

พัฒนาระบบการฉีดเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์ เพื่อใช้โปรแกรมประหยัดน้ำมัน

Fuel Injection System for Motorcycle to use Fuel Saving Program

เดชชาติ เชิดชัย (Dejchart Cherdchai)^{1*} อุทัย สุขสิงห์ (Uthai Sooksing)**

บทคัดย่อ

การวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบฉีดเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์ (Programmed Fuel Injection: PGM-FI) ให้สามารถเขียนโปรแกรมประหยัดน้ำมันแบบใหม่ได้ โดยออกแบบวงจรควบคุม (Controller) ที่สามารถโปรแกรมได้ไปติดตั้งในระบบเดิม ในรูปแบบสมองกลฝังตัว (embedded system) ทำงานร่วมกับ ECM ผลการศึกษาพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานร่วมกับระบบเดิมได้ สามารถเขียนโปรแกรมประหยัดน้ำมันลงในระบบ เป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมฉีดเชื้อเพลิงแบบอื่นๆ ผลการทดสอบจริงจากโปรแกรมตัวอย่างสามารถประหยัดน้ำมันได้ 33 % จากเดิม

ABSTRACT

This research. The objective is to development motorcycle fuel injection system. (Programmed Fuel Injection: PGM-FI) To fuel economy a new program. By designing a controller. Program can be installed in the same system. Embedded in the model. (embedded system) Work with the ECM. The results showed that the developed system is compatible with the old system. Save fuel can be programmed into the system. Guide the development of more fuel-injection. The actual test of the sample programs can save 33% of the original fuel.

คำสำคัญ : กล่องควบคุมเครื่องยนต์ engine control module (ECM) ระบบฉีดเชื้อเพลิงที่โปรแกรมได้ Programmed Fuel Injection (PGM-FI)

Key Words : Engine control box. engine control module (ECM), Fuel injection system programs, Programmed Fuel Injection. (PGM-FI)

¹ Correspondent author: tomus.su@gmail.com

* นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

** รองศาสตราจารย์ ภาควิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทนำ

พลังงานจากน้ำมันมีความสำคัญมากในชีวิตประจำวันของคนไทย เพราะเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ราคาน้ำมันมีแนวโน้มที่สูงขึ้น แต่ยังเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องใช้ วิธีการลดความเดือดร้อนจากราคาน้ำมันคือ ใช้ให้เกิดประโยชน์คุ้มค่าที่สุด รถจักรยานยนต์เป็นยานพาหนะที่จำเป็นสำหรับคนไทย ใช้เป็นพาหนะในการประกอบอาชีพ เดิมรถจักรยานยนต์เป็นแบบเครื่องยนต์สองจังหวะ มีความสิ้นเปลือง เมื่อราคาน้ำมันแพงขึ้น รถจักรยานยนต์ได้พัฒนาเป็นเครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบการจ่ายน้ำมันเป็นแบบคาร์บูเรเตอร์ มีวิธีการจ่ายน้ำมันแบบกลไก โดยมีเข็มเร่งและนมหนูเมื่อมีการบิดคันเร่ง น้ำมันจะถูกจ่ายผ่านเข็มเร่งและนมหนู แต่มีข้อเสียคือ ทุกครั้งที่มีการเร่งเครื่องยนต์ เข็มเร่งจะสึกหรอ ปริมาณน้ำมันก็จะเปลี่ยนแปลงทำให้สิ้นเปลือง [2, 3, 4, 5] เมื่อมีการพัฒนารถจักรยานยนต์ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงด้วยหัวฉีด ทำให้ประหยัดน้ำมันมากขึ้นเพราะการฉีดเชื้อเพลิงทุกครั้งถูกควบคุมด้วยสัญญาณทางไฟฟ้าโดยมีเซ็นเซอร์รับสัญญาณอินพุตปรับการฉีดเชื้อเพลิงเพื่อให้มีการทำงานที่สมบูรณ์ที่สุด โปรแกรมกำหนดคาบเวลาการจ่ายเชื้อเพลิงนั้นเป็นโปรแกรมระบบปิดจากโรงงาน ถูกกำหนดคาบเวลาการจ่ายเชื้อเพลิงที่ไม่สามารถแก้ไขได้ [1, 2, 3, 6] เมื่อส่วนประกอบของระบบมีการเสื่อมสภาพ ทำให้ค่าต่าง ๆ ของอุปกรณ์มีการเปลี่ยนแปลงส่งผลให้การฉีดเชื้อเพลิงมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

การพัฒนาระบบการฉีดเชื้อเพลิงเพื่อใช้โปรแกรมประหยัดน้ำมัน มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบ PGM-FI ที่ไม่สามารถแก้ไขโปรแกรมการฉีดเชื้อเพลิงให้สามารถแก้ไขปรับปรุงการฉีดเชื้อเพลิงเพื่อพัฒนาโปรแกรมประหยัดน้ำมันแบบอื่น ๆ มีวิธีการพัฒนาโดยออกแบบสร้างคอนโทรลเลอร์เข้าไปติดตั้งในระบบ PGM-FI ในรูปแบบสมองกลฝังตัว embedded system เพื่อใช้ในการติดตั้งโปรแกรม

การฉีดเชื้อเพลิงแบบใหม่

ในงานวิจัย การปรับปรุงระบบการฉีดเชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์เพื่อใช้ น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ E85 เป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ต้องการปริมาณน้ำมัน E85 มากกว่า ได้มีการสร้างวงจรควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ติดตั้งในระบบ PGM-FI สามารถเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิงให้เครื่องยนต์ใช้น้ำมัน E 85 ได้ โดยวิธีการเพิ่มคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิง และทำงานร่วมกับ ECM [2, 6]

วิธีการวิจัย

ระบบควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงด้วยโปรแกรม (Programmed Fuel Injection : PGM-FI)

ระบบ PGM-FI มี ECM ทำหน้าที่ควบคุมระบบเชื้อเพลิง (Fuel System) และระบบจุดระเบิด (Ignition System) ด้วยโปรแกรมจากโรงงาน โดยรับสัญญาณอินพุตจากเซ็นเซอร์ (Sensor) (ภาพที่ 1) การวิจัยนี้ เน้นพัฒนาเฉพาะพัฒนาโปรแกรมการฉีดเชื้อเพลิงเท่านั้น เมื่อพัฒนาแล้วต้องสามารถโปรแกรมการฉีดเชื้อเพลิงแบบใหม่ได้ คาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงต้องปรับเปลี่ยนได้ และช่วงเวลาการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงต้องตรงกันกับระบบเดิม การสร้างคอนโทรลเลอร์ (Controller) ให้ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมใหม่ที่พัฒนาขึ้น วิธีการติดตั้งคือตัดสายสัญญาณควบคุมหัวฉีดต่อผ่านคอนโทรลเลอร์ แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าของวงจรคอนโทรลเลอร์ ต่อจากสวิตช์จุดระเบิด (Ignition switch) ต่ออินพุตตำแหน่งคันเร่ง (TP) จากกล่อง ECM (ภาพที่ 2)

