สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ระบบอัตโนมัติสำหรับตรวจสอบความผิดปกติอุปกรณ์หลักในรถบรรทุก ขนาดใหญ่ที่ใช้ก๊าซ NGV

Automatic Fault Detection for Major Equipment in NGV Trucks

รศ. ดร. ปิติเขต สู้รักษา และคณะ

RCH
TL
229
.G3
ค962

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 116853
รับเมื่อวันที่ 16 มิ.ย. 2554

โครงการวิจัยนี้ได้รับการอุดหนุนโดยงบประมาณแผ่นดิน

จัดสรรโดยสภาวิจัยแห่งชาติ

ประจำปี (2552)

b.12124902
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการ ระบบอัตโนมัติสำหรับตรวจสอบความผิดปกติอุปกรณ์หลักในรถบรรทุก ขนาดใหญ่ที่ใช้ก๊าซ NGV

Automatic Fault Detection for Major Equipment in NGV Trucks

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ	รศ. ดร. ปิติเขต	สู้รักษา
เลขานุการโครงการ	นางสาวณัฐชีรา	กิตติธเนศวร
ผู้ช่วยวิจัย	นายอนุรักษ์	จันทร์ศรี
	นายสุวิไล	อารีจิตต์

หน่วยงานต้นสังกัด
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

รายงานวิจัยนี้เสนอการพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์สำหรับตรวจจับความผิดปกติและแจ้งเตือนอัตโนมัติ (Automatic fault detection and warning system) สำหรับรถบรรทุกขนาดใหญ่ที่มีเครื่องยนต์ดัดแปลงใช้ก๊าซ NGV เพื่อแสดงสถานะและสาเหตุผิดปกติเพื่อซ่อมบำรุงระบบระบายความร้อนและเซนเซอร์หลักต่าง ๆ เช่น ออกซิเจน เซนเซอร์ และตัววัดระดับน้ำ เป็นต้น ผลการวิจัยที่ได้เป็นต้นแบบที่มีศักยภาพสูงสามารถนำไปผลิตเป็นสินค้าเชิงพาณิชย์

คำสำคัญ: ต้นแบบ, เอ็น จี วี, ซี เอ็น จี, เซ็นเซอร์

Abstract

This research presents development of automatic fault detection and warning system for NGV dedicated trucks. The system can display states of the major equipment and causes of the fault in order to help perform corrective maintenance for heat exchanging systems and major sensors such as an oxygen sensor, and a water level sensor. The research result has great potential for manufacturing the prototype as a commercial product.

Keywords: prototype, NGV, CNG, sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ สำเร็จลงได้ด้วยงบประมาณแผ่นดินปี พ.ศ. 2552 และทุนร่วมสมทบโครงการจากเงินรายได้ ฯ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. และขอขอบคุณบริษัท P.S. Natural Gas จำกัด และ บริษัท Bangkok NGV จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อรถบรรทุกรถโดยสารและรถยนต์ดัดแปลงอื่น ๆ เพื่อใช้ในการทดสอบ ตลอดจนได้เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ต่าง ๆ อีกทั้งร่วมสมทบเงินอุดหนุนวิจัยให้กับโครงการ

ขอขอบคุณ Automotive Lab แห่ง NECTEC และบริษัท Lucky Motor ที่ได้อนุเคราะห์เก็บข้อมูลการทดสอบระบบควบคุมและแสดงผลในภาคสนามโดยช่วยบันทึกสัญญาณอิเลคทรอนิคส์จากตัวตรวจจับและตัวควบคุม ตลอดจนช่วยขับรถในช่วงเวลาต่าง ๆ จากหลายเส้นทางในกรุงเทพ ฯ และปริมณฑล

ขอขอบคุณ ผศ. ดร. สุธีรา พันธุ์ธีรานุรักษ์ แห่งสาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์แนะนำความรู้ด้านการจัดการฐานข้อมูลสำหรับการเก็บข้อมูลจากค่าที่วัดได้จากการทดลอง

ขอขอบคุณ นักศึกษาในทุกระดับชั้นปริญญาตรี โทและเอก ของภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ และหลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้าภายใต้สังกัด “Info-dynamic Lab” และ “Industrial Informatics Lab” ที่เป็นทีมงานที่ดีทำให้ได้ต้นแบบตรงตามวัตถุประสงค์การวิจัยที่วางไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

"วิกฤตการณ์น้ำมัน" ที่ส่งผลให้ราคาน้ำมันสูงขึ้นเมื่อสองปีที่ผ่านมาส่งผลให้เกิดความจำเป็นที่ต้องลดค่าใช้จ่ายของบริษัทในการขนส่งสินค้าซึ่งจะต้องใช้จ่ายสูงขึ้นตามราคาน้ำมันดีเซลที่ขยับตัวสูงขึ้น ทางเลือกหนึ่งของบริษัทที่ต้องมีการเดินรถใหญ่ในระยะทางไกล ๆ หรือต้องใช้รถบรรทุกทุกวันก็คือ เปลี่ยนมาใช้ก๊าซธรรมชาติ หรือก๊าซ NGV ซึ่งรัฐบาลได้มีการสนับสนุนโดยการตรึงราคา

อย่างไรก็ตาม การเลือกทางเลือกนี้และความต้องการที่จะประหยัดค่าใช้จ่ายให้ได้มากที่สุดนั้น มีความจำเป็นที่จะต้องดัดแปลงเครื่องยนต์ให้สามารถใช้ก๊าซธรรมชาติได้ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้ความต้องการระบายความร้อนในรถยนต์มีมากขึ้นเนื่องจากจังหวะการจุดระเบิดโดยใช้ก๊าซธรรมชาติเกิดขึ้นที่อุณหภูมิที่สูงกว่าของน้ำมันดีเซล ดังนั้น ความจำเป็นที่ตามมาก็คือ ต้องมีอุปกรณ์การแจ้งเตือนความผิดปกติของอุปกรณ์หลักที่มีผลต่อความร้อนของรถยนต์บรรทุกขนาดใหญ่เพื่อผู้ขับขี่จะได้หยุดรถทันท่วงทีก่อนที่อุณหภูมิจะสูงเกินไปส่งผลให้ลูกสูบหรือชิ้นส่วนอื่น ๆ ได้รับความเสียหายอย่างมาก สำหรับผู้บริหารอาจเลือกอ่านเฉพาะบทสรุปการประดิษฐ์ในภาคผนวก จ

คณะผู้วิจัย หวังว่าโครงการนี้จะช่วยนำร่องให้เกิดการพัฒนาต่อยอดจากองค์ความรู้ที่ได้ให้เกิดผลในเชิงพาณิชย์โดยมีผู้นำต้นแบบไปผลิต ซึ่งคณะผู้วิจัยยินดีให้คำแนะนำและข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ

รศ. ดร. ปิติเขต สู้รักษา (หัวหน้าโครงการวิจัย)
น.ส. ณัฐชีรา กิตติธเนศวร (เลขานุการโครงการ)
นายอนุรักษ์ จันทร์ศรี (ผู้ช่วยวิจัย)
นายสุวิไล อารีจิตต์ (ผู้ช่วยวิจัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย	10
บทที่ 4 อภิปรายผลการวิจัยและวิจารณ์	21
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	33
บรรณานุกรม	36
ภาคผนวก	
ก ชุดสำเร็จสำหรับดัดแปลงเครื่องยนต์เป็น Dedicated Engine	39
ข ผลการจำลองเครื่องยนต์ในห้องปฏิบัติการ	42
ค โปรแกรมการติดต่อกับอุปกรณ์หลัก	46
ง ตัวอย่างเซนเซอร์	52
จ สรุปการประดิษฐ์	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่ **หน้า**

2.1 ระบบรถยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง.....5

2.2 ระบบการเผาไหม้ภายในของเครื่องยนต์.....7

3.1 เชื้อเพลิงส่วนต่างๆ.....13

3.2 ไดอะแกรมส่วนผสมอากาศกับเชื้อเพลิงและเครื่องยนต์.....15

3.3 ไดอะแกรมระบบอากาศ.....16

3.4 ปริมาณมวลของอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ 2000 ลบ.ซม.....18

3.5 ปริมาณมวลของอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ 1600 ลบ.ซม.....18

3.6 เครื่องยนต์ของรถทดลองเป็นรถโดยสารที่นำมาดัดแปลงใช้ก๊าซ NGV.....19

3.7 บริเวณติดตั้งเชื้อเพลิง NGV.....19

3.8 การเก็บและบันทึกข้อมูลจากเซนเซอร์ต่าง ๆ โดยใช้คอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต RS232.....20

4.1 ไดอะแกรมระบบเชื้อเพลิงเพื่อการสังเกต.....22

4.2 ผลการสังเกตความสัมพันธ์ระหว่าง มวลเชื้อเพลิง มวลอากาศ และองศาลิ้นเร่งกรณีก๊าซธรรมชาติ.....22

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง มวลเชื้อเพลิง กับ มวลอากาศ.....23

4.4 ผลการสังเกตความสัมพันธ์ระหว่าง มวลเชื้อเพลิง มวลอากาศ และองศาลิ้นเร่งกรณีแก๊สโซฮอล์.....23

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง มวลเชื้อเพลิง กับ มวลอากาศ.....24

4.6 ไดอะแกรมกล่อมแสดงผล.....25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.7 กรอบแนวคิดสำหรับการแสดงแบบจำลองโครงสร้าง.....27
4.8 ผังวงจรควบคุมการแสดงผลรวม.....28
4.9 ผังลายวงจรการเชื่อมต่อผังวงจรควบคุมกับชุดแสดงผล.....29
4.10 ไดอะแกรมระบุการวางตำแหน่งเซนเซอร์.....30
4.11 ผังสำหรับสร้างแผ่นลายวงจร.....31
4.12 แผ่น PCB ที่สร้างขึ้น.....31
4.13 หลังประกอบต้นแบบแรกสำหรับทดสอบเบื้องต้น.....31
5.1 ผังการทำงานของการดัดแปลงโปรแกรมเฟิรมแวร์
ให้ครอบคลุมสำหรับรถที่ใช้เชื้อเพลิงทางเลือกอื่น เช่น LPG.....34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 ปริมาณมวลของอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ 2000 ลบ.ซม.....17

3.2 ปริมาณมวลของอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ 1600 ลบ.ซม.....17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

"อุตสาหกรรมยานยนต์" เป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่ากว่าห้าแสนล้านบาทในปี พ.ศ. 2549 และมีอัตราการเติบโตอย่างก้าวกระโดด (http://www.vlit.net/php/vlit3/automotive_main.php) โดยเฉพาะในกลุ่มรถกระบะ อุตสาหกรรมยานยนต์นี้เป็นอุตสาหกรรมที่เป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับปัจจุบัน แม้ว่าอุตสาหกรรมนี้จะได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐเพื่อให้ประเทศไทยได้เป็นผู้นำหรือศูนย์กลางการผลิตรถยนต์อันดับหนึ่งในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งในปัจจุบันนี้ ประเทศไทยสามารถที่จะผลิตชิ้นส่วน อะไหล่ เพื่อใช้ภายในประเทศได้แล้ว ทว่า ชิ้นส่วน อะไหล่ ดังกล่าวเป็นชิ้นส่วนเชิงกลที่ยังขาดมูลค่าเพิ่มในส่วนเทคโนโลยีชั้นสูงโดยเฉพาะอิเลคทรอนิคส์และสมองกลฝังตัว ดังนั้นภายใต้ภาวการณ์แข่งขันและความกดดันที่จะผลักดันให้เกิดเขตการค้าเสรีหรือ AFTA ผู้ผลิตและอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ของไทยมีความจำเป็นต้องพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่องให้สามารถแข่งขันในระดับนานาชาติได้

