้ทำให้ปริมาณของเชื้อเพลิงมีปริมาณมากหรือน้อยตามที่เราต้องการได้



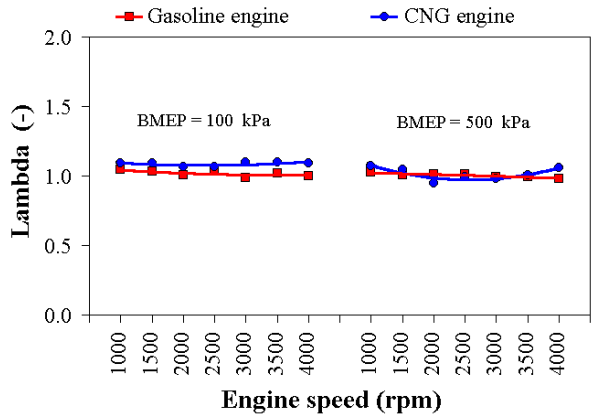
รูปที่ 2 การติดตั้งหัวฉีดแก๊สธรรมชาติที่ท่อไอดีของเครื่องยนต์

สำหรับเงื่อนไขในการทดลองทั้งเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติและเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจะทำการทดลองในสภาวะเดียวกันและเหมือนกันเพื่อนำค่าสมรรถนะและปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ทั้งสองประเภทมาเปรียบเทียบกัน ในการทดสอบจะทดสอบแบบเปิดลิ้นเร่งเพียงบางส่วนด้วยการกำหนดค่าความดันยังผลเฉลี่ยเบรก (Brake mean effective pressure , BMEP) ซึ่งการทดลองนี้จะทำการเปรียบเทียบที่ค่าความดันยังผลเฉลี่ยเบรกสองค่าคือ ที่ค่า BMEP เท่ากับ 100 และ 500 kPa ในการกำหนดเงื่อนไขการทดสอบแบบนี้ค่ากำลังเบรกและทอร์กของเครื่องยนต์ทดสอบจะมีค่าเท่ากันที่ความเร็วรอบนั้นๆ

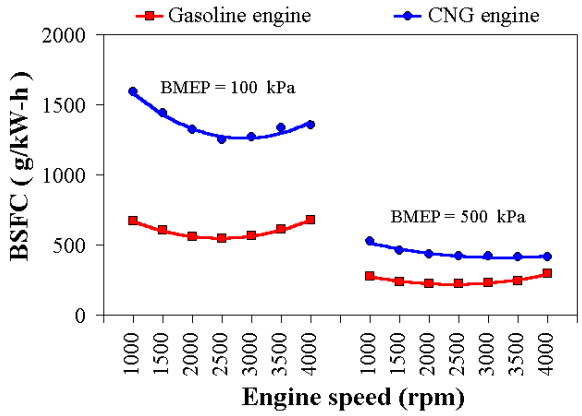
3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

สำหรับเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติก่อนการทดสอบได้ปรับค่าอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศให้มีค่าแลมด้า (Lambda) ใกล้เคียงกับค่าแลมด้าของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนมากที่สุด ในการปรับค่าแลมด้าของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติสามารถทำได้โดยเพิ่มเวลาในการฉีดที่ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ให้ฉีดในเวลาที่นานขึ้นจะทำให้ได้ปริมาณแก๊สธรรมชาติในแต่ละรอบมากขึ้นและกระทำที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1,000-4,000 rpm จนส่งผลทำให้ค่าแลมด้ามีค่าเพิ่มขึ้นและใกล้เคียงกับค่าแลมด้าของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน สาเหตุของการเพิ่มปริมาณการฉีดแก๊สธรรมชาติให้มากขึ้น ถ้าหากเราให้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติและเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนฉีดในเวลาที่เท่ากันพบว่าเชื้อ

เพลิงแก๊สโซลีนเมื่อฉีดออกมาเชื้อเพลิงจะมีสถานะเป็นของเหลวหลังจากนั้นจะใช้การระเหยตัวทำให้มีปริมาณแก๊สมากขึ้น ซึ่งต่างจากเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติที่ฉีดออกมาตัวเชื้อเพลิงมีสถานะเป็นแก๊สอยู่แล้วจึงทำให้มีปริมาณแก๊สเท่าเดิม ในส่วนของผลที่ได้จากการปรับค่าแลมด้าของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติได้แสดงผลเอาไว้ในรูปที่ 3

