

DRC-8

การพัฒนากล่องควบคุมเครื่องยนต์สำหรับการเปลี่ยนเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อใช้เชื้อเพลิงร่วมดีเซลกับแก๊สธรรมชาติ

Development of Engine Control Unit for Diesel Engine Conversion to use Diesel and Natural Gas Dual Fuel

ดำรงศักดิ์ กิจเดช^{1*}, ผศ.ดร.ทวีเดช ศิริธนาพิพัฒน์² และ รศ.ดร.วิฑิต ฉัตรรัตนกุลชัย¹

¹ ห้องปฏิบัติการควบคุมหุ่นยนต์และการสนั่นสะเทือน (CRV Lab) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

*ติดต่อ: dumrongsak_kijdech@hotmail.com, 0851899731

บทคัดย่อ

ปัจจุบันรถดีเซลเชื้อเพลิงร่วม (Diesel Dual Fuel, DDF) ใช้ ECU (Electronic Control Unit) ใหม่ใส่แทน OEM (Original Equipment Manufacturing) จึงจำเป็นต้องควบคุมระบบทั้งหมดในรถ ซึ่งในส่วนของการควบคุมเกียร์อัตโนมัติทำได้ยาก ต้องทำการควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงในระบบดีเซลทั้งที่ OEM ECU ทำได้ดีกว่าและปัญหาที่เกิดขึ้นกับรถ เช่น ระบบ ABS ระบบการฉีดเชื้อเพลิง เป็นต้น จะไม่ถูกพบและแก้ไขได้ทันเนื่องจากไม่ได้ใช้ OEM ECU เพื่อลดปัญหาและความยากในการควบคุมจึงได้มีการคิดวิธีการควบคุมรถดีเซลเชื้อเพลิงร่วมขึ้นมาใหม่ โดยหลักการคือใช้ ECU 2 ตัว ในการควบคุมพร้อมกันให้ OEM ECU ควบคุมระบบต่างๆของรถเหมือนเดิม เช่น ระบบปรับอากาศ ระบบเกียร์อัตโนมัติ การฉีดเชื้อเพลิงระบบดีเซล เป็นต้น และในระบบดีเซลเชื้อเพลิงร่วมใช้ DDF ECU ในการควบคุม โดยใช้สัญญาณต่างๆร่วมกัน เช่น สัญญาณเพลาช้อเหวี่ยง สัญญาณเพลาลูกเบี้ยว สัญญาณอุณหภูมิน้ำ เป็นต้น ผลคือใช้งานได้เป็นอย่างดี เมื่อ DDF ECU มีปัญหาสามารถกลับมาใช้ OEM ECU ได้ทันที และระบบการตรวจสอบปัญหาของ OEM ECU ก็ยังสามารถใช้งานได้ปกติ

คำหลัก: ดีเซลเชื้อเพลิงร่วม, หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์, ระบบการฉีดดีเซล

Abstract

Currently, Diesel-dual-fuel (DDF) Diesel truck does not use the manufacturer's electronic control unit (ECU). In controlling all systems in the truck, another ECU replaces the old ECU completely. From now on, the old ECU will be called original equipment manufacturing (OEM), and the ECU that replaces this ECU will be called DDF ECU. In replacing the OEM ECU with DDF ECU, we have to control all systems in the truck. It is difficult especially controlling the automatic transmission is very difficult. The DDF ECU is required to control Diesel fuel injection in Diesel mode even though the OEM ECU can perform this task better. More importantly, OEM ECU has self diagnostic system that can detect problems with the truck enabling the problem to be fixed before the truck damages. The DDF ECU does not have this system. From the problems and control difficulty above, a new Diesel-dual-fuel control method is

DRC-8

devised. Two ECUs share the control tasks. The OEM ECU controls various systems in the truck as usual, for example, air-conditioning system, automatic transmission system, Diesel injection in Diesel mode. In the DDF mode, the DDF ECU is used in Diesel and gas injection only. Both ECUs share various signals including crank angle, cam angle, engine coolant temperature. This results in good operation. When the DDF ECU has problem, the OEM ECU can be used instantly. Besides, the self diagnostic system of the OEM ECU still functions as normal.