บริษัทนึ่งที่ดำเนินธุรกิจทางด้านอุตสาหกรรมยานยนต์ได้หารือกับหัวหน้าโครงการเกี่ยวกับปัญหาที่พบในการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการจุดระเบิดเครื่องยนต์ดัดแปลงที่ใช้ก๊าซ NGV ในรถใหญ่ที่ทางบริษัทมีลูกค้าที่รอคิวติดตั้งกว่า 2,000 คัน อาทิเช่น ปตท. ขสมก. และลูกค้ารายอื่น ๆ โดยให้พัฒนาอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์เพื่อแก้ปัญหาที่พบจากการใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ในท้องตลาดอันเป็นสินค้าที่มาจากต่างประเทศซึ่งออกแบบมาไม่ครอบคลุมย่านการใช้งานกับรถใหญ่ (โดยในที่นี้ หมายถึง รถขนาดตั้งแต่รถเมล์ ขึ้นไปจนถึงรถหัวลากสองตอน) อุปกรณ์ที่ต้องการให้วิจัยและพัฒนาคือ อุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์สำหรับตรวจจับความผิดปกติและแจ้งเตือน (Fault detection and warning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

system) เพื่อแสดงสถานะและสาเหตุผิดปกติเพื่อซ่อมบำรุงและปรับสภาพจากระบบระบายความร้อนและเซนเซอร์ต่าง ๆ อันเป็นอุปกรณ์หลักในการตรวจจับ เช่น ออกซิเจนเซนเซอร์ เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์นี้มีปัญหาที่จำเป็นต้องแก้ไขโดยด่วน และต้องการองค์ความรู้เพื่อจะได้สร้างอุปกรณ์ดังกล่าวให้สามารถผลิตเองในประเทศทดแทนการนำเข้า ซึ่งอุปกรณ์ที่นำเข้ามานั้นประสบกับปัญหาดังต่อไปนี้คือ อุปกรณ์ที่กล่าวมาในข้างต้น ซึ่งเป็นอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ตรวจจับความผิดปกติและแจ้งเตือนมีการแยกขายเป็นรายชิ้น ทำให้ต้นทุนสูงและไม่สะดวกต่อการใช้งานที่ต้องการตรวจสอบและหาสาเหตุความผิดปกติของระบบไฟฟ้าและระบบระบายความร้อนของรถที่ใช้เครื่องยนต์ดัดแปลงของรถใหญ่ที่ใช้ก๊าซ NGV ได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่สามารถดูได้จากหน้าปัดเดียวกัน หากสามารถพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับความผิดปกติได้ดังกล่าว ทางบริษัทสามารถนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์โดยผลิตขายได้เป็นจำนวนมาก และเห็นศักยภาพของตลาดจากลูกค้าที่มีอยู่แล้วอย่างน้อยกว่า 2,000 คัน และยังมีลูกค้าในธุรกิจ Logistics ที่มีศักยภาพในการเปลี่ยนมาใช้เครื่องยนต์ดัดแปลงอีกเป็นจำนวนมาก

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อวิจัยและพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์สำหรับตรวจจับความผิดปกติและแจ้งเตือนอัตโนมัติ (Automatic fault detection and warning system) เพื่อแสดงสถานะและสาเหตุผิดปกติเพื่อซ่อมบำรุงและปรับสภาพจากระบบระบายความร้อนและเซนเซอร์ต่าง ๆ เช่น ออกซิเจน เซนเซอร์ เป็นต้น สำหรับรถใหญ่ที่มีเครื่องยนต์ดัดแปลงใช้ก๊าซ NGV

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

เน้นการพัฒนาอุปกรณ์ในข้อ 1.2 สำหรับรถใหญ่ที่มีเครื่องยนต์ดัดแปลงใช้ก๊าซ NGV เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้กล่าวถึงการศึกษาทฤษฎีเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน เกี่ยวกับระบบอากาศ ระบบเชื้อเพลิง และระบบตรวจจับไอเสียหลังการเผาไหม้ของเครื่องยนต์แบบวัฏจักร 4 จังหวะ เพื่อสร้างความเข้าใจในการทำงานของเครื่องยนต์ให้เกิดความกระจ่างในการออกแบบอุปกรณ์การแจ้งเตือนให้ได้ค่าพารามิเตอร์ในย่านเหมาะสมสำหรับการใช้งาน

การศึกษาเริ่มจากรูปแบบสมการเชิงคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งจำลองทั้งสามระบบด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการออกแบบระบบควบคุม ผลของการจำลองในส่วนของระบบอากาศมีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้กับรอบของเครื่องกับองศาลิ้นเร่งอย่างถูกต้อง ส่วนของระบบเชื้อเพลิงมีการเปลี่ยนปริมาณเชื้อเพลิงแบบแปรผันตรงกับปริมาณอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ สุดท้ายระบบตรวจจับไอเสียหลังการเผาไหม้เพื่อรู้ค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณอากาศต่อปริมาณเชื้อเพลิง

งานระบบควบคุมในที่นี้ อาจแบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลักคือ ตัวควบคุม พลานต์ และผลการควบคุม ในรายงานนี้จะกล่าวถึงงานควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เป็นตัวควบคุม โดยทั่วไปงานของหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์คือ การควบคุมสภาวะเริ่มติดเครื่อง การควบคุมสภาวะเดินเบาที่มีรอบเครื่องยนต์ในช่วง 600-800 รอบต่อนาที การควบคุมสภาวะขับขี่ปกติที่มีรอบเครื่องยนต์ในช่วง 800-3000 รอบต่อนาที และการควบคุมสภาวะเปลี่ยนความเร็วในช่วงเวลาอันสั้น อาทิเช่นเบรคกระทันหันเรียกว่าเป็นการลดความเร็ว หรือ เร่งเครื่องเต็มที่กระทันหันเรียกว่าเป็นการเพิ่มความเร็ว ทุกสภาวะการทำงานที่กล่าวมาหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จำเป็นต้องควบคุมการผสมปริมาณอากาศกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณเชื้อเพลิงที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้เพื่อให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ และช่วงเวลาเดียวกันจำเป็นต้องควบคุมเวลาการจุดระเบิดของหัวเทียนให้ถูกต้องเป็นไปตามวัฏจักร ดูด-อัด-ระเบิด-คาย ของเครื่องยนต์

จากงานต่างๆของหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ บทนี้มุ่งเน้นอธิบายและจำลองผลทางคอมพิวเตอร์ ในส่วนงานควบคุมการผสมปริมาณอากาศกับปริมาณเชื้อเพลิงที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้เพื่อให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ ในสภาวะขับขี่ปกติ โดยส่วนต่างๆของตัวถูกควบคุมประกอบไปด้วย

ก.ระบบอากาศ อธิบายครอบคลุมเกี่ยวกับเรื่อง พื้นที่ช่องว่างอากาศไหลผ่านของลิ้นเร่ง ปริมาณมวลอากาศ ความดันของอากาศ อุณหภูมิของอากาศ ที่ผ่านเข้าไปในท่อไอดีหลังลิ้นเร่ง และสุดท้ายคือปริมาณมวลอากาศจริงที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ โดยมีความสัมพันธ์ลักษณะแปรผันโดยตรงกับองศาของลิ้นเร่ง อ้างอิงจาก [1][3][6][11][12][13]

ข.ระบบเชื้อเพลิง อธิบายครอบคลุมเกี่ยวกับเรื่อง ลักษณะหัวฉีด ปริมาณมวลเชื้อเพลิงที่ได้จากการฉีด ปริมาณมวลเชื้อเพลิงที่เกาะติดอยู่กับผนังท่อไอดี และปริมาณมวลเชื้อเพลิงที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้จริง โดยมีความสัมพันธ์ลักษณะแปรผันโดยตรงกับองศาของลิ้นเร่งและปริมาณมวลของอากาศเพื่ออัตราส่วนที่ถูกต้องส่งผลให้การเผาไหม้เป็นไปด้วยความสมบูรณ์ อ้างอิงจาก [3][4][5][8][9][10][14]

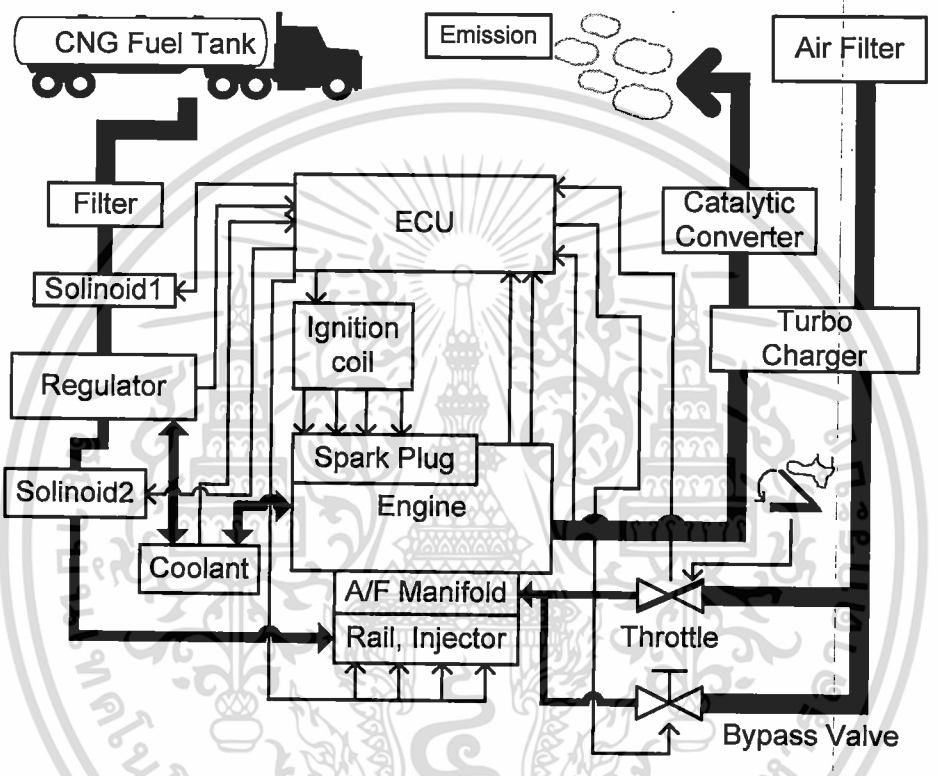
ค.ห้องเผาไหม้พร้อมด้วยระบบตรวจจับที่ให้ผลจากตัวถูกควบคุมอธิบายครอบคลุมเกี่ยวกับเรื่อง การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ระหว่างสารสองชนิดคืออากาศที่ประกอบด้วยไฮโดรเจนกับออกซิเจน และ เชื้อเพลิงที่กระกอบด้วยไฮโดรเจนกับคาร์บอน ลักษณะช่วงเวลาการทำงานของเครื่องยนต์ ตามความเร็วรอบการทำงาน พร้อมด้วยผลตรวจจับที่บ่งบอกถึงปริมาณความความสมบูรณ์หลังการเผาไหม้ เรียกว่าค่าแลมด้า λ_m จะนำไปใช้ในการควบคุมระบบเชื้อเพลิงในรอบการทำงานเครื่องยนต์ต่อไป อ้างอิงจาก[1][2][3][4][6][12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2 ระบบรถยนต์ที่ใช้ก๊าซ NGV

ระบบของเครื่องยนต์และระบบเชื้อเพลิงเป็นหัวใจหลักที่สำคัญมากต่อผู้ออกแบบหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ฉะนั้นผู้ออกแบบจำเป็นต้องเข้าใจในระบบถึงลำดับการทำงาน รูปที่ 2.1 แสดงระบบเครื่องยนต์ดัดแปลงที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ



รูปที่ 2.1. ระบบรถยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง

อุปกรณ์ต่างๆของระบบในรูปที่ 1 มีดังต่อไปนี้

2.2.1.1 CNG Fuel Tank ถังบรรจุก๊าซธรรมชาติเชื้อเพลิงมีค่าทนต่อแรงดันประมาณ 3600 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

2.2.1.2 Filter ตัวกรองสิ่งสกปรกจากก๊าซธรรมชาติ

2.2.1.3 Solinoid1 และ Solinoid2 วาล์วปิด-เปิดให้ก๊าซผ่านสั่งงานจากหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.4 Regulator อุปกรณ์ลดแรงดันก๊าซหรือเรียกว่าหม้อต้ม ลดแรงดันก๊าซให้เหลือประมาณ 20 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีการตรวจจับอุณหภูมิกลับสู่หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