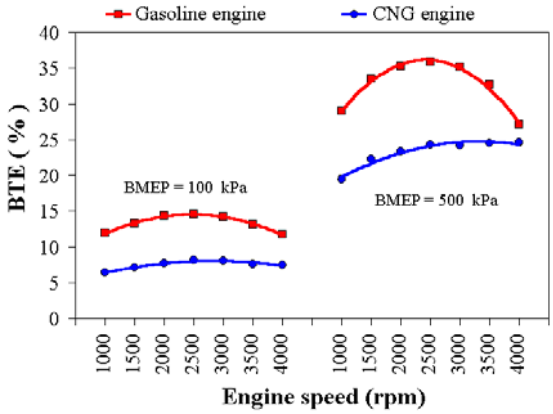


รูปที่ 3 แลมด้าของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติและเครื่องยนต์แก๊สโซลีน



รูปที่ 4 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติและเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ในรูปที่ 4 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake specific fuel consumption, BSFC) กับความเร็วรอบในเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติและเครื่องยนต์แก๊สโซลีน จากรูปที่สภาวะการทำงานที่ค่า BMEP เท่ากับ 100 kPa พบว่าเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนตั้งแต่ความเร็วรอบ 1,000 - 4,000 rpm และที่ความเร็วรอบ 1,000 - 2,500 rpm เครื่องยนต์ทั้งสองประเภทมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกลดลงเหมือนกัน เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นเป็น 3,000 - 4,000 rpm ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีแนวโน้มในทิศทางเพิ่มขึ้นเหมือนกันทั้งเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติและเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ในการทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะการทำงานสูงขึ้นที่ค่า BMEP เท่ากับ 500 kPa พบว่าเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติยังมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกสูงกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแต่สูงกว่าเล็กน้อย และที่ความเร็วรอบ 1,000 - 4,000 rpm ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกมีแนวโน้มลดลงเช่นกัน เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นเป็น 3,000 - 4,000 rpm อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเหมือนกับที่สภาวะการทำงานที่ค่า BMEP เท่ากับ 100 kPa แต่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติที่ความเร็วรอบในช่วงนี้ มีค่าคงที่ซึ่งแตกต่างจากเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเป็นเพราะเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติสามารถเผาไหม้ได้ดีเมื่อสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์และความเร็วรอบสูงขึ้น

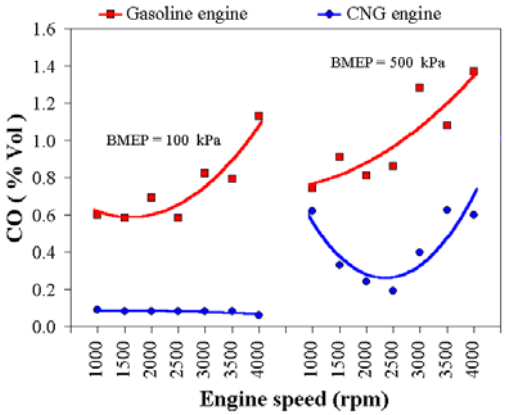


รูปที่ 5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติและเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ในรูปที่ 5 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (Brake thermal efficiency, BTE) ที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติและเครื่องยนต์แก๊สโซลีน จากรูปที่สภาวะการทำงานที่ค่า BMEP เท่ากับ 100 kPa พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติมีค่าต่ำกว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนทุกความเร็วรอบ ซึ่งที่สภาวะการทำงานนี้สำหรับเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เปลี่ยนไปจาก 1,000 rpm - 4,000 rpm แต่เมื่อเพิ่มสภาวะการทำงานให้สูงขึ้นที่ค่า BMEP เท่ากับ 500 kPa พบว่าเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติยังมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกต่ำอยู่และเป็นที่น่าสังเกตคือที่ความเร็วรอบ 3,000 - 4,000 rpm เครื่องยนต์แก๊สโซลีนจะมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกลดลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นต่างจากเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติที่มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกที่มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ซึ่งปรากฏการณ์อันแปลกนี้คาดว่าเกิดจากการฉีดเชื้อเพลิงที่มีสถานะต่างกันคือ เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนจะฉีดเชื้อเพลิงออกมาในสถานะที่เป็นของเหลวส่วนเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติที่ฉีดออกมาเชื้อเพลิงจะมีลักษณะที่เป็นแก๊สและในการผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศจะผสมกันได้ดีก็ต่อเมื่อทั้งสองส่วนอยู่ในสถานะเดียวกันก็คือสถานะไอสำหรับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนจะต้องให้เชื้อเพลิงระเหยตัวกลายเป็นไอก่อนซึ่งต้องใช้เวลานานพอสมควรในการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันไม่เหมือนกับเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติที่ไม่จำเป็นต้องใช้เวลาในการระเหยตัวสามารถผสมกับอากาศได้เลยซึ่งในขณะที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงขึ้นการนำไอดีเข้าห้องเผาไหม้ก็ต้อง