เครื่องยนต์ทดสอบ

เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบเป็นเครื่องยนต์ของรถจักรยานยนต์ ฮอนด้า เวฟ 110i เป็นเครื่องยนต์ 4 จังหวะแบบโอเวอร์เฮดแคมชาฟท์ระบายความร้อนด้วยอากาศ ปริมาตรกระบอกสูบ 109.1 ซีซี ระบบจ่ายน้ำมันแบบหัวฉีด (PGM-FI) อัตราส่วนแรงอัด 9.0:1 ขนาดความกว้างกระบอกสูบ 50 มิลลิเมตร

ช่วงชัก 55.6 มิลลิเมตร ระบบเกียร์แบบโรตารี (เกียร์วัน) 4 ระดับ ระบบจุดระเบิดแบบ Digital Transistorized แบตเตอรี่ขนาด 12 V 3 AH แบบแห้ง ความจุเชื้อเพลิง 3.7 ลิตร การปรับปรุงระบบโดยติดตั้งคอนโทรลเลอร์ต่อจากกล่อง ECM อยู่ข้างตัวรถ แล้ววางกล่องคอนโทรลเลอร์ใต้เบาะสามารถป้อนโปรแกรมเข้าโดยง่าย เมื่อไม่ต้องการใช้งานสามารถถอดออกจากระบบได้ (ภาพที่ 3)

กล่องควบคุมเครื่องยนต์ (Engine control module : ECM)

เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ประมวลผลควบคุมการทำงานของระบบเชื้อเพลิงและระบบจุดระเบิด (ภาพที่ 4) ในการวิจัยต้องศึกษาวิธีการทำงาน เพื่อหาข้อมูลนำไปใช้ในการพัฒนา การทำงานของ ECM มีขั้นตอนคือ เมื่อเปิดสวิตช์กุญแจ (Ignition switch) ECM จะตรวจสอบระบบเชื้อเพลิง (Fuel System) ระบบจุดระเบิด (Ignition System) และเซ็นเซอร์ (Sensor) ถ้าปกติก็จะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ปั๊มสร้างแรงดันน้ำมัน หากมีความผิดปกติจะส่งสัญญาณเตือนด้วยฟังก์ชัน (Malfunction indicator lamp : MIL) แสดงให้ทราบว่าส่วนใดผิดปกติเพื่อทำการแก้ไข เมื่อสตาร์ทเครื่องยนต์ ECM จะควบคุมระบบเชื้อเพลิง (Fuel System) และระบบจุดระเบิด (Ignition System) ให้ทำงาน โดยรับสัญญาณอินพุตจาก เซ็นเซอร์ (Sensor) ตลอดเวลาจนกระทั่งดับเครื่องยนต์ (ภาพที่ 5)

วงจรควบคุม (Controller)

เป็นวงจรที่สร้างขึ้นเพื่อนำไปติดตั้งในระบบ PGM-FI ทำให้สามารถพัฒนาโปรแกรมการฉีดเชื้อเพลิงเพิ่มเติมได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมหัวฉีดโดย สร้างสัญญาณควบคุมที่ขา 33 ผ่าน Q3 เป็นออฟโตไอโซเลท (opto isolate) เพื่อควบคุม Q1 สร้างสัญญาณการฉีดเชื้อเพลิง (Y'') ตามโปรแกรมใหม่ อินพุตตำแหน่งคันเร่ง (TP) จะต่อกับขา 2 และสัญญาณอินพุต (Y) จะผ่าน Q2 เป็นออฟโต

ไอโซเลท (opto isolate) ผ่าน ตัวต้านทาน 500 โอห์ม ต่อเข้ากับขา 5 การจ่ายกระแสไฟฟ้าใช้ไอซี เบอร์ 7805 ทำหน้าที่เรียงกระแสและลดแรงดันจาก 12 V เหลือ 5 V เพื่อจ่ายให้วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (ภาพที่ 6)

โปรแกรมประหยัดเชื้อเพลิง

แผนผังระบบลดคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิง มีการทำงานดังนี้ จะเริ่มต้นโดยการควบคุมให้หัวฉีดทำงานด้วยสัญญาณของ ECM ($Y'=1$) จากนั้นจะรับค่าสัญญาณตำแหน่ง TP โดยตำแหน่ง TP แบ่งออกเป็น 7 ส่วน เพื่อกำหนดคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงในตำแหน่งต่าง ๆ เช่น ค่า $TP \geq 1$ เป็นช่วงตำแหน่ง TP จาก 1 -1.9 จะมีคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิง ที่ ค่า 2 ms เมื่อได้ค่าการฉีดเชื้อเพลิงแล้ว (T) จะนำไปเข้าโปรแกรมควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงร่วมกับ ECM โดยสัญญาณควบคุมหัวฉีด Y'' มีค่าเท่ากับ สัญญาณจาก ECM ลบด้วยสัญญาณจาก คอนโทรลเลอร์ ($Y''=Y-Y'$) ตามภาพที่ 14

ผลการวิจัย

สัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงและการจุดระเบิด

สัญญาณการฉีดเชื้อเพลิง เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม [3] มีคาบเวลาเท่ากับ 3 ms และมีแรงดัน 5-6.5 โวลต์ สัญญาณการจุดระเบิด เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม มีคาบเวลา 12 ms แรงดัน 5 โวลต์ ช่วงเวลาการเริ่มฉีดเชื้อเพลิง ห่างจากช่วงเวลาการจุดระเบิด 50 ms คาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิง ช่วงเดินเบ ECM จ่ายเชื้อเพลิงเป็นเวลา 3 ms ซึ่งมากกว่าช่วงเริ่มเดินเครื่องปกติ จากรูปสัญญาณมีการฉีดเชื้อเพลิงก่อนการจุดระเบิดทุกครั้งซึ่งทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงเพราะมีการนำไปเผาไหม้ทั้งหมด หากไม่มีการฉีดเชื้อเพลิงบางจังหวะจะทำให้เครื่องยนต์สะดุด ระยะเวลาระหว่างการฉีดเชื้อเพลิงจนถึงการจุดระเบิดมีมีคาบเวลาที่เท่ากัน ในการจุดระเบิดมีคาบเวลา 12 ms เนื่องจากการสร้างประกายไฟจะใช้การตัดกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอยล์จุดระเบิด (Ignition coil) ช่วงคาบเวลาดังกล่าวเพียงพอ

ที่จะทำให้มีการจุดระเบิดได้ (ภาพที่ 7)

คาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

การหาคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบต่าง ๆ โดยการปรับคันเร่งเพื่อให้รอบเครื่องยนต์สูงขึ้น แล้วบันทึกคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเพื่อต้องการหาข้อมูลเกี่ยวกับความเร็วรอบและคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงโดยทำการทดลอง จำนวน 6 ครั้งด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ที่ความเร็ว 2406 รอบ/นาที ได้คาบเวลา 2.3 ms ที่ความเร็ว 2620 รอบ/นาทีความเร็วสูงกว่าเดิม 114 รอบ/นาที แต่คาบเวลาลดลงเหลือ 2.04 ms ที่ความเร็ว 2635 รอบ/นาทีได้คาบเวลา 2.2 ms ที่ความเร็ว 3114 รอบ/นาที แต่คาบเวลา ลดลง เหลือ 2.0 ms ที่ความเร็ว 4428 รอบ/นาที คาบเวลาลดลง เหลือ 1.8 ms ที่ความเร็ว 5432 รอบ/นาที ได้คาบเวลา 2.4 ms และที่ความเร็ว 7296 รอบ/นาที ได้คาบเวลา 3.4 ms จากผลการทดลองความเร็ว 2406 รอบ/นาที ถึง 5432 รอบ/นาที ได้คาบเวลาประมาณ 2 – 2.4 ms เท่านั้น แทบไม่เปลี่ยนแปลงเลย แต่ที่ความเร็ว 7296 รอบ/นาที ได้คาบเวลา 3.4 ms ทั้งนี้เนื่องจากความเร็วดังกล่าวมีการปรับเปลี่ยนคันเร่งที่มากกว่าเดิม ส่วนความเร็วอื่นๆ แทบไม่มีการปรับเปลี่ยนคันเร่งเลย เพราะความเร็วของเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (ตารางที่ 1 และภาพที่ 8)

จากกราฟจะเห็นได้ว่าที่ความเร็วของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น แต่ คาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเปลี่ยนแปลงไม่มากเพราะ ขณะที่เครื่องยนต์ไม่มีการ ความเร็วจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ตำแหน่งคันเร่งเท่าเดิม ทำให้ความเร็วของเครื่องยนต์ไม่มีผลต่อคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิง เป็นไปตามภาพที่ 8

คาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงของ ECM

การทดสอบคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงของ ECM โดยทดสอบ 4 ครั้งในแบบต่างๆ กัน ช่วงสตาร์ทเครื่องยนต์ (ก) คาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิง 6 ms ซึ่งมากกว่า ช่วงเครื่องยนต์เดินเบา (ข) ซึ่งมี

คาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเพียง 3 ms แสดงว่าการสตาร์ทเครื่องยนต์ครั้งแรก ECM กำหนดปริมาณเชื้อเพลิงที่มาก การทดสอบเร่งเครื่องทันทีทันใด (ง) แล้วผ่อนทันที ช่วงเร่งเครื่องมีคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิง มากถึง 8 ms ทั้งนี้เนื่องจากปรับคันเร่งขึ้นทันทีแสดงถึงผู้ขับขี่ต้องการกำลังมาก จึงมีการจ่ายเชื้อเพลิงมากเพื่อให้ได้กำลัง ขณะที่ตัดคันเร่งทันทีทันใด (ค) มีคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิง เพียง 1.5 ms นั้น แสดงว่ามีการตัดการฉีดเชื้อเพลิง ในช่วงที่เครื่องยนต์ไม่ต้องการกำลัง (ตารางที่ 2 และภาพที่ 9)

คาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเมื่อมีการปรับตำแหน่งคันเร่ง

เมื่อปรับตำแหน่งคันเร่ง 10 % คาบเวลา 2.4 ms 20 % คาบเวลา 1.4 ms 30 % คาบเวลา 2.7 ms 40 % คาบเวลา 3.4 ms 50 % คาบเวลา 4.2 ms 80 % คาบเวลา 7.3 ms 100 % คาบเวลา 8.0 ms เมื่อมีการปรับตำแหน่งคันเร่งจาก 10% เป็น 20 % คาบเวลาลดลง นั้นเป็นเพราะเมื่อความเร็วเริ่มสูงขึ้นภาระเครื่องยนต์จะลดลง ทำให้ช่วงแรก คาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงลดตามไปด้วย เมื่อมีการปรับตำแหน่งคันเร่งเพิ่มขึ้น ตามลำดับ คาบเวลาจะเพิ่มขึ้นแสดงว่า ตำแหน่งคันเร่งใช้ในการปรับคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิง (ตารางที่ 3 และภาพที่ 10)

ผลการเปรียบเทียบตำแหน่งเริ่มต้นคาบเวลาระหว่าง ECM และ คอนโทรลเลอร์

เปรียบเทียบตำแหน่งเริ่มต้นคาบเวลาของ ECM และ คอนโทรลเลอร์ ทำโดย วัดสัญญาณจาก ECM และสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ตำแหน่งเริ่มต้นการทำงานทั้งสองมีค่าตรงกัน สัญญาณควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง จาก ECM ขนาด 12 V สัญญาณจากคอนโทรลเลอร์ ขนาด 5 V ซึ่งคาบเวลามีขนาดเท่ากันคือ 7.65 ms ตำแหน่งเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงที่วัดได้มีขนาดเท่ากัน แสดงว่า คอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นสามารถทำงานควบคุมหัวฉีดร่วมกับ ECM ได้ แต่รูปสัญญาณอาจแตกต่างกันเล็กน้อย (ภาพที่ 11)

สัญญาณควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง จาก ECM ขนาด 12 V คาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิง 2.5 ms สัญญาณจากคอนโทรลเลอร์ขนาด 5 V มีคาบเวลา 2.0 ms เป็นสัญญาณที่นำไปลบ สัญญาณ จาก ECM ให้เหลือคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิง 0.5 ms ดังภาพที่ 28 สัญญาณควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง จาก ECM ขนาด 12 V คาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิง 2.5 ms สัญญาณควบคุมหัวฉีดหลังจากถูกลดคาบเวลา ขนาด 5 V มีคาบเวลา 1.2 ms ซึ่งจากการการวัดค่าสัญญาณจะเห็นได้ว่า ช่วงเวลาการเริ่มฉีดเชื้อเพลิง ตรงกันกับสัญญาณจาก ECM และสัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงสามารถปรับลดลงได้ (ภาพที่ 11)

สัญญาณควบคุมหัวฉีด จากโปรแกรมประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง

เมื่อทดสอบการจ่ายเชื้อเพลิงจากโปรแกรมเดิมของ ECM แล้ว จากนั้นจึงเขียนโปรแกรมเข้ากล่องควบคุมเพื่อปรับลดคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิง โดยเขียนโปรแกรมปรับลด คาบเวลาการจ่ายเชื้อเพลิงจากโปรแกรมเดิมของ ECM (ภาพที่ 13) ทดสอบสัญญาณควบคุมหัวฉีด จากโปรแกรมประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง นั้นแบ่งการทดสอบออกเป็น 7 ครั้งเพื่อเปรียบเทียบสัญญาณจาก ECM และสัญญาณที่โปรแกรมปรับลด การทดสอบครั้งที่ 1 – 4 การปรับเปลี่ยนตำแหน่งคันเร่งจากสตาร์ทเครื่องถึง 30 % มีการปรับลดคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงประมาณ 1 ms จาก 35 % ขึ้นไปไม่มีการปรับลดการฉีดเชื้อเพลิง หมายถึงการควบคุมเชื้อเพลิงใช้โปรแกรม ของ ECM ดังนั้นการขับที่ประหยัดของโปรแกรมที่สร้างขึ้นอยู่ช่วงการปรับเปลี่ยนคันเร่ง ไม่เกิน 30 % และยังลดความสิ้นเปลืองจากการปรับเปลี่ยนคันเร่งแบบทันทีทันใดได้ ผลอาจแตกต่างจากสมมติฐานที่ตั้งขึ้น (ตารางที่ 4 และภาพที่ 12)