2.2.1.5 Coolant หม้อน้ำช่วยลดอุณหภูมิของเครื่องยนต์และช่วยให้ความร้อนแก่หม้อต้ม

2.2.1.6 Rail injector รางรวมก๊าซเพื่อให้ความดันคงที่ป้อนให้หัวฉีดก่อนสั่งฉีดจากหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

2.2.1.7 A/F Manifold ท่อไอดีมีอากาศและเชื้อเพลิงผสมอยู่ด้วยกันก่อนส่งเข้าห้องเผาไหม้

2.2.1.8 Engine เครื่องยนต์

2.2.1.9 Spark Plug ชุดหัวเทียนจุดประกายไฟในห้องเผาไหม้

2.2.1.10 Ignition Coil เพิ่มแรงดันไฟฟ้าเข้าสู่หัวเทียนสั่งงานจากหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ตามจังหวะรอบเครื่องยนต์

2.2.1.11 Air Filter อุปกรณ์หม้อกรองอากาศกันฝุ่น สิ่งสกปรกหรือสิ่งอื่นๆขนาดเล็ก-ใหญ่เข้าเครื่องยนต์

2.2.1.12 Turbo Charger อุปกรณ์เสริมช่วยเพิ่มปริมาณอากาศ (มวลอากาศ) เข้าห้องเผาไหม้

2.2.1.13 Throttle อุปกรณ์วาล์วปีกผีเสื้อ เปิด-ปิด ทางเข้าของอากาศสู่เครื่องยนต์ ตอบสนองจากการกดจากคันเร่ง มีสัญญาณป้อนกลับไปยังหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ 1- 5 โวลต์

2.2.1.14 By Pass Valve อุปกรณ์วาล์วปรับปริมาณอากาศที่เข้าสู่เครื่องในสภาวะเดินเบาที่ไม่เหยียบคันเร่ง ควบคุมให้รอบเครื่องคงที่สั่งงานจากหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

2.2.1.15 Catalytic Converter อุปกรณ์ตัวกรองสารต่างๆที่เกิดจากการเผาไหม้ก่อนออกไปเป็นไอเสีย

2.2.1.16 ECU หน่วยควบคุมสั่งงานอุปกรณ์วาล์วต่างๆ สั่งจุดระเบิด สั่งอุปกรณ์หัวฉีด โดยรับข้อมูลจากตัวตรวจจับต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ระบบการเผาไหม้ภายในของรถยนต์

ระบบการเผาไหม้ภายในของเครื่องยนต์จากรูปที่ 2.2 สามารถแบ่งเป็น 5 ส่วนสำหรับอธิบายขั้นตอนการงานดังนี้

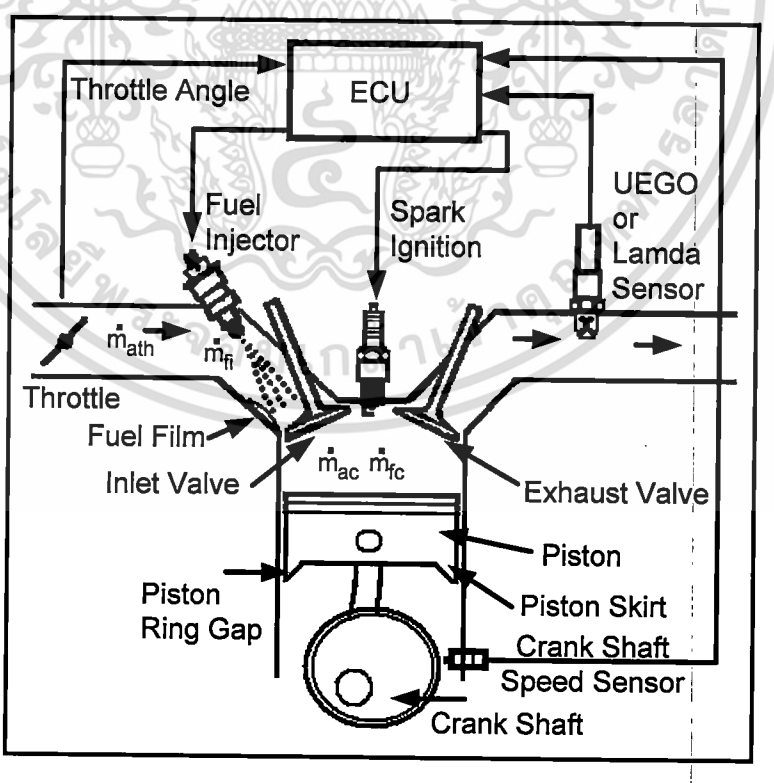
2.3.1 ระบบอากาศ จะเป็นอากาศปกติจากภายนอกหรือที่เรียกอีกอย่างว่าอากาศจากชั้นบรรยากาศโลก วิ่งผ่านอุปกรณ์วาล์วปีกผีเสื้อไปตามท่อไอดี เพื่อผสมกับละอองเชื้อเพลิงก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้

2.3.2 ระบบเชื้อเพลิง การป้อนเชื้อเพลิงสู่ห้องเผาไหม้จะมีหัวฉีดเป็นอุปกรณ์หลัก โดยเชื้อเพลิงจะผสมกับอากาศก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้

2.3.3 ระบบห้องเผาไหม้ ประกอบด้วยลิ้นไอดี ลิ้นไอเสีย หัวเทียน ลูกสูบ ข้อเหวียง การทำงานเป็นไปตามวัฏจักรของเครื่องยนต์ ดูด-อัด-ระเบิด-คาย

2.3.4 ระบบตรวจจับ คืออุปกรณ์วัดปริมาณของออกซิเจนที่ปะปนมากับไอเสียหลังการเผาไหม้โดยค่าที่วัดได้จะนำไปใช้สำหรับการควบคุมสั่งงานการผสมเชื้อเพลิงและอากาศในรอบเครื่องต่อไป

2.3.5 ระบบตัวควบคุม คือ ECU การทำงานเป็นดังที่อธิบายใน 2.2.1.16 ข้างต้น



รูปที่ 2.2 ระบบการเผาไหม้ภายในของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่า ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติแบบ SI โดยทั่วไป จะมีส่วนประกอบหลักดังแสดงในหัวข้อที่ผ่านมา บทต่อไปแสดงวิธีการศึกษาและผลการจำลองทดสอบการทำงานของเครื่องยนต์ดังกล่าวเบื้องต้นเพื่อนำไปใช้ออกแบบและทดสอบความผิดปกติของอุปกรณ์หลักซึ่งจะแสดงในบทที่ 4 ภาคผนวก ก แสดงชุดสำเร็จที่จำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดสำหรับดัดแปลงรถที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลมาเป็นรถยนต์ดัดแปลงที่ใช้ก๊าซ NGV

2.4 วรรณกรรมปริทัศน์ส่วนการควบคุม

2.4.1 ในส่วนของการควบคุมอัตราการผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง

ตามเอกสารอ้างอิงที่ [7][15][16] ระบบควบคุมอัตราการผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงมีตัวควบคุมแบบดั่งเดิมของตัวควบคุมพีไอ ตัวควบคุมพีไอดี และตัวควบคุมแบบใหม่ที่นำวิธีการทางด้านโครงข่ายประสาทเทียมเข้ามาประมวลผลค่าการควบคุมเพิ่มเติม โดยแบบดั่งเดิมมีความยืดหยุ่นมากต่อการปรับจูนเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีต่อการควบคุม การทำงานของเครื่องยนต์ในสภาวะขับขี่ได้ราบรื่น แต่อีกทางตัวควบคุมแบบใหม่ที่ได้นำเสนอจะมีความสะดวกต่อการควบคุมโดยตัวควบคุมโครงข่ายประสาทเทียมนั้นจะมีส่วนของการเรียนรู้การทำงานของเครื่องหลังการเผาไหม้เพื่อนำไปปรับจูนตัวมันเอง และยังมีตัวควบคุมแบบพีไอทำงานควบคู่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมเข้าไปอีก ซึ่งระบบแบบใหม่นี่ในงานวิจัยที่[1] เหมาะใช้กับเครื่องยนต์ที่ใช้กับระบบเชื้อเพลิงสองแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ในส่วนของการควบคุมสภาวะเดินเบา

ตามเอกสารอ้างอิงที่ [17][18][19][20] การควบคุมความไม่เป็นเชิงเส้นของระบบสภาวะเดินเบานั้นเป็นหัวใจหลักต่อการประหยัดเชื้อเพลิงขั้นต้นและการเตรียมกำลังเครื่อง เตรียมความพร้อม ความราบรื่นสู่สภาวะขับขี่ปกติโดยที่รอบเครื่องเปลี่ยนแปลงไปในทางมากขึ้นหรือน้อยลงแบบอัตราการเปลี่ยนแปลงเป็นไปอย่างช้าๆ สุดท้ายสภาวะขับขี่กะทันหันโดยที่รอบเครื่องเปลี่ยนแปลงไปในทางมากขึ้นหรือน้อยลงแบบอัตราการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก ในการควบคุมวาล์วปรับปริมาณอากาศ(Bypass Valve) แบบดั่งเดิมจะได้ค่าผลลัพธ์การควบคุมจากตารางการเปรียบเทียบแต่เมื่อมีตัวควบคุมแบบพีไอและ ตัวควบคุมแบบพีไอดีเข้ามาใช้งานก็พบว่าตัวควบคุมทั้งสองควบคุมการปรับวาล์วได้รวดเร็วและค่าความแตกต่างของรอบเครื่องมีน้อยคือเครื่องเดินไม่กระตุกมาก

2.4.3 ในส่วนของการควบคุมการสั่งจุดระเบิด

ตามเอกสารอ้างอิงที่ [21][22] การควบคุมยังคงใช้ระบบควบคุมแบบไม่ป้อนกลับคือ เปรียบจากตาราง สามารถปรับค่าผลลัพธ์ที่เก็บไว้จากคอมพิวเตอร์ได้ โดยมีสัญญาณตรวจจับที่เข้าสู่การเปรียบเทียบค่าจากตาราง คือสัญญาณความเร็วรอบเครื่องที่บอกตำแหน่งของลูกสูบได้ สัญญาณความอุณหภูมิเครื่องยนต์ ทั้งหมดเพื่อนำไปเปรียบเทียบ คำนวณหาองศาการสั่งจุดระเบิดของเครื่องยนต์ เนื่องการเผาไหม้เชื้อเพลิงจำเป็นต้องมีเวลาสำหรับการเผาไหม้หมดจด เช่นยิ่งรอบเครื่องสูงก็ต้องยิ่งจุดระเบิดก่อนให้เร็ว โดยเป็นการควบคุมร่วมกับทุกองค์ประกอบให้ทำงานเร็วขึ้นด้วย

บทต่อไปนำเสนอการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อความเข้าใจในการออกแบบ โดยอาศัยความรู้จากการทบทวนวรรณกรรมในบทนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย

3.1 แบบจำลองคณิตศาสตร์

3.1.1 พื้นที่ว่างลิ้นเร่ง (Throttle)

$$A_{th}(\alpha) = \frac{\pi D^2}{4}\left(1-\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_0}\right)+\frac{D^2}{2}\left\{\frac{k}{\cos\alpha}\left(\cos^2\alpha-k^2\cos^2\alpha_0\right)^{1/2}\right.$$
$$\left.-\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_0}\sin^{-1}\left(\frac{k\cos\alpha_0}{\cos\alpha}\right)-k\left(1-k^2\right)^{1/2}+\sin^{-1}k\right\} \quad (1)$$

โดยที่กำหนดให้

$A_{th}(\alpha)$ = พื้นที่เปิดของลิ้นเร่ง (m^2)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางรูเสื้อลิ้นเร่ง (m)

α = มุมของแผ่นลิ้นเร่งเป็นองศา $(Radius)$

$k = d/D$ โดย d คือเส้นผ่านศูนย์กลางแกนลิ้นเร่ง (m)

3.1.2 มวลของอากาศหลังลิ้นเร่ง

$$\dot{m}_{ath} = \frac{C_d A_{th} p_0}{\sqrt{RT_0}}\left(\frac{2\gamma}{\gamma-1}\right)^{1/2}\left[\left(\frac{p_{th}}{p_0}\right)^{2/\gamma}-\left(\frac{p_{th}}{p_0}\right)^{(\gamma+1)/\gamma}\right]^{1/2} \quad (2)$$