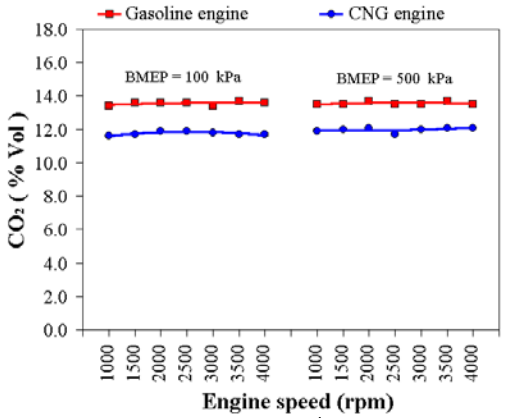
กระทำอย่างรวดเร็วขึ้นทำให้การผสมคลุกเคล้ากันระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนทำได้ไม่ดีเท่าที่ควรเมื่อเทียบกับส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ ส่งผลทำให้เครื่องยนต์แก๊สโซลีนเผาไหม้ได้ไม่ดีเท่ากับเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติ ณ ที่ความเร็วรอบสูง ๆ

ในส่วนของปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ทั้งสองประเภทถูกวัดได้โดยตรงจากไอเสียของเครื่องยนต์ มลพิษที่สำคัญได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) , คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) , และไฮโดรคาร์บอน (HC) จากการทดสอบหาค่าปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นในไอเสียของเครื่องยนต์สามารถแสดงผลได้ตามรูปที่ 6 – 8



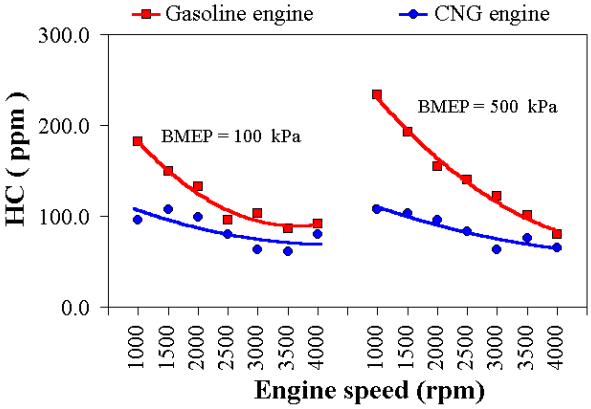
รูปที่ 6 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติและเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ในรูปที่ 6 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลพิษของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ตกค้างมากับไอเสียของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติและเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ในสภาวะการทำงานที่ค่า BMEP เท่ากับ 100 kPa พบว่าเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ต่ำกว่าค่าที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจะมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงขึ้น แต่สำหรับเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติจะมีค่าแนวโน้มที่คงที่ เมื่อให้เครื่องยนต์ทำงานที่สภาวะสูงขึ้นที่ค่า BMEP เท่ากับ 500 kPa พบว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนยังมีค่าคาร์บอนมอกไซด์เพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงขึ้นเช่นเดียวกับสภาวะการทำงานที่ค่า BMEP เท่ากับ 100 kPa แต่สำหรับเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติจะแตกต่างออกไปคือ ที่ความเร็วรอบ 1,000 - 2,500 rpm จะมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง และมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนไปเป็น 2,500 - 4,000 rpm แต่ค่ายังต่ำกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนอยู่ในกรณีนี้อธิบายได้ว่า ที่ความเร็วรอบ 1,000 - 2,500 rpm ในช่วงความเร็วรอบของเครื่องยนต์ขณะนี้ไอดีที่นำเข้าไปจะใช้เวลาไม่เร็วนักซึ่งยังทำให้มีเวลาเพียงพอที่ออกซิเจนในอากาศเข้าไปทำปฏิกิริยากับตัวเชื้อเพลิงได้ทันทำให้ยังมีออกซิเจนเพียงพออยู่ แต่เมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนไปเป็น 2,500 - 4,000 rpm พบว่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นกรณีนี้คาดว่าเป็นเพราะเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นการฉีดเชื้อเพลิงต้องสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้ปริมาณเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติไปเบียดบังพื้นที่ของอากาศภายในท่อร่วมไอดีทำให้อากาศเข้าได้น้อยลง ส่งผลทำให้ปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอกับการทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิงและในที่สุดทำให้ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 7 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติและเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ในรูปที่ 7 เป็นรูปที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)ที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติและเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ความเร็วรอบต่าง ๆ จากรูปพบว่าที่สภาวะการทำงานที่ค่า BMEP เท่ากับ 100 kPa เครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติจะมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าค่าที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ทุกความเร็วรอบที่ใช้ในการทดสอบ แต่เมื่อเพิ่มสภาวะการทำงานให้ค่า BMEP เท่ากับ 500 kPa พบว่าค่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติยังต่ำกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเช่นเดียวกับสภาวะการทำงานที่ค่า BMEP เท่ากับ 100 kPa เหตุผลนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของคาร์บอนในตัวเชื้อเพลิงนั้น ๆ