Keywords: Diesel-dual-fuel, Electronic control unit, Diesel injection system

1. บทนำ

ในปัจจุบันเครื่องยนต์ดีเซลจะถูกใช้มากในภาคขนส่งเนื่องจากมีคุณสมบัติคือให้กำลังสูงกว่าเครื่องยนต์เบนซินและราคาน้ำมันที่ถูกกว่าเบนซิน แต่ปัจจุบันค่าขนส่งสูงขึ้นเนื่องจากปัญหาน้ำมันแพงทำให้ต้องหาพลังงานทดแทนซึ่งมีราคาถูกกว่านั้นก็คือแก๊สธรรมชาติแต่เครื่องยนต์ดีเซลไม่สามารถใช้แก๊สอย่างเดี่ยวได้ ทำให้มีคนมากมายที่คิดวิธีการแก้ไขตัวเครื่องยนต์ดีเซลให้ติดแก๊สได้โดยที่วิธีการในอดีตคือต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์โดยการใส่หัวเทียนเพิ่มเพื่อใช้ในการจุดระเบิดเหมือนเครื่องยนต์เบนซิน ซึ่งไม่ได้รับความนิยมเนื่องจากต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์และมีราคาสูง CRVLab (ห้องปฏิบัติการควบคุมหุ่นยนต์และการสน้สะเทือน) จึงได้พัฒนาระบบเชื้อเพลิงร่วมขึ้นซึ่งไม่จำเป็นต้องดัดแปลงเครื่องยนต์แต่ใช้วิธีการเขียนโปรแกรมแก้ไขระบบควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง โดยหลักการคือแก๊สจะถูกฉีดที่ช่องไอดีแต่ละสูบและถูกเครื่องยนต์ดูดเข้าไปในจังหวะดูดเมื่อถึงจังหวะจุดระเบิดน้ำมันดีเซลจะถูกฉีดในปริมาณน้อยเพื่อช่วยในการจุดระเบิด เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้วิธีการนี้ถูกเรียกว่า”เครื่องยนต์ดีเซลเชื้อเพลิงร่วม” ซึ่งยังไม่มีผู้ใดใช้วิธีการฉีดดีเซลในปริมาณน้อยได้นอกจาก CRVLab จากการสำรวจพบว่าในท้องตลาดระบบเชื้อเพลิงร่วมจะคุมแค่การฉีดแก๊สและให้กล่อง OEM ECU ฉีดดีเซลปกติโดยไม่ลดปริมาณการฉีดทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงไม่มาก

ก่อนที่จะนาระบบการควบคุมมาใช้งานจริง ได้ทดสอบและดูความเหมาะสมของวิธีการควบคุมในรูปแบบต่างๆเทียบกับการควบคุมแบบ PID ถึงข้อดีและ

ข้อเสีย ในส่วนของลิ้นเร่งถูกทดสอบใน [8] การควบคุมรอบเดินเบา [6] [7] การไหลของระบบอากาศ [2] [5] ความดันเชื้อเพลิง [3] อัตราส่วนเชื้อเพลิงกับอากาศ [1] ส่วนข้อมูลการควบคุมพื้นฐานได้จาก [4]

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาวิธีการทำงานและการควบคุมของระบบเครื่องยนต์ดีเซลเชื้อเพลิงร่วมซึ่งระบบเดิมใช้ DDF (Diesel Dual Fuel) ECU ใส่แทน OEM (Original Equipment Manufacturing) ECU จึงจำเป็นต้องควบคุมระบบทั้งหมดในรถ ซึ่งในส่วนของควบคุมเกียร์อัตโนมัติทำได้ยาก ต้องทำการควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงในระบบดีเซลทั้งที่ OEM ECU ทำได้ดีกว่าที่สำคัญ OEM ECU จะมีระบบการตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นกับรถซึ่งจะช่วยให้การแก้ไขปัญหาได้ถูกจุดและทันก่อนที่รถจะเสียหายหนักแต่ DDF ECU ไม่มีระบบนี้ จากปัญหาและความยากในการควบคุมดังกล่าวจึงได้มีการคิดวิธีการควบคุมรถดีเซลเชื้อเพลิงร่วมขึ้นมาใหม่ เพื่อลดปัญหาและความยากในการควบคุมจึงได้มีการคิดวิธีการควบคุมรถดีเซลเชื้อเพลิงร่วมขึ้นมาใหม่ โดยหลักการคือใช้ ECU 2ตัว ในการควบคุมร่วมกันโดยให้ OEM ECU ควบคุมระบบต่างๆของรถเหมือนเดิม เช่น ระบบปรับอากาศ ระบบเกียร์อัตโนมัติ การฉีดดีเซลในระบบดีเซล เป็นต้น และในระบบดีเซลเชื้อเพลิงร่วมใช้ DDF ECU ในการควบคุมการฉีดดีเซลและแก๊สเท่านั้น โดยใช้สัญญาณต่างๆร่วมกัน เช่น สัญญาณเพลลาข้อเหวี่ยง สัญญาณเพลลาลูกเบี้ยว สัญญาณอุณหภูมิน้ำ เป็นต้น ปกติราคา ECU ขึ้นอยู่กับจำนวนช่องสัญญาณที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลและความเร็วในการประมวลผล เพราะฉะนั้นถ้าใช้ ECU ที่มีช่องสัญญาณมากก็จะทำ