โดยที่กำหนดให้

p_0, T_0 = ความดันและอุณหภูมิก่อนลิ้นเร่ง $(Pa, Kalvin)$

C_d = สัมประสิทธิ์อัตราการไหล

R = ค่าคงตัวของแก๊ส

p_{th} = ความดันหลังลิ้นเร่ง (Pa)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

γ = อัตราส่วนความร้อนจำเพาะ $\frac{c_p}{c_v}$

คุณสมบัติอากาศ

c_p ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงตัว $kJ/(kg \bullet K)$

c_v ความร้อนจำเพาะที่ปริมาตรคงตัว $kJ/(kg \bullet K)$

3.1.3 ประสิทธิภาพปริมาตร

$$\eta_v = \left(\frac{M}{M_a}\right)\left(\frac{p_i}{p_{a,0}}\right)\left(\frac{T_{a,0}}{T_i}\right)\left(\frac{1}{1+(F/A)}\right)\left\{\frac{r_c}{r_{c-1}} - \frac{1}{\gamma(r_c-1)}\left[\left(\frac{p_e}{p_i}\right)+(\gamma-1)\right]\right\} \quad (3)$$

โดยที่กำหนดให้

M = น้ำหนักโมเลกุลของเชื้อเพลิง (Kg)

M_a = น้ำหนักโมเลกุลของอากาศ (Kg)

p_i = ความดันไอดี (Pa)

$p_{a,0}$ = ความดันอากาศปกติหน้าลิ้นเร่ง (Pa)

p_e = ความดันไอเสีย (Pa)

T_i = อุณหภูมิไอดี $(Kalvin)$

$T_{a,0}$ = อุณหภูมิอากาศปกติหน้าลิ้นเร่ง $(Kalvin)$

r_c = อัตราส่วนการอัดในกระบอกสูบ

3.1.4 ความหนาแน่นอากาศหน้าลิ้นไอดี

$$\rho_{ai} = \frac{p_m}{RT_m} \quad (4)$$

โดยที่กำหนดให้

p_m = ความดันในท่อไอดีโดยหาได้จากกฎแก๊สอุดมคติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$p_m V_m = m_{a,m} R_m T_m \tag{5}$$

ได้เป็น

$$\dot{p}_m = \frac{R_m T_m}{V_m} \dot{m}_{ath} - \frac{\eta_v N V_d p_m}{120 V_m} \tag{6}$$

โดยที่กำหนดให้

p_m = ความดันในท่อไอดี (Pa)

V_m = ปริมาตรท่อไอดี (m^3)

3.1.5 มวลอากาศที่เข้าไปในห้องเผาไหม้

$$\dot{m}_{ac} = \frac{\eta_v N V_d \rho_{ai}}{2(60)} \tag{7}$$

โดยที่กำหนดให้

$\dot{m}_{ac}$ = อัตราส่วนมวลอากาศต่อเวลาที่เข้าไปในห้องเผาไหม้ $(Kg/\sec)$

η_v = ประสิทธิภาพปริมาตร

N = รอบเครื่องยนต์ $(Cycle/Minute)$

V_d = ปริมาตรเครื่องยนต์ (m^3)

ρ_{ai} = ความหนาแน่นอากาศหน้าลิ้นไอดี (Kg/m^2)

3.2. ระบบการไหลของเชื้อเพลิง

3.2.1 มวลเชื้อเพลิงจากหัวฉีด

ปริมาณมวลของเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าที่ไอดีเพื่อทำการผสมกับอากาศก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้แต่ละรอบวัฏจักรเครื่องยนต์จะมีรูปแบบทางคณิตศาสตร์คือ

$$m_{fi} = K\left(t_{inj} - t_0\right) \tag{8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่กำหนดให้

m_{fi} = ปริมาณมวลเชื้อเพลิง (Kg)

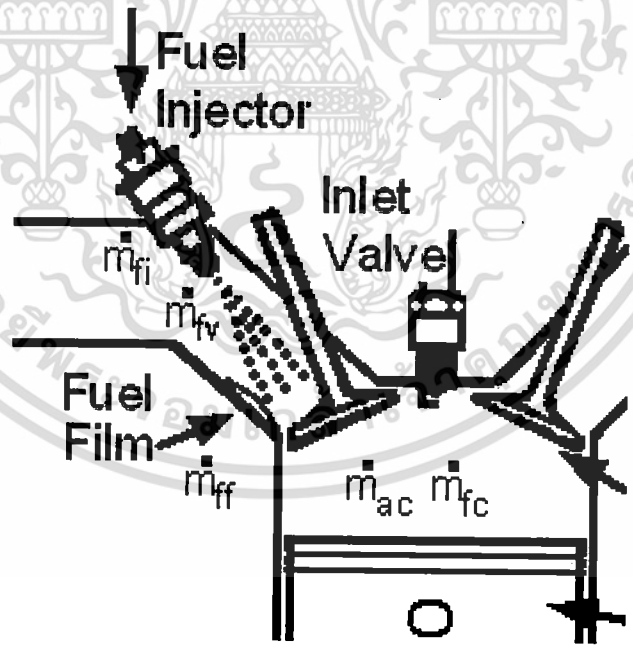
K = ปริมาตรเชื้อเพลิง $(Kg/\sec)$

t_{inj} = เวลาในการเปิดหัวฉีด (sec)

t_0 = เวลาที่เสียช่วงแรกก่อนหัวฉีดเริ่มทำงานประมาณ 0.4 มิลลิวินาที

3.2.2 มวลเชื้อเพลิงที่เข้าห้องเผาไหม้

มวลเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดออกจากหัวฉีดจะมีส่วนที่ฟุ้งกระจายอยู่ในท่อไอดีบริเวณหน้าช่องลิ้นไอดีและอีกส่วนจะเป็นของเหลวคลายแผ่นฟิล์มติดอยู่กับผิวท่อไอดีบริเวณหน้าช่องลิ้นไอดี จึงทำให้มวลเชื้อเพลิงที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้จริงในแต่ละรอบการทำงานจังหวะดูดของเครื่องยนต์คือ มวลเชื้อเพลงที่ฟุ้งอยู่รวมกับมวลของเหลวคลายแผ่นฟิล์มบางส่วนที่หลุดมาจากผิว ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เชื้อเพลิงส่วนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปแบบของสมการผลต่าง (Difference Equation) จะได้สมการคณิตศาสตร์เชื้อเพลิงดังนี้

$$m_{ff}(k+1) = (1-fb)m_{ff}(k) + (1-fa)m_{fi}(k) \quad (9)$$

$$m_{fc}(k) = fb * m_{ff}(k) + fa * m_{fi}(k) \quad (10)$$

โดยที่กำหนดให้

m_{ff} = ปริมาณมวลเชื้อเพลิงแผ่นฟิล์มติดอยู่กับผิวท่อไอดีบริเวณหน้าช่องลิ้นไอดี (กิโลกรัม)

m_{fc} = ปริมาตรมวลเชื้อเพลิงที่เข้าห้องเผาไหม้ (กิโลกรัม)

fa = สัดส่วนเชื้อเพลิงจากหัวฉีดที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้

fb = สัดส่วนเชื้อเพลิงจากผิวท่อไอดีที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้

เราสามารถสังเกตุการณ์ค่าปริมาณมวลเชื้อเพลิงที่ฉีดได้โดยมีความสัมพันธ์กับมวลของอากาศจากสมการคณิตศาสตร์ดังนี้

$$m_{fi}(k) = \frac{1}{fa}\left[\frac{m_{ac}(k)}{(A/F)_s} - fb * m_{ff}(k)\right] \quad (11)$$

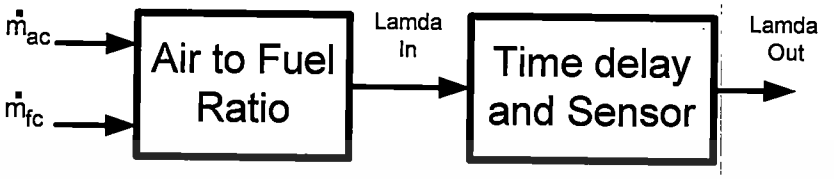
และหาจำนวนเวลาในการเปิดหัวฉีดจากสมการคณิตศาสตร์ดังนี้

$$t_{inj}(k) = \frac{m_{fi}(k)}{K} + t_0 \quad (12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ระบบห้องเผาไหม้และระบบตรวจจับ

จะเป็นการกล่าวถึงความสัมพันธ์ของวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์แต่ละรอบกับการตรวจวัดค่าออกซิเจนของระบบตรวจจับ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ไดอะแกรมส่วนผสมอากาศกับเชื้อเพลิงและเครื่องยนต์

3.4 อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง

อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงจะใช้เพื่อหาค่าแลมด้าทางด้านขาเข้า λ_i ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณมวลของอากาศกับปริมาณมวลของเชื้อเพลิงตามสมการคณิตศาสตร์ดังนี้

$$A/F = \frac{\dot{m}_{ac}}{\dot{m}_{fc}} \tag{13}$$

หาค่าแลมด้าขาเข้า λ_i ได้จาก

$$\lambda_i = \frac{A/F}{(A/F)_s} \tag{14}$$

โดย $(A/F)_s$ คืออัตราส่วนอากาศต่อเชื่อเพลิงที่เผาไหม้สมบูรณ์ (Stoichiometric) เช่น เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเบนซิน Gasoline (C8H18) มี

$(A/F)_s = 14.7/1$

เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซธรรมชาติ CNG (CH4) มี

$(A/F)_s = 17.21/1$

หาค่าแลมด้าขาออก λ_m ได้จาก

$$\lambda_m = \frac{\lambda_i e^{-T_d S}}{T_s S + 1} \tag{15}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยกำหนดให้

λ_m = แลมด้าขาออก

T_d = เวลาในการปล่อยไอเสียแต่ละ 1 รอบการหมุนของเครื่อง

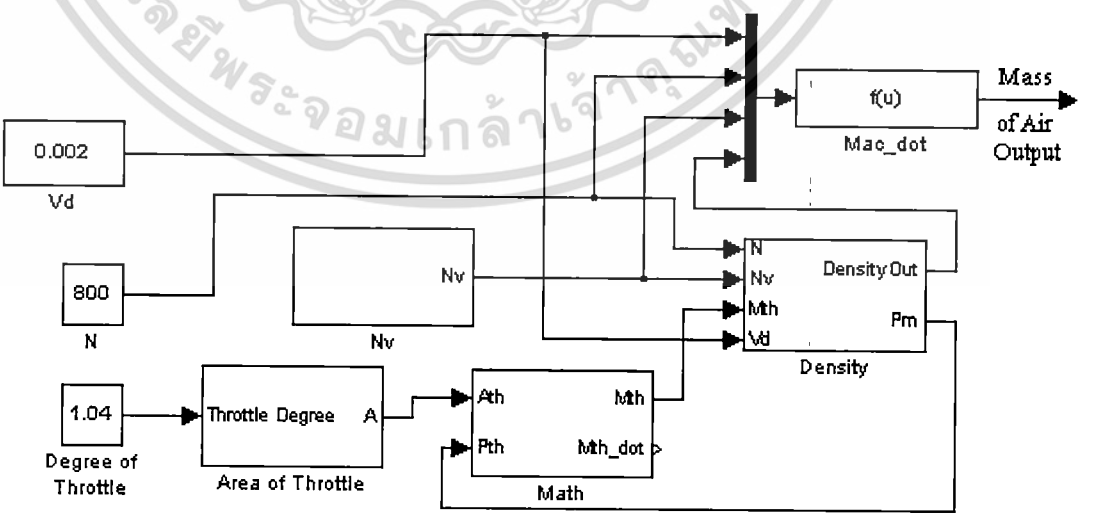
T_s = เวลาคงที่ของตัวตรวจจับ

3.5 การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับระบบการไหลของอากาศ

เป็นการจำลองหาแนวโน้มของค่าปริมาณมวลอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ดังรูปที่ 3.3 ให้สอดคล้องกับตารางอากาศในอ้างอิงที่[3] มีขั้นตอนการจำลองคือ

