

## การใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติในประเทศไทยกับเครื่องยนต์ MPI

### Using of Thai Natural Gas in Multi Point Injection Engine

สมศักดิ์ เพ็ชรกุล<sup>1</sup> สมิท เอี่ยมสอาด<sup>1</sup> และ จินดา เจริญพรพาณิชย์<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพมหานคร 10530

โทร 0-29883655 ต่อ 241 โทรสาร 0-29883655 E-mail: [popkmitl@yahoo.com](mailto:popkmitl@yahoo.com)

<sup>2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 3 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทร 0-23264197 โทรสาร 0-23264198

Somsak Pethkool<sup>1,\*</sup>, Smith Eiamsa-ard<sup>1</sup> and Chinda Charoenphonphanich<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mahanakron university of Technology, Bangkok 10530, Thailand

Tel: 0-29883655 ext 241 Fax: 0-23264198 E-mail: [popkmitl@yahoo.com](mailto:popkmitl@yahoo.com)

<sup>2</sup>Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

3 Chalongkrung Rd, Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand, Tel. 0-23264197 Fax: 0-23264198

#### บทคัดย่อ

เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติได้พิจารณาแล้วว่าเป็นเชื้อเพลิงตัวหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้อย่างเหมาะสมกับการคมนาคม ด้วยความสามารถเฉพาะตัวของตัวมันเองที่ช่วยลดปริมาณมลพิษได้มาก อย่างไรก็ตาม เนื่องจากคุณลักษณะเฉพาะตัวของมันทางด้านความหนาแน่นที่มีความแตกต่างจากเชื้อเพลิงเหลวทั่วไป เช่น เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน แก๊ส LPG และแก๊สโซฮอลล์ เป็นต้น รายงานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอถึงการนำเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติอัดมาใช้ในเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดประจำสูบแทนเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน จากผลการทดลองทางด้านสมรรถนะที่ได้จากเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดแก๊สธรรมชาติพบว่าสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติมีค่าสูงขึ้นในทุกสภาวะการทำงาน และทุกความเร็วรอบ เมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนการอัด โดยสรุปแล้วเราสามารถนำเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติมาใช้กับระบบหัวฉีดได้ แต่ต้องมีการปรับแต่งเครื่องยนต์ให้เหมาะสม เพื่อช่วยเพิ่มสมรรถนะของเครื่องยนต์

#### Abstract

Natural gas has been considered as one of the most promising alternative fuels for transportation due to its ability to reduce the emissions. However, since its combustion and emission characteristic are quite different from conventional liquid fuels, such as gasoline, LPG and Gasohol. The compressed natural gas (CNG) was used as alternative fuel for a spark ignition engine with multi point port injection system. This paper reports on the results of the performance aspects of the natural gas injection engine. As the results, the performance of natural

gas engine is higher at all operating conditions and engine speeds, when increased the compression ratio. In conclusion, the natural gas fuel can be used in the injection system but it needs engine modification to increase the performance.

**Keyword;** CNG / Alternative fuel / Gas injector / MPI Engine

#### 1. บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันสำเร็จรูปจากต่างประเทศ ซึ่งนับมูลค่ากว่าแสนล้านบาทต่อปี ประกอบกับความต้องการใช้พลังงานจากน้ำมันภายในประเทศได้ขยายตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และสถานการณ์ราคาน้ำมันที่ปรับตัวสูงขึ้น พร้อมกันนี้ยังมีปัญหาทางด้านคุณภาพอากาศที่เกิดขึ้น อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากควันไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงเหลวมาเผาไหม้ จึงก่อให้เกิดผลกระทบต่อประเทศไทย หลายองค์กร ทั้งภาครัฐและเอกชน ต่างต้องเร่งหามาตรการเพื่อช่วยบรรเทาผลกระทบที่เกิดขึ้นนี้ การนำพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน นับว่าเป็นหนทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ไขปัญหาด้านพลังงานทั้งปัจจุบัน และในอนาคตได้ดีที่สุด และเป็นสิ่งที่ทุกคนในสังคมสามารถมีส่วนร่วมและช่วยกันได้ง่ายที่สุด การเลือกใช้เชื้อเพลิงที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย อย่างเช่น ก๊าซธรรมชาติ กำลังได้รับความนิยมและการสนับสนุนมากขึ้นเนื่องมาจากปัญหาคุณภาพอากาศ และปัญหาก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั่วโลก และด้วยคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในยานยนต์พบว่ามลพิษน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม การพัฒนาระบบควบคุมมลพิษสำหรับยานยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ นับว่ายังล้าหลังกว่ายานยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีของเครื่องยนต์ เพื่อลด

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมานานกว่า แต่ด้วยข้อได้เปรียบทางด้านสภาพแวดล้อม ก๊าซธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับยานยนต์ที่มีการใช้แพร่หลายมากขึ้น สำหรับประเทศไทยแก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงที่กำลังอยู่ในขั้นการศึกษาและทดลองใช้อยู่ ซึ่งคาดว่าจะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้ต่อไปในอนาคต การนำแก๊สธรรมชาติมาใช้กับเครื่องยนต์เพื่อเป็นทางเลือกใหม่กำลังได้รับความนิยมทั้งในประเทศและต่างประเทศ ที่ผ่านมากในประเทศไทยมีการศึกษาถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สธรรมชาติในประเทศไทย[1] การใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติกับรถแท็กซี่ในกรุงเทพมหานคร[2] ส่วนในต่างประเทศได้มีการวิจัยเกี่ยวกับ การพัฒนาเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติที่มีการเผาไหม้ แบบส่วนผสมบางในรถยนต์เชิงพาณิชย์ขนาดเล็ก[3] การพัฒนายานยนต์แก๊สธรรมชาติขั้นสูง[4] การพัฒนาของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพสูง[5] การสำรวจการเผาไหม้ที่ส่วนผสมบางในเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟ[6] มลพิษและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ และเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติผสม propane[7] ทั้งนี้แล้วแก๊สธรรมชาติอัดมีคุณสมบัติที่ได้เปรียบกว่าเชื้อเพลิงตัวอื่น ๆ เช่น มลพิษหลังการเผาไหม้ต่ำ มีปริมาณสำรองมากในอนาคตสามารถใช้ได้อีกหลายปี และต้นทุนการผลิตต่ำทำให้ราคาถูก การนำแก๊สธรรมชาติมาใช้ก็เพื่อช่วยลดปัญหาทางด้านมลพิษและปัญหาราคาน้ำมันแพงและที่สำคัญสำหรับเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติที่ใช้ในประเทศไทยจะมีองค์ประกอบที่แตกต่างจากเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติที่ใช้ในหลายๆประเทศ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาถึงข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับการใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติในยานยนต์ให้มากที่สุด เพื่อความคุ้มค่าในการนำพลังงานเชื้อเพลิงทดแทนมาใช้ในยานยนต์

## 2. การทดลอง

ในการทดลองเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติได้ทำการทดลองที่ตำแหน่งลิ้นเร่งเปิดเต็มที่ ซึ่งได้แสดงเงื่อนไขการทดสอบต่างๆไว้ในตารางที่ 1

Table 1 Test conditions.

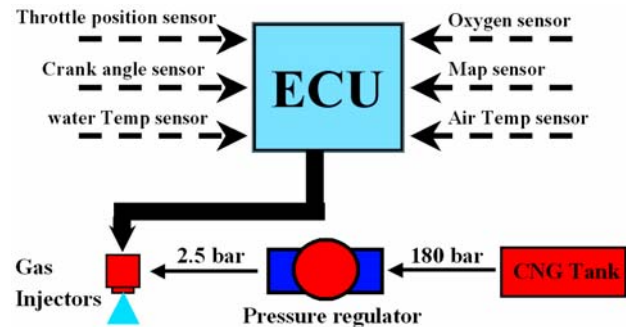
WOT	100 %
Engine speed	1,000 - 4,000 rpm
Compression ratio	10.5, 13.0 and 14.3 : 1
Lambda	1.0, 1.1, 1.2 and 1.3
Fuel type	CNG
Performance	Pb, BSFC and BTE

เงื่อนไขในการทดลองเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติได้ทำการทดลองในสภาวะเดียวกัน เพื่อนำค่าสมรรถนะที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์มาเปรียบเทียบกันทั้งในกรณีที่เพิ่มอัตราส่วนการอัดและการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติกับอากาศสำหรับการทดลองนี้ใช้เครื่องยนต์โตโยต้าที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟเป็นเครื่องยนต์ทดสอบซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

Table 2 Specifics of test engine.

Engine model	5A-FE
Compression ratio	9.8:1
Engine Displacement (CC)	1,500
Number of cylinders	4
Bore X stroke (mm. X mm.)	78.7 X 77.0
Fuel supply system	EFI

ส่วนเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติที่นำมาใช้ในการทดสอบครั้งนี้จะมี Methane (CH<sub>4</sub>) เป็นองค์ประกอบหลัก ประมาณ 72.16 % โดยปริมาตร รองลงมาก็เป็น Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), Ethane (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), Propane (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) และ Nitrogen (N<sub>2</sub>) ประมาณ 14.76 %, 7.67 %, 2.21 %, และ 2.57 % โดยปริมาตร และยังประกอบด้วย butane (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), Pentane (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>), Hexane (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>)

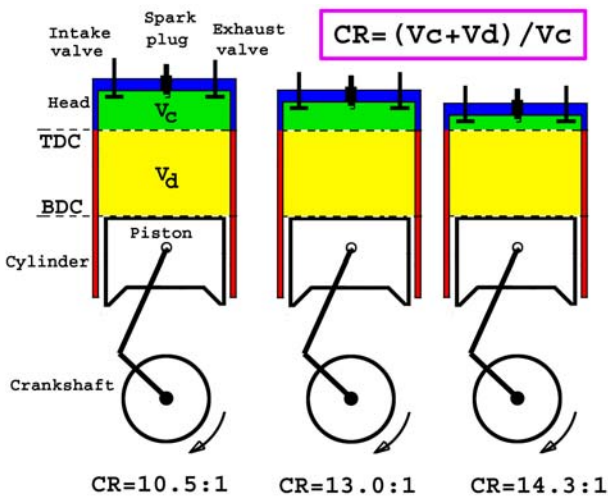


รูปที่ 1 การรับ-ส่งสัญญาณของกล่อง ECU

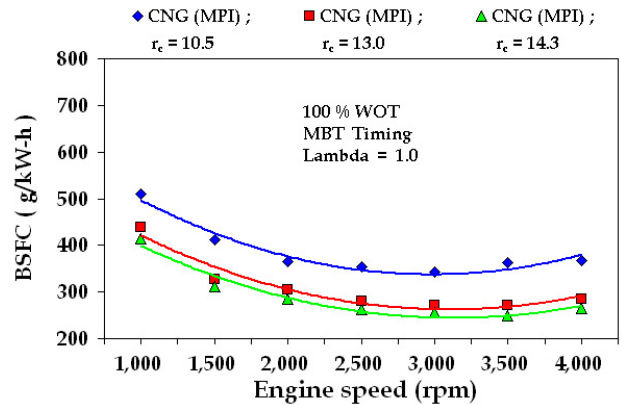
รูปที่ 1 แสดงหลักการทำงานร่วมกันระหว่างกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์กับระบบจ่ายเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ ซึ่งมีหลักการคร่าวๆดังนี้ แก๊สธรรมชาติภายในถังที่มีความดันสูงประมาณ 180 Bar ไหลผ่านเข้าไปใน Pressure Regulator ซึ่งอุปกรณ์ชุดนี้ทำหน้าที่ลดความดันของแก๊สธรรมชาติให้เท่ากับความดันที่หัวฉีดแก๊สสามารถทำงานได้ จากนั้นแก๊สธรรมชาติจะค้างอยู่ที่หัวฉีด เมื่อเครื่องยนต์ทำงาน ตัวรับรู้ต่างๆที่ติดตั้งอยู่ในเครื่องยนต์จะส่งสัญญาณไปยังกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ หลังจากนั้นกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะทำการประมวลผลและสั่งให้หัวฉีด ฉีดเชื้อเพลิงออกมา เพื่อไปผสมกับอากาศภายในห้องไอทีของแต่ละสูบต่อไป

รูปที่ 2 แสดงถึงการเพิ่มค่า Compression ratio ของห้องเผาไหม้ที่ใช้ทดสอบกับเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ โดยใช้หลักการปาดฝาสูบเพื่อทำให้ปริมาตรอัด (Clearance volume) ลดลง แล้วทำการวัดปริมาตรของเหลวที่ฉีดเข้าไปยังบนฝาสูบและนำมารวมกับปริมาตรของเหลวที่ฉีดเข้าไปในเสื้อสูบในขณะที่ลูกสูบอยู่ในตำแหน่งศูนย์ตายล่าง (BDC) จากนั้นนำปริมาตรของของเหลวที่อยู่บนฝาสูบมาหาร ก็จะได้ค่าอัตราส่วนการอัดในขณะนั้นออกมา ซึ่งได้ทำการปรับอัตราส่วนการอัดออกมา 2 ค่าคือ 13.0 and 14.3: 1

เนื่องจากกำลังสุทธิ ที่ได้จากการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบมีค่าสูงกว่า  
ค่าแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์มาก ๆ



รูปที่ 2 ห้องเผาไหม้ที่ค่า Compression ratio ต่าง ๆ

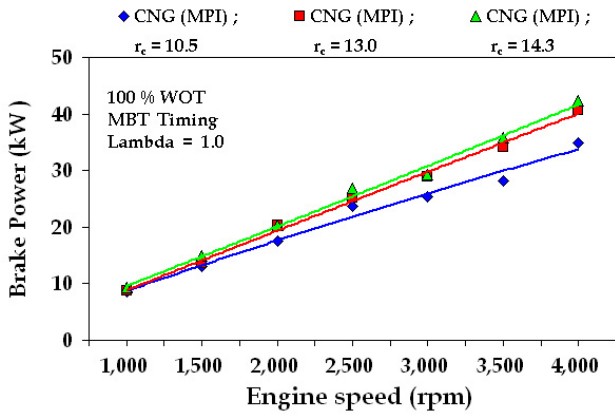


รูปที่ 4 ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของเครื่องยนต์ระบบ  
หัวฉีดแก๊สธรรมชาติ

### 3. ผลการทดลอง

#### 3.1 ผลทางด้านสมรรถนะในกรณีที่มีค่าแลมด้าเท่ากับ 1.0

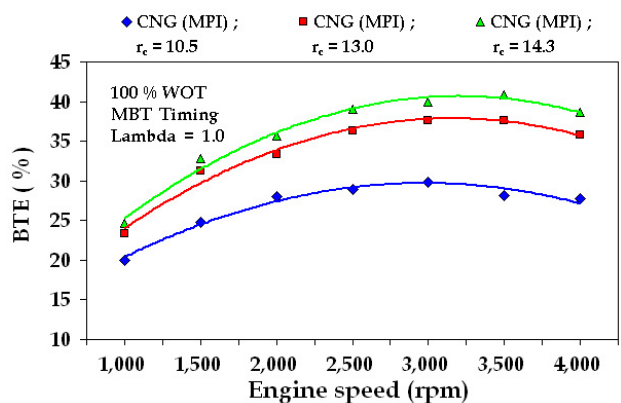
ผลการทดสอบทางด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดแก๊สธรรมชาติที่มีการเพิ่มอัตราส่วนการอัดจาก 10.5 : 1 ไปเป็น 13.0 และ 14.3 : 1 ซึ่งที่ค่าอัตราส่วนการอัดต่างๆ จะให้เครื่องยนต์ทำงานด้วยค่าแลมด้าประมาณ 1.0 ในการทดสอบทั้งหมดได้ทำการปรับองศาการจุดระเบิดไว้ที่ MBT (Maximum Brake Torque)



รูปที่ 3 กำลังเบรกของเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดแก๊สธรรมชาติ

รูปที่ 3 แสดงกำลังเบรกของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 1,000 - 4,000 rpm จากรูปพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนการอัดเป็น 13.0 : 1 และ 14.3 : 1 กำลังเบรกของเครื่องยนต์สูงขึ้นตามอัตราส่วนการอัดที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มอัตราส่วนการอัดจะทำให้ความดันภายในกระบอกสูบในช่วงจังหวะอัดมีค่าสูงขึ้น ส่งผลทำให้มีการเผาไหม้ที่รุนแรงเพิ่มมากขึ้น และกำลังก็จะเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ และพบว่ากำลังเบรกของเครื่องยนต์ที่ได้จากอัตราส่วนการอัดเท่ากับ 14.3 : 1 มีค่าสูงสุด และลดลงตามลำดับตามค่าอัตราส่วนการอัดที่ลดลง และที่อัตราส่วนการอัดต่างๆ ค่ากำลังเบรกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น

รูปที่ 4 แสดงค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของเครื่องยนต์ จากรูปพบว่าในช่วงความเร็วรอบ 1,000 - 2,500 rpm ที่อัตราส่วนการอัดต่างๆ ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของเครื่องยนต์มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากที่ความเร็วรอบต่ำๆ ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะมีเวลามากในการถ่ายเทความร้อนไปสู่ผนังกระบอกสูบและอุปกรณ์ต่างๆ ภายในเครื่องยนต์ ทำให้ความร้อนสูญเสียไปกับน้ำหล่อเย็นมาก จึงส่งผลให้มีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก แต่เมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วรอบสูงขึ้นจาก 2,500 - 4,000 rpm อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากที่ความเร็วรอบสูงขึ้นจะมีแรงเสียดทานมากขึ้นตามลำดับ และกำลังที่ได้จากการเผาไหม้จะสูญเสียให้กับแรงเสียดทานมากขึ้นตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น หากพิจารณาต่อไปพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนการอัดให้สูงขึ้น ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกจะลดลงที่ทุกความเร็วรอบ เนื่องจากอัตราส่วนการอัดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความดันในช่วงจังหวะอัดมีค่าสูงขึ้น หากมีการเผาไหม้จะเกิดพลังงานความร้อนที่สูงมากขึ้นด้วย ขณะที่ปริมาณเชื้อเพลิงยังคงจ่ายเท่าเดิม จึงส่งผลทำให้เครื่องยนต์ประหยัดพลังงานมากขึ้น

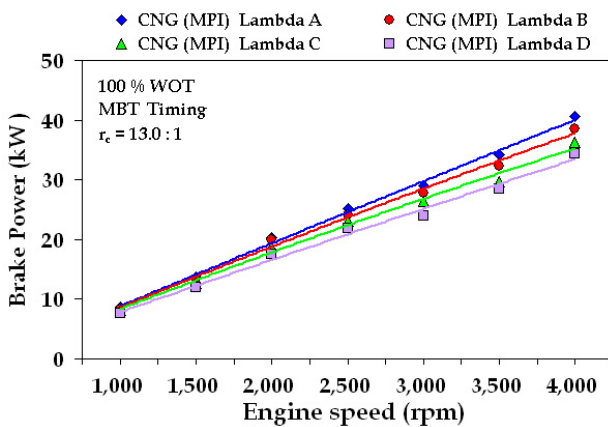


รูปที่ 5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของเครื่องยนต์ระบบหัวฉีด  
แก๊สธรรมชาติ

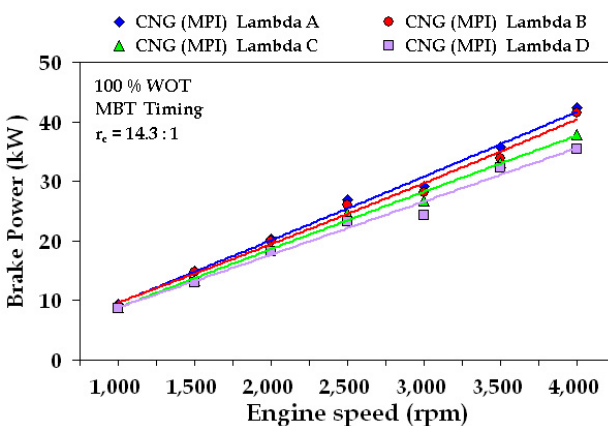
รูปที่ 5 แสดงค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของเครื่องยนต์จากรูปพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนการอัดให้สูงขึ้นค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของเครื่องยนต์มีค่าสูงขึ้นตามอัตราส่วนการอัดที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มอัตราส่วนการอัดจะทำให้ความดันภายในกระบอกสูบเพิ่มขึ้น เมื่อเผาไหม้จะทำให้อุณหภูมิภายในเผาไหม้สูงขึ้นด้วย และสามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนไปเป็นกำลังงานได้มากขึ้น

### 3.2 ผลทางด้านสมรรถนะในกรณีที่มีค่าแลมด้าต่างกัน

ผลการทดสอบส่วนนี้เป็นการศึกษาถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์หัวฉีดแก๊สธรรมชาติ เมื่อให้เครื่องยนต์ทำงานด้วยค่าแลมด้า Lambda A (ประมาณ 1.0), ค่าแลมด้า Lambda B (ประมาณ 1.1), ค่าแลมด้า Lambda C (ประมาณ 1.2) และค่าแลมด้า Lambda D (ประมาณ 1.3) ตามลำดับ ซึ่งอัตราส่วนผสมจะบางลงตามลำดับ พร้อมทั้งปรับองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าไว้ที่ MBT และทดสอบที่อัตราส่วนการอัดเท่ากับ 13.0: 1 และ 14.3: 1



รูปที่ 6 กำลังเบรกของเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดแก๊สธรรมชาติที่อัตราส่วนการอัดเท่ากับ 13.0: 1

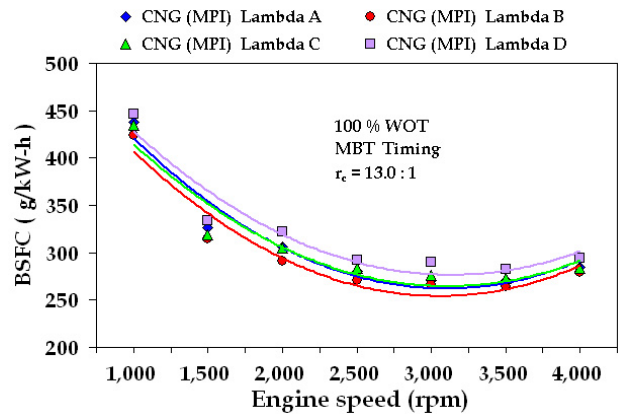


รูปที่ 7 กำลังเบรกของเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดแก๊สธรรมชาติที่อัตราส่วนการอัดเท่ากับ 14.3: 1

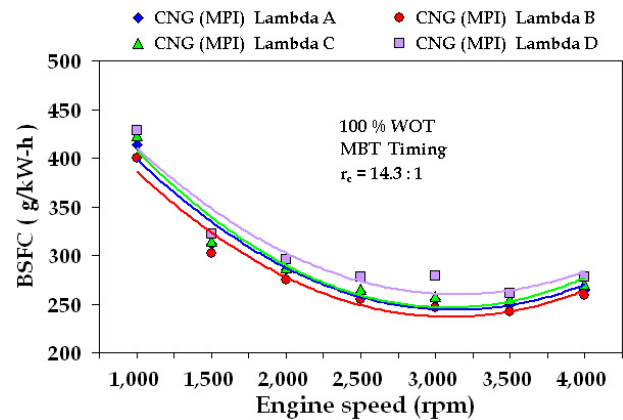
รูปที่ 6 และ 7 แสดงกำลังเบรกของเครื่องยนต์ที่อัตราส่วนการอัดเท่ากับ 13.0 และ 14.3 : 1 เครื่องยนต์ทำงานด้วยอัตราส่วนผสมที่ค่า

สาขาการประยุกต์ใช้พลังงาน

แลมด้าต่างๆ จากรูปพบว่ากำลังเบรกของเครื่องยนต์ที่ทำงานด้วยค่าแลมด้าประมาณ 1.0 จะให้กำลังออกมาสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ทำงานด้วยส่วนผสมที่มีค่าแลมด้าประมาณ 1.1, 1.2 และ 1.3 ที่ทุกความเร็วรอบ และค่ากำลังเบรกของเครื่องยนต์จะต่ำลงตามค่าแลมด้าที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากค่าแลมด้าที่สูงๆ อัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศจะบางลงเรื่อยๆ ทำให้มีการเผาไหม้เพียงบางส่วน (Misfire) และมีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ จึงเป็นผลให้ค่าอุณหภูมิในการเผาไหม้ลดลง สุดท้ายกำลังของเครื่องยนต์ก็ลดลงตามลำดับ



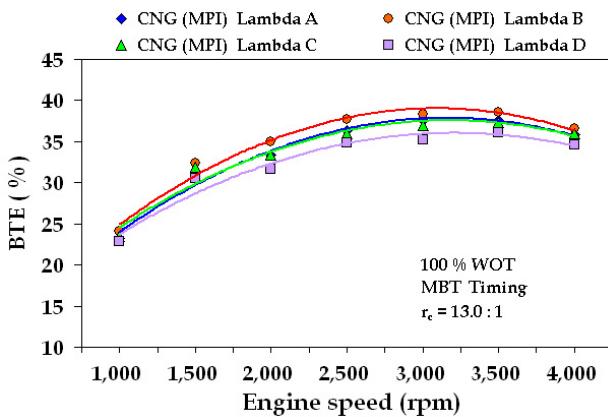
รูปที่ 8 ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดแก๊สธรรมชาติที่อัตราส่วนการอัดเท่ากับ 13.0: 1



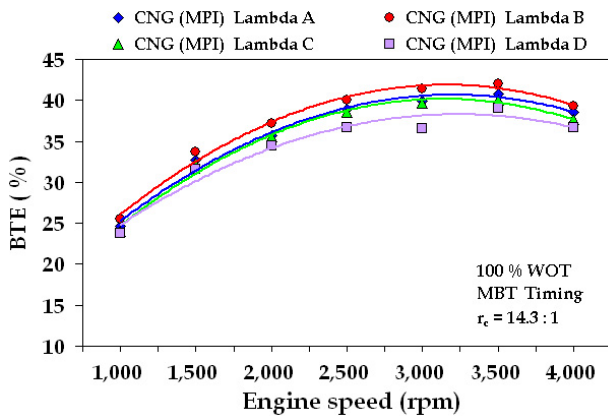
รูปที่ 9 ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดแก๊สธรรมชาติที่อัตราส่วนการอัดเท่ากับ 14.3: 1

รูปที่ 8 และ 9 แสดงค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของเครื่องยนต์ที่อัตราส่วนการอัดเท่ากับ 13.0 และ 14.3 : 1 โดยให้เครื่องยนต์ทำงานด้วยค่าแลมด้าต่างๆ จากรูปพบว่าเครื่องยนต์ที่ทำงานด้วยอัตราส่วนผสมที่มีค่าแลมด้าประมาณ 1.1 จะมีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกต่ำสุด และที่ค่าแลมด้าประมาณ 1.3 จะมีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกสูงสุดที่ทุกความเร็วรอบ เนื่องจากที่ค่าแลมด้าประมาณ 1.3 เครื่องยนต์จะมีส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศที่บางกว่า ทำให้ไม่สามารถเผาไหม้ได้หมด จึงทำให้กำลังของเครื่องยนต์ลดลง และทำให้ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

จำเพาะเบรกมีค่าสูงสุด และที่ค่าแลมด้าประมาณ 1.1 จะมีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุด เนื่องจากมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าที่ค่าแลมด้าอื่นๆ จึงส่งผลทำให้มีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกต่ำสุด



รูปที่ 10 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของเครื่องยนต์ระบบหัวฉีด แก๊สธรรมชาติที่อัตราส่วนการอัดเท่ากับ 13.0:1



รูปที่ 11 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของเครื่องยนต์ระบบหัวฉีด แก๊สธรรมชาติที่อัตราส่วนการอัดเท่ากับ 14.3:1

รูปที่ 10 และ 11 แสดงค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของเครื่องยนต์หัวฉีดแก๊สธรรมชาติที่อัตราส่วนการอัดเท่ากับ 13.0 และ 14.3 : 1 เครื่องยนต์ทำงานด้วยอัตราส่วนผสมที่ค่าแลมด้าต่างๆ จากรูปพบว่าเครื่องยนต์ที่ทำงานด้วยอัตราส่วนผสมที่มีค่าแลมด้าประมาณ 1.1 จะมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกสูงที่สุดที่ทุกความเร็วรอบ เนื่องจากอัตราส่วนผสมที่พอเหมาะในการเผาไหม้ ทำให้สามารถเผาไหม้ส่วนผสมได้หมดจด จึงทำให้ได้ค่าความร้อนอย่างเต็มที่ และที่ค่าแลมด้าประมาณ 1.3 จะมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกต่ำสุดที่ทุกความเร็วรอบ เนื่องจากเครื่องยนต์มีการเผาไหม้ส่วนผสมเพียงบางส่วน และมีส่วนผสมอีกบางส่วนที่ไม่เกิดการเผาไหม้ จึงทำให้ได้ค่าความร้อนน้อยลง

#### 4. บทสรุป

การนำแก๊สธรรมชาติที่ผลิตในประเทศไทยมาใช้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบหัวฉีดประจำสูบ (Multi Point Injection Engine) จะต้องมี

การปรับแต่งเครื่องยนต์ให้เหมาะสมก่อนนำไปใช้งานและต้องปรับปรุงการจุดระเบิดใหม่ จากการทดลองเพิ่มอัตราส่วนการอัดให้สูงขึ้น จะทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การเพิ่มอัตราส่วนการอัดทำให้กำลังเบรกและค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกสูงขึ้น ส่วนค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกลดลงที่ทุกความเร็วรอบ
2. เครื่องยนต์หัวฉีดแก๊สธรรมชาติที่ทำงานด้วยอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศที่มีค่าแลมด้าเท่ากับ 1.1 มีสมรรถนะดีกว่าที่ค่าแลมด้าเท่ากับ 1.0, 1.2 และ 1.3 ทุกความเร็วรอบและทุกอัตราส่วนการอัด

#### เอกสารอ้างอิง

1. สมศักดิ์ เพ็ชรกุล, นิตินัย ปัญญาบุญกุล, พงษ์ศักดิ์ คำมูล และจินดา เจริญพรพาณิชย์, "สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สธรรมชาติในประเทศไทย", การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18, ปี พ.ศ. 2547.
2. แสวง บุญญาสุวัฒน์ และ ธเนศ ศรีเชียรอินทร์, "การใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติกับรถแท็กซี่ในกรุงเทพมหานคร", การประชุมสัมมนาวิชาการสมาคมวิศวกรรมยานยนต์แห่งประเทศไทย (TSAE) ครั้งที่ 2, ปี พ.ศ. 2545.
3. Takeshi Kato, Kiyooki 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
4. 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>.
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. Gupta, M., Bell, R. S., and Tillman, T. S., 1996. "An Investigation of lean combustion in a Natural Gas-Fueled Spark-Ignited Engine." Journal of Energy Resource Technology. Vol. 118
7. Benjamin Baird et al., 2000. "Emissions and efficiency of a spark-ignition engine fueled with a natural gas and propane mixture." Proceedings of 2000 International Joint Power Generation Conference, Miami Beach, Florida, July 23-26, pp.1-9