DRC-8

ให้ต้นทุนสูงขึ้นตาม ในงานวิจัยนี้จึงนำเทคนิคการใช้ Relay มาช่วยลดจำนวนช่องสัญญาณทำให้สามารถใช้ช่องสัญญาณไม่เกิน 48 ช่องได้ ผลคือทำให้ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าและประหยัดเชื้อเพลิงกว่าท้องตลาด เมื่อ DDF ECU มีปัญหาสามารถกลับมาใช้ OEM ECU ได้ทันที และระบบการตรวจสอบปัญหาของ OEM ECU ก็ยังสามารถใช้งานได้ปกติ

2. การควบคุมและข้อจำกัดในการออกแบบ

ในส่วนของแนวคิดเริ่มมาจากต้องการทำระบบที่ง่ายกว่าและดีกว่าบนอุปกรณ์ที่จำกัดโดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1. ในด้านของการควบคุม

ในงานนี้ใช้รถยนต์ยี่ห้อ NISSAN รุ่น NAVARA ปี 2012 เกียร์ธรรมดา เครื่องยนต์ YD-144 COMMONRAIL 2,500 ซีซี 4 สูบ DOHC 16 วาล์ว เทอร์โบแปรผัน และอินเตอร์คูลเลอร์ 144 แรงม้า ที่ 4,000 รอบต่อนาที แรงบิดสูงสุด 356 นิวตัน-เมตร ที่ 2,000 รอบต่อนาที ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบไดเรคอินเจ็คชั่น คอมมอนเรล ปัมป์หัวจ่ายแรงดันสูง 180 เมกะปาสกาล ดังแสดงในรูปที่ 1 ECU ที่นำมาใช้ยี่ห้อ Woodward รุ่น Motrotron 48 pin

การควบคุมถูกทำให้ง่ายกว่าแบบเดิมโดยใช้ OEM ECU ในการควบคุมระบบ เดิมทั้งหมดยกเว้นเมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบดีเซลเชื้อเพลิงร่วม (Diesel Dual Fuel, DDF) การฉีดดีเซลจะถูกเปลี่ยนมาใช้ DDF ECU ในการควบคุมและการฉีดแก๊สก็ใช้ DDF ECU ในการควบคุม แต่ในการที่จะควบคุมการฉีดดีเซลและแก๊สได้นั้นจำเป็นต้องรู้ตำแหน่งของเพลลาข้อเหวี่ยง (Crank Shaft Position, CKP) และเพลลาสูบเบี้ยว (Cam Shaft Position, CMP) ซึ่งจะใช้วิธีการแบ่งสัญญาณออกมาแต่การที่จะทำให้รถเคลื่อนที่ได้และสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์นั้นจำเป็นต้องรู้ตำแหน่งของคันเร่ง (pedal) สัญญาณการสั่งงานเครื่องปรับอากาศ (Air Condition, AC) อุณหภูมิมีน้ำ (Water Temperature) ตำแหน่งสวิตช์จุดระเบิด (Ignition Switch, IG)

โดยปกติระบบนี้ต้องในช่องสัญญาณเพิ่มแต่เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณยิ่งมากราคายิ่งสูงมากจึงจำเป็นต้องใช้ ECU 48 ช่องสัญญาณ แต่การที่จะใช้ ECU 48 ช่องสัญญาณ ได้นั้นต้องใช้รีเลย์เข้ามาช่วยลดจำนวนช่องสัญญาณให้ไม่เกิน 48 ช่องสัญญาณ ถึงจะทำให้ราคาถูกกว่าท้องตลาดได้



รูปที่ 1 แสดงรถที่ใช้ในการทดลอง

2.2. ในด้านการออกแบบ

ในการออกแบบจะมีอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบดังนี้ ECU Motrotron , รีเลย์ Arduino 8 ตัว , ตัวต้านทาน , EDU (Electronic Drive Unit) โดยหลักการ แสดงดังรูปที่ 2