- จำลองเครื่องยนต์สองขนาดความจุ 2000 ลบ.ซม. และ 1600 ลบ.ซม.
- จำลองเครื่องยนต์ที่รอบเครื่อง 4 ระดับ 800 1000 1600 และ 2000 รอบต่อนาที
- จำลองเครื่องยนต์ที่ระดับการเร่ง 6 ระดับ 30 40 50 60 70 และ 80 องศา

โดยตัวจำลองสร้างจาก Simulink Tool ของโปรแกรม MATLAB ซึ่งปรับค่าเทียบกับผลการทดลองที่ได้ดังแสดงในภาคผนวก ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2 รูปที่ 3.4 และ 3.5



รูปที่ 3.3 ไดอะแกรมระบบอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

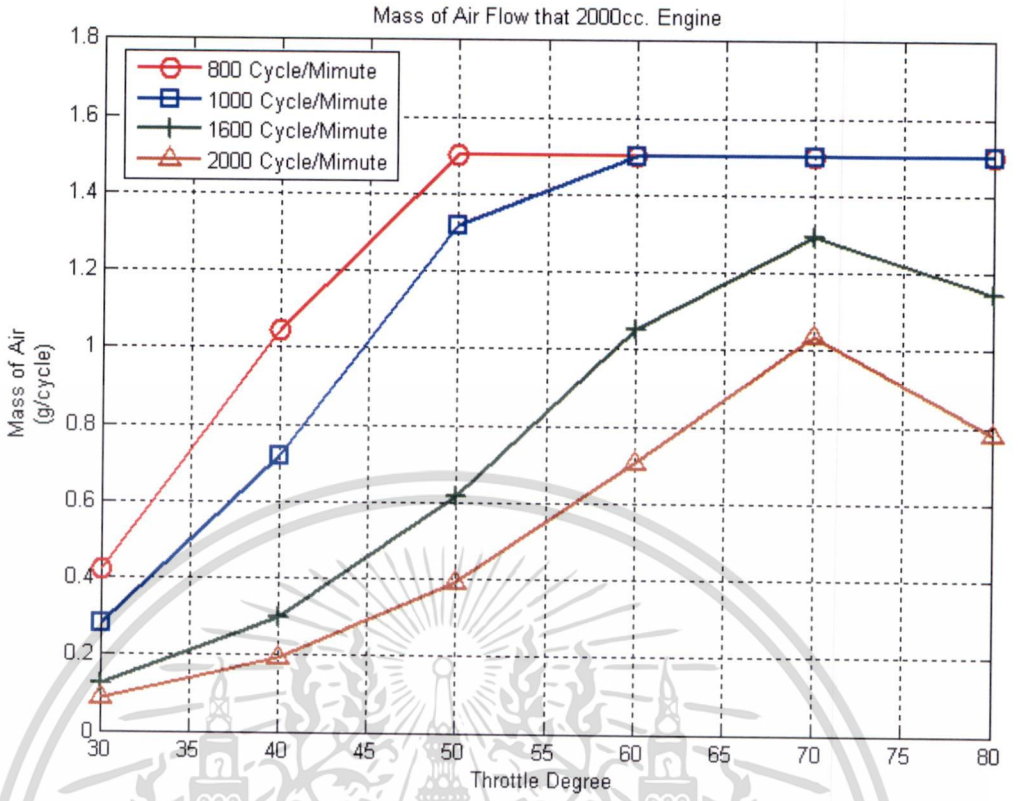
ตารางที่ 3.1 ปริมาณมวลของอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ 2000 ลบ.ซม.

รอบ/นาที	30 องศา	40 องศา	50 องศา	60 องศา	70 องศา	80 องศา
800	0.42	1.043	1.5	1.5	1.5	1.5
1000	0.283	0.72	1.32	1.5	1.5	1.5
1600	0.127	0.3	0.615	1.054	1.294	1.144
2000	0.087	0.192	0.393	0.705	1.035	0.78

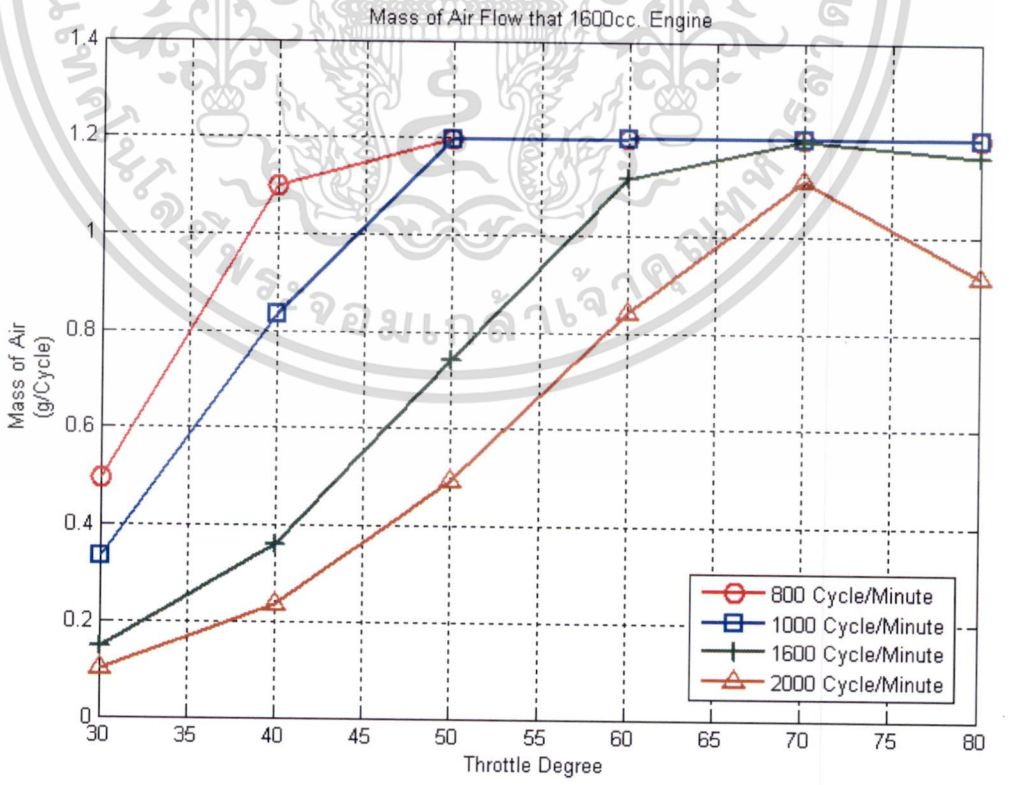
ตารางที่ 3.2 ปริมาณมวลของอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ 1600 ลบ.ซม.

รอบ/นาที	30 องศา	40 องศา	50 องศา	60 องศา	70 องศา	80 องศา
800	0.495	1.099	1.199	1.2	1.2	1.2
1000	0.336	0.835	1.199	1.2	1.2	1.2
1600	0.146	0.362	0.742	1.117	1.199	1.166
2000	0.101	0.235	0.492	0.843	1.116	0.918

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
116853



รูปที่ 3.4 ปริมาณมวลของอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ 2000 ลบ.ซม.

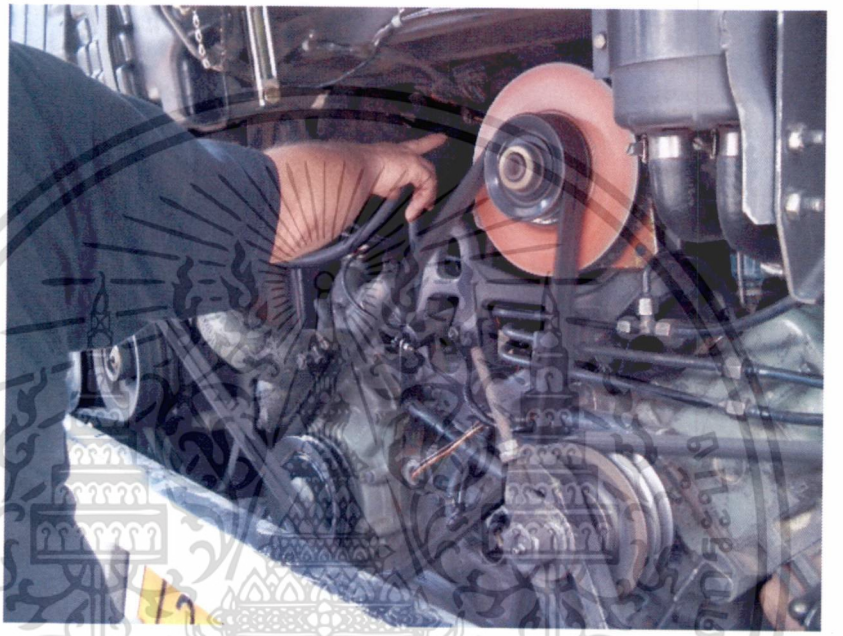


รูปที่ 3.5 ปริมาณมวลของอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ 1600 ลบ.ซม.

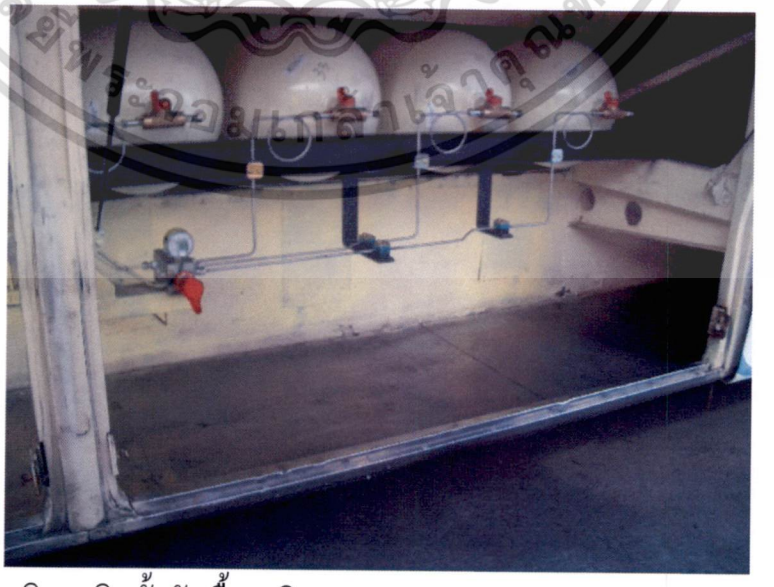
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การเก็บและบันทึกผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่สร้างดังกล่าวข้างต้น มีความจำเป็นต้องทำการสำรวจและเก็บข้อมูลจากผลการติดตั้งอุปกรณ์จริงดังกล่าวกับรถทดลองในรูปที่ 3.6 -3.8

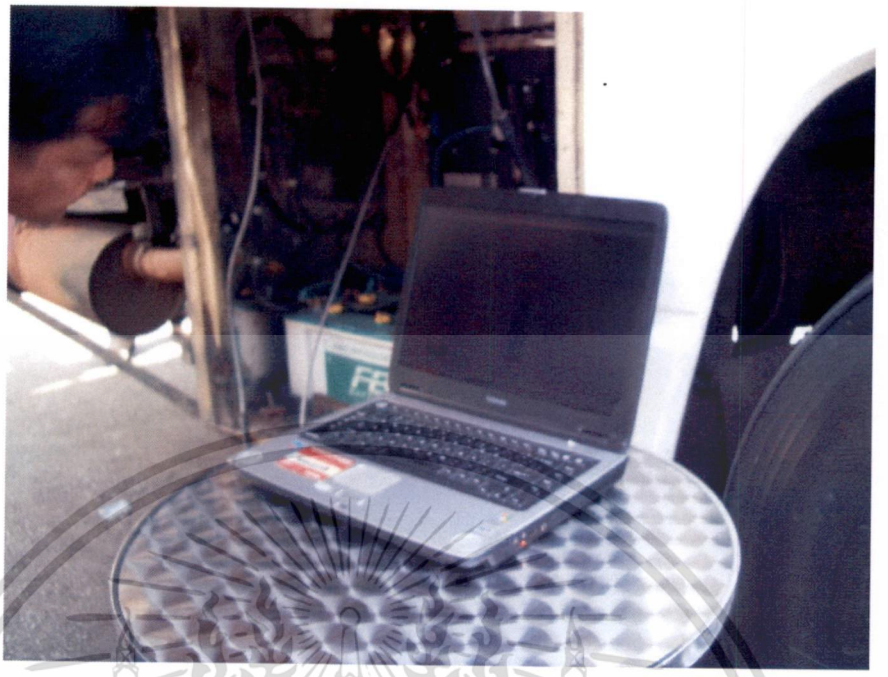


รูปที่ 3.6 เครื่องยนต์ของรถทดลองเป็นรถโดยสารที่นำมาดัดแปลงใช้ก๊าซ NGV



รูปที่ 3.7 บริเวณติดตั้งถังเชื้อเพลิง NGV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 การเก็บและบันทึกข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ โดยใช้คอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต RS232