ผลการทดสอบจริง

การทดสอบ 10 กิโลเมตร 6 ครั้ง โดยใช้รถจักรยานยนต์ Wave110i คันขับ เส้นทาง การขับ เวลา และน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 (E10) เหมือนกัน จากผลการทดสอบ ระบบเดิมวิ่งระยะทาง 60 กิโลเมตร ใช้

น้ำมัน 0.9 ลิตร ระบบที่พัฒนาใช้น้ำมัน 0.6 ลิตร ประหยัดได้ 0.2 ลิตร หรือคิดเป็น 33 % (ภาพที่ 13 ตารางที่ 5)

สรุป และอภิปราย

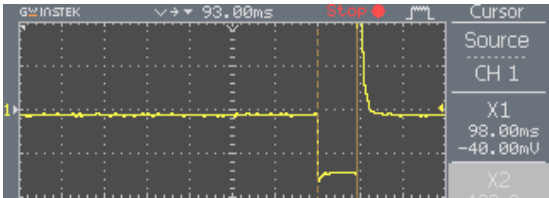
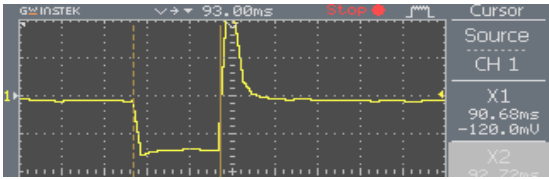
การพัฒนากระบวนการฉีดเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ ฮอนด้า เวฟ 110i เพื่อให้สามารถใช้โปรแกรมประหยัดน้ำมันได้ ต้องปรับปรุงกระบวนการฉีดเชื้อเพลิงเดิม (PGM-FI) โดยสร้างคอนโทรลเลอร์ซึ่งสามารถป้อนและเก็บโปรแกรมใหม่ได้ ติดตั้งในระบบเดิมในรูปแบบสมองกลฝังตัว (embedded system) จากการศึกษาวิธีการฉีดเชื้อเพลิงและการจุดระเบิด พบว่า ECM จ่ายเชื้อเพลิงก่อนการจุดระเบิดมีช่วงเวลาเริ่มการจ่ายเชื้อเพลิงถึงช่วงเวลาการจุดระเบิดที่เท่ากัน แสดงว่ามีการจ่ายเชื้อเพลิงก่อนการจุดระเบิดทุกครั้ง เพื่อให้เชื้อเพลิงถูกนำไปใช้หมดไม่ตกค้าง การลดปริมาณเชื้อเพลิงโดยการตัดสัญญาณจ่ายเชื้อเพลิงบางส่วนนั้นทำไม่ได้ การลดปริมาณเชื้อเพลิงมีสองวิธีคือตัดจังหวะการฉีดเชื้อเพลิง และลดคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงทุกจังหวะ ผลการทดสอบความเร็วพบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงไม่สามารถนำเงื่อนไขความเร็วมาลดคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงได้ ช่วงการสตาร์ทมีคาบเวลาการจ่ายเชื้อเพลิง 6 ms การเดินเบา มีคาบเวลาการจ่ายเชื้อเพลิง 3 ms ช่วงการตัดน้ำมันหลังการเร่งคันเร่งและผ่อนทันที มีคาบเวลาการจ่ายเชื้อเพลิง 1.5 ms และช่วงการเร่งเครื่องทันที มีคาบเวลาการจ่ายเชื้อเพลิง 8 ms มีคาบเวลาการจ่ายเชื้อเพลิงที่ต่างกันมาจากโปรแกรมของ ECM การเร่งเครื่องทันทีนั้น เป็นความต้องการใช้กำลังทันทีเครื่องยนต์ต้องตอบสนองกำลังโดยเพิ่มเชื้อเพลิง ผลคือการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์และสิ้นเปลืองน้ำมัน ช่วงสตาร์ทมีคาบเวลาสูงถึง 6 ms เป็นการจ่ายเชื้อเพลิงที่มาก ซึ่งการจ่ายที่มาก การตัดคาบเวลาการจ่ายเชื้อเพลิงเมื่อเครื่องยนต์ไม่ต้องการกำลังเหลือ 1.5 ms แสดงถึงโปรแกรมของ ECM จ่ายน้ำมันต่ำสุดที่คาบเวลา 1.5 ms การปรับตำแหน่ง

คันเร่งเพิ่มขึ้น จาก 10 % -100% มีคาบเวลาการจ่ายเชื้อเพลิง จาก 2.4 -8.0 ค่อนข้างเป็นเชิงเส้นแสดงว่าค่า TP ใช้กำหนดคาบเวลาการจ่ายเชื้อเพลิง หรือกำหนดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง การสร้างโปรแกรมลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงทำได้โดยการลดคาบเวลาการจ่ายเชื้อเพลิงลง โดยเปลี่ยนแปลงตามค่า TP ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณอากาศที่เข้าเครื่องยนต์ ส่งผลให้ลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง จากการทดสอบโปรแกรมที่ทดลองสร้างขึ้นโดยการขับขี่จริง ในระยะทาง 60 กิโลเมตรสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงได้ 33 %

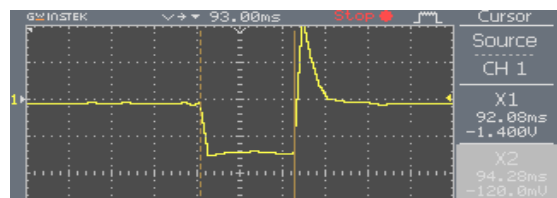
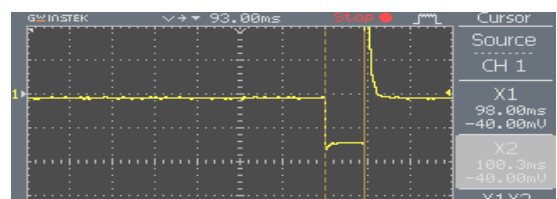
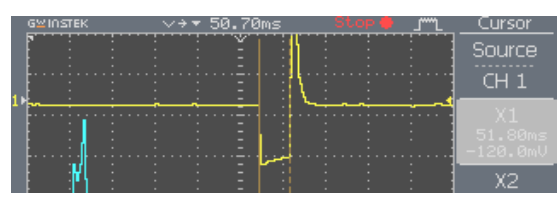
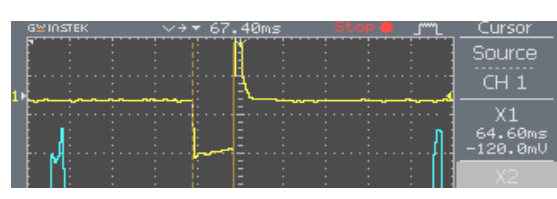
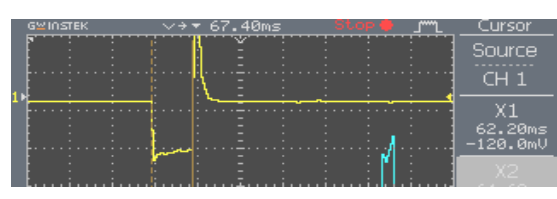
เอกสารอ้างอิง