ในรูปที่ 2 สามารถอธิบายการทำงานของระบบเชื้อเพลิงร่วมได้ดังนี้ ในส่วนของระบบดีเซลเริ่มจาก OEM ECU รับสัญญาณจาก Sensor ต่างๆ แล้วประมวลผลเพื่อส่งสัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงผ่านรีเลย์เพื่อไปยังหัวฉีด เมื่อเปลี่ยนเป็นระบบดีเซลเชื้อเพลิงร่วม OEM ECU ยังคงทำงานอยู่ตลอดเวลาแต่จะถูกตัดการฉีดเชื้อเพลิง ในส่วนของ DDF ECU จะรับสัญญาณจาก Sensor ประมวลผลหลังจากนั้นจึงส่งสัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงกับแก๊สแต่ DDF ECU ไม่สามารถส่งการฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงได้เนื่องจากกำลังในการยกหัวฉีดไม่เพียงพอ จึงต้องส่งสัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงผ่าน EDU (ซึ่ง EDU ทำหน้าที่ขยายกำลังใน

DRC-8

การฉีด โดยการเพิ่มกระแสไฟฟ้าให้มากขึ้น) จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งผ่านรีเลย์เพื่อไปยังหัวฉีดเชื้อเพลิง (รีเลย์ทำหน้าที่สลับการส่งฉีดเชื้อเพลิงจาก OEM ECU ไปเป็น DDF ECU)



รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างของระบบโดยรวม

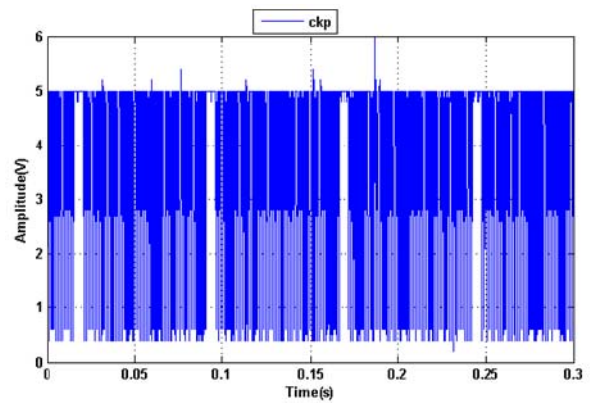
3. การเตรียมการทดลอง

เริ่มจากการต่อสายไฟวงจรต่างๆเข้าด้วยกัน โดยมี ECU , EDU , รีเลย์ ให้สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ ซึ่งจะมีสายไฟออกมาจากกล่องเพื่อเชื่อมต่อกับระบบของรถยนต์ โดยมีลักษณะดังรูปที่ 3 หลังจากนั้นทำการวัดหาสัญญาณต่างๆที่ต้องการใช้ สัญญาณของอุณหภูมิห้องจะมีลักษณะเป็นโวลต์ซึ่งอยู่ที่ประมาณ 0 – 2 โวลต์ โดยที่อุณหภูมิยิ่งสูงโวลต์ยิ่งลดลง ส่วนของสัญญาณ AC จะมีลักษณะเป็น เปิด – ปิด 0 – 12 โวลต์ สายสัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงหาได้จากการวัดการเชื่อมต่อกันของสายไฟ โดยต้องถอดข้อต่อสายไฟด้านหัวฉีดและด้าน ECU ออกทั้งหมดเพื่อป้องกันการเชื่อมต่อกันของสัญญาณ (สัญญาณต่างๆ หาได้จากการวัดการเชื่อมต่อกันจาก Sensor ถึง ECU) ส่วนสัญญาณตำแหน่งเพลาค้อเหวี่ยงและเพลาลูกเบี้ยว การหาสัญญาณทำได้โดยหาตำแหน่งของ Sensor แล้วถอดจุดเชื่อมต่อด้าน ECU และ Sensor เมื่อรู้ตำแหน่งสายสัญญาณบริเวณ ECU เป็นเส้นไหนแล้วใช้ Oscilloscope วัดหาสัญญาณจะได้สัญญาณตำแหน่ง

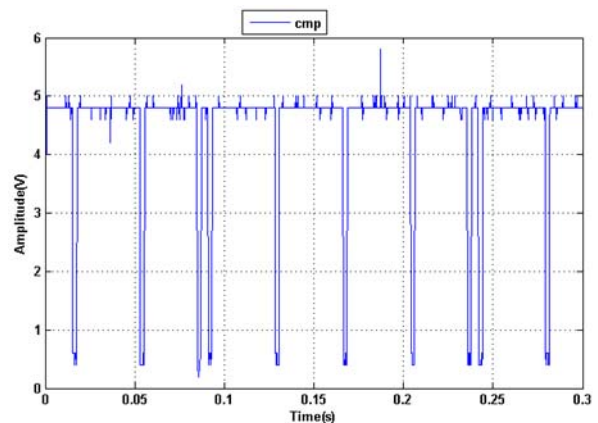
เพลาค้อเหวี่ยงและเพลาลูกเบี้ยวตั้งแสดงในรูปที่ 4 และรูปที่ 5



รูปที่ 3 แสดงส่วนประกอบและการต่อสายไฟโดยรวม



รูปที่ 4 แสดงลักษณะของสัญญาณเพลาค้อเหวี่ยง



รูปที่ 5 แสดงลักษณะของสัญญาณเพลาลูกเบี้ยว

4. การทดลองและผลการทดลอง

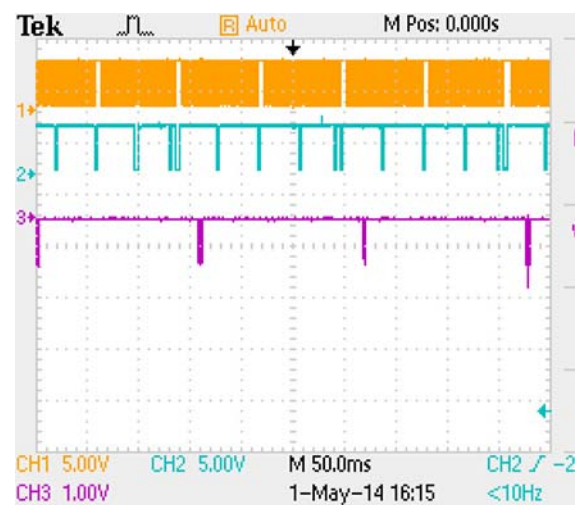
การทดลองเริ่มจากการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเข้ากับตัวรถ โดยใช้คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กในการ

DRC-8

เก็บข้อมูล ดูข้อมูล และแก้ไขระบบการควบคุมต่างๆที่ทำให้เกิดปัญหาจากนั้นทำการสับรีเลย์ในขณะที่เครื่องยนต์เดินเบาเพื่อลดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ ผลคือเครื่องยนต์ดับทันที จึงทำการตรวจสอบระบบพบว่าปัญหามาจากวิธีการต่อรีเลย์เนื่องจากไฟบวกของ DDF ECU กับ OEM ECU ไม่สามารถพ่วงต่อกันได้ หลังจากนั้นจึงแก้ไขโดยการเปลี่ยนวิธีการต่อรีเลย์ใหม่ให้ไฟด้านบวกของ DDF ECU กับ OEM ECU แยกกันเป็นอิสระ แล้วทำการติดเครื่องยนต์แล้วสับรีเลย์อีกครั้ง ผลคือสามารถสับรีเลย์ไปมาได้แต่รอบเครื่องยนต์ขณะเปลี่ยนไปเป็นของ DDF ECU รอบเครื่องยนต์ไม่นิ่งเนื่องจากรอยต่อของระบบ แก้ไขโดยเมื่อถึงอุณหภูมิทำงานของแก๊สต้องทำการเร่งเครื่องยนต์ไปที่ 1,200 รอบหนึ่งครั้งจึงจะเปลี่ยนเป็นระบบแก๊ส ปัญหาต่อมาคือเมื่อสับรีเลย์กลับไปเป็นระบบของ OEM ECU เครื่องยนต์เร่งเล็กน้อย ปัญหาเกิดจากรอบเครื่องยนต์ตกลงในระหว่างที่รีเลย์กำลังสับเปลี่ยนระบบการฉีดแต่เมื่อสับเรียบร้อยแล้ว OEM ECU จึงพยายามเร่งเครื่องยนต์ชดเชย จึงทำการแก้ไขโดยเพิ่มรอบเครื่องยนต์ในระบบของ ECU ใหม่ให้สูงกว่าของ OEM เล็กน้อย ผลคือไม่มีการเร่งเนื่องจากเมื่อสับรีเลย์ไปเป็นระบบของ OEM ECU แล้วรอบเครื่องยนต์เท่ากับของ OEM ECU พอดี OEM ECU จึงไม่มีการเร่งชดเชย เมื่อดับเครื่องยนต์ในขณะที่เป็นระบบของ DDF ECU เครื่องยนต์มีการสั่นในระดับหนึ่ง เนื่องจากระบบของ DDF ECU ไม่ได้ควบคุมลิ้นเร่ง (ปกติรีนเร่งจะทำการปิดเพื่อไม่ให้อากาศไหลเข้าเครื่องยนต์จึงดับอย่างนุ่มนวล โดยไฟจากรีเลย์หลักจะมีการหน่วงเวลาดับ 4 - 5 วินาทีเพื่อให้ลิ้นเร่งทำงานหลังจากปิดสวิทช์กุญแจแล้ว) แก้ไขโดยการใช้สัญญาณจากสวิทช์กุญแจที่ไม่มีการหน่วงเวลามาเป็นสัญญาณเปิดปิด DDF ECU ทำให้เมื่อดับเครื่องยนต์ในขณะที่อยู่ในระบบของ DDF ECU ตัว DDF ECU จะหยุดการทำงานทันทีแล้วเปลี่ยนกลับไปเป็นการทำงานของ OEM ECU ได้ ก่อนที่จะดับเครื่องยนต์จึงทำให้ OEM ECU ทำการปิดลิ้นเร่งได้ทันทีทำให้เครื่องยนต์ดับอย่างนุ่มนวล