รูปที่ 8 ปริมาณไฮโดรคาร์บอนในเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติและเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ในรูปที่ 8 เป็นรูปที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) ที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติและเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ที่สภาวะการทำงานที่ค่า BMEP เท่ากับ 100 kPa พบว่าเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติมีปริมาณไฮโดรคาร์บอนต่ำกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ทั้งเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติและเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจะมีแนวโน้มของค่า

ปริมาณไฮโดรคาร์บอนลดลงเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น เมื่อให้เครื่องยนต์ทำงานในสภาวะที่สูงขึ้นที่ค่า BMEP เท่ากับ 500 kPa พบว่าปริมาณมลพิษของไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติมีค่าต่ำกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ทุกความเร็วรอบและมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับที่สภาวะการทำงานที่ค่า BMEP เท่ากับ 100 kPa ในกรณีนี้เป็นเพราะแก๊สธรรมชาติเมื่อฉีดออกมาจะมีสถานะที่เป็นแก๊สอยู่แล้วไม่เหมือนกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนที่มีสถานะเป็นของเหลวซึ่งต้องใช้เวลาในการระเหยตัวกลายเป็นไอและเวลาในการผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติจะผสมกันได้เร็วกว่า และผสมกันได้เป็นเนื้อเดียวกันมากกว่าทำให้เมื่อนำไอดีไปเผมไหม้ในห้องเผาไหม้ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สะอาดและหมดจดกว่า ส่งผลทำให้ปริมาณมลพิษของไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติมีค่าต่ำกว่าทุกความเร็วรอบ

4. สรุปผลการทดลอง

ในการนำเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติประเภท CNG มาใช้แทนเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนในเครื่องยนต์แบบฉีดประจำสูบ (Multi point port injection) มีความเป็นไปได้สูงในการนำมาใช้งานจริง ซึ่งจำเป็นที่ต้องเพิ่มเวลาในการฉีดปริมาณเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติให้มากขึ้นและต้องปรับองศาการจุดระเบิดใหม่ให้สูงขึ้นด้วยเพื่อให้เหมาะสมกับการเผาไหม้ที่ยาวนานของเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ จากการทดลองสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. สมรรถนะของเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติมีค่าต่ำกว่าสมรรถนะของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนทุกสภาวะและทุกรอบการทำงาน

2. เมื่อสภาวะการทำงานและความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงขึ้นการเปลี่ยนแปลงทางด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

3. ปริมาณมลพิษในไอเสียของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติจำพวกคาร์บอนมอนอกไซด์, คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรคาร์บอนมีค่าต่ำกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ทุกความเร็วรอบและทุกสภาวะการทำงาน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณธเนศ ศรีเธียรอินทร์ และบริษัทการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยจำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการยืมใช้ถังแก๊สธรรมชาติในการทดลอง พร้อมกับเติมเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติให้โดยไม่คิดมูลค่าเป็นระยะเวลา 2 ปี

เอกสารอ้างอิง

[1] แสวง บุญญาสุวัฒน์ และ ธเนศ ศรีเธียรอินทร์, “การใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติกับรถแท็กซี่ในกรุงเทพมหานคร”, การประชุมสัมมนาวิชาการสมาคมวิศวกรรมยานยนต์แห่งประเทศไทย (TSAE) ครั้งที่ 2, ปี พ.ศ. 2545.

[2] Takeshi Kato, Kiyoaki Saeki, Hiroto Nishide and Takashi Yamada . “Development of CNG fueled engine with lean burn for small size commercial van”, JSAE Review 22(2001), 2001 pp.365-368

[3] John J. Wozniak, Paul Wienhole and Richard Hildebrand. “Advanced Natural Gas Vehicle Development”, URL:http://www.iangv.org/html/sources/sources/reports/ngv2000/NGV2000index.pdf.

[4] Elizabeth Durell, Jeff Allen, Donald Law and John Heath . “Installation and Development of a Direct Injection System for Bi-Fuel Gasoline and Compressed Natural Gas Engine ”, URL:http://www.iangv.org/html/sources/sources/reports/ngv2000/NGV2000index.pdf.

[5] Makoto Oguchi and Susumu Maita . “Development of a High-Efficiency Natural Gas Engine ”, URL:http://www.iangv.org/html/sources/sources/reports/ngv2000/NGV2000index.pdf.

[6] J.B. Heywood. “Internal combustion Engine Fundamentals ”, McGRAW-HILL, 1988, pp.269-285