ภาคผนวก ข แสดงผลการจำลองและผลการทดลองเพิ่มเติม ภาคผนวก ค แสดงโปรแกรมการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นกับอุปกรณ์หลักของรถยนต์ดัดแปลง แนวคิดด้านการออกแบบและการวิเคราะห์ผลจะนำเสนอในบทที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
อภิปรายผลการวิจัยและวิจารณ์

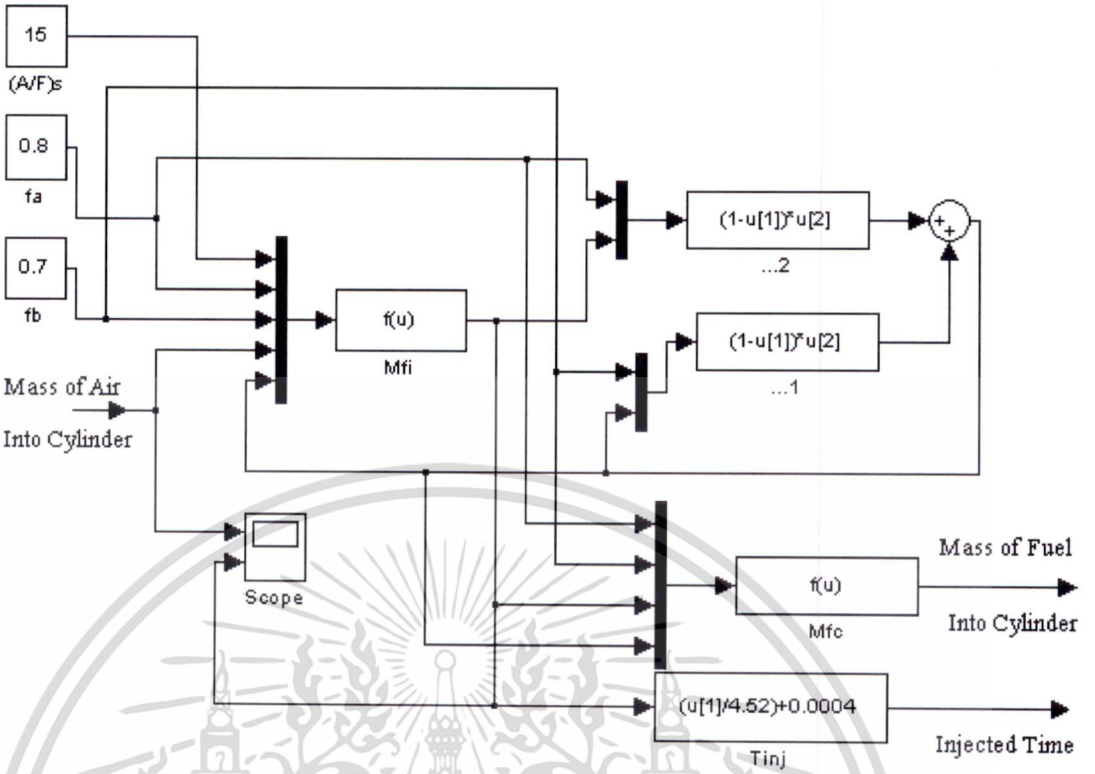
4.1 วิเคราะห์ผลการจำลอง

จากผลการจำลองในบทที่ 3 สามารถนำมาเทียบกับผลการทดลองที่ได้จากการเก็บข้อมูลในภาคสนามซึ่งแสดงในภาคผนวก สามารถนำมาวิเคราะห์โดยการสังเกตปริมาณมวลเชื้อเพลิงจากการจำลองระบบได้ดังนี้

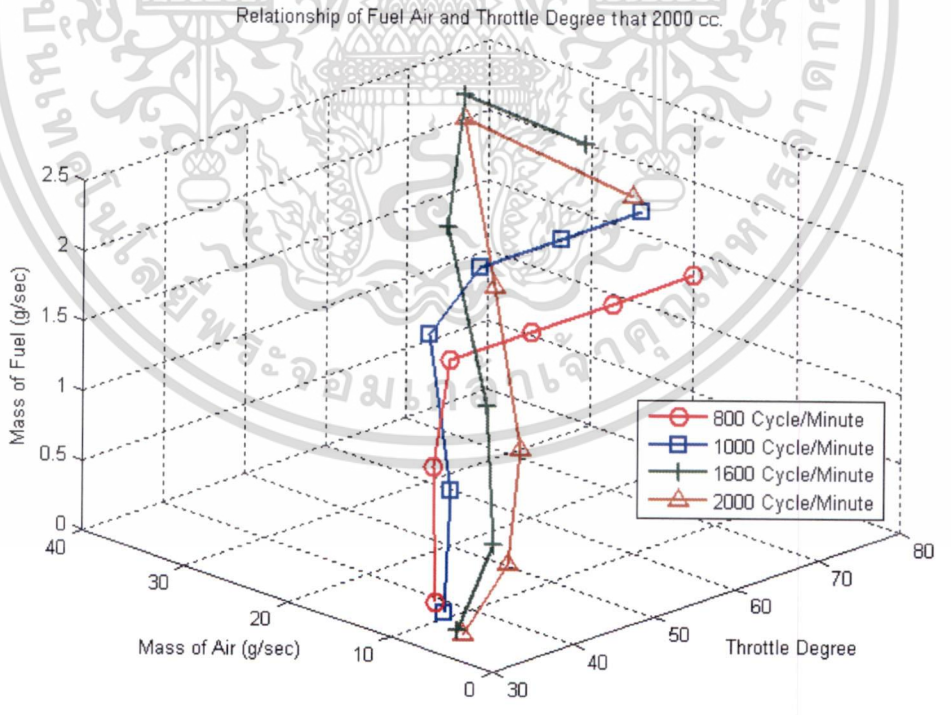
จากรูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.3 เป็นกราฟแสดงผลสังเกตค่าของมวลเชื้อเพลิง และมวลอากาศ ที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ ตามการทดลองเปลี่ยนแปลงองศาของลิ้นเร่งที่ 30, 40, 50, 60, 70, 80 องศา โดยสมมติทดลองกับเครื่องยนต์ 2000 ลบ.ซม และ 1600 ลบ.ซม ตามลำดับรูป

จากรูปที่ 4.2 และ รูปที่ 4.4 เป็นกราฟแสดงผลการสังเกตค่าของมวลเชื้อเพลิง ที่เป็นไปตามมวลอากาศ เพื่อนำมาคำนวณหา อัตราส่วน อากาศต่อเชื้อเพลิงที่กำหนดไว้ ซึ่งการทดลองนี้ได้กำหนดให้ มวลอากาศต่อมวลเชื้อเพลิงอยู่ที่ 15:1 (A/F Ratio) ซึ่งเป็นย่านของเชื้อเพลิง E-20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

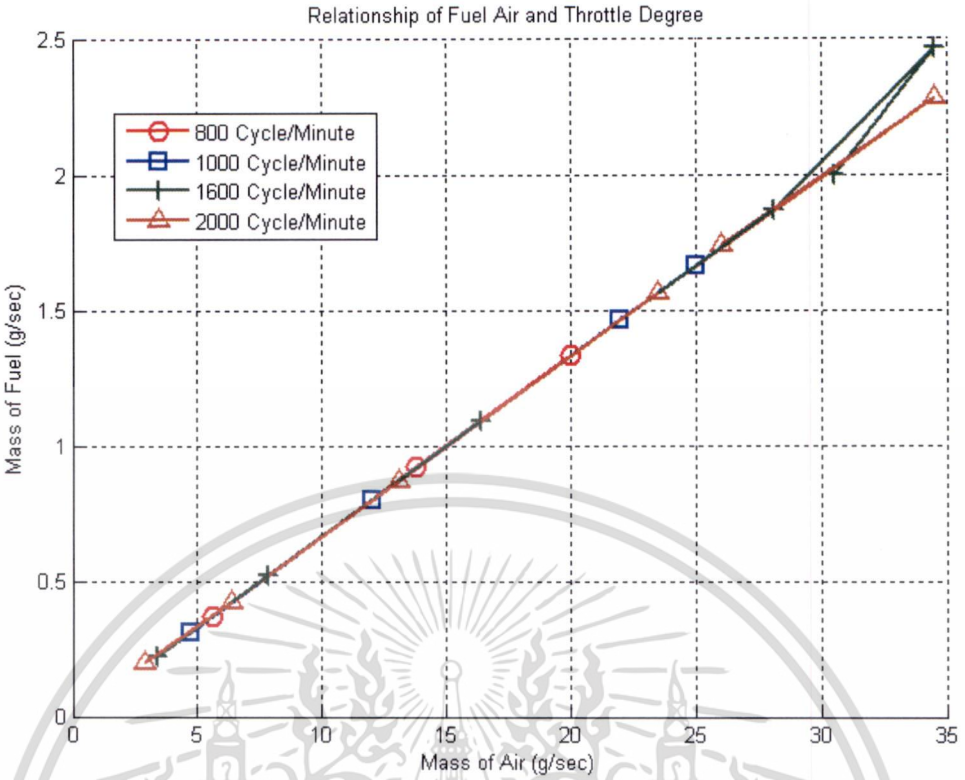


รูปที่ 4.1. ไดอะแกรมระบบเชื้อเพลิงเพื่อการสังเกต

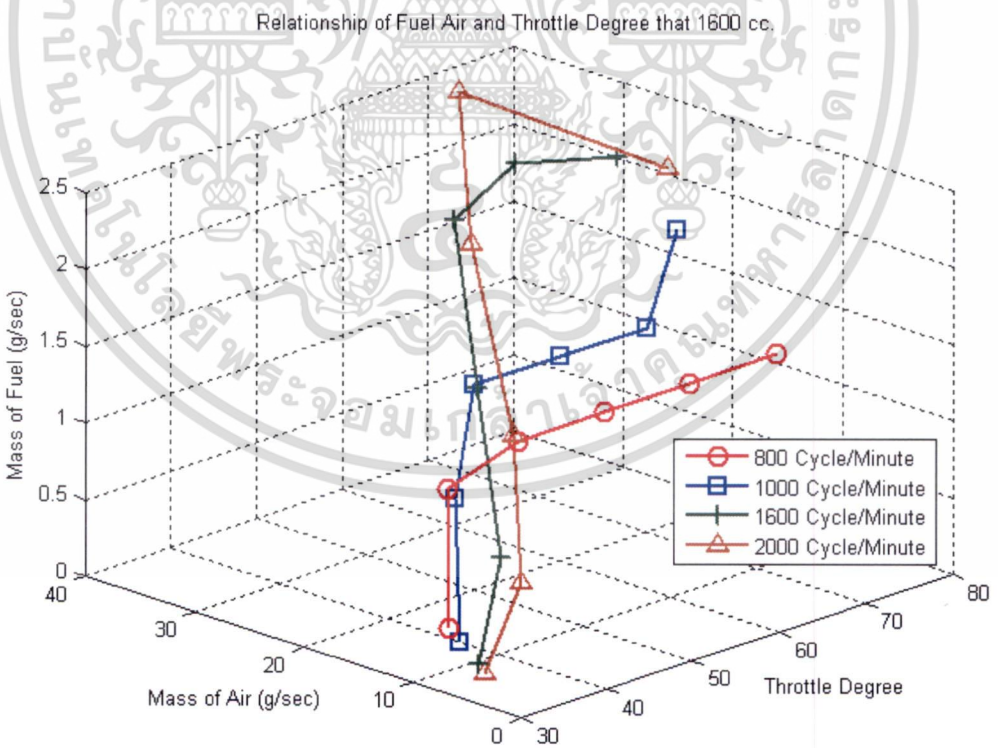


รูปที่ 4.2 ผลการสังเกตความสัมพันธ์ระหว่าง มวลเชื้อเพลิง มวลอากาศ และองศาลิ้นเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

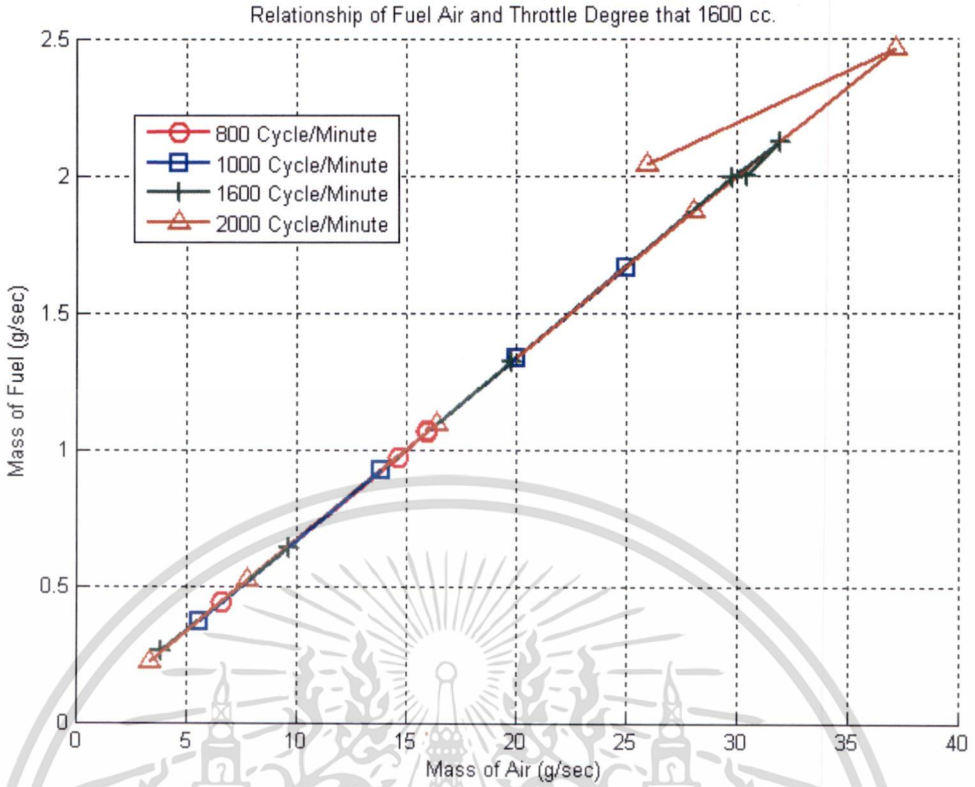


รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง มวลเชื้อเพลิง กับ มวลอากาศ



รูปที่ 4.4 ผลการสังเกตความสัมพันธ์ระหว่าง มวลเชื้อเพลิง มวลอากาศ และองศาลิ้นเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



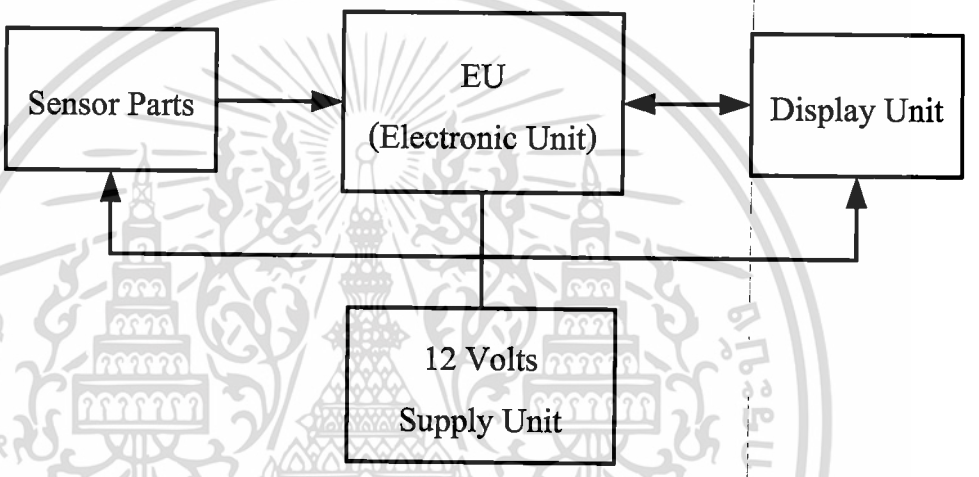
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง มวลเชื้อเพลิง กับ มวลอากาศ

จากการจำลองหาแนวโน้มของค่าปริมาณมวลอากาศในบทที่ 3 ได้ผลที่มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับตารางกาศของเอกสารอ้างอิงที่ [3] สังเกตได้จากตารางที่ 3.1. กับรูปที่ 3.6 เป็นผลของเครื่องยนต์ 2000 ลบ.ซม. และ สังเกตได้จากตารางที่ 3.2 กับรูปที่ 3.7 เป็นผลของเครื่องยนต์ 1600 ลบ.ซม. คือเมื่อความเร็วรอบต่ำอากาศจะสามารถเข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้มากกว่าความเร็วรอบสูงเพราะช่วงเวลาของการเปิดช่องไอดีของลิ้นไอดีมีมาก และ ปริมาณอากาศที่ใช้จะแปรผันตรงกับปริมาตรของเครื่องยนต์หรือที่เรียกว่าปริมาณความจุของเครื่องยนต์ ผลการจำลองที่ได้ให้ค่าที่ถูกต้องในระดับขนาด (order of magnitude) เดียวกันกับผลการทดสอบภาคสนาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 กรอบแนวคิดการออกแบบและผลการทดลองเบื้องต้น

กล่องแสดงผลค่าการทำงานของอุปกรณ์หลักที่แสดงถึงการตรวจจับการทำงานเครื่องยนต์ (Engine-Monitor Box (EMB)) ไดอะแกรมกล่องแสดงผลดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ไดอะแกรมกล่องแสดงผล

องค์ประกอบหลักของการตรวจจับมีดังนี้ คือ

4.2.1 Sensor Parts ประกอบไปด้วย

- ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ
- ตัวตรวจจับอุณหภูมิหม้อต้ม
- ตัวตรวจจับความเร็วเครื่องยนต์
- ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนจากไอเสีย (O2 or UEGO)

4.2.2 Electronic Unit (EU)

- เป็นหน่วยที่สร้างขึ้นจากอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์และตัวประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพื่อประมวลผลข้อมูลที่รับเข้ามาจากตัวตรวจจับ
- เพื่อนำค่าการประมวลที่ได้ออกแสดงผล

4.2.3 Display Unit

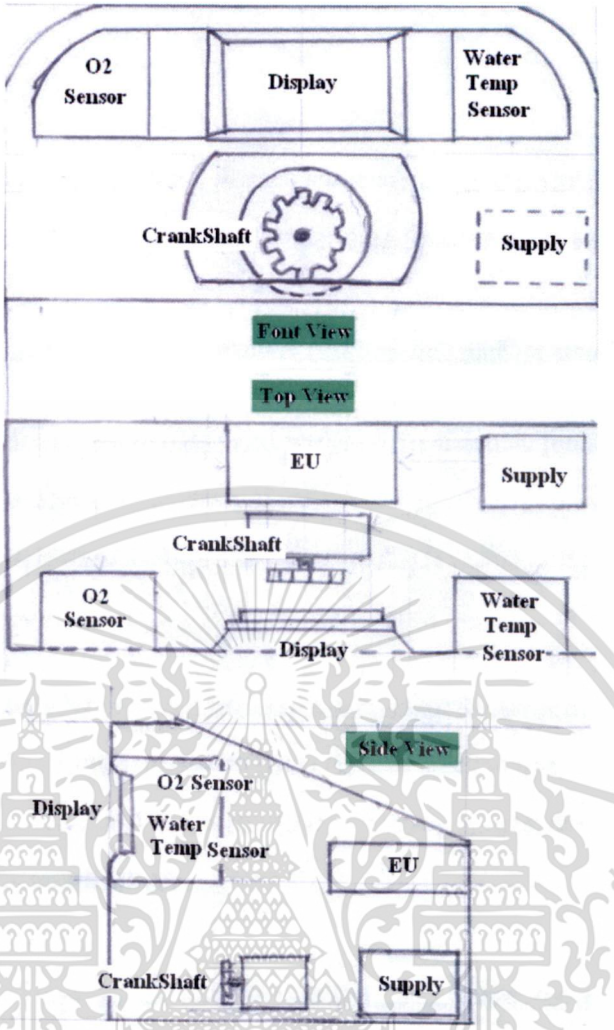
- เป็นลักษณะจอ LCD แบบสี เพื่อแสดงผลค่าต่างๆ จากตัวตรวจจับ

4.2.4 Supply Unit

- เป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าขนาด 12 โวลท์ 30 แอมแปร์

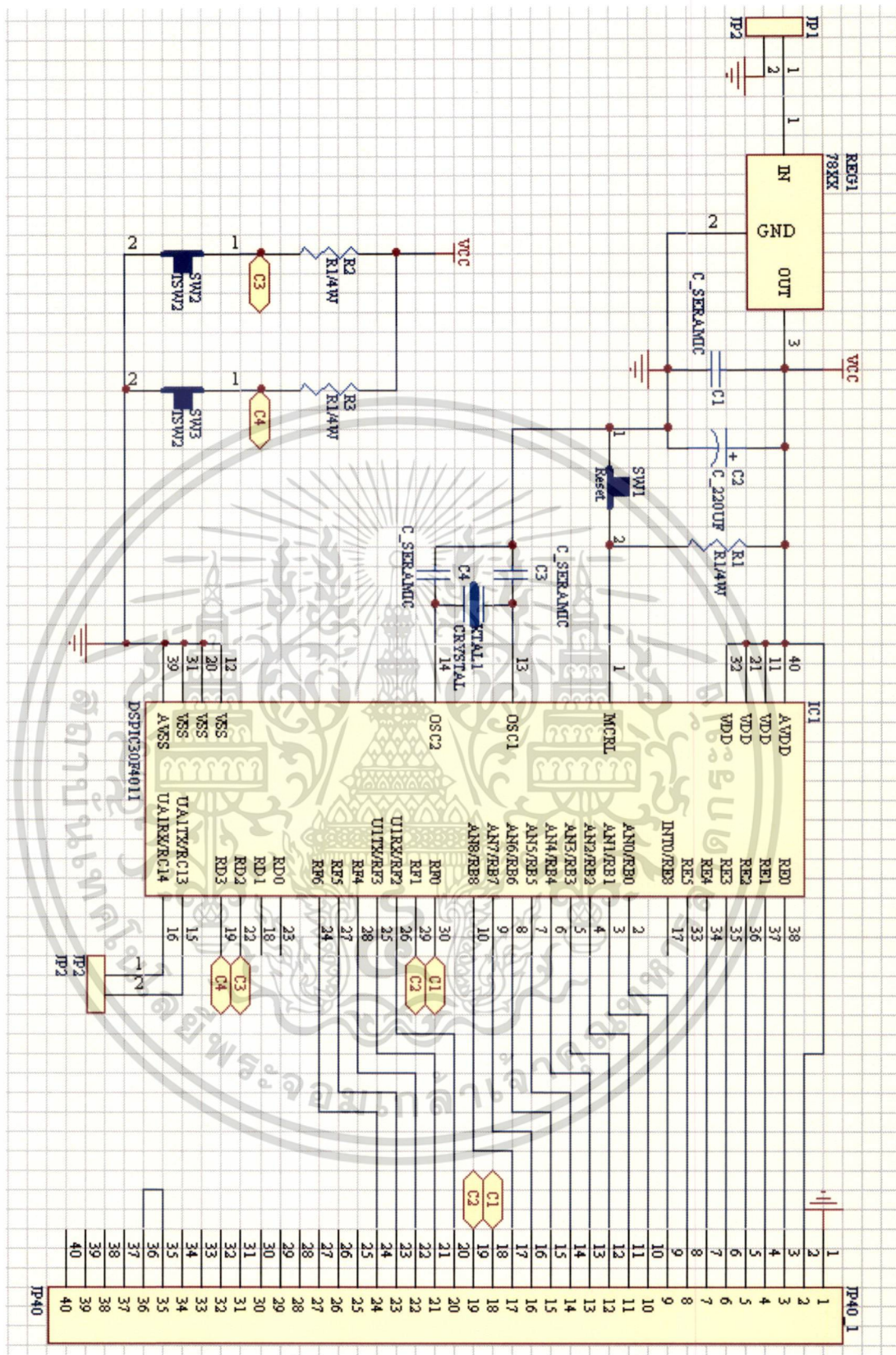
รูปแสดงตัวอย่างอุปกรณ์ที่กล่าวในข้างต้นเหล่านี้แสดงในภาคผนวก ง และส่วนของแบบร่างของงานโดยคร่าวๆ (Model of Work) สำหรับตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์จากกรอบแนวคิดแรกแสดงในรูปที่ 4.7 วงจรแสดงรายละเอียดการสร้างจริงแสดงดังรูปที่ 4-8 ถึง 4-13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



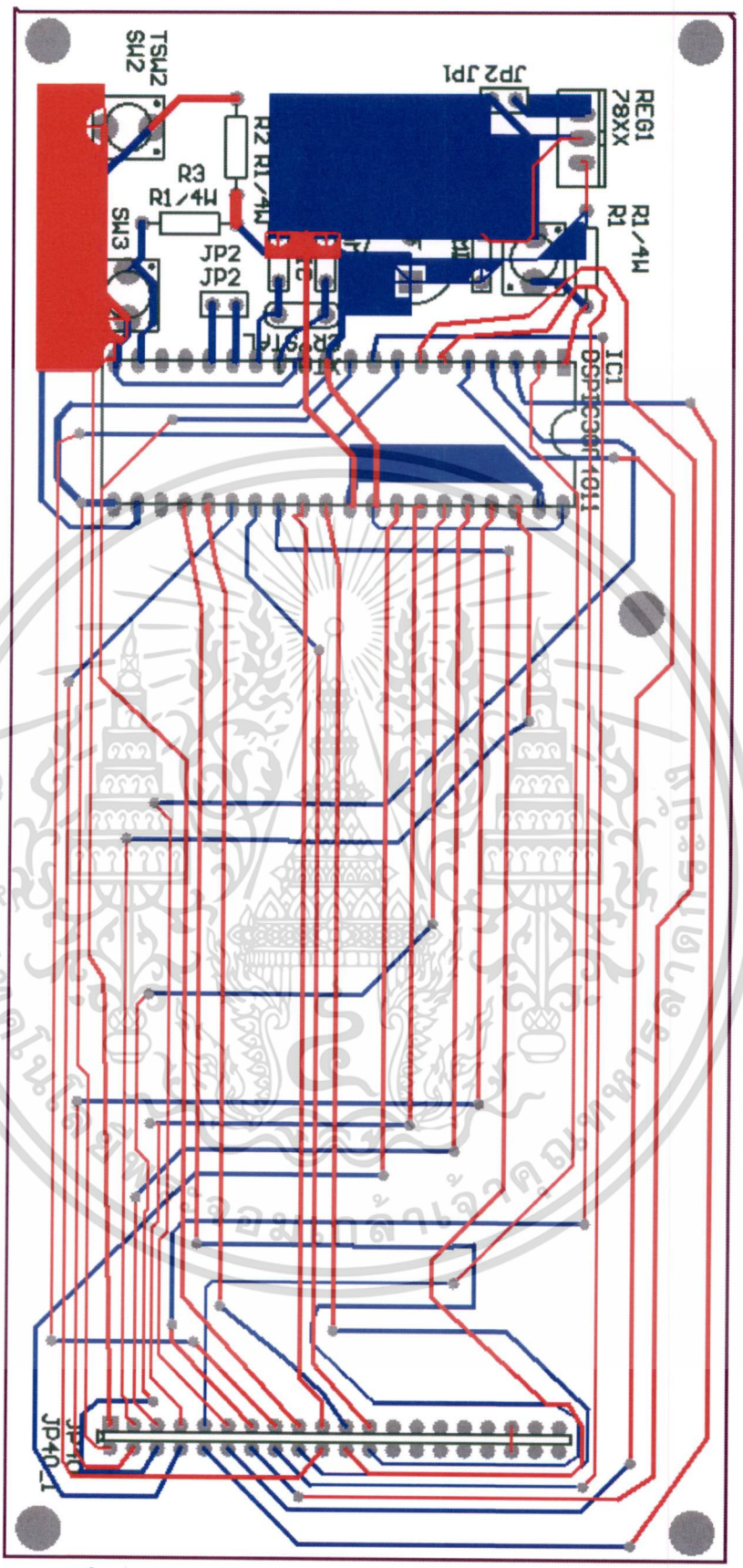
รูปที่ 4.7 กรอบแนวคิดสำหรับการแสดงแบบจำลองโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



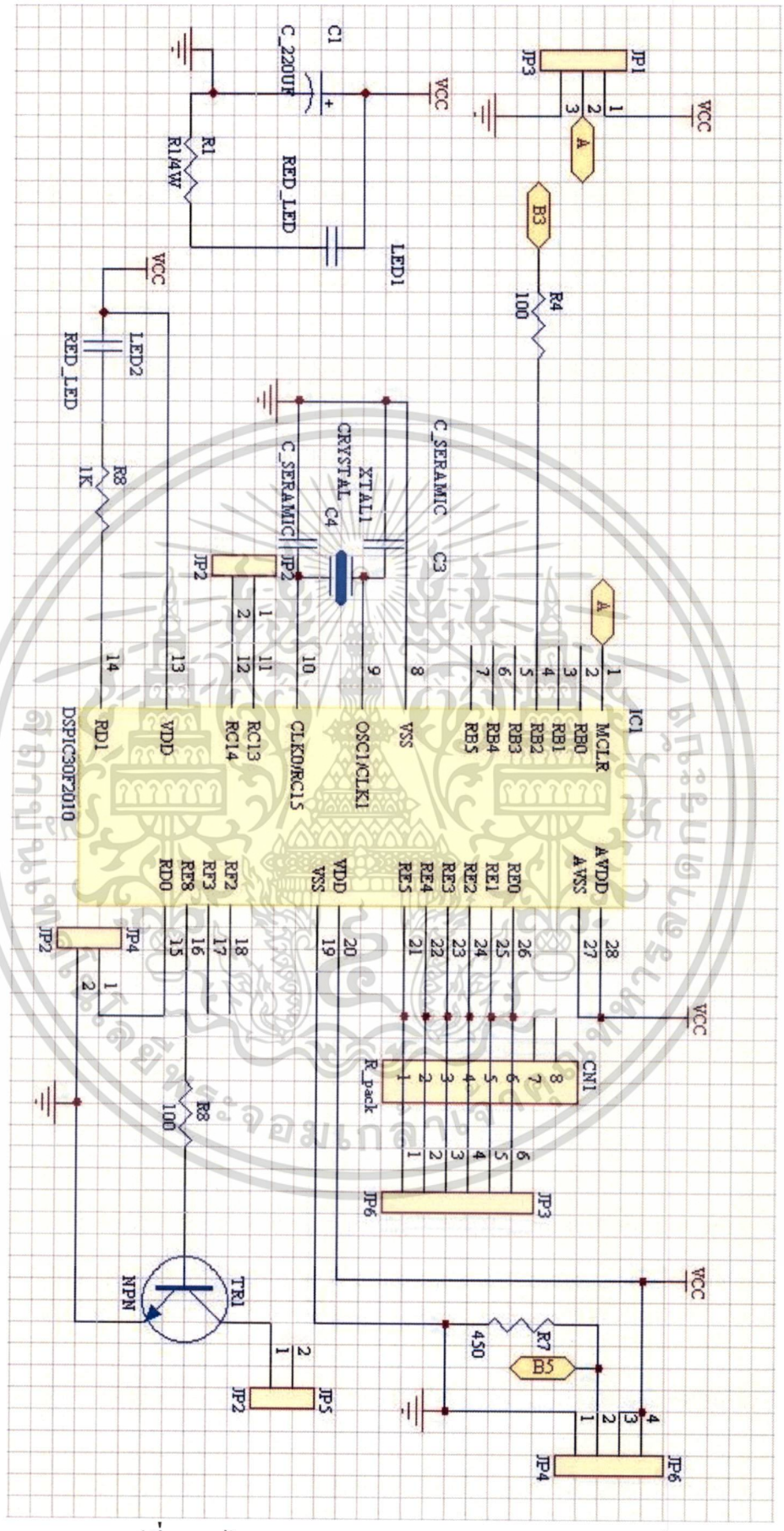
รูปที่ 4.8 ผังวงจรควบคุมการแสดงผลรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ผังลายวงจรการเชื่อมต่อผังวงจรควบคุมกับชุดแสดงผล

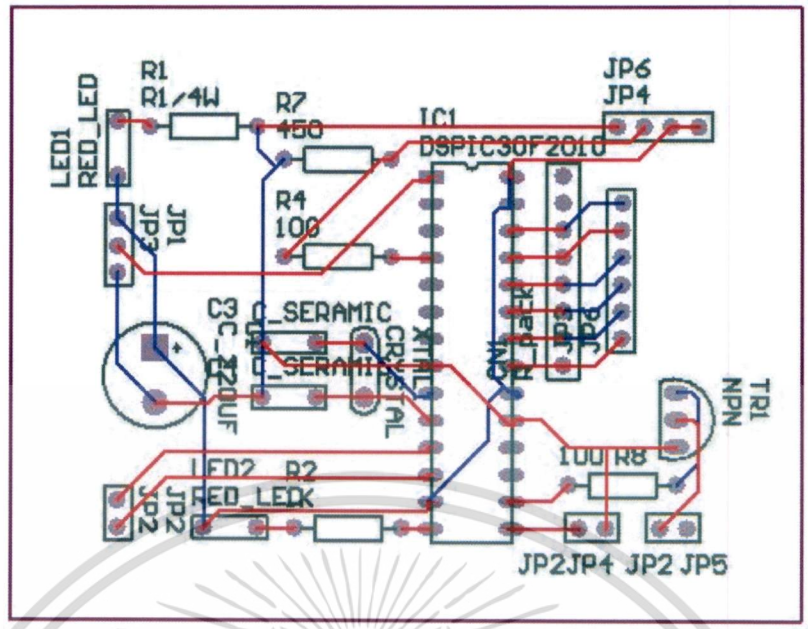
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



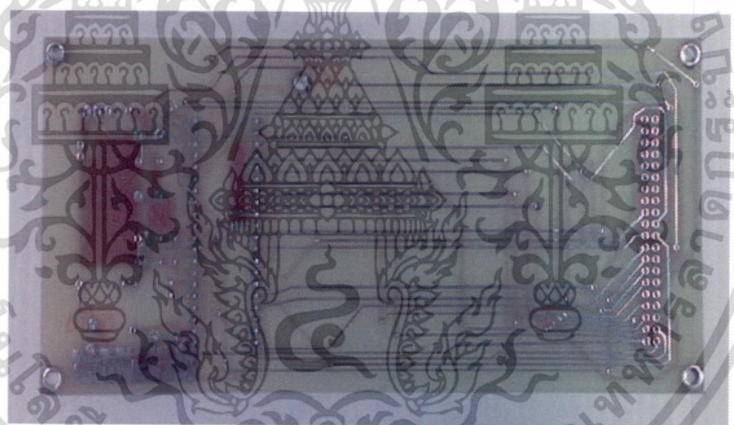
รูