FEAT JOURNAL
FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL
วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การศึกษาและปรับปรุงกล่องควบคุมการทำงานเครื่องยนต์ลูกสูบเดียวระบบหัวฉีด เพื่อใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิง

Study and Improvement A Box Control Engine Piston One System Injection for use Gasohol E85 as Fuel

ปิยะวัฒน์ ศรีธรรม* และ เดชชาติ เชิดชัย

Piyawat Sritram* and Dejchart Cherdcha

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ 32000

สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ 32000

Department of Mechanical Engineering, faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus, 32000

Department of Electrical Technology, faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus, 32000

Received: 12 พ.ค. 59

Accepted: 14 มิ.ย. 59

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรับแต่งระบบควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงและทดสอบสมรรถนะของรถจักรยานยนต์ เพื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ E85 โดยระบบควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงเป็นระบบหัวฉีด PGM FI (Programmed Fuel Injection) งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบวงจรควบคุมระบบหัวฉีดน้ำมันใหม่ ให้ใช้งานร่วมกับกล่อง ECM ของรถจักรยานยนต์ บทสรุปจากการทดลองแสดงว่าการนำน้ำมันแก๊สโซออล์ E85 มาใช้กับเครื่องยนต์จะให้ค่าแรงบิดและกำลังงานไม่ต่างกับการใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง แต่จะมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงขึ้นและมลภาวะที่ออกมาจะต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน แต่อย่างไรก็ตามจะต้องมีการปรับอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศให้เหมาะสม และแก้ปัญหาในการสตาร์ทเครื่องยนต์ขณะที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากคุณสมบัติการระเหยของเอทานอลในน้ำมันแก๊สโซออล์ E85 เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซออล์ E85 สามารถให้สมรรถนะที่ไม่แตกต่างจากน้ำมันเบนซิน โดยเฉพาะให้ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนที่มากกว่า แม้ว่าจะมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะที่สูงกว่า

คำสำคัญ : ระบบหัวฉีด PGM FI น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 ระบบควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง

Abstract

The objective of this research was to study the modification of the injection control system and performance tests of motorcycle engine to use gasohol E85. The injection control system is Programmed Fuel Injection (PGM FI).This research has designed the 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. But 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, Gasohol E85, the injection control system

---

*ติดต่อ: E-mail: sritram_1111@hotmail.com โทร. 099-1741533, โทรสาร 044-520764

1. บทนำ

ในทางทฤษฎีของเครื่องยนต์สันดาปภายใน การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่สมบูรณ์เกิดจากการผสมระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศในอัตราส่วนที่พอเหมาะ โดยในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนหรือเบนซิน อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศต่อน้ำมันจะอยู่ที่ 14.6:1 โดยจะให้ค่าแลมด้าอยู่ที่ 1 จากหลักการดังกล่าว ถ้าเปลี่ยนเชื้อเพลิงใหม่จะต้องทดสอบหาค่าอัตราส่วนผสมใหม่ เพราะว่าค่าความร้อนที่ได้จากเอทานอลที่ให้ออกมาน้อยกว่าน้ำมันเบนซินในการเผาที่ปริมาณเท่ากัน 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]

1.1 วัตถุประสงค์

ศึกษาระบบควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงของหัวฉีดรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์สูบเดียว และสร้างระบบการควบคุมการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงใหม่ของเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด ให้เครื่องยนต์สามารถใช้แก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิงได้ และทำการทดสอบสมรรถนะของรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์

สูบเดียวระบบหัวฉีด เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ E85 เปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซิน 91 โดยใช้กล่องควบคุมที่สร้างขึ้นเป็นตัวควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์

1.2 แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิดการวิจัยและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การปรับปรุงระบบฉีดเชื้อเพลิงนั้น จะทำการออกแบบและสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ โดยเขียนโปรแกรมควบคุมป้อนเข้าในตัวไอซี และทำการบรรจุลงในกล่องควบคุม ทำการต่อวงจรเข้าให้ทำงานร่วมกันกับวงจรในกล่อง ECM ของรถจักรยานยนต์

หลักการตั้งค่าการฉีดน้ำมันของกล่องควบคุมใหม่ที่สร้างนั้น ทำโดยการปรับช่วงเวลาการฉีดน้ำมันของหัวฉีดให้เพิ่มขึ้นเมื่อส่วนผสมของเชื้อเพลิงนั้นมีแก๊สโซฮอล์ E85 ผสมอยู่ เนื่องจากค่าความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าความต้องการของเครื่องยนต์ ดังนั้นต้องมีการปรับอัตราการผสมเชื้อเพลิงใหม่ให้เหมาะกับความต้องการของเครื่องยนต์ ในที่นี้ใช้วิธีการเพิ่มคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงและให้มีการปรับค่าได้เองอัตโนมัติตามคำสั่งที่ป้อนไว้ตามโปรแกรม

1.2.1 การสั่งจ่ายน้ำมัน จะจ่ายจำนวนมากหรือน้อยในทุกรอบความเร็ว การจ่ายน้ำมันไม่ว่าที่รอบความเร็วไหนเพื่อการจุดระเบิดที่สมบูรณ์นั้น สามารถเลือกการปรับตั้งได้ 3 แบบคือ การปรับตามการเปิดปิดที่ลิ้นปีกผีเสื้อ หรือคันเร่งก็ได้ในกรณีที่เป็นคันเร่งไฟฟ้า และปรับตาม Air flow sensor ตามปริมาณการเข้าออกของอากาศ สุดท้ายคือปรับตาม MAP sensor ในกรณีที่ใช้ระบบอัดอากาศอย่างเทอร์โบ ส่วนในการปรับองศาจุดระเบิด จะเพิ่มหรือลดมากน้อยเพียงใดก็ได้ในระยะ 60 องศาเพื่อให้เข้ากับการเลือกใช้น้ำมัน

ในงานวิจัยใช้หลักการของการเพิ่มคาบเวลาการฉีดน้ำมันของหัวฉีด เป็นการสั่งจ่ายน้ำมันเพิ่ม จะเปลี่ยนแปลงในทุกรอบความเร็ว โดยจะทำให้อัตราส่วนผสมของน้ำมันกับอากาศมีการเปลี่ยนแปลงตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยปรับตามการองศาเปิดปิดของปีกผีเสื้อ เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ ที่ต้องการให้รถจักรยานยนต์นั้น สามารถใช้แก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิง หรือน้ำมันที่มีส่วนผสมของแก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิง

1.2.2 สมรรถนะของเครื่องยนต์ กำลังม้าของเครื่องยนต์หาได้จากแรงหมุนของเครื่องและความเร็วรอบ โดยมีสูตรดังนี้ [1,6]

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

การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ(BSFC) สมการคือ

$$\text{BSFC} = \frac{\text{น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ใน } \mathbf{1} \text{ ชั่วโมง}}{\text{กำลังของเครื่องยนต์เป็นกิโลวัตต์}} \qquad (2)$$

ปริมาณอากาศที่ใช้หาจากปริมาณอากาศที่ไหลผ่าน Orifice Plate ของ Air box ได้แก่

$$Q_a = C_o VA \qquad (3)$$

$$V = \sqrt{\frac{2g\rho_w \Delta H_w}{\rho_a}} \quad (4)$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad (5)$$

อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิง (A/F) คือ

$$\frac{A}{F} = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f}$$

$$= \frac{\text{อัตราการไหลโดยมวลของอากาศที่เข้ากระบอกสูบ}}{\text{อัตราการไหลโดยมวลของเชื้อเพลิง}} \quad (6)$$

$$\dot{m}_a = \rho_a \times Q_a \quad (7)$$

เมื่อ Q_a = อัตราการไหลของอากาศ (m^3/s)

V = ความเร็วของอากาศผ่าน Orifice (m/s)

A = พื้นที่หน้าตัด Orifice Plate (m^2)

n = ความเร็วรอบการหมุน (rpm)

C_o = สัมประสิทธิ์การไหล = 0.59

D = ระยะเส้นผ่าศูนย์กลาง Orifice (m)

T = แรงบิดของเครื่องยนต์ (N-m)

ρ_a = ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

H_w = เฮดน้ำ (m)

2. วิธีการดำเนินงาน

การวิจัยนี้ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีนสูบเดียว 4 จังหวะ ระบบหัวฉีด ของบริษัทฮอนด้า รุ่นคลิกไอ

2.1 วิธีการทดลอง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1.1 วัดสัญญาณสั่งจ่ายน้ำมันเดิมที่กล่องควบคุม ECM ที่ต่อเข้าหัวฉีด โดยเลือกใช้เครื่องยนต์ระบบเกียร์อัตโนมัติและระบบหัวฉีด PGM FI

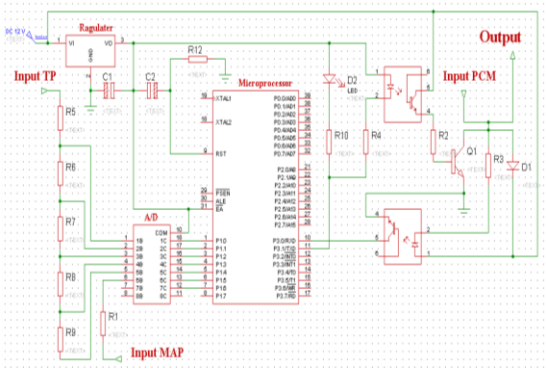
2.1.2 ทำการออกแบบวงจรควบคุมเวลาการฉีดน้ำมันใหม่ เพื่อเพิ่มคาบเวลาการจ่ายน้ำมันของหัวฉีด และให้สามารถทำงานร่วมกับกล่องควบคุม ECM ในวงจรควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบใหม่นั้นใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นศูนย์กลางการควบคุม และเขียนโปรแกรมคำสั่งควบคุมการทำงานโดยป้อนเข้าที่ไอซีไมโครโปรเซสเซอร์ [2-4]

2.1.3 ทดลอง ทดสอบวงจรและโปรแกรมการควบคุม พร้อมปรับปรุงโปรแกรมให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานจริง เมื่อได้สัญญาณที่ต้องการ ทำการทดสอบการทำงานร่วมกับกล่องควบคุม ECM ของเครื่องยนต์ ทำการปรับแต่งสัญญาณ เมื่อได้ค่าเวลาการฉีดน้ำมันตามที่ต้องการแล้ว ทำลายปริ๊น วางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทดสอบการทำงาน บรรจุวงจรควบคุมเข้ากล่องและต่อวงจรควบคุมขนานกับวงจรกล่องควบคุม ECM ของรถจักรยานยนต์

2.1.4 วิเคราะห์ผลที่ได้ในการปรับแต่งระบบการจ่ายน้ำมันให้เครื่องยนต์เมื่อใช้แก๊สโซฮอล์ E85 โดยทดสอบเปรียบเทียบค่าต่างๆ กับน้ำมันเบนซิน 91

2.2 วงจรควบคุม

การปรับปรุงการฉีดของเชื้อเพลิงสำหรับรถจักรยานยนต์ ได้สร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ มาเพื่อทำงานร่วมกับกล่อง ECM ซึ่งมีข้อดีที่ไม่ต้องเปลี่ยนแปลงระบบการทำงานของกล่อง ECM เดิม เมื่อใช้น้ำมันเดิมสามารถถอดสายต่อกล่องปรับปรุงการฉีดเชื้อเพลิงออก โดยไม่มีผลกระทบต่อระบบฉีดเชื้อเพลิงเดิม

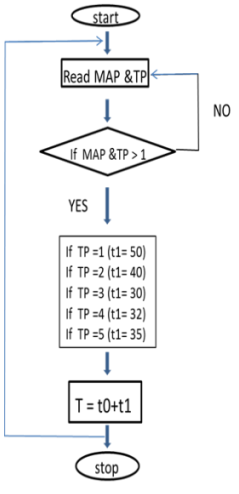


รูปที่ 1 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบและควบคุมการทำงานของระบบด้วยไมโครคอน โทรลเลอร์ [2-4]

การทำงานของวงจร IC 7805 ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันให้ได้ 5 V เพื่อจ่ายให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลการปรับปรุงการฉีดเชื้อเพลิง วงจร ACD ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณการควบคุมปริมาณของอากาศให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลในการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง จุดTP เป็นจุดที่ใช้สำหรับรับสัญญาณการเปิดปิดปีกผีเสื้อซึ่งเป็นค่าพื้นที่ช่องของอากาศที่จะไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ จุดMAP เป็นจุดต่อสัญญาณความเร็วของอากาศที่ไหลเข้าห้องเผาไหม้ ซึ่งในเครื่องยนต์หัวฉีดนั้นการวัดความเร็วของอากาศจะผ่านเซ็นเซอร์ความดัน โดยที่ความเร็วของอากาศแปรผันตรงกับความดัน จุดอินพุทเหล่านี้เป็นสัญญาณแสดงปริมาณอากาศเชิงมวล ที่ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ รู้ว่ามีการแปรผันค่าอย่างไร เพื่อนำค่าปริมาณอินพุทเหล่านี้ไปประมวลผลและสั่งจ่ายน้ำมันให้เหมาะสม ทำให้รถจักรยานยนต์สามารถใช้น้ำมัน E85 ได้ ตำแหน่ง output และ input PCM เป็นตำแหน่งรับสัญญาณเพื่อประมวลผลค่า และจ่ายสัญญาณควบคุมปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสม โดยผ่านการไอโซเลตทางแสง D1 ทำหน้าที่กรองแรงดัน EMF จากหัวฉีด Q1 ทำหน้าที่ขยายสัญญาณควบคุมเพื่อควบคุมการทำงานของหัวฉีด R2 และ D10 ทำหน้าที่แสดงสถานะ การทำงานของสัญญาณควบคุมการทำงานของหัวฉีด

2.3 ลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรม

ในการวิจัยนี้ได้ทำปรับเปลี่ยนการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และออกแบบเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไอซีตัวใหม่ในวงจรควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ขึ้นใหม่แสดงในรูปที่ 1 จากไอซีและโปรแกรมควบคุมเดิม[2-4] สามารถเขียนขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมควบคุมแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 Flow chart การทำงานของโปรแกรมที่ป้อนในไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่กล่องควบคุมใหม่

วงจรจะทำการตรวจจับปริมาณสัญญาณอินพุท MAP และ TP ซึ่งแสดงปริมาณความต้องการเชื้อเพลิง

ตามโปรแกรม หากไม่มีสัญญาณดังกล่าวก็จะทำการตรวจวัดสัญญาณใหม่ ระดับ TP แบ่งออกเป็น 5 ลำดับขั้น แต่ละลำดับขั้นจะมีการทดลองเพื่อปรับค่าเวลา t1 เพื่อเพิ่มเชื้อเพลิงให้เหมาะสมตามโปรแกรม เมื่อประมวลผลได้ค่า t1 โปรแกรมทำการตรวจจับสัญญาณ input PCM ถ้าไม่มีสัญญาณ input PCM โปรแกรมจะเริ่มกระบวนการใหม่ ถ้ามี input PCM และเมื่อระยะเวลาของ input PCM หมดลง โปรแกรมจะส่งสัญญาณเพื่อเพิ่มปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิง และโปรแกรมจะทำงานโดยแปรผันกับสัญญาณ อินพุทซึ่งแสดงถึงความต้องการน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์

3. ผลการศึกษา/การทดลอง

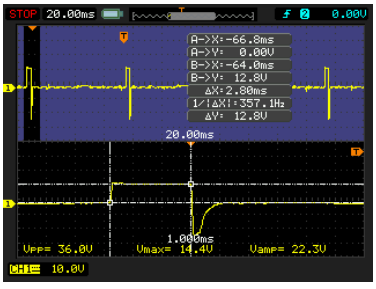
3.1 วัดค่าสัญญาณออกจากกล่อง ECM

โดยใช้เครื่องวัดออสซิโลสโคป วัดค่าการส่งสัญญาณการฉีดน้ำมันที่ทำงานตามกล่องควบคุม ECM จากการทดสอบวัดสัญญาณ กล่อง ECM จะส่งสัญญาณการทำงานเป็นสัญญาณลูกคลื่นสี่เหลี่ยม

รูปที่ 3 การวัดคลื่นสัญญาณที่หัวฉีด

จากรูปที่ 3 สัญญาณการที่ได้ของกล่อง ECM ที่จ่ายให้หัวฉีดจากเครื่องวัดออสซิโลสโคป

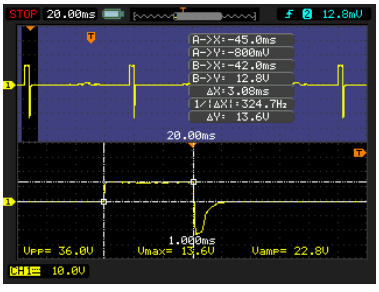
1) ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 4 คลื่นที่วัดที่หัวฉีดเมื่อใช้น้ำมันเบนซิน

ค่าคาบเวลาการจ่ายน้ำมันของหัวฉีดที่วัดได้คือ 2.8 mS

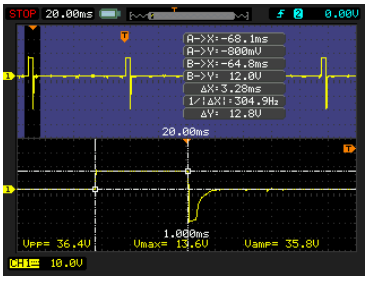
2) ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 E10 เป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 5 คลื่นจากหัวฉีดของแก๊สโซฮอล์ E10

ค่าคาบเวลาการจ่ายน้ำมันของหัวฉีดที่วัดได้คือ 3.08 mS

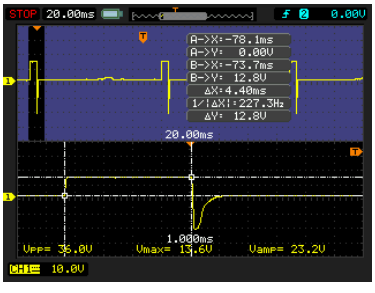
3) ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E20 เป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 6 คลื่นจากหัวฉีดของแก๊สโซฮอล์ E20

ค่าคาบเวลาการจ่ายน้ำมันของหัวฉีดที่วัดได้คือ 3.28 mS

4) ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 7 คลื่นจากหัวฉีดของแก๊สโซฮอล์ E85

เมื่อใช้น้ำมัน E85 เป็นเชื้อเพลิง คาบเวลาการจ่ายน้ำมันของหัวฉีดที่วัดได้คือ 4.4 mS

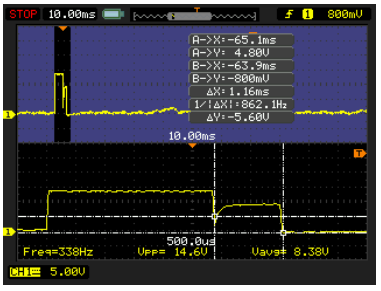
จากกราฟรูปคลื่นที่วัดได้จากเครื่องมือวัดออสซิโลสโคป ดังในรูปที่ 4-7 การทดสอบวัดสัญญาณที่กล่อง ECM จ่ายสัญญาณให้กับหัวฉีด จากกราฟอาจกล่าวได้ว่าสัญญาณที่กล่อง ECM สั่งให้หัวฉีดน้ำมันทำงานเป็นสัญญาณพัลส์ โดยคาบเวลาสั่งจ่ายน้ำมันที่หัวฉีดมีคาบเวลาที่มากน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันที่เติม

จากกราฟรูปที่ 7 เมื่อใช้แก๊สโซฮอล์ E85 นั้นกล่อง ECM ควบคุมให้หัวฉีดน้ำมันทำงานได้แค่ในช่วงเครื่องยนต์เดินเบา เวลาเร่งบางครั้งเครื่องยนต์จะดับหรือรถทดสอบวิ่งออกตัวได้ไม่ดี สะดุด

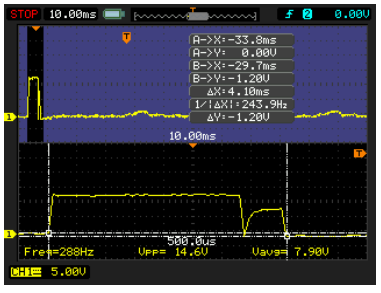
3.2 การวัดค่าสัญญาณที่ส่งออกจากวงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

3.2.1. วัดสัญญาณการทำงานขาออก ที่สั่งจ่ายให้หัวฉีดในขณะเครื่องยนต์ทำงานที่รอบเดินเบา

วัดสัญญาณเมื่อใช้น้ำมันเบนซิน 91 เป็นเชื้อเพลิงได้ค่าดังนี้



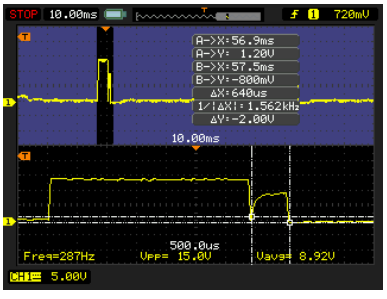
รูปที่ 8 รูปคลื่นสัญญาณที่เพิ่มของการสั่งจ่ายหัวฉีดในกล่องใหม่



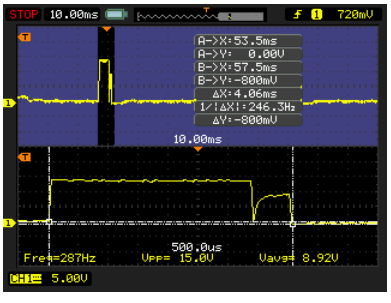
รูปที่ 9 รูปคลื่นสัญญาณรวมจากกล่อง ECM จ่ายร่วมกับกล่องใหม่

จากรูปที่ 8 รูปคลื่นสัญญาณที่เพิ่มของการสั่งจ่ายหัวฉีดของกล่องใหม่ ค่าคาบเวลาที่วัดได้คือ 1.16 mS จากรูปที่ 9 รูปคลื่นสัญญาณรวม จากกล่อง ECM จ่ายร่วมกับกล่องใหม่ ได้ค่าคาบเวลาที่วัดได้คือ 4.06 mS

วัดสัญญาณเมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E10 เป็นเชื้อเพลิงได้ค่าดังนี้



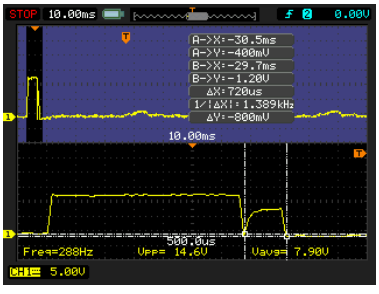
รูปที่ 10 รูปคลื่นสัญญาณที่เพิ่มของการสั่งจ่ายหัวฉีดในกล่องใหม่



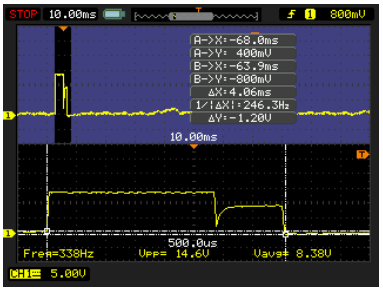
รูปที่ 11 รูปคลื่นสัญญาณรวมจากกล่อง ECM จ่ายร่วมกับกล่องใหม่

จากรูปที่ 10 รูปคลื่นสัญญาณที่เพิ่มของการสั่งจ่ายหัวฉีดของกล่องใหม่ ค่าคาบเวลาที่วัดได้คือ 0.72 mS จากรูปที่ 11 รูปคลื่นสัญญาณรวมจากกล่อง ECM จ่ายร่วมกับกล่องใหม่ ได้ค่าคาบเวลาที่วัดได้คือ 4.1 mS

วัดสัญญาณเมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E20 เป็นเชื้อเพลิงได้ค่าดังนี้



รูปที่ 12 คลื่นสัญญาณที่เพิ่มของการสั่งจ่ายหัวฉีดในกล่องใหม่



รูปที่ 13 รูปคลื่นสัญญาณรวมจากกล่อง ECM จ่ายร่วมกับกล่องใหม่

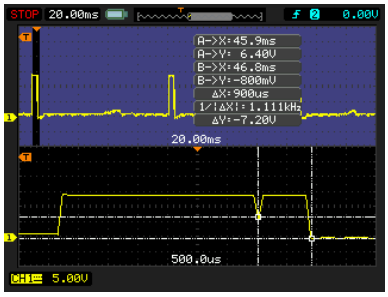
จากรูปที่ 12 รูปคลื่นสัญญาณที่เพิ่มของการสั่งจ่ายหัวฉีดของกล่องใหม่ ค่าคาบเวลาที่วัดได้คือ 0.64 mS จากรูปที่ 13 รูปคลื่นสัญญาณรวม จากกล่อง ECM จ่ายร่วมกับกล่องใหม่ ได้ค่าคาบเวลาที่วัดได้คือ 4.06 mS

จากรูปที่ 8-13 คลื่นสัญญาณเพิ่มคาบเวลาการฉีดน้ำมันในที่ขณะเครื่องยนต์ทำงาน จะเป็นสัญญาณของคาบเวลาจริงในการสั่งฉีดน้ำมันของกล่องทั้งสอง แสดงให้เห็นว่ากล่อง ECM มีการสั่งจ่ายสัญญาณตามสภาวะการทำงานจริงของ

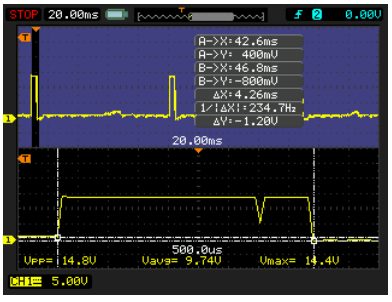
เครื่องยนต์ขณะทำงาน และกล่องใหม่ที่ต่อร่วมจะจ่ายสัญญาณเพิ่มคาบเวลาการฉีดน้ำมันเพิ่มบางส่วน แสดงให้เห็นว่ามีการเพิ่มคาบเวลาการฉีดน้ำมันของหัวฉีดให้เครื่องยนต์ ทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มแต่ไม่มากจนน้ำมันท่วมห้องเผาไหม้ และส่งผลดีต่ออัตราเร่งของเครื่องยนต์

3.2.2. วัดสัญญาณการทำงานขาออก ที่สั่งจ่ายให้หัวฉีดในขณะเครื่องยนต์ทำงาน โดยใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิง

1) วัดค่าการทำงานช่วงเวลาการหน่วงเวลาในรอบเดินเบาของเครื่องยนต์



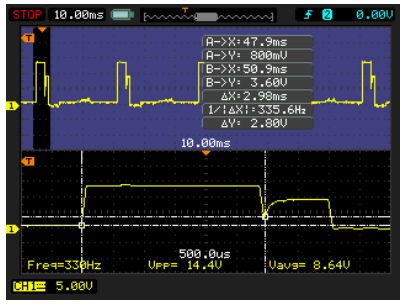
รูปที่ 14 คลื่นสัญญาณที่เพิ่มของการสั่งจ่ายหัวฉีดในกล่องใหม่



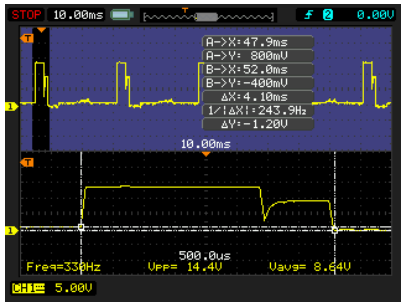
รูปที่ 15 รูปคลื่นสัญญาณรวม จากกล่อง ECM จ่ายร่วมกับกล่องใหม่

จากรูปที่ 14 รูปคลื่นสัญญาณที่เพิ่มของการสั่งจ่ายหัวฉีดของกล่องใหม่ ค่าคาบเวลาที่วัดได้คือ 0.9 mS จากรูปที่ 15 รูปคลื่นสัญญาณรวม จากกล่อง ECM จ่ายร่วมกับกล่องใหม่ ได้ค่าคาบเวลาที่วัดได้คือ 4.26 mS

2) วัดค่าการทำงานช่วงเวลาการหน่วงเวลาในรอบการทำงานของเครื่องยนต์ปกติ



รูปที่ 16 คลื่นสัญญาณจากกล่อง ECM ที่วัดในการสั่งให้หัวฉีดทำงาน



รูปที่ 17 คลื่นสัญญาณพัลส์จากกล่อง ECM จ่ายร่วมกับกล่องใหม่

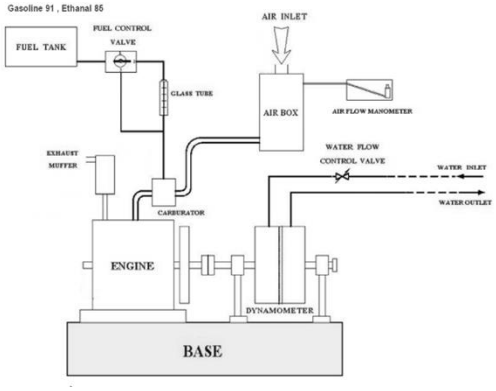
จากรูปที่ 16 รูปคลื่นสัญญาณจากกล่อง ECM จ่ายค่าคาบเวลาที่วัดได้คือ 2.98 mS จากรูปที่ 17 รูปคลื่นสัญญาณพัลส์จากกล่อง ECM จ่ายร่วมกับ

กล่องใหม่ ได้ค่าคาบเวลาที่วัดรวมได้คือ 4.1 mS ดังนั้นจากกราฟที่ 16และ 17 คาบเวลาที่จ่ายเพิ่มคือ 2.12 mS

จากรูปที่ 14-17 คลื่นสัญญาณเพิ่มคาบเวลาการฉีดน้ำมันในที่ขณะเครื่องยนต์ทำงาน จะเป็นสัญญาณของคาบเวลาจริงในการสั่งฉีดน้ำมันของกล่องทั้งสอง จากสัญญาณที่วัดได้ แสดงให้เห็นว่ากล่อง ECM มีการสั่งจ่ายสัญญาณตามสภาวะการทำงานจริงของเครื่องยนต์ขณะทำงาน และกล่องต้นแบบที่ต่อร่วมจะจ่ายสัญญาณเพิ่มคาบเวลาการฉีดน้ำมันเพิ่ม เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานได้เป็นปกติเมื่อใช้แก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิง

3.3 การวัดค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เครื่องทดสอบสมรรถนะรุ่น MT 501 ENGINE DYNAMOMETER ไดนาโมมิเตอร์แบบ Prony Brake [6]



รูปที่ 18 ผังการทำงานของเครื่องทดสอบสมรรถนะเดิมก่อนการดัดแปลง [3,7]

รูปที่ 19 การวัดค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์

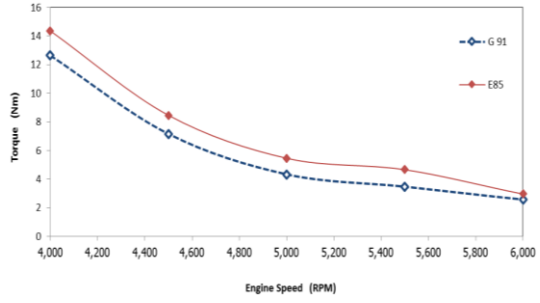
วิธีการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ ก่อนนำเครื่องยนต์ติดตั้งกับเครื่องทดสอบสมรรถนะดังรูปที่ 19 จะต้องปรับเครื่องยนต์ให้พร้อมในการทดสอบ ขั้นตอนการทดสอบของเครื่องยนต์มีดังนี้

3.3.1 ติดตั้งรถทดสอบเข้ากับเครื่องวัดไดนาโมมิเตอร์ อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ ทำการเดินเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันเบนซิน 91 เป็นเชื้อเพลิง ในตำแหน่งเดินเบาเพื่อให้เครื่องยนต์ถึงอุณหภูมิทำงาน จากนั้นต่อกล่องควบคุมที่สร้างใหม่เข้ากับระบบควบคุมเดิมของรถทดสอบ และใช้น้ำมันเบนซิน 91 ในการทดสอบ โดยกำหนดการทดสอบค่าที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ในช่วง 4,000-6,000 รอบต่อนาที ตั้งรอบเครื่องยนต์เริ่มต้นที่ 6,000 รอบต่อนาทีและปรับรอบเครื่องยนต์ลดลงมาที่ความเร็วรอบต่างๆ ตามลำดับดังนี้คือที่ 6,000 5,500 5,000 4,500 และ 4,000 รอบต่อนาที บันทึกค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์ เวลาที่ใช้สำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงและอัตราการไหลของอากาศที่มานอมิเตอร์

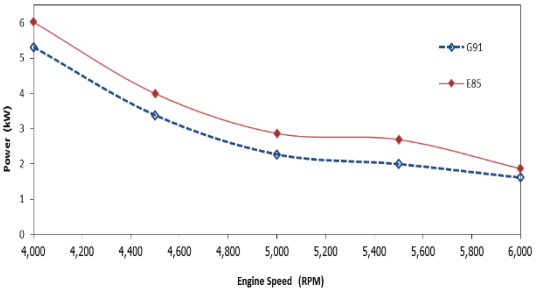
3.3.2 เปลี่ยนเชื้อเพลิงจากน้ำมันเบนซิน 91 เป็นแก๊สโซฮอล์ E85 ในการทดสอบและทำการทดสอบค่าต่างๆ ของเครื่องยนต์ตามขั้นตอนที่ 1

3.3.3 นำค่าที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณหาค่าเขียนกราฟความสัมพันธ์ เปรียบเทียบค่าที่ได้ของน้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอล์ E85 เช่น กำลังเบรกของเครื่องยนต์ แรงบิด และอัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะ นำค่ามาวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

กำหนดให้ G91 คือกราฟเครื่องยนต์ใช้น้ำมันเบนซิน 91 เป็นเชื้อเพลิง E85 คือกราฟเครื่องยนต์ใช้แก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิง

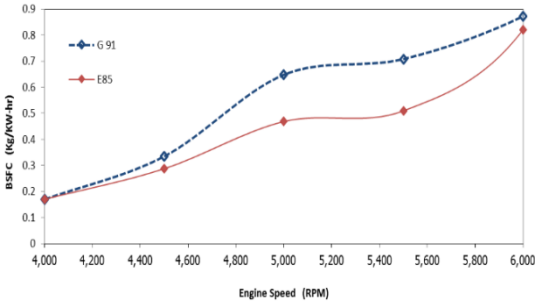


รูปที่ 20 แรงบิดของเครื่องยนต์

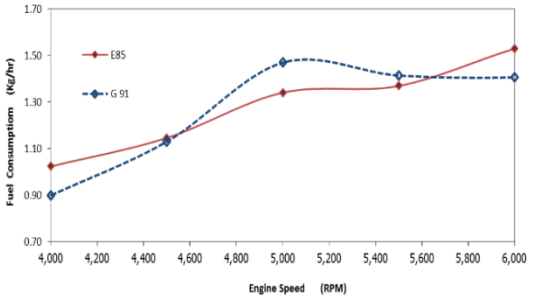


รูปที่ 21 กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์

จากกราฟกำลังเบรกในรูปที่ 21 ของ G91 ต่ำกว่า E85 จะได้ว่า กำลังของเครื่องยนต์สูงขึ้นเมื่อใช้แก๊สโซออล์ E85 สาเหตุจากคุณสมบัติของเอทานอลที่ผสมอยู่ในน้ำมัน เอทานอลต้องการอากาศที่น้อยกว่าน้ำมันเบนซินในการเผาไหม้ และคุณสมบัติการดูดความร้อนเพื่อจะระเหยกลายเป็นไอมากกว่าน้ำมันเบนซิน จึงทำให้อุณหภูมิอากาศที่เข้าไปเย็นกว่า ทำให้มวลของอากาศที่เข้าไปมีปริมาณที่มากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง จึงมีผลทำให้เครื่องยนต์มีค่าแรงม้าเบรกและแรงบิดของเครื่องยนต์มีค่าเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 20-21 [1-3]



รูปที่ 22 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC)

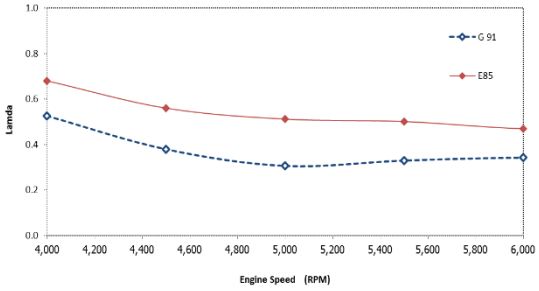


รูปที่ 23 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ในกราฟรูปที่ 22-23 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) เมื่อต่อระบบควบคุมใหม่เข้าไปแล้วพิจารณาผลทดสอบ จะเห็นว่าลักษณะกราฟของน้ำมันทั้งสองชนิดคือ เส้นกราฟ G91 และ E85 มีค่าใกล้เคียงกัน มีค่าบางค่าที่มีค่าที่สลับมากหรือน้อยกว่ากันดังกราฟ แสดงว่าปริมาณ

การใช้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ในการขับเคลื่อนให้กำลังออกมามีค่าใกล้เคียงกัน

แก๊สโซฮอล์ E85 มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าเนื่องจากค่าความร้อน (Low heating value) เอทานอลจะมีค่าน้อยกว่าน้ำมันเบนซินอยู่ประมาณ 30% โดยวัดต่อหน่วยน้ำหนัก ดังนั้นเราจะต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงมากกว่าน้ำมันเบนซินเพื่อที่จะให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้เหมือนเดิม [1-3]



รูปที่ 24 ค่าแลมด้าของเครื่องยนต์

ในกราฟรูปที่ 24 กราฟ E85 ค่าแลมด้ามีค่าน้อยกว่า 1 เกิดจากผลลัพธ์ของการปรับแต่งเครื่องยนต์ให้ระบบควบคุมเพิ่มอัตราส่วนผสมของน้ำมันต่ออากาศให้หนาขึ้น กล่าวคือกราฟค่าแลมด้าเมื่อใช้แก๊สโซฮอล์ E85 อยู่ในช่วง 0.5-0.7 ซึ่งค่าที่ได้จากกราฟอยู่ในช่วงที่เครื่องยนต์ใช้งานได้ปกติ ดังนั้นแสดงว่าเครื่องยนต์สามารถใช้แก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิงได้

4. สรุป

หลักการของการเพิ่มคาบเวลาการฉีดน้ำมันของกล่องควบคุมใหม่นั้น กำหนดให้มีการเพิ่มคาบเวลาการฉีดน้ำมันแปรผันตามองศาการเปิดปิดของปีกผีเสื้อของเครื่องยนต์ เมื่อบิดคันเร่งจะทำให้องศาการเปิดของปีกผีเสื้อมากขึ้นตาม และส่งผลให้มีการเพิ่มเวลาการฉีดน้ำมันของหัวฉีดตามโปรแกรมที่กำหนด ทำให้อัตราส่วนผสมของน้ำมันกับอากาศเพิ่มขึ้นตามที่มีสัญญาณการเพิ่มคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิง เพื่อให้มีการเปลี่ยนแปลงการฉีดเชื้อเพลิงตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ได้อย่างเหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ ซึ่งส่งผลกับเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ทดสอบ ทำให้สามารถใช้แก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิงหรือน้ำมันที่มีส่วนผสมของแก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิงแต่มีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น และเมื่อถอดกล่องควบคุมที่สร้างใหม่ออก รถทดสอบยังสามารถกลับมาใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงได้ปกติดังเดิม [2-4]

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายวิลักษณ์นาม ผลเจริญ ที่คอยให้คำปรึกษาแนะนำ และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Essom. Manual Testing and Test Performance of A Single Cylinder Engine of the MT 501M. Essom co., ltd. Bangkok: Thailand; 2006

[2] Honda AP. Honda Repair Manual Click I. AP Honda co., ltd. Bangkok: Thailand; 2009

[3] Sinu L, Keawrun S, Attamongkon P. A Study of Ethanol Fueled SI Engine on The Engine Wear. J Ind Technol 2005.

[4] Sriruksaand T, Charoenponpanich J. Ethanol Fuel Motorcycle. Proceedings of the 22nd Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand; 2008 Oct 15-17 Pathum Thani : Thailand ; 2008.

[5] Sritram P, Phoncharoen P, Chamniprasart K. The Performance Tests on Motorcycle using E85 Gasohal Fuel. KKU Res J 2011; 16(7): 766-773.

[6] Sritram P, Chamniprasart K.. Improvement of Control Fuel Injection System for Motorcycle Engine", Proceedings of the 24th Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand; 2010 Oct 19-22; Ubon Ratchathani:Thailand; 2010.

[7] Sritram P, Cherdchai D, Chamniprasart K. The Improve Motorcycle Fuel Injection Systems for Gasohol E85. KKU Res J 2011; 16(7): 774-785.

.

.