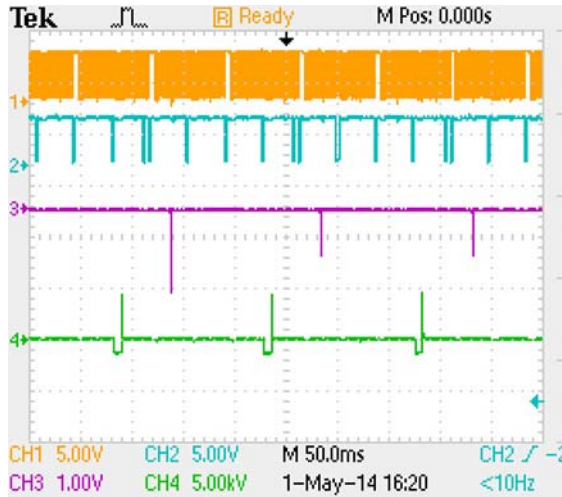
หลังจากนั้นทำการตรวจเช็คระบบต่างๆ ที่ได้แบ่งสัญญาณมา แต่ช่วงรับสัญญาณบางช่วงสามารถทำให้สัญญาณลดต่ำกว่าปกติแต่สัญญาณหลายอย่างระดับของสัญญาณลดต่ำลงได้ไม่มีผลกับการทำงานของระบบ แต่สัญญาณของอุณหภูมิจำเป็นต้องเท่าเดิมเนื่องจากระดับของสัญญาณมีความละเอียดมากเพียง 0 - 2 โวลต์ ถ้าค่าโวลต์ผิดไปจากเดิมเพียงเล็กน้อยอุณหภูมิที่แสดงจะผิดจากเดิมมาก ทำให้ค่าต่างๆ ที่ตั้งค่ากับอุณหภูมิผิดไป จึงจำเป็นต้องเลือกช่องสัญญาณที่ไม่มีการลดสัญญาณเข้า

ส่วนที่ 2 เป็นการทดลองสลับการควบคุมไปมาโดยที่มีระบบแก๊สเข้ามาใช้ในระบบซึ่ง DDF ECU ควบคุมระบบแก๊ส ตัวอุปกรณ์ของระบบแก๊สถูกติดตั้งโดยร้านแก๊สมาตรฐาน ส่วนปริมาณการฉีดแก๊ส NGV ที่เหมาะสมจะได้จากการทดลอง ปริมาณแก๊สที่ถูกฉีดเข้าไปในจังหวะดูดอยู่ที่ประมาณ 80 % ของปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่ใช้ อีก 20 % โดยประมาณคือปริมาณของน้ำมันดีเซลที่ใช้ช่วยในการจุดระเบิดและเผาไหม้ในจังหวะจุดระเบิด ความกว้าง(Pulse) ของการฉีดของทั้งสองระบบจะถูกเปรียบเทียบกันโดยรูปที่ 6 แสดงสัญญาณการฉีดที่สูบ 1 ของระบบดีเซลเทียบกับสัญญาณเพลลาข้อเหวี่ยงและเพลาลูกเบี้ยว รูปที่ 7 แสดงสัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงในระบบเชื้อเพลิงร่วมเทียบกับสัญญาณเพลลาข้อเหวี่ยงและเพลาลูกเบี้ยว ในรูปที่ 8 แสดงการฉีดเชื้อเพลิงของทั้ง 2 ระบบเทียบกัน



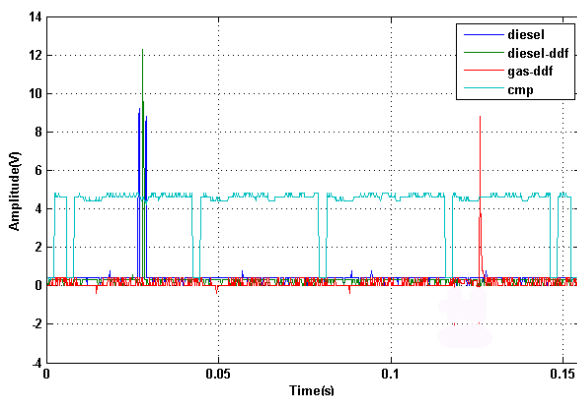
DRC-8

รูปที่ 6 แสดงสัญญาณการเชื้อเพลิงในระบบดีเซล (สีส้ม = สัญญาณเพลลาข้อเหวี่ยง, สีฟ้า = สัญญาณเพลลา ลูกเบี้ยว, สีม่วง = สัญญาณการฉีดดีเซลสูบ1)



รูปที่ 7 แสดงสัญญาณการฉีดเชื้อเพลิงในระบบเชื้อเพลิงร่วม (สีส้ม = สัญญาณเพลลาข้อเหวี่ยง, สีฟ้า = สัญญาณเพลลา ลูกเบี้ยว, สีม่วง = สัญญาณการฉีดดีเซลสูบ1, สีเขียว = สัญญาณการฉีด NGV สูบ1)

ระบบดีเซลมีการฉีดเชื้อเพลิง 2 ครั้งในจังหวะจุดระเบิด ซึ่งแต่ละครั้งมีความกว้างเฉลี่ย 0.66 ms รวมเท่ากับ 1.32 ms ขณะที่ระบบเชื้อเพลิงร่วมฉีดแก๊ส 1 ครั้ง และ ดีเซล 1 ครั้ง แก๊สเฉลี่ย 1.28 ms และดีเซลเฉลี่ย 0.66 ms รวมเท่ากับ 1.94 ms



รูปที่ 8 แสดงการฉีดเชื้อเพลิงของทั้งสองระบบเทียบกัน ใน 1 cycle (สีน้ำเงิน = การฉีดดีเซลในระบบดีเซล, สีเขียว = การฉีดดีเซลในระบบเชื้อเพลิงร่วม, สีแดง =

การฉีดแก๊สในระบบเชื้อเพลิงร่วม, สีฟ้า = ตำแหน่งเพลลา ลูกเบี้ยว)

ในส่วนที่ 3 เป็นการทดลองวิ่งในระบบเชื้อเพลิงร่วมและระบบดีเซล ขณะวิ่งมีอาการกระตุกขณะเบรกและเร่ง เมื่อตรวจสอบดูพบว่าสัญญาณคันเร่งมีความไวต่อสิ่งรบกวนมาก แก้โดยการใส่ low-pass Filter ที่คันเร่งทำให้คันเร่งมีสัญญาณรบกวนน้อยลง ส่วนการกระตุกที่รุนแรงมาจากเมื่อเบรกเครื่องยนต์ระบบจะตัดการฉีดน้ำมันแก้โดยการเปิดน้ำมันเล็กน้อยอาการกระตุกจึงหายไป

ส่วนสุดท้าย รถถูกนำไปวิ่งทดสอบหาอัตราการประหยัดเชื้อเพลิงโดยวิ่งรอบเมือง วิ่งด้วยความเร็ว 100 – 120 กม./ชม. ระยะทาง 10 กม. ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ได้จากการตวงในหลอดแก้วซึ่งต่อท่อเข้าเครื่องยนต์โดยตรงดังแสดงในรูป 9 ส่วนปริมาณ NGV ได้จากการถอดถังมาชั่งน้ำหนักก่อนและหลังทดสอบ ราคาดีเซลอยู่ที่ 30 บาทต่อลิตร และราคา NGV อยู่ที่ 10.50 บาทต่อกิโลกรัม โดยที่ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แสดงในตารางที่ 1 และค่าใช้จ่ายที่ใช้ใน 1 กิโลเมตรแสดงในตารางที่ 2 ผลคือประหยัดขึ้น 48 % เมื่อเทียบกับระบบดีเซล



รูปที่ 9 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดน้ำมันเชื้อเพลิง

ตารางที่ 1 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในระบบดีเซลและเชื้อเพลิงร่วม (ปริมาณ : กม.)

ดีเซล	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ / 1 กม.
-------	--------------------------------

DRC-8

	ดีเซล (ลิตร)	NGV (กิโลกรัม)
ดีเซล	0.1	0
เชื้อเพลิงร่วม	0.026	0.074

ตารางที่ 2 ปริมาณค่าใช้จ่ายในระบบดีเซลแลเชื้อเพลิงร่วม (บาท : กม.)

ราคา / 1 กม.	ระบบที่ใช้	
	ดีเซล	เชื้อเพลิงร่วม
ดีเซล (บาท)	3	0.78
NGV (บาท)	0	0.78
ราคารวม	3	1.56

5. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองระบบและอุปกรณ์มีความเสถียรมากกว่าระบบเดิมมาก ซึ่งผลในระยะยาวได้จากการใช้งานจริงของผู้ใช้งาน อัตราการประหยัดเชื้อเพลิงเป็นที่น่าพอใจ ส่วนของปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นจากระบบของเราสามารถตรวจพบได้โดยเครื่องมือตรวจสอบปัญหาของผู้ผลิต ทำให้ง่ายในการหาข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นอย่างมาก

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณกิตติพงษ์ เยาวจา นิสิตปริญญาเอก คุณอาณาภาพ เกิดหล้า นิสิตปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและคำแนะนำในการเขียนบทความ และ ห้างหุ้นส่วนจำกัด สไมล์แก๊สอโต้ ลาดปลาเค้า กรุงเทพฯ ที่สนับสนุนด้านรถที่นำมาใช้ในการทดลองจริง งานทำที่ห้องปฏิบัติการควบคุมหุ่นยนต์และการสนั่นสะเทือน ตึกคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Alfieri, E., Amstutz, A. and Guzzella, L. (2009).

Gain-scheduled model-based feedback control of the air/fuel ratio in diesel engines, Control Engineering Practice 17, 2009, pp. 519 - 530.

[2] Arnold, J.F., Langlois, N. and Chafouk, H. (2009). Control Fuzzy controller of the air system of a diesel engine real-time simulation, European Journal of Operational Research, vol. 193, 2009, pp. 1285 - 1294.

[3] Damyot, S., and Chatlatanagulchai, W. (2013). Common-Rail Pressure Control in a Diesel-Dual-Fuel Truck Using Sliding Mode Controller, paper presented in TSME International Conference on Mechanical Engineering 2013, Chonburi, Thailand.

[4] Karagiorgis, S., Glover, K. and Collings, N. (2007). Control Challenges in Automotive Engine Management, European Journal of Control, vol. 13, 2007, pp. 92 – 104.

[5] Yaovaja, K., and Chatlatanagulchai, W. (2013). Air-Path Control of a Diesel-Dual-Fuel Truck Using Fuzzy Supervisory Controller, paper presented in TSME International Conference on Mechanical Engineering 2013, Chonburi, Thailand.

[6] Zhang, J., Shen, T. and Marino, R. (2010). Model-based cold-start speed control scheme for spark ignition engines, Control Engineering Practice, vol. 18, 2010, pp. 1285 – 1294.

[7] นิชานันท์ ศรีแก้ว และ วิทิต ฉัตรรัตน์กุลชัย (2556). การควบคุมความเร็วรอบเดินเบาของรถกระบะเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมดีเซล แก๊สธรรมชาติ ด้วยวิธีการควบคุมแบบแผนเลื้อน, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 27, จังหวัดชลบุรี.

[8] เสริมศักดิ์ โชตนา และ วิทิต ฉัตรรัตน์กุลชัย (2556). การปรับค่าอัตราการขยายของตัวควบคุมแบบพีไอดีด้วยการแสวงหาค่าสุดขีดสำหรับภาร

DRC-8

ควบคุมตำแหน่งลื่นปีกผีเสื้อของเครื่องยนต์ดีเซล, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 27, จังหวัดชลบุรี.