1. Honda Motor Co., Honda manual wave. Bangkok: Honda Motor Co; 2009. Thai.
2. 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. Thai.
3. Kaivichai V. Internal combustion engines theory and calculations. Bangkok: Vidtayapat Publishers; 2001. Thai.
4. Suwanpateeb T. Automotive Engineering. Kasetsart University; 1989. Thai.
5. Ministry of Energy. Save fuel from the driver to stop the engine.. Bangkok; 2008. Thai.
6. P. Sritram, D. Cherdchai, K. Chamniprasart, "The Improve Motorcycle Fuel Injection Systems for Gasohol E85", KKU Res J. 2011; 16(7): 774-785.

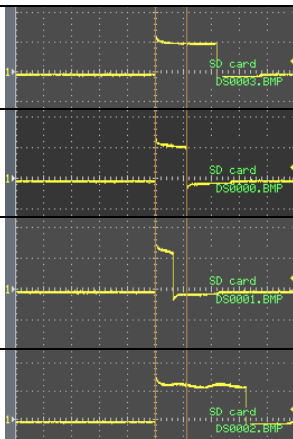
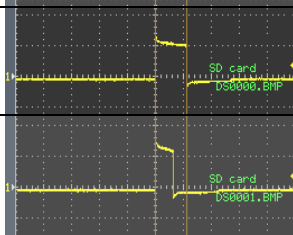
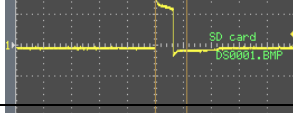
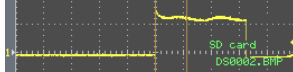
ตารางที่ 1 คาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่ความเร็วต่างๆ ขณะไม่มีโหลด

สัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงขณะ ไม่มีโหลด	คาบเวลาฉีดเชื้อเพลิง(ms)	รอบเครื่องยนต์ รอบ/นาที่
	ทดลองครั้งที่ 1 ตั้งค่าเครื่องวัด ที่ 2.5 ms, 1V คาบเวลา 2.3 ms การฉีดเชื้อเพลิง	ที่ความเร็วรอบ 2406 รอบ/นาที่
	ทดลองครั้งที่ 2 ตั้งค่าเครื่องวัด ที่ 1 ms, 1V คาบเวลา 2.04 ms การฉีดเชื้อเพลิง	ที่ความเร็วรอบ 2620 รอบ/นาที่

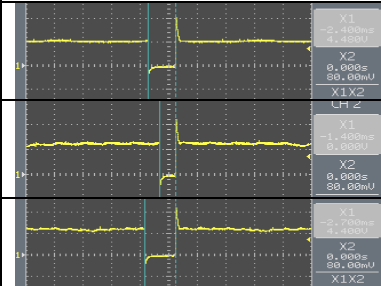
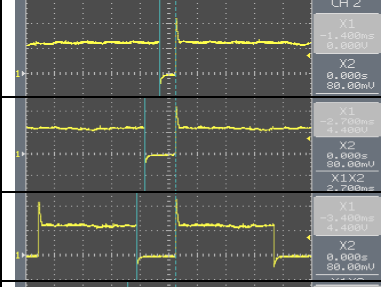
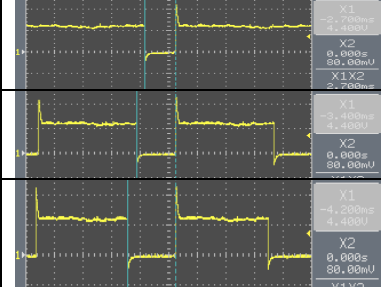
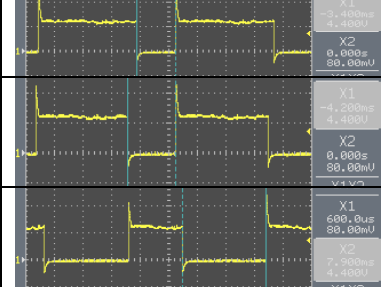
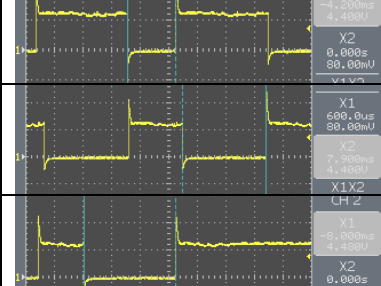
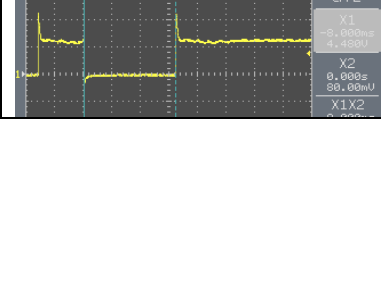
ตารางที่ 1 คาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่ความเร็วต่างๆ ขณะไม่มีโหลด (ต่อ)

สัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงขณะ ไม่มีโหลด	คาบเวลาฉีดเชื้อเพลิง(ms)	รอบเครื่องยนต์ รอบ/นาที่
	<u>ทดลองครั้งที่ 3</u> ตั้งค่าเครื่องวัด ที่ 1 ms, 1V คาบเวลา 2.2 ms การฉีดเชื้อเพลิง	ที่ความเร็วรอบ 2635 รอบ/นาที่
	<u>ทดลองครั้งที่ 4</u> ตั้งค่าเครื่องวัด ที่ 2.5 ms, 1V คาบเวลา 2 ms การฉีดเชื้อเพลิง	ที่ความเร็วรอบ 3114 รอบ/นาที่
	<u>ทดลองครั้งที่ 5</u> ตั้งค่าเครื่องวัด ที่ 2.5 ms, 1V คาบเวลา 1.8 ms การฉีดเชื้อเพลิง	ที่ความเร็วรอบ 4428 รอบ/นาที่
	<u>ทดลองครั้งที่ 6</u> ตั้งค่าเครื่องวัด ที่ 2.5 ms, 1V คาบเวลา 2.4 ms การฉีดเชื้อเพลิง	ที่ความเร็วรอบ 5432 รอบ/นาที่
	<u>ทดลองครั้งที่ 7</u> ตั้งค่าเครื่องวัด ที่ 2.5 ms, 1V คาบเวลา 2.4 ms การฉีดเชื้อเพลิง	ที่ความเร็วรอบ 5544 รอบ/นาที่
	<u>ทดลองครั้งที่ 8</u> ตั้งค่าเครื่องวัด ที่ 1 ms, 1V คาบเวลา 3.4 ms การฉีดเชื้อเพลิง	ที่ความเร็วรอบ 7296 รอบ/นาที่

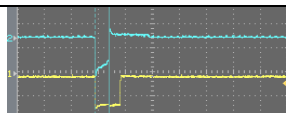
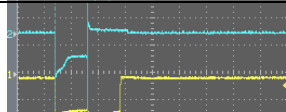
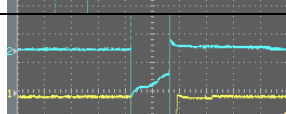
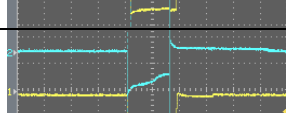
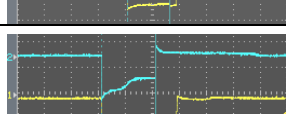
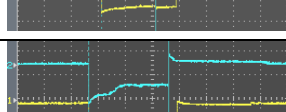
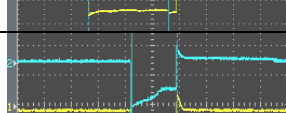
ตารางที่ 2 คาบเวลาการทดสอบการจ่ายน้ำมันของกล่อง ECM

การทดสอบ	สัญญาณการฉีดเชื้อเพลิง	คาบเวลา (ms)
(ก) ช่วงสตาร์ทเครื่องยนต์		6
(ข) ช่วงการเดินเบา		3
(ค) ช่วงการตัดน้ำมัน		1.5
(ง) เร่งเครื่องทันทีทันใด		8

ตารางที่ 3 คาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเมื่อมีการปรับตำแหน่งปรับคันเร่ง

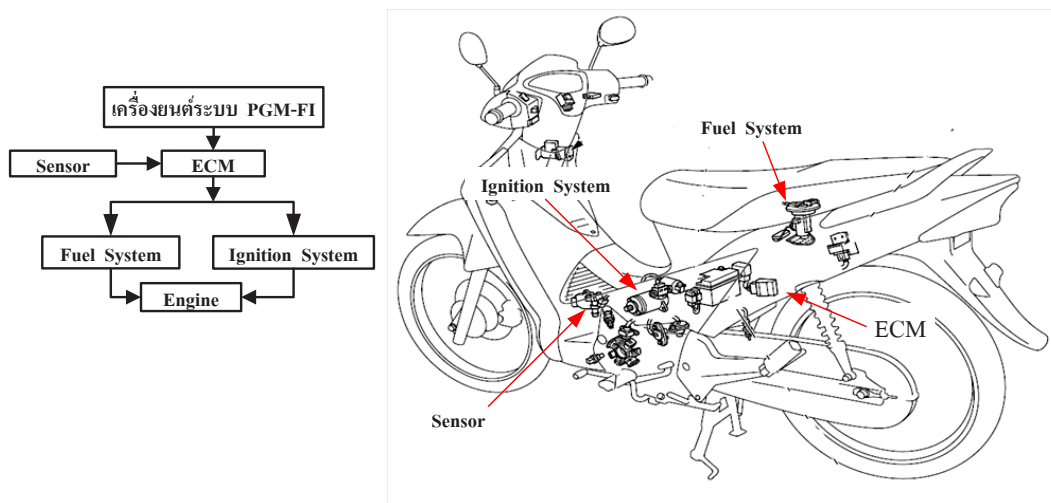
ตำแหน่งปรับคันเร่ง (%)	สัญญาณการฉีดเชื้อเพลิง	คาบเวลา (ms)
10		2.4
20		1.4
30		2.7
40		3.4
50		4.2
80		7.3
100		8.0

ตารางที่ 4 คาบเวลา (ECM) กับโปรแกรมประหยัดเชื้อเพลิง

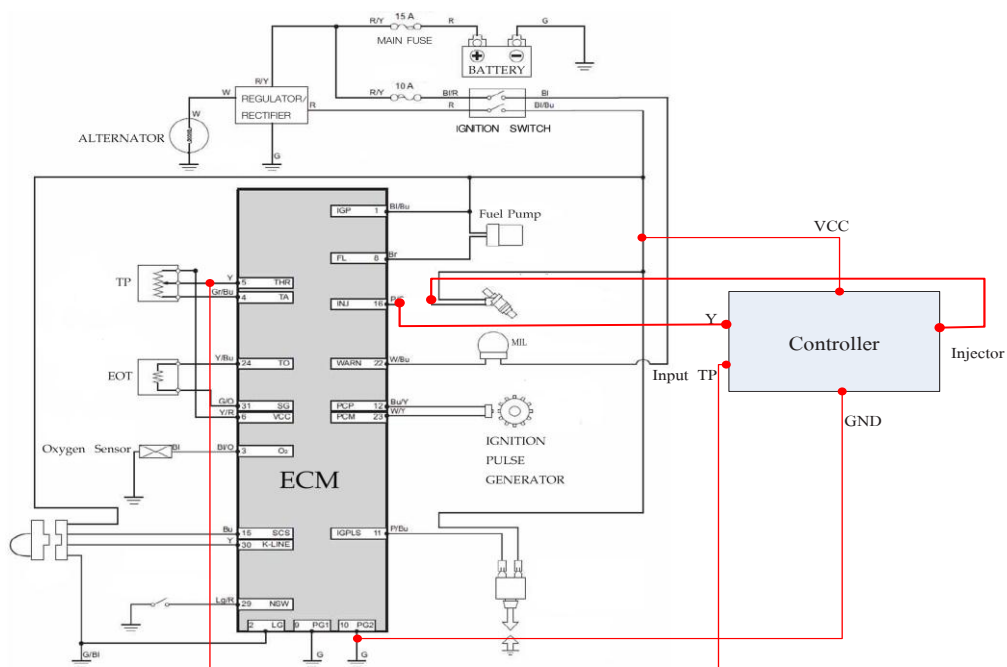
การทดสอบ	สัญญาณ	คอนโทรลเลอร์ (ms)	ECM (ms)	คาบเวลาที่ลด
เครื่องยนต์เดินเบา		1.3	2.3	1
เร่งเครื่องทันทีทันใด		3	6	3
ที่ 1392 รอบ/นาที		1.4	1.7	0.3
ปรับค่าคันเร่ง 15%		1.5	1.8	0.3
ปรับค่าคันเร่ง 20 %		1.3	2.8	1.5
ปรับค่าคันเร่ง 30 %		2.9	3.2	0.3
ปรับค่าคันเร่ง 35 %		1.6	1.6	0

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบขับซึ่งจริงโดยใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 (E10)

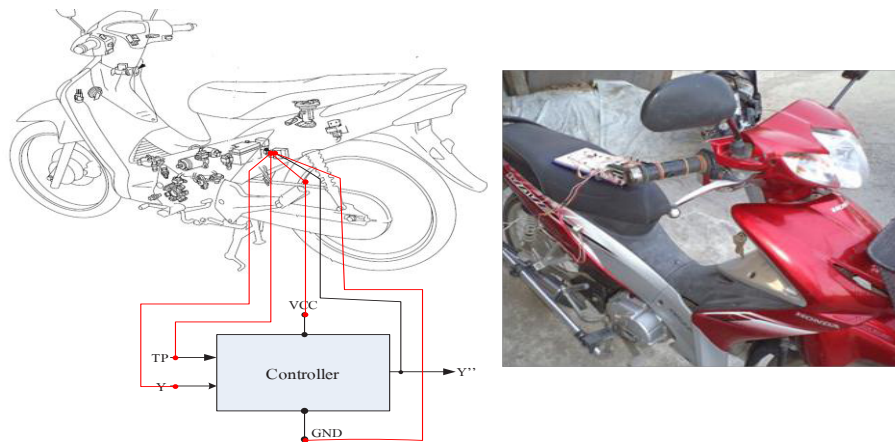
ครั้งที่ทดลอง (10 กิโลเมตร)	ปริมาณน้ำมัน cubic centimeter (cc)			
	ระบบ PGM-FI ของ WAVE110i	ระบบที่พัฒนา	ปริมาณที่ลดได้	% ที่ลดได้
1	143 cc	87 cc	56 cc	39
2	166 cc	90 cc	76 cc	46
3	138 cc	93 cc	45 cc	33
4	143 cc	105 cc	38 cc	27
5	155 cc	111 cc	44 cc	28
6	155 cc	118 cc	37 cc	24
รวม	900 cc	604 cc	296 cc	33%



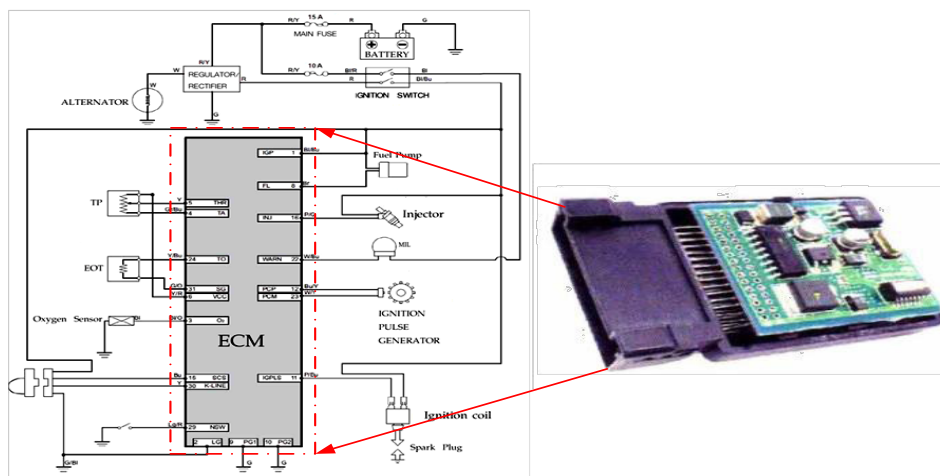
ภาพที่ 1 ระบบ PGM-FI



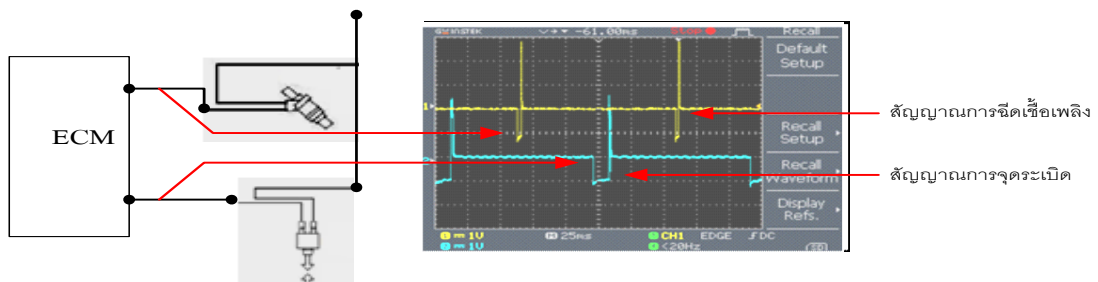
ภาพที่ 2 การต่อคอนโทรลเลอร์ในระบบ PGM-FI



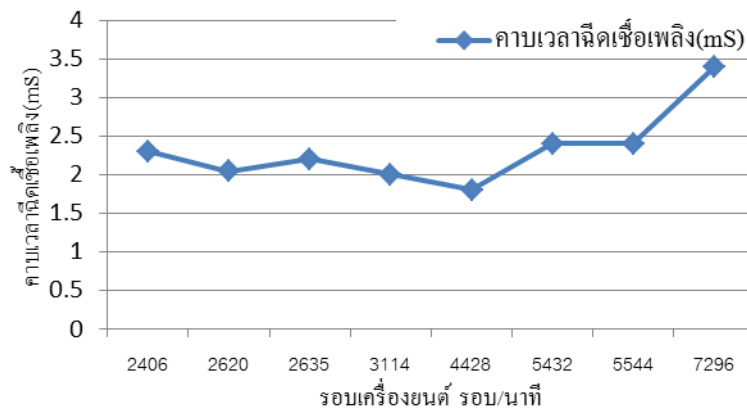
ภาพที่ 3 เครื่องยนต์ทดสอบ



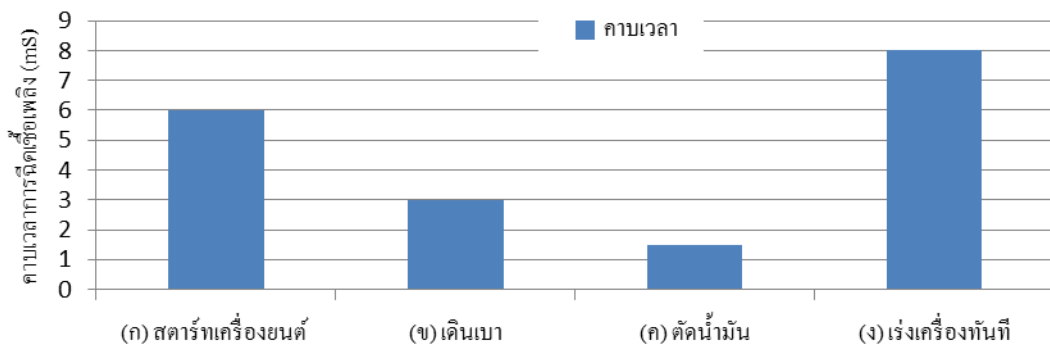
ภาพที่ 4 กล่องควบคุมเครื่องยนต์ Engine control module (ECM)



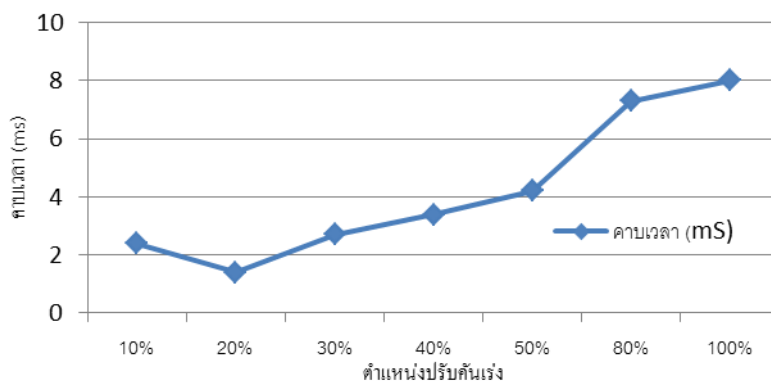
ภาพที่ 7 สัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงและการจูดระเบิด



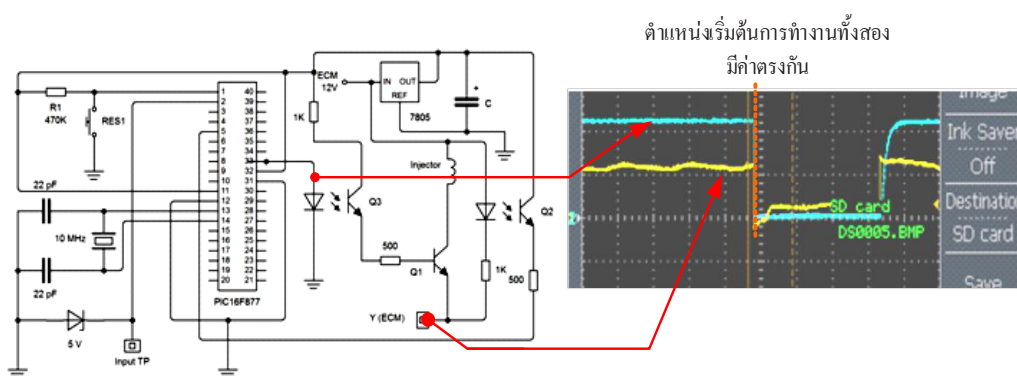
ภาพที่ 8 กราฟแสดงคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่ความเร็วต่าง ๆ



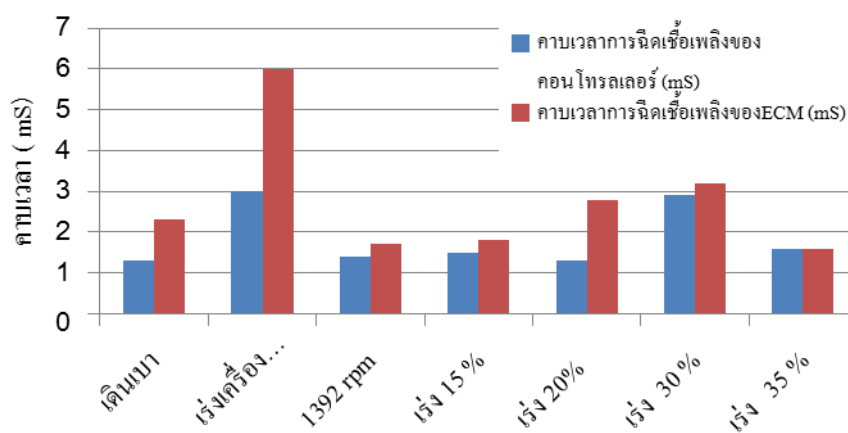
ภาพที่ 9 กราฟแสดงคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงในการทดสอบแบบต่าง ๆ



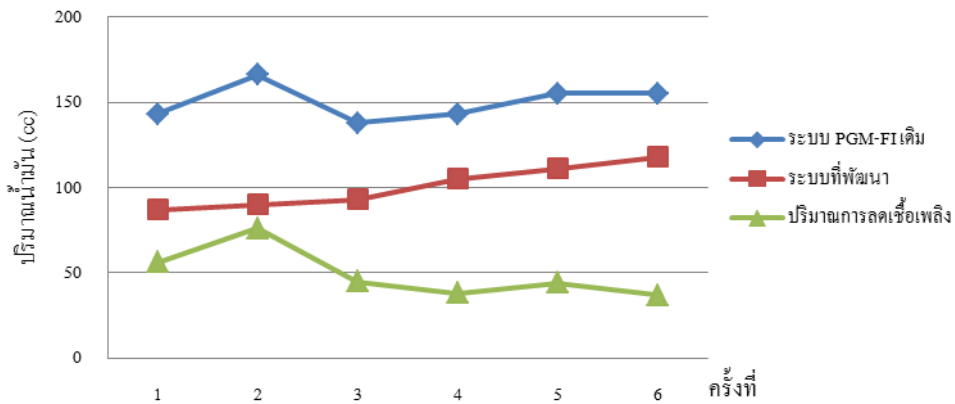
ภาพที่ 10 กราฟแสดงคาบเวลาการฉีดเชื้อเพลิงเมื่อมีการปรับตำแหน่งคั่นแรง



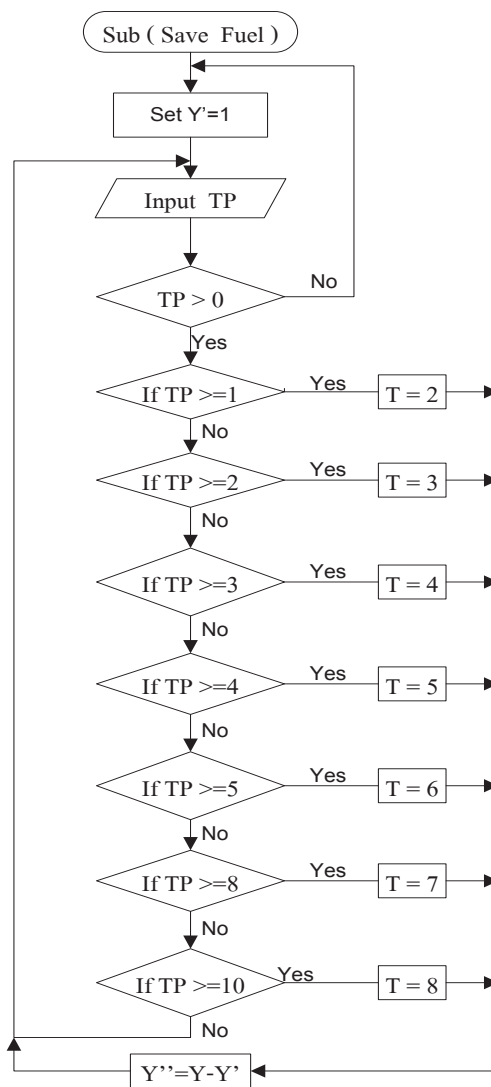
ภาพที่ 11 ผลการเปรียบเทียบตำแหน่งเริ่มต้นคาบเวลาระหว่าง ECM และ คอนโทรลเลอร์



ภาพที่ 12 คาบเวลา (ECM) กับโปรแกรมประหยัดเชื้อเพลิง



ภาพที่ 13 กราฟ เปรียบเทียบ การใช้น้ำมันจากการทดลองจริง



ภาพที่ 14 แผนผังการประหยัดน้ำมัน (Sub Save Fuel)