

**การศึกษาและปรับปรุงกล่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ลูกสูบเดียวระบบหัวฉีด
เพื่อใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิง**
**Study and improvement a box control engine piston one system injection
for use gasohol E85 be fuel .**

ปิยะวัฒน์ ศรีธรรม¹ เดชชาติ เชิดชัย²

¹ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์

² สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์

145 ถนนสุรินทร์ปราสาท ตำบลนอกเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ 32000

โทรศัพท์: 084 3024794 E-mail: critram_1111@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษสมรรถนะของรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด PGM-FI (Programmed Fuel Injection) ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิง โดยทำการออกแบบวงจรควบคุมระบบหัวฉีดน้ำมันใหม่ให้ทำงานร่วมกับกล่อง ECM ของรถจักรยานยนต์ เมื่อเรานำน้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 มาใช้กับเครื่องยนต์จะให้ค่าแรงบิดและกำลังงานไม่ต่างกับการใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง แต่จะมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงขึ้นและมลภาวะที่ออกมาจะต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน แต่อย่างไรก็ตามจะต้องมีการปรับอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศให้เหมาะสม และแก้ปัญหาในการสตาร์ทเครื่องยนต์ขณะที่ยังมีน้ำค้าง เนื่องจากคุณสมบัติการระเหยของเอทานอลในน้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85

เพราะฉะนั้นโดยสรุปแล้วเชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 สามารถให้สมรรถนะที่ไม่แตกต่างจากน้ำมันเบนซินโดยเฉพาะให้ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนที่สูงกว่า แม้ว่าจะมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะที่สูงกว่า [1,4]

คำสำคัญ: ระบบหัวฉีด PGM FI (Programmed Fuel Injection) น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85

Abstract

The objective of this study is to understand the performance of using gasohol E85 in injector motorcycle engines. It is Programmed Fuel Injection (PGM FI). By designing a new fuel injection system used in conjunction with the ECM of the motorcycle. The final results showed that the engine power using gasohol E85 was same as gasoline. The rate of fuel consumption, and higher pollution output will be lower than gasoline engines. However the modification of engine needed to compensate the lower energy content of ethanol in gasohol E85 and avoid problem of cold start due to its lower vapor pressure.

This can be concluded that gasohol E85 have a good tendency to be used as alternative fuel. It give higher

thermal efficiency than gasoline while more than brake specific fuel consumption due to the lower heating value of ethanol.

Keywords: Injection system PGM FI (Programmed Fuel Injection), Gasohol E85

1. บทนำ

ในทางทฤษฎีของเครื่องยนต์สันดาปภายใน การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่สมบูรณ์เกิดจากการผสมระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศในอัตราส่วนที่พอเหมาะ โดยในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนหรือเบนซินอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศต่อน้ำมันจะอยู่ที่ 14.6:1 โดยจะให้ค่าแลมด้าอยู่ที่ 1 จากหลักการดังกล่าว ถ้าเปลี่ยนเชื้อเพลิงใหม่จะต้องทดสอบหาอัตราส่วนผสมใหม่ เพราะว่าค่าความร้อนที่ได้จากเอทานอลที่ให้ออกมาน้อยกว่าน้ำมันเบนซินในการเผาไหม้ที่ปริมาณเท่ากัน ดังนั้นถ้าต้องการให้ได้ค่าความร้อนที่เท่ากันต้องใช้ปริมาณเอทานอลที่มากกว่าน้ำมันเบนซิน [1] ซึ่งส่งผลต่อการใช้แก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิงที่ต้องใช้ในอัตราส่วนที่มากกว่าการใช้น้ำมันเบนซิน เนื่องจากมีส่วนผสมของเอทานอลผสมอยู่ โดยแก๊สโซฮอล์ E85 เกิดจากการนำเอทานอลบริสุทธิ์ 99.5% ผสมในสัดส่วน 75 - 85% กับน้ำมันเบนซินพื้นฐาน (แก๊สโซลีนหรือน้ำมันเบนซินที่ยังไม่ปรับค่าออกเทน ซึ่งน้ำมันเบนซินพื้นฐาน (Base Gasoline) จะมีค่าออกเทนอยู่ประมาณ 85 - 87) โดยแก๊สโซฮอล์ E85 มีค่าออกเทนมากกว่า 100 ซึ่งทำให้ต้องใช้กำลังอัด (Compression Ratio) สูงกว่ารถที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินทั่วไป [2-4]

2. วัตถุประสงค์

2.1 ศึกษาและปรับปรุงกล่องควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงของหัวฉีดรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ลูกสูบเดียว และสร้างระบบการควบคุมการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงใหม่ของเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด ให้เครื่องยนต์สามารถใช้แก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิงได้

2.2 ศึกษาสมรรถนะของรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์สูบเดียวระบบหัวฉีด เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ E85 เปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซิน 91

3. แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิดการวิจัยและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การปรับปรุงระบบฉีดเชื้อเพลิงนั้น จะทำการออกแบบและสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ โดยเขียนโปรแกรมควบคุมป้อนเข้าในตัวไอซี และทำการบรรจุลงในกล่องควบคุมทำการต่อวงจรเข้าให้ทำงานร่วมกันกับวงจรในกล่อง ECM ของรถจักรยานยนต์

หลักการตั้งค่าการฉีดน้ำมันของกล่องควบคุมใหม่ที่สร้างขึ้น ทำโดยการปรับช่วงเวลาการฉีดน้ำมันของหัวฉีดให้เพิ่มขึ้นเมื่อส่วนผสมของเชื้อเพลิงนั้นมีแก๊สโซฮอล์ E85 ผสมอยู่ เนื่องจากค่าความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าความต้องการของเครื่องยนต์ ดังนั้นต้องมีการปรับอัตราการผสมเชื้อเพลิงใหม่ให้เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ ในที่นี้ใช้วิธีการเพิ่มคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงและให้มีการปรับค่าไดเอจออกโมมิติตามคำสั่งที่ป้อนไว้ตามโปรแกรม

3.1 การส่งจ่ายน้ำมัน จะจ่ายจำนวนมากหรือน้อยในทุกรอบความเร็ว การจ่ายน้ำมันไม่ว่าที่รอบความเร็วไหนเพื่อการจุดระเบิดที่สมบูรณ์นั้น สามารถเลือกการปรับตั้งได้ 3 แบบคือ

1. การปรับตามการเปิดปิดที่ลิ้นปีกผีเสื้อ หรือคันเร่งก็ได้ในกรณีที่เป็นคันเร่งไฟฟ้า
2. ปรับตาม Air flow sensor ตามปริมาณการเข้าออกของอากาศ
3. ปรับตาม MAP sensor ในกรณีที่ใช้ระบบอัดอากาศอย่างเทอร์โบ

ส่วนในการปรับองศาจุดระเบิด จะเพิ่มหรือลดมากน้อยเพียงใดก็ได้ในระยะ 60 องศาเพื่อให้เข้ากับการเลือกใช้น้ำมัน

ในงานวิจัยใช้หลักการของการเพิ่มคาบเวลาการฉีดน้ำมันของหัวฉีด เป็นการส่งจ่ายน้ำมันเพิ่ม จะเปลี่ยนแปลงในทุกรอบความเร็ว โดยจะทำให้อัตราส่วนผสมของน้ำมันกับอากาศมีการเปลี่ยนแปลงตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยปรับตามการองศาเปิดปิดของปีกผีเสื้อ เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ที่ต้องการให้รถจักรยานยนต์นั้น สามารถใช้แก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิง หรือน้ำมันที่มีส่วนผสมของแก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิง

3.2 สมรรถนะของเครื่องยนต์ กำลังม้าของเครื่องยนต์หาได้จากแรงหมุนของเครื่องและความเร็วรอบ โดยมีสูตรดังนี้

$$P = \frac{2\pi Tn}{60 \times 1,000} = 0.1047 \times 10^{-4} Tn \text{(1)}$$

Specific Fuel Consumption สมการคือ

$$BSFC = \frac{\text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่สิ้นเปลือง 1 ชั่วโมง}}{\text{กำลังของเครื่องยนต์ที่ผลิตได้}} \text{(2)}$$

ปริมาณอากาศที่ใช้หาจากปริมาณอากาศที่ไหลผ่าน

Orifice Plate ของ Air box

$$Q_a = C_o VA \text{(3)}$$

$$V = \sqrt{\frac{2gP_w \Delta H_w}{P_g}} \text{(4)}$$

$$\dot{m}_a = P_a \times Q_a \text{(5)}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \text{(6)}$$

อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิง

$$\frac{A}{F} = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \text{(7)}$$

[1,6]

3.3 เครื่องยนต์ทดสอบ

การศึกษาใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีนสูบเดียว 4 จังหวะระบบหัวฉีด เป็นเครื่องยนต์ของฮอนด้ารุ่นคลิกโอ รายละเอียดเครื่องยนต์ฮอนด้ารุ่นคลิกโอ [5]

ข้อมูล	SPECIFICATION
ระบบจ่ายน้ำมัน	หัวฉีด PGM-FI Fuel injection
เครื่องยนต์	4 จังหวะ ซิงเกิลโอเวอร์เฮดแคมชาฟท์
ขนาดกระบอกสูบ×ระยะชัก	50 มม. × 55 มม.
ปริมาตรกระบอกสูบ	108 ซีซี
แรงบิดสูงสุด	1.22 กก.ม. ที่ 2,800 รอบต่อนาที
อัตราส่วนกำลังอัด	11:1
รอบเดินเบา	1,700 ± 100 รอบต่อนาที
ระบบระบายความร้อน	ระบายความร้อนด้วยน้ำ
ระบบหล่อลื่น	แบบอัตโนมัติในตัว (วิดสาด)
ระบบจุดระเบิด	Digital Transistorized
ระบบคลัทช์	คลัทช์แห้งอัตโนมัติ
อัตราทดเกียร์	2.53-0.85

4. วิธีดำเนินงาน

4.1 วิธีการทดลอง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 วัดสัญญาณส่งจ่ายน้ำมันเดิมที่กล่องควบคุม ECM ที่ต่อเข้าหัวฉีด โดยเลือกใช้เครื่องยนต์ระบบเกียร์อัตโนมัติและระบบหัวฉีด PGM FI

ขั้นที่ 2 ทำการออกแบบวงจรควบคุมเวลาการฉีดน้ำมันใหม่ เพื่อเพิ่มคาบเวลาการจ่ายน้ำมันของหัวฉีด และให้สามารถทำงานร่วมกับกล่องควบคุม ECM ในวงจรควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบใหม่นั้นใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นศูนย์กลางการควบคุม และเขียนโปรแกรมคำสั่งควบคุมการทำงานโดยป้อนเข้าที่ไอซีไมโครโปรเซสเซอร์

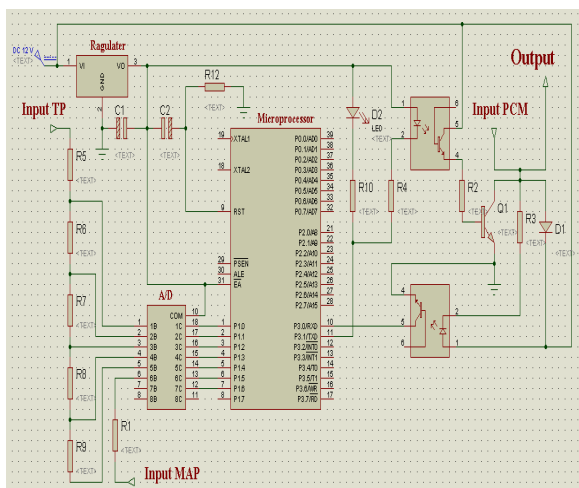
ขั้นที่ 3 ทดลอง ทดสอบวงจรและโปรแกรมการควบคุม พร้อมปรับปรุงโปรแกรมให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานจริง เมื่อได้สัญญาณที่ต้องการ ทำการทดสอบการทำงานร่วมกับกล่องควบคุม ECM ของเครื่องยนต์ ทำการปรับแต่งสัญญาณ เมื่อได้ค่าเวลาการฉีดน้ำมันตามที่ต้องการแล้ว ทำลายปริ้น วางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ทดสอบการทำงาน บรรจุวงจรควบคุมเข้ากล่องและต่อวงจรควบคุม
 ขนานกับวงจรกล่องควบคุม ECM ของรถจักรยานยนต์

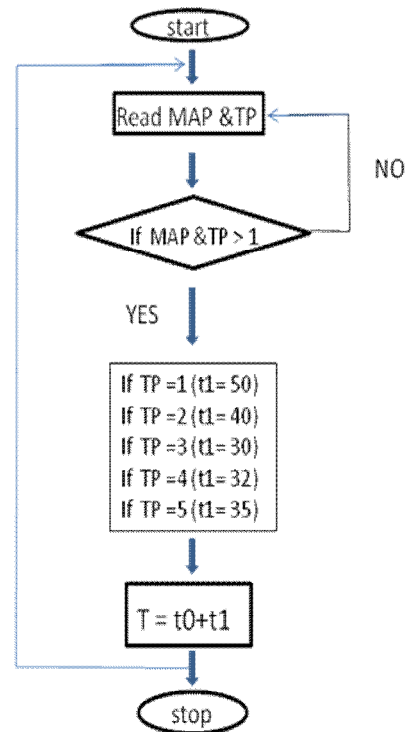
ขั้นที่ 4 วิเคราะห์ผลที่ได้ในการปรับแต่งระบบการจ่าย
 น้ำมันให้เครื่องยนต์เมื่อใช้แก๊สโซฮอล์ E85 โดยทดสอบเปรียบเทียบค่า
 ต่างๆ กับน้ำมันเบนซิน 91

4.2 วงจรควบคุม

การปรับปรุงการฉีดของเชื้อเพลิงสำหรับ
 รถจักรยานยนต์ ได้สร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ มาเพื่อทำงานร่วมกับ
 กล่อง ECM ซึ่งมีข้อดีที่ไม่ต้องเปลี่ยนแปลงระบบการทำงานของกล่อง
 ECM เดิม เมื่อใช้น้ำมันปกติสามารถถอดกล่องปรับปรุงการฉีดเชื้อเพลิง
 ออกเท่านั้นไม่ส่งผลเสียต่อระบบฉีดเชื้อเพลิงเดิม การทำงานของวงจร
 IC 7805 ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันให้ได้ 5 V เพื่อจ่ายให้
 ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลการปรับปรุงการฉีด
 เชื้อเพลิง วงจร ACD ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณการควบคุมปริมาณของ
 อากาศให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลใน
 การจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง จุด TP เป็นจุดที่ใช้สำหรับรับสัญญาณการเปิด
 ปิดปีกผีเสื้อซึ่งเป็นค่าพื้นที่ช่องของอากาศที่ไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้
 จุด MAP เป็นจุดต่อสัญญาณ ความเร็วของอากาศที่ไหลเข้าห้องเผา
 ไหม้ ซึ่งในเครื่องยนต์หัวฉีดนั้นการวัดความเร็วของอากาศจะผ่าน
 เซ็นเซอร์ความดัน โดยที่ความเร็วของอากาศแปรผันตรงกับความเร็ว
 จุดอินพุทเหล่านี้เป็นสัญญาณแสดงปริมาณอากาศเชิงมวล ที่ทำให้
 ไมโครคอนโทรลเลอร์รู้ว่าการแปรผันค่าอย่างไร เพื่อนำค่าปริมาณ
 อินพุทเหล่านี้ไปประมวลผลและสั่งจ่ายน้ำมันให้เหมาะสม ทำให้
 รถจักรยานยนต์สามารถใช้น้ำมัน E85 ได้ ตำแหน่ง output และ
 input PCM เป็นตำแหน่งรับสัญญาณเพื่อประมวลผลค่า และจ่าย
 สัญญาณควบคุมปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสม โดยผ่านการ
 ไอโซเลตทางแสง D1 ทำหน้าที่กรองแรงดัน EMF จากหัวฉีด Q1 ทำ
 หน้าที่ขยายสัญญาณควบคุมเพื่อควบคุมการทำงานของหัวฉีด R2 และ
 D10 ทำหน้าที่แสดงสถานะ การทำงานของสัญญาณควบคุมการทำงานของ
 หัวฉีด



รูปที่ 1 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบและควบคุมการทำงานของ
 ระบบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ [2-4]



รูปที่ 2 Flow char การทำงานของโปรแกรมที่ป้อนใน
 ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่กล่องควบคุมต้นแบบ

4.3 ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

วงจรจะทำการตรวจนับปริมาณสัญญาณอินพุท MAP
 และ TP ซึ่งแสดงปริมาณความต้องการเชื้อเพลิงตามโปรแกรม หากไม่
 มีสัญญาณดังกล่าวก็จะทำการตรวจวัดสัญญาณใหม่ ระดับ TP แบ่ง
 ออกเป็น 5 ลำดับขั้น แต่ละลำดับขั้นจะมีการทดลองเพื่อปรับค่าเวลา
 t1 เพื่อเพิ่มเชื้อเพลิงให้เหมาะสมตามโปรแกรม เมื่อประมวลผลได้ค่า
 t1 โปรแกรมทำการตรวจนับสัญญาณ input PCM ถ้าไม่มีสัญญาณ
 input PCM โปรแกรมจะเริ่มกระบวนการใหม่ ถ้ามี input PCM และ
 เมื่อระยะเวลาของ input PCM หมดลง โปรแกรมจะส่งสัญญาณเพื่อ
 เพิ่มปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิง และโปรแกรมจะทำงานโดยแปรผันกับ
 สัญญาณ อินพุทซึ่งแสดงถึงความต้องการน้ำมันเชื้อเพลิงของ
 เครื่องยนต์



รูปที่ 3 ป้อนโปรแกรมควบคุมในวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4 การต่อวงจรกล่องควบคุมใหม่เข้ากล่อง ECM [3]

5. ผลการศึกษา/การทดลอง

5.1 วัดค่าสัญญาณออกจากกล่อง ECM

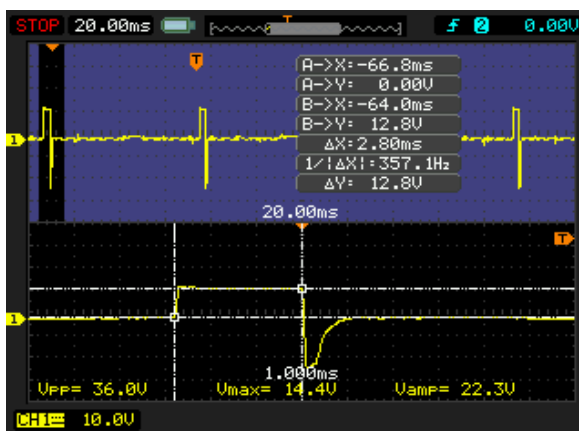
ใช้เครื่องวัดออสซิลโลสโคป วัดค่าการส่งสัญญาณการฉีดน้ำมันที่ทำงานตามกล่องควบคุม ECM จากการทดสอบวัดสัญญาณกล่อง ECM จะส่งสัญญาณการทำงานเป็นสัญญาณลูกคลื่นสี่เหลี่ยม



รูปที่ 5 การวัดคลื่นสัญญาณที่หัวฉีด

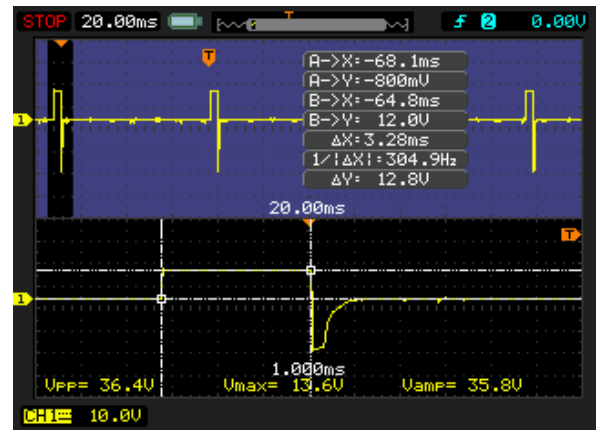
ผลการวัดสัญญาณของกล่อง ECM ที่จ่ายให้หัวฉีด

1. ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 6 คลื่นที่วัดที่หัวฉีดเมื่อใช้น้ำมันเบนซิน
 ค่าคาบเวลาการจ่ายน้ำมันของหัวฉีดที่วัดได้คือ 2.8 ms

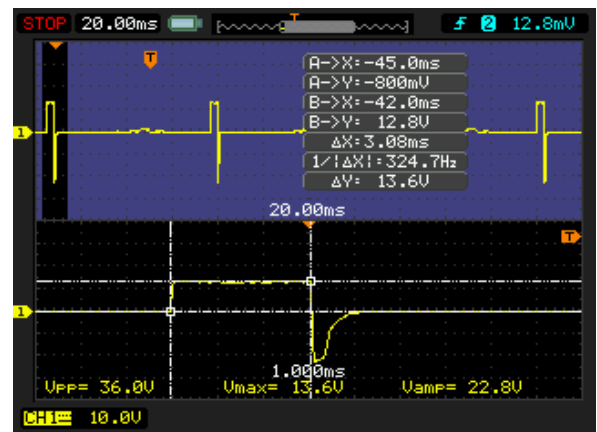
2. ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 E10 เป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 7 คลื่นจากหัวฉีดของการจ่ายแก๊สโซฮอล์ E10

ค่าคาบเวลาการจ่ายน้ำมันของหัวฉีดที่วัดได้คือ 3.28 ms

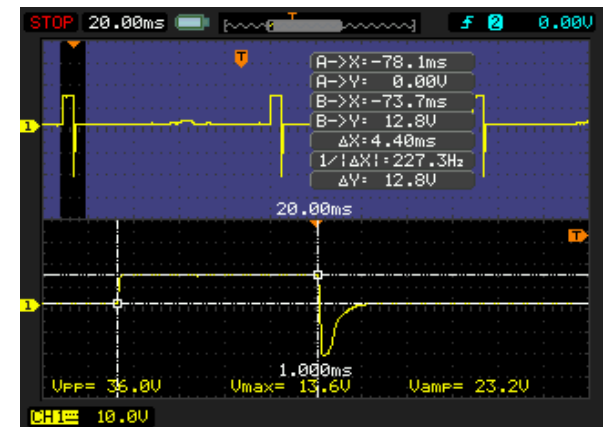
3. ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E20 เป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 8 คลื่นจากหัวฉีดของการจ่ายแก๊สโซฮอล์ E20

ค่าคาบเวลาการจ่ายน้ำมันของหัวฉีดที่วัดได้คือ 3.08 ms

4. ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 9 คลื่นจากหัวฉีดของการจ่ายแก๊สโซฮอล์ E85

คาบเวลาการจ่ายน้ำมันของหัวฉีดที่วัดได้คือ 4.4 ms

จากการกราฟคลื่นที่วัดได้จากเครื่องมือวัดออสซิลโลสโคป
 ในรูปที่ 5-9 การทดสอบวัดสัญญาณที่กล่อง ECM จ่ายสัญญาณให้กับหัวฉีด จากการกราฟอาจกล่าวได้ว่าสัญญาณที่กล่อง ECM ส่งให้หัวฉีด

น้ำมันทำงานเป็นสัญญาณพัลส์ โดยคาบเวลาส่งจ่ายน้ำมันที่หัวฉีดมีคาบเวลาที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันที่เติม จากกราฟรูปที่ 9 เมื่อใช้แก๊สโซฮอล์ E85 นั้นกล่อง ECM ควบคุมให้หัวฉีดน้ำมันทำงานได้แค่ในช่วงเครื่องยนต์เดินเบา เวลาเร่งบางครั้งเครื่องยนต์จะดับหรือรถสอว้างออกตัวได้ไม่ดี สะดุด

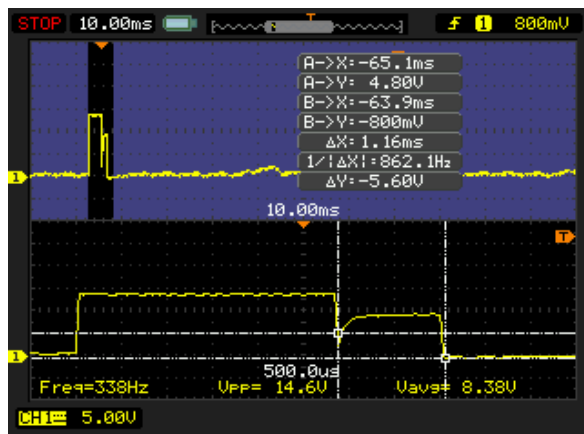
หมายเหตุ การวัดจากเครื่องวัดออสซิลโลสโคปใช้ Common ขั้วบวก สัญญาณที่วัดได้จึงแสดงค่าด้านบวก

5.2 การวัดค่าสัญญาณที่ส่งออกจากวงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ในกล่องควบคุมต้นแบบ

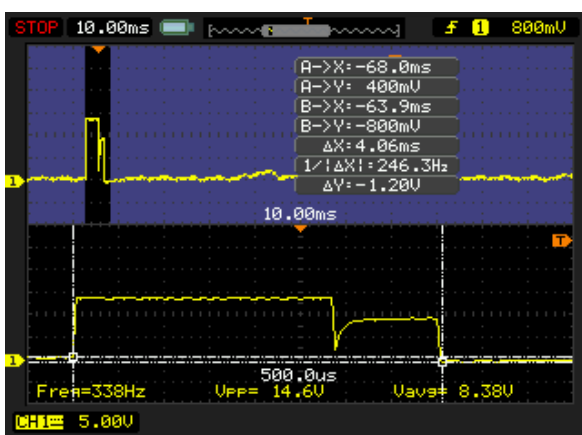
การทดสอบใช้ตัวอย่างเป็นน้ำมันที่เครื่องสามารถทำงานได้เมื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง ได้ค่าดังนี้

5.2.1 วัดสัญญาณการทำงานขาออก ที่ส่งจ่ายให้หัวฉีดในขณะเครื่องยนต์ทำงาน

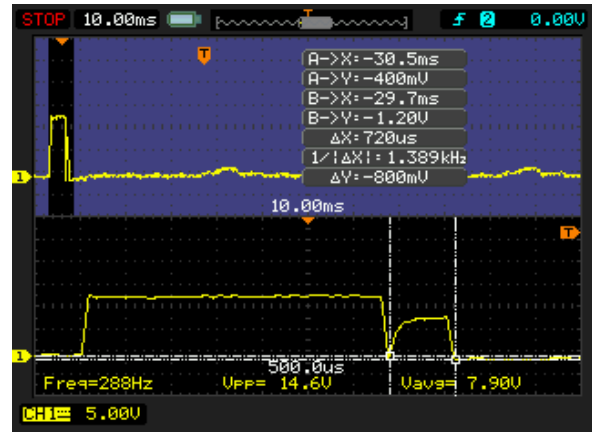
การทดสอบใช้ตัวอย่างเป็นน้ำมันเบนซิน 91 ได้ค่าดังนี้



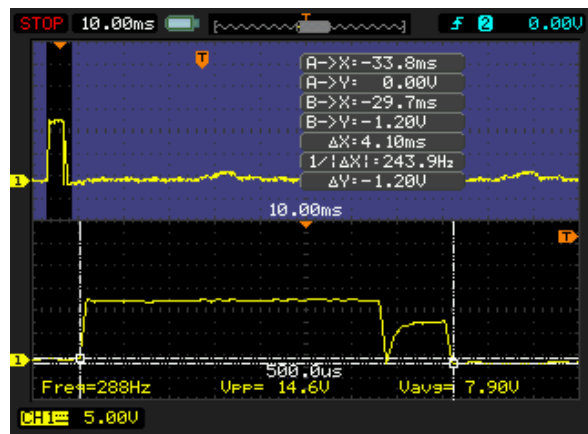
รูปที่ 10 คลื่นสัญญาณที่วัด ในการสั่งให้หัวฉีดทำงานที่รอบเดินเบา
 จากรูปที่ 10 รูปคลื่นสัญญาณที่เพิ่มของการสั่งจ่ายหัวฉีดของกล่องใหม่ ค่าคาบเวลาที่วัดได้คือ 1.16 ms



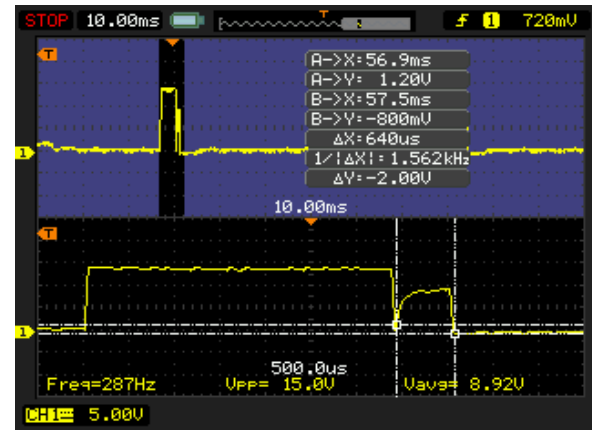
รูปที่ 11 คลื่นสัญญาณที่วัด ในการสั่งให้หัวฉีดทำงานที่รอบเดินเบา
 จากรูปที่ 11 รูปคลื่นสัญญาณรวม จากกล่อง ECM จ่ายร่วมกับกล่องใหม่ ได้ค่าคาบเวลาที่วัดได้คือ 4.06 ms
 การทดสอบใช้ตัวอย่างเป็นแก๊สโซฮอล์ E10 ได้ค่าดังนี้



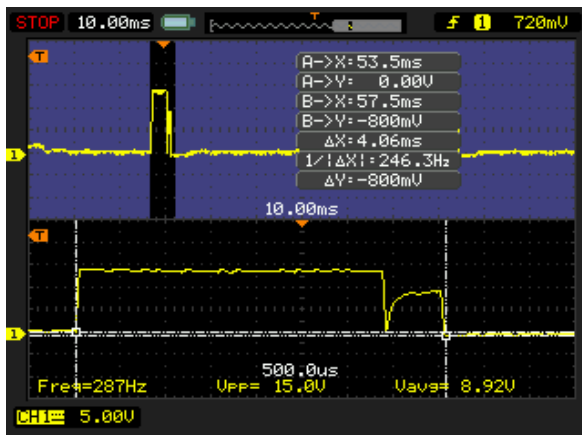
รูปที่ 12 คลื่นสัญญาณที่วัด ในการสั่งให้หัวฉีดทำงานที่รอบเดินเบา
 จากรูปที่ 12 รูปคลื่นสัญญาณที่เพิ่มของการสั่งจ่ายหัวฉีดของกล่องใหม่ ค่าคาบเวลาที่วัดได้คือ 0.72 ms



รูปที่ 13 คลื่นสัญญาณที่วัด ในการสั่งให้หัวฉีดทำงานที่รอบเดินเบา
 จากรูปที่ 13 รูปคลื่นสัญญาณรวม จากกล่อง ECM จ่ายร่วมกับกล่องใหม่ ได้ค่าคาบเวลาที่วัดได้คือ 4.1 ms
 การทดสอบใช้ตัวอย่างเป็นแก๊สโซฮอล์ E20 ได้ค่าดังนี้



รูปที่ 14 คลื่นสัญญาณที่วัด ในการสั่งให้หัวฉีดทำงานที่รอบเดินเบา
 จากรูปที่ 14 รูปคลื่นสัญญาณที่เพิ่มของการสั่งจ่ายหัวฉีดของกล่องใหม่ ค่าคาบเวลาที่วัดได้คือ 0.64 ms

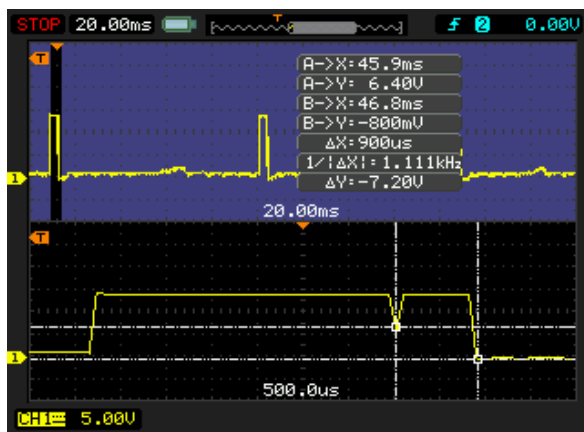


รูปที่ 15 คลื่นสัญญาณที่วัด ในการสั่งให้หัวฉีดทำงานที่รอบเดินเบา
 จากรูปที่ 15 รูปคลื่นสัญญาณรวม จากกล่อง ECM จ่ายร่วมกับกล่องใหม่ ได้ค่าคาบเวลาที่วัดได้คือ 4.06 ms

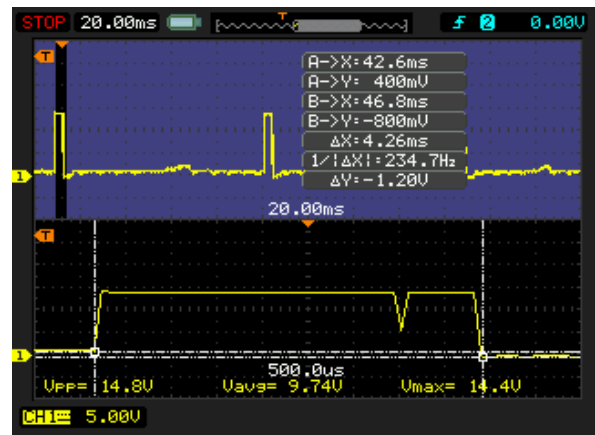
จากรูปที่ 10-15 คลื่นสัญญาณเพิ่มคาบเวลาการฉีดน้ำมันในขณะเครื่องยนต์ทำงาน จะเป็นสัญญาณของคาบเวลาจริงในการสั่งฉีดน้ำมันของกล่องทั้งสอง แสดงให้เห็นว่ากล่อง ECM มีการส่งจ่ายสัญญาณตามสภาวะการทำงานจริงของเครื่องยนต์ขณะทำงาน และกล่องใหม่ที่ต้องร่วมจะจ่ายสัญญาณเพิ่มคาบเวลาการฉีดน้ำมันเพิ่มบางส่วน แสดงให้เห็นว่ามีการเพิ่มคาบเวลาการฉีดน้ำมันของหัวฉีดให้เครื่องยนต์ ทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มแต่ไม่มากนักน้ำมันท่วมห้องเผาไหม้ และส่งผลต่ออัตราเร่งของเครื่องยนต์

5.2.2 วัดสัญญาณการทำงานขาออก ที่สั่งจ่ายให้หัวฉีดในขณะเครื่องยนต์ทำงาน โดยใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิง

1. วัดค่าการทำงานช่วงเวลาการหน่วงเวลาในรอบเดินเบาของเครื่องยนต์

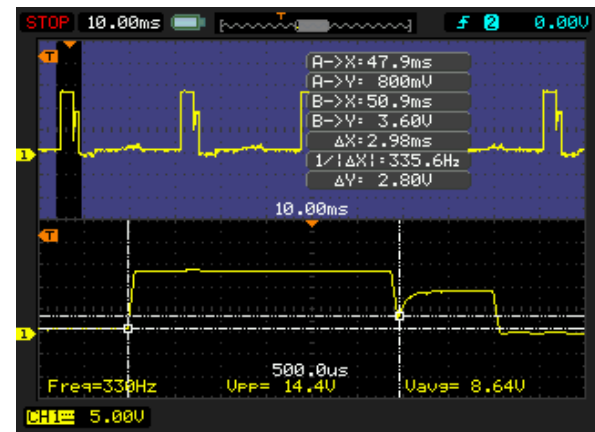


รูปที่ 16 คลื่นสัญญาณที่วัด ในการสั่งให้หัวฉีดทำงานที่รอบเดินเบา
 จากรูปที่ 16 รูปคลื่นสัญญาณที่เพิ่มของการสั่งจ่ายหัวฉีดของกล่องใหม่ ค่าคาบเวลาที่วัดได้คือ 0.9 ms

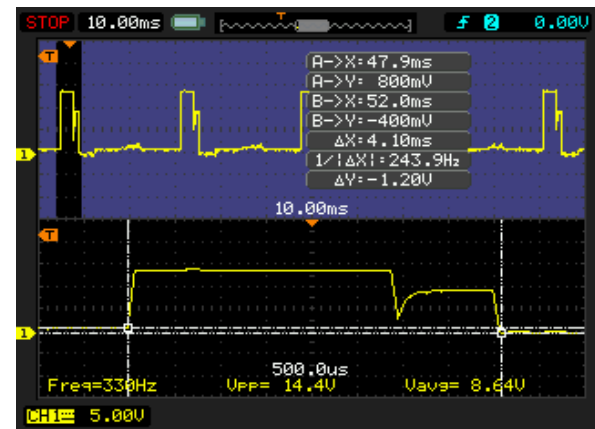


รูปที่ 17 คลื่นสัญญาณที่วัด ในการสั่งให้หัวฉีดทำงานที่รอบเดินเบา
 จากรูปที่ 17 รูปคลื่นสัญญาณรวม จากกล่อง ECM จ่ายร่วมกับกล่องใหม่ ได้ค่าคาบเวลาที่วัดได้คือ 4.26 ms

2. วัดค่าการทำงานช่วงเวลาการหน่วงเวลาในรอบการทำงานของเครื่องยนต์ปกติ



รูปที่ 18 คลื่นสัญญาณที่วัดในการสั่งให้หัวฉีดทำงาน
 จากรูปที่ 18 รูปคลื่นสัญญาณจากกล่อง ECM จ่ายค่าคาบเวลาที่วัดได้คือ 2.98 ms



รูปที่ 19 คลื่นสัญญาณที่วัดในการสั่งให้หัวฉีดทำงาน
 จากรูปที่ 19 รูปคลื่นสัญญาณพัลส์จากกล่อง ECM จ่ายร่วมกับกล่องใหม่ ได้ค่าคาบเวลาที่วัดรวมได้คือ 4.1 ms ดังนั้นจากกราฟที่ 18 และ 19 คาบเวลาที่จ่ายเพิ่มคือ 2.12 ms

จากรูปที่ 16-19 คลื่นสัญญาณเพิ่มคาบเวลา การฉีดน้ำมันในขณะเครื่องยนต์ทำงาน จะเป็นสัญญาณของคาบเวลาจริงในการสั่งฉีดน้ำมันของกล่องทั้งสอง จากสัญญาณที่วัดได้ แสดงให้เห็นว่ากล่อง ECM มีการสั่งจ่ายสัญญาณตามสภาวะการทำงานจริงของเครื่องยนต์ขณะทำงาน และกล่องต้นแบบที่ต่อร่วมจะจ่ายสัญญาณเพิ่มคาบเวลาการฉีดน้ำมันเพิ่ม เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานได้เป็นปกติเมื่อใช้แก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิง

5.3 การวัดค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ ใช้เครื่องทดสอบสมรรถนะรุ่น MT 501 ENGINE DYNAMOMETER ไดนาโมมิเตอร์แบบ Prony Brake [6]

ในงานวิจัยนี้ทำการสร้างชุดแท่นลูกกลิ้งรองรับล้อรถจักรยานยนต์ (BASE) และไดนาโมมิเตอร์ขึ้นมาใหม่ เพลาส่งกำลังของลูกกลิ้งต่อเข้ากับชุดไดนาโมมิเตอร์แบบโพรนีเบรกด้วย fix coupling การระบายความร้อนชุดเบรกใช้น้ำไหลผ่านมีแซนส่งแรงจากชุดเบรกมากที่ตัวโพลีเซลล์ ที่สามารถวัดค่าออกมาได้เป็นค่าแรงบิดสำหรับตัวเครื่องยนต์ต่อหน้ามนเชื้อเพลิงจากชุดอุปกรณ์วัดค่าอัตราการไหลที่บริเวณท่อไอดี ใช้ท่ออย่างสวมต่อเข้ากับ air box เพื่อวัดปริมาณอากาศที่ใช้ด้วยเครื่องมือวัดแบบมานอมิเตอร์



รูปที่ 20 การวัดค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์

วิธีการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ ก่อนนำเครื่องยนต์ติดตั้งกับเครื่องทดสอบสมรรถนะ จะต้องปรับเครื่องยนต์ให้พร้อมในการทดสอบ ขั้นตอนการทดสอบของเครื่องยนต์มีดังนี้

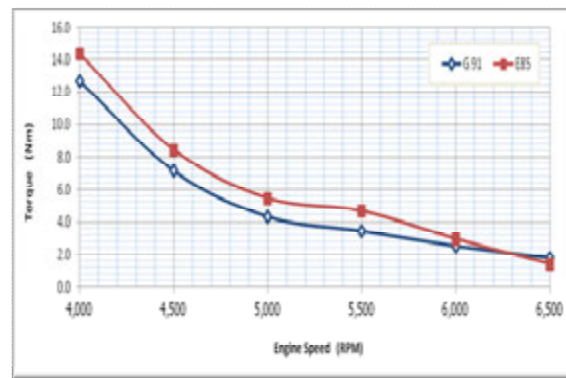
ขั้นที่ 1 ติดตั้งรถทดสอบเข้ากับเครื่องวัดไดนาโมมิเตอร์ อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ ทำการเดินเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันเบนซิน 91 เป็นเชื้อเพลิง ในตำแหน่งเดินเบา เพื่อให้เครื่องยนต์ถึงอุณหภูมิทำงาน จากนั้นต่อกล่องควบคุมที่สร้างใหม่เข้ากับระบบควบคุมเดิมของรถทดสอบ และใช้น้ำมันเบนซิน 91 ในการทดสอบ โดยกำหนดการทดสอบค่าที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ในช่วง 4,000-7,000 รอบต่อนาที ตั้งรอบเครื่องยนต์เริ่มต้นที่ 7,000 รอบต่อนาทีและปรับรอบเครื่องยนต์ลดลงมาที่ความเร็วรอบต่างๆ ตามลำดับดังนี้คือที่ 6,500 6,000 5,500 5,000 4,500 และ 4,000 รอบต่อนาที บันทึกค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์ เวลาที่ใช้สำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงและอัตราการไหลของอากาศที่มานอมิเตอร์

ขั้นที่ 2 เปลี่ยนเชื้อเพลิงจากน้ำมันเบนซิน 91 เป็นแก๊สโซฮอล์ E85 ในการทดสอบและทำการทดสอบค่าต่างๆ ของเครื่องยนต์ตามขั้นตอนที่ 1

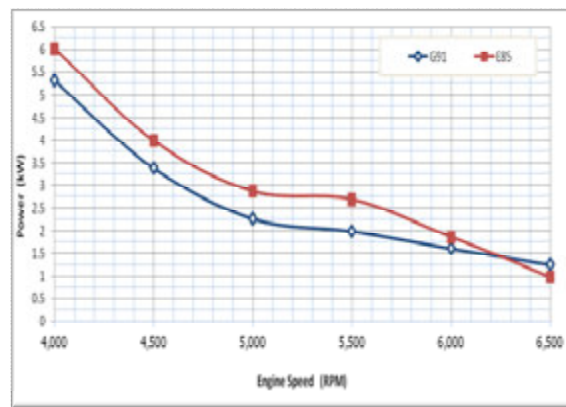
ขั้นที่ 3 นำค่าที่ได้จากการทดสอบ มาคำนวณหาค่าเขียนกราฟความสัมพันธ์ เปรียบเทียบค่าที่ได้ของน้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอล์ E85 เช่น กำลังเบรกของเครื่องยนต์ แรงบิด และอัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะ นำค่ามาวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

กำหนดให้ G91 คือกราฟเครื่องยนต์ใช้น้ำมันเบนซิน 91 เป็นเชื้อเพลิง

E85 คือกราฟเครื่องยนต์ใช้แก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิง

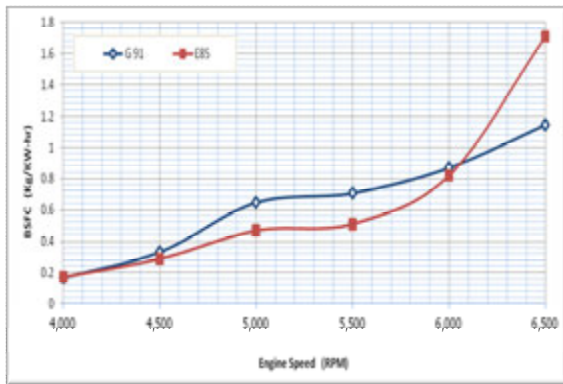


รูปที่ 21 แรงบิดของเครื่องยนต์

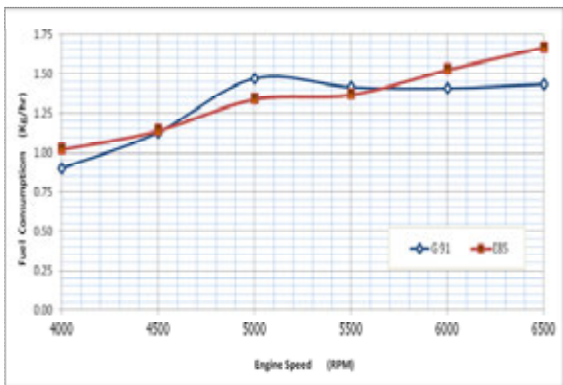


รูปที่ 22 กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์

จากกราฟกำลังเบรกในรูปที่ 22 ของ G91 ต่ำกว่า E85 จะได้ว่า กำลังของเครื่องยนต์สูงขึ้นเมื่อใช้แก๊สโซฮอล์ E85 สาเหตุจากคุณสมบัติของเอทานอลที่ผสมอยู่ในน้ำมัน เอทานอลต้องการอากาศที่น้อยกว่าน้ำมันเบนซินในการเผาไหม้ และคุณสมบัติการดูดความร้อนเพื่อจะระเหยกลายเป็นไอมากกว่าน้ำมันเบนซิน จึงทำให้อุณหภูมิอากาศที่เข้าไปเย็นกว่า ทำให้อากาศที่เข้าไปมีปริมาณที่มากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง จึงมีผลทำให้เครื่องยนต์มีค่าแรงม้าเบรกและแรงบิดของเครื่องยนต์มีค่าเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 21-22 [1-3]



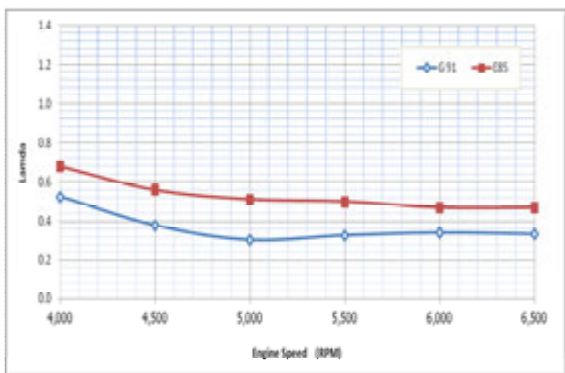
รูปที่ 23 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC)



รูปที่ 24 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ในกราฟรูปที่ 23-24 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) เมื่อต่อระบบควบคุมใหม่เข้าไปแล้วพิจารณาผลทดสอบ จะเห็นว่าลักษณะกราฟของน้ำมันทั้งสองชนิดคือเส้นกราฟ G91 และ E85 มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ในการขับเคลื่อนให้กำลังออกมามีค่าใกล้เคียงกัน แต่แก๊สโซฮอล์ E85 มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่า

เนื่องจากค่าความร้อน (Low heating value) เอทานอลจะมีค่าน้อยกว่าน้ำมันเบนซินอยู่ประมาณ 30% โดยวัดต่อหน่วยน้ำหนัก ดังนั้นเราจะต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงมากกว่าน้ำมันเบนซินเพื่อที่จะให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้เหมือนเดิม [1-3]



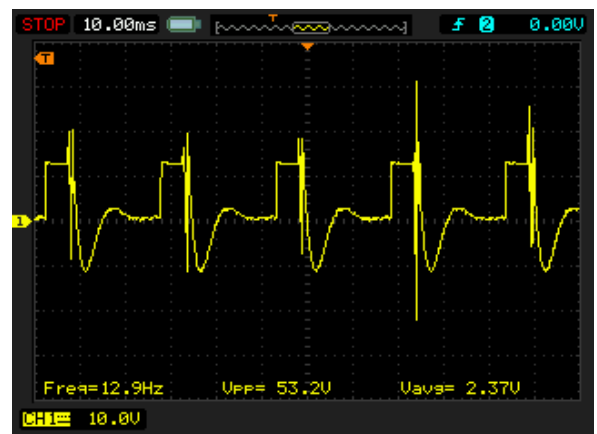
รูปที่ 25 ค่าแรงแดงของเครื่องยนต์

ในกราฟรูปที่ 25 กราฟ E85 ค่าแรงแดงมีค่าน้อยกว่า 1 เกิดจากผลลัพธ์ของการปรับแต่งเครื่องยนต์ให้ระบบควบคุมเพิ่มอัตรา

ส่วนผสมของน้ำมันต่ออากาศให้หนาขึ้น กล่าวคือกราฟค่าแรงแดงเมื่อใช้แก๊สโซฮอล์ E85 อยู่ในช่วง 0.5-0.7 ค่าที่ได้จากกราฟอยู่ในช่วงที่เครื่องยนต์ใช้งานได้ปกติ เครื่องยนต์จึงสามารถใช้แก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิงได้

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

หลักการของการเพิ่มคาบเวลาการฉีดน้ำมันนั้นกำหนดให้มีการเพิ่มคาบเวลาการฉีดน้ำมันแปรผันตามองศาการเปิดปิดของปีกผีเสื้อ เมื่อปิดคันเร่งจะทำให้องศาการเปิดของปีกผีเสื้อมากขึ้นตาม และส่งผลให้มีการเพิ่มเวลาการฉีดน้ำมันของหัวฉีดตามโปรแกรมที่กำหนด ทำให้อัตราส่วนผสมของน้ำมันกับอากาศเพิ่มขึ้น เพื่อให้มีการเปลี่ยนแปลงตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ได้อย่างเหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ ซึ่งส่งผลกับรถจักรยานยนต์ทดสอบทำให้สามารถใช้แก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิง หรือน้ำมันที่มีส่วนผสมของแก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิง เมื่อถอดกล่องควบคุมใหม่ออกรถทดสอบยังสามารถกลับมาใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงได้ดังเดิม [2-4]



รูปที่ 26 สัญญาณที่วัดที่หัวฉีดปกติของกล่อง ECM



รูปที่ 27 สัญญาณที่วัดที่หัวฉีดเมื่อต่อกล่องใหม่ขนานกับกล่อง ECM

ข้อเสนอแนะ งานวิจัยนี้ยังไม่รวมการสึกกร่อนและการเสื่อมสภาพจากการใช้แก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิง

การนำรถจักรยานยนต์ที่มีอยู่ไปปรับใช้กับแก๊สโซฮอล์ E85 หรือไม่นั้น คงต้องขึ้นอยู่กับความคิดเห็นของประชาชนผู้เป็นเจ้าของรถ โดยภาพรวมแล้วผลกระทบต่อเครื่องยนต์คงอยู่ในระดับที่สูงกว่าการใช้แก๊สโซฮอล์ E10 และ E20 เนื่องจากต้องมีการปรับแต่งระบบบางอย่าง ทั้งนี้ผู้ใช้รถคงต้องประเมิณจากความคุ้มค่าบนพื้นฐานความเข้าใจและการยอมรับถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับในกรณีที่น่ารถยนต์ไปติดตั้งระบบแก๊ส LPG หรือ NGV ซึ่งผู้ใช้เชื้อเพลิงดังกล่าว ทราบดีว่าจะมีผลกระทบต่อเครื่องยนต์ แต่ยังคงตัดสินใจนำรถยนต์ไปติดตั้งระบบแก๊ส เนื่องจากคิดว่ามีความคุ้มค่า คณะผู้วิจัยก็หวังเป็นอย่างยิ่งว่า ข้อมูลการทดสอบจากงานวิจัยนี้จะสามารถช่วยส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนแก๊สโซฮอล์ E85

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สกอ. ที่พิจารณาให้ทุนวิจัยเพื่อศึกษาและพัฒนางานวิจัยนี้ต่อไป และนายวิลักษณ์นาม ผลเจริญ ที่คอยให้คำปรึกษาแนะนำ

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] T. Sriruksaand, J. Charoenponpanich, “Ethanol fuel motorcycle” , Proceedings of the 22nd Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand, Pathum Thani, Thailand, Oct 15-17, 2008.
- [2] P. Sritram, K. Chamniprasart, “Improvement of control fuel injection system for motorcycle engine”, Proceedings of the 24th Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand, Ubon Ratchathani, Thailand, Oct 19-22, 2010.
- [3] P. Sritram, V. Phoncharoen, K. Chamniprasart, “The Performance Tests on Motorcycle using E85 Gasohol Fuel”, KKU Res J. 2011; 16(7): 766-773.
- [4] P. Sritram, D. Cherdchai, K. Chamniprasart, “The Improve Motorcycle Fuel Injection Systems for Gasohol E85”, KKU Res J. 2011; 16(7): 774-785.
- [5] AP Honda, “ Honda repair manual click I”, AP Honda co., ltd, Bangkok, Thailand, 2009.
- [6] Essom, “Manual testing and test performance of a single cylinder engine of the MT 501M”, Essom co., ltd, Bangkok, Thailand, 2006.