

การพัฒนาเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบฉีดตรงเมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

Development of a 2 stroke direct injection SI engine using gasoline fuel

ปราชาสันติ ไตรยสุทธิ* และ ณัฐวุฒิ วงศ์คูณ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

ติดต่อ: E-mail *prachasanti.t@ubu.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 045-353309, เบอร์โทรสาร 045-353308

บทคัดย่อ

เครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบคาร์บูเรเตอร์ชนิดเดิมจะมีการสูญเสียเชื้อเพลิงไปในช่วงนำไอดีขับไล่ไอเสีย จึงทำให้สมรรถนะและประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ลดลง ซึ่งทำให้เกิดแนวคิดในการทำวิจัยนี้ขึ้น โดยการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปกระบอกสูบโดยตรงหลังจากผ่านช่วงนำไอดีขับไล่ไอเสีย เพื่อลดการสูญเสียเชื้อเพลิง และทำการศึกษาสมรรถนะได้แก่ แรงบิด กำลังของเครื่องยนต์ อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ รวมทั้งมลพิษไอเสียประกอบด้วยคาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรคาร์บอน ทดสอบที่ 2000 รอบต่อนาที ที่ภาระของเครื่องยนต์ 100% โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน 95 จากผลการทดลองพบว่ากำลัง แรงบิด และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.63 4.35 และ 13.11 ตามลำดับ อัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะเบรกลดลงร้อยละ 11.63 ด้านไอเสียพบว่า HC และ CO ลดลงร้อยละ 10.92 และ 87.88 ตามลำดับ

คำหลัก: เครื่องยนต์ SI 2 จังหวะ, ฉีดตรง, คาร์บูเรเตอร์

Abstract

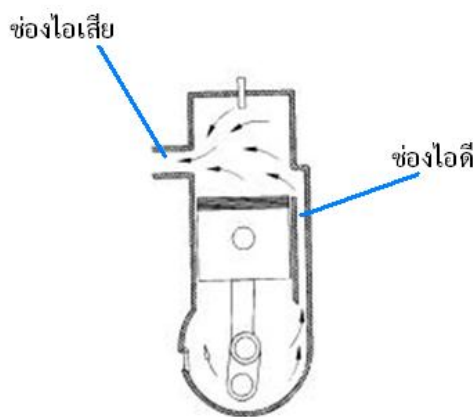
The traditional 2 stroke SI engine with carburetor system has more fuel loss during filling the fresh charge and removing the burnt gases from the cylinder. This affects engine having low performance and low thermal efficiency. Thus this research develops the engine by injecting fuel directly into the cylinder after expelling burnt gases to reduce the loss of fuel. The performance testing consists of torque, engine power, brake specific fuel consumption, thermal efficiency and emissions of carbon monoxide, and hydrocarbons. The testing conditions are at 2000 rpm and 100% load of the engine and using gasoline fuel 95 as fueled. The experimental results reveal that power torque and thermal efficiency are 4.63% 4.35% and 13.11% higher than that of traditional 2 stroke SI engine respectively. In addition brake specific fuel consumption HC and CO are 11.63% 10.92% and 87.88% lower than that of traditional 2 stroke SI engine respectively.

Keywords: 2 stroke engine, direct injection, carburetor

AEC-74

1. บทนำ

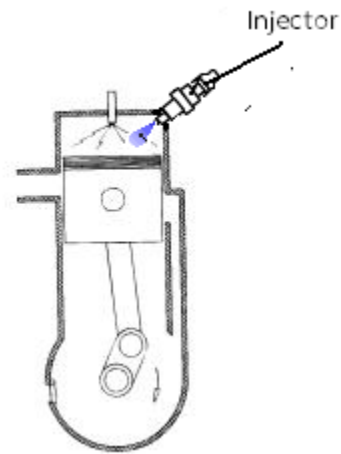
เครื่องยนต์ 2 จังหวะเป็นเครื่องยนต์ที่มีน้ำหนักเบาและการดูแลรักษาง่ายขึ้นส่วนน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ 4 จังหวะที่ขนาดเท่ากันเมื่อนำเครื่องยนต์ 2 จังหวะไปใช้งานกับเครื่องจักรที่มีขนาดเล็กและต้องการน้ำหนักที่เบาจะเหมาะสมกว่าเครื่องยนต์ 4 จังหวะ เช่น เครื่องจักรใช้งานในลักษณะที่ต้องสะพาย รถจักรยานยนต์ขนาดเล็ก เครื่องยนต์สำหรับเรือขนาดเล็ก และรวมถึงเครื่องบินขนาดเล็ก เป็นต้น การทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ ใน 1 วัฏจักรการทำงานเพลลาข้อเหวี่ยงจะหมุน 1 รอบและได้งาน 1 ครั้ง ซึ่งจะแตกต่างจากเครื่องยนต์ 4 จังหวะ ใน 1 วัฏจักรการทำงานเพลลาข้อเหวี่ยงจะหมุน 2 รอบและได้งาน 1 ครั้ง แม้ว่าเครื่องยนต์ 2 จังหวะจะให้จังหวะกำลัง 1 จังหวะทุก 1 รอบหมุนของเพลลาข้อเหวี่ยง ซึ่งตามหลักการในทางทฤษฎีขนาดของเครื่องยนต์เท่ากัน เครื่องยนต์ 2 จังหวะน่าจะให้กำลังเป็น 2 เท่าของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ แต่ในทางปฏิบัติจะไม่เป็นเช่นนั้น เนื่องจากเครื่องยนต์ 2 จังหวะการเติมไอดีให้เต็มกระบอกสูบจะเป็นเรื่องยาก และจะมีไอดีบางส่วนไหลออกจากกระบอกสูบในช่วงการเอาไอดีเข้าไปไล่ไอเสียออก[1] ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ช่วงบรรจุไอดีเข้ากระบอกสูบและขับไล่ไอเสีย
การทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะที่กล่าวมาเป็นการทำงานที่ผสมเชื้อเพลิงกับอากาศก่อนเข้าไปในช่วงดูดเป็นการทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงไปในช่วงนำไอดีไปขับไล่ไอเสีย ทำให้การ

เผาไหม้ของเครื่องยนต์ 2 จังหวะไม่สมบูรณ์เท่าเครื่องยนต์ 4 จังหวะ จึงทำให้เกิดแนวคิดในการใช้การฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงเข้ามาจ่ายเชื้อเพลิงให้แก่เครื่องยนต์ 2 จังหวะ ในช่วงที่ลูกสูบเคลื่อนที่ปิดช่องไอเสียไปแล้ว ซึ่งจะทำให้ไม่มีการสูญเสียเชื้อเพลิงออกไปทางช่องไอเสียดังรูปที่ 2 จึงทำให้เกิดงานวิจัยนี้ขึ้นเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะและมลพิษที่เกิดขึ้นจากเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบฉีดตรงและแบบเดิม (เครื่องยนต์ 2 จังหวะแบบเดิมคือเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์ในการผสมเชื้อเพลิงกับอากาศก่อนเข้าไปในช่วงดูด)

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เชื้อเพลิง แก๊สโซลีน 95 และทำการศึกษาสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบฉีดตรง



รูปที่ 2 เครื่องยนต์ 2 จังหวะ แบบฉีดตรง

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 เครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลองเป็นเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ 2 จังหวะ ยี่ห้อ HONDA รุ่น Nova Tena ขนาด 105.10 cc โดยใช้คาร์บูเรเตอร์ในการผสมเชื้อเพลิงกับอากาศเข้าไปในช่วงดูด โดยข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ทดสอบได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทางเทคนิค

AEC-74

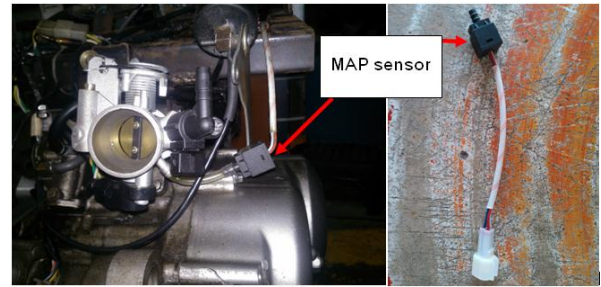
ขนาดกระบอกสูบ (cc)	105.10
เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ (mm)	52.0
ระยะชัก (mm)	49.5
อัตราส่วนการอัด	6.5

2.2. ติดตั้งระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์

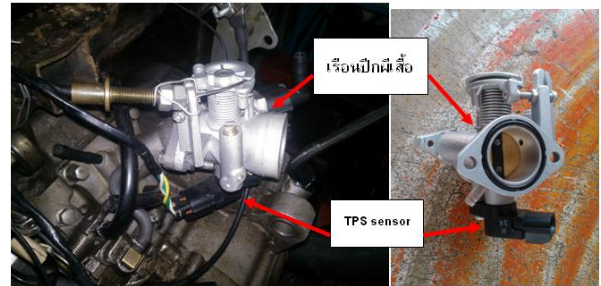
ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์เป็นระบบที่ใช้ในการควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงโดยตรงเข้ามาจ่ายเชื้อเพลิงให้แก่เครื่องยนต์ ในช่วงที่ลูกสูบเคลื่อนที่ปิดช่องไอเสียไปแล้วและได้อัตราส่วนที่เหมาะสม ซึ่งอุปกรณ์ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ประกอบไปด้วยกล่อง ECU (Electronics Control Unit) ใช้สำหรับรับสัญญาณมาประมวลผลและส่งหัวฉีดจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้แก่เครื่องยนต์ ดังรูปที่ 3 MAP sensor (Manifold Absolute Pressure sensor) ใช้สำหรับวัดความดันอากาศที่ไอดีแล้วแปลงไปเป็นค่ามวลอากาศที่เข้ามาในเครื่องยนต์และส่งสัญญาณให้กล่อง ECU ดังรูปที่ 4 เรือนปีกผีเสื้อใช้สำหรับเพิ่มหรือลดปริมาณอากาศเข้าไปในกระบอกสูบ ดังรูปที่ 5 โดยในเรือนปีกผีเสื้อจะมี TPS sensor (Throttle position sensor) ใช้ในการวัดค่าการเปิด-ปิดของลิ้นปีกผีเสื้อ โดยค่าจะอ่านเป็น 0-100% ในโปรแกรม ECU ส่วน CKP sensor (Crank position sensor) ใช้ในการวัดความเร็วรอบของเพลลาข้อเหวี่ยงและเพื่อให้ ECU ทราบถึงตำแหน่งองศาเพลลาข้อเหวี่ยงเพื่อจะได้ส่งสัญญาณสั่งจ่ายเชื้อเพลิงของหัวฉีดได้อย่างถูกจังหวะ ดังรูปที่ 6 และได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ดังแผนภาพรูปที่ 7



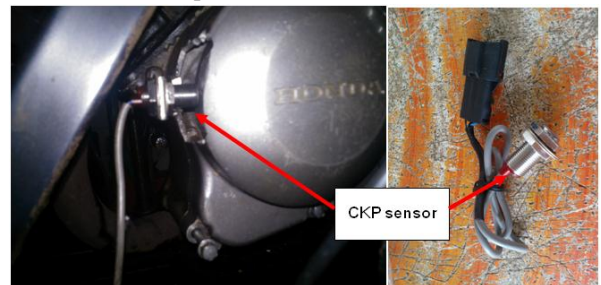
รูปที่ 3 กล่อง ECU



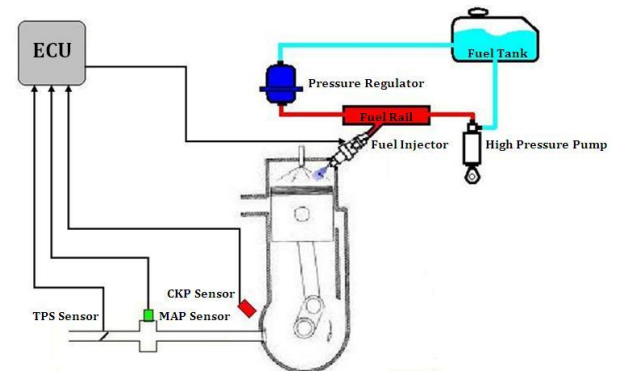
รูปที่ 4 MAP sensor



รูปที่ 5 เรือนปีกผีเสื้อ



รูปที่ 6 CKP sensor



รูปที่ 7 แผนภาพการติดตั้งอุปกรณ์ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์

2.3 ติดตั้งหัวฉีดแบบฉีดตรง

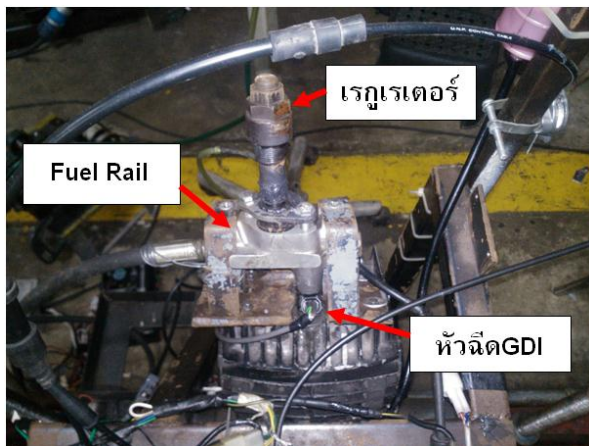
การติดตั้งหัวฉีดแบบฉีดตรงได้ใช้หัวฉีดและท่อจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel rail) ของเครื่องยนต์ Mitsubishi 4G93 GDI ดังรูปที่ 8 ซึ่งเป็นหัวฉีดแรงดันสูงสามารถทำงานได้ที่ความดันเชื้อเพลิง 70 bar และสามารถตอบสนองได้เร็ว 0.3 ms ซึ่งเร็วกว่าหัวฉีด

AEC-74

MPI (Multi port injection) เป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงจะต้องใช้พลังงานในการยกหัวเข็มสูงกว่าเดิมมาก จำเป็นต้องเพิ่มวงจรวัดซึ่งในการควบคุม เพื่อใช้ในการเปิดปิดหัวฉีด โดยยังต้องรับสัญญาณจากกล่องควบคุมอยู่ แต่ความต่างศักย์ที่จ่ายสู่หัวฉีดจะสูงกว่าคือใช้ที่ 100 V และความต้านทานหัวฉีดก็จะมีค่าต่ำเพียง 0.9 Ohm. เท่านั้น เพื่อให้ได้กระแสที่สูงกว่าและเพียงพอต่อการยกหัวเข็มต้านแรงดันของเชื้อเพลิงในระยะเวลาที่รวดเร็ว[2] และน้ำมันเชื้อเพลิงถูกเพิ่มความดันส่งไปหัวฉีด โดยปั๊มเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล ยี่ห้อ Kubota มีแรงดัน 120-125 bar ซึ่งถูกควบคุมความดันน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยเรกูเรเตอร์



รูปที่ 8 หัวฉีดเครื่องยนต์ 4G93 GDI



รูปที่ 9 ติดตั้งหัวฉีดแบบฉีดตรง

2.4 การทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ โดยเชื่อมต่อเพลลาของเครื่องยนต์เข้ากับไฮโดรไดนามิกส์ไดนาโมมิเตอร์แบบ ESSOM-X-5 เพื่อทำการวัดสมรรถนะ ซึ่งเป็นไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้ความหนืดในของเหลวเป็นตัวดูดซับพลังงานจากเครื่องยนต์

ทดสอบ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงวัดด้วยอุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง รุ่น Fuel Consumption Be512 มีช่วงการวัดระดับน้ำมันอยู่ 3 ช่วงคือ 5cc 10cc และ 20cc พร้อมนาฬิกาจับเวลา การวัดไอเสียของเครื่องยนต์ใช้เครื่องมือวัดไอเสียรุ่น HM 5000 ตัวแปรในการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ได้แก่ แรงบิด กำลังของเครื่องยนต์ อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ รวมทั้งมลพิษไอเสีย

ทดสอบที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ที่ภาระของเครื่องยนต์ 100% ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน 95 ตารางที่ 2 ข้อมูลทางเทคนิคของไดนาโมมิเตอร์ แบบ ESSOM-X-5

ชนิด	โรเตอร์เดี่ยว แบบทำงาน 2 ทาง (DOUBLEACTING)
รอบ	1000 -7500 รอบต่อนาที
ขนาด	120 kW
รัศมีแขนวัดแรงบิด	0.4 เมตร



รูปที่ 10 ชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

AEC-74

การวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองโดยการนำข้อมูลที่
ได้มาวิเคราะห์หาสมรรถนะได้แก่แรงบิด กำลังของ
เครื่องยนต์ อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และ
ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ตามสมการ
ต่อไปนี้

3.1 แรงบิด

$$T = Fr \quad (1)$$

โดยที่ T คือ แรงบิด (N.m)

F คือ ค่าภาระที่อ่านได้จากไดนาโมมิเตอร์ (N)

r คือ รัศมีแขนวัดแรงบิด (m)

3.2 กำลังของเครื่องยนต์

$$P = 2\pi NT \quad (2)$$

โดยที่ P คือ กำลังของเครื่องยนต์ (W)

N คือ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (rps)

3.3 ความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง

$$\dot{m}_f = \dot{V}_f \rho_f \quad (3)$$

โดยที่ \dot{m}_f คือ ความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง (kg/s)

\dot{V}_f คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำมัน
เชื้อเพลิง (m³/s)

ρ_f คือ ความหนาแน่นของน้ำมันเชื้อเพลิง
(kg/m³)

3.4 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ เบรก

$$bsfc = \frac{3600\dot{m}_f}{P_b} \quad (4)$$

โดยที่ bsfc คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ
เบรก (g/kWh)

3.5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์

$$\eta_{th} = \frac{P_b}{\dot{Q}_f} \times 100 \quad (5)$$

โดยที่ η_{th} คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของ
เครื่องยนต์ (%)

\dot{Q}_f คือ ความร้อนจากการเผาไหม้ของน้ำมัน
เชื้อเพลิง (kW)

เมื่อ $\dot{Q}_f = \dot{m}_f LHV \quad (6)$

LHV คือ ค่าความร้อนต่อหนึ่งหน่วยมวล (Low
heating value, kJ/kg)

4. ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาเครื่องยนต์ SI 2
จังหวะแบบฉีดตรงและทำการเปรียบเทียบกับ
เครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบเดิม ซึ่งในการ
เปรียบเทียบได้ทำการทดสอบสมรรถนะได้แก่ แรงบิด
กำลัง อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และ
ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ รวมทั้ง
มลพิษไอเสีย ทดสอบที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อ
นาที ที่ภาระของเครื่องยนต์ 100% ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซ
ลีน 95 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 สมรรถนะเครื่องยนต์

4.1.1 แรงบิด

จากผลการทดลองของเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะ
แบบเดิมและแบบฉีดตรงพบว่าแรงบิดของเครื่องยนต์
SI 2 จังหวะแบบฉีดตรงมีแรงบิดมากกว่าแบบเดิมร้อย
ละ 4.35 ตามรายละเอียดตารางที่ 3 ซึ่งสามารถ
อธิบายได้ว่าเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบฉีดตรงได้ฉีด
เชื้อเพลิงโดยตรงเข้ามาจ่ายเชื้อเพลิงให้แก่เครื่องยนต์
SI 2 จังหวะ ในช่วงที่ลูกสูบเคลื่อนที่ปิดช่องไอเสียไป
แล้ว จึงทำให้ไม่มีการสูญเสียเชื้อเพลิงออกไปทางช่อง
ไอเสียและมีปริมาณเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ที่มากกว่า
เครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบเดิม ส่งผลให้เครื่องยนต์
SI 2 จังหวะ แบบฉีดตรงมีพลังงานมากเครื่องยนต์ SI
2 จังหวะแบบเดิม ทำให้มีแรงบิดเพิ่มมากขึ้น
ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

เครื่องยนต์	T (N.m)	P (kW)	bsfc (g/kWh)	η_{th} (%)
แบบเดิม	12.39	2.59	300.70	27.84
แบบฉีดตรง	12.93	2.71	265.89	31.49

4.1.2 กำลังเครื่องยนต์

จากการทดลองพบว่าแรงบิดของเครื่องยนต์ SI 2
จังหวะแบบฉีดตรงมีค่ามากกว่าเครื่องยนต์ SI 2

AEC-74

จังหวะแบบเดิม ซึ่งส่งผลให้กำลังของเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบฉีดตรงมีค่ามากกว่าเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบเดิมร้อยละ 4.63 ตามไปด้วย

4.1.3 อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก

จากการทดลองพบว่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบฉีดตรงมีค่าน้อยกว่าแบบเดิมร้อยละ 11.63 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบฉีดตรงได้ฉีดเชื้อเพลิงเข้ามาภายในห้องเผาไหม้โดยตรง ในช่วงที่ลูกสูบเคลื่อนที่ปิดช่องไอเสียไปแล้ว จึงทำให้ไม่มีการสูญเสียเชื้อเพลิงออกไปทางช่องไอเสียซึ่งส่งผลให้อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบฉีดตรงลดลง

4.1.4 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์

จากการทดลองพบว่าเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบฉีดตรงมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงกว่าเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบเดิมร้อยละ 13.11 เนื่องจากเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบฉีดตรงไม่มีการสูญเสียเชื้อเพลิงในช่วงนำไอดีไปขับไล่ไอเสียทำให้มีเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้มากกว่าเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบเดิม จึงมีพลังงานเชื้อเพลิงที่มากกว่าและทำให้กำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้มีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงกว่าเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบเดิม

4.1.5 มลพิษไอเสีย

จากการทดสอบสมรรถนะและทำการวัดไอเสียของเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบฉีดตรงเปรียบเทียบกับแบบเดิมดังรายละเอียดในตารางที่ 4 พบว่า HC และ CO ของเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบฉีดตรงมีค่าน้อยกว่าเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบเดิมร้อยละ 10.92 และ 87.88 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะแบบฉีดตรงไม่มีการสูญเสียเชื้อเพลิงไปในช่วงนำไอดีขับไล่ไอเสียจึงทำให้มีปริมาณเชื้อเพลิงหรือ HC ที่ออกมากับไอเสียน้อยลงขณะเดียวกันการใช้หัวฉีดฉีดเชื้อเพลิงให้เป็นสเปรย์ฝอยละเอียดเข้าไปยังห้องเผาไหม้โดยตรงจะทำให้การ

ผสมคลุกเคล้าระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศได้ดีขึ้น ส่งผลให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้นปริมาณของ CO ในไอเสียจึงลดลง

ตารางที่ 4 มลพิษไอเสียของเครื่องยนต์

เครื่องยนต์	HC (ppm)	CO (%)
แบบเดิม	229	2.97
แบบฉีดตรง	204	0.36

5. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาเครื่องยนต์ SI 2 จังหวะโดยฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงเข้ามาจ่ายเชื้อเพลิงให้แก่เครื่องยนต์ SI 2 จังหวะ ในช่วงที่ลูกสูบเคลื่อนที่ปิดช่องไอเสียไปแล้ว และได้ทำการทดลองเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์กับแบบเดิมได้แก่แรงบิด กำลังของเครื่องยนต์ อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ รวมทั้งมลพิษไอเสีย ทดสอบที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ที่ภาระของเครื่องยนต์ 100% ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน 95 พบว่าแรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.35 และ 4.63 ตามลำดับ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.11 อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกลดลงร้อยละ 11.63 ขณะที่ HC และ CO ลดลงร้อยละ 10.92 และ 87.88 ตามลำดับ

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] ประพัทธ์ สันติวรารกร, เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน, หน่วยสารบรรณ งานบริหารและธุรการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2548
- [2] ดร.เชษฐ ฐานะวโรธร, การประยุกต์ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลกับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546.

AEC-74

[3] G. Ciccarelli, Steve Reynolds, Phillip Oliver (2010). Development of a novel passive top-down uniflow scavenged two-stroke GDI engine, *Experimental Thermal and Fluid Science* 34 (2010) :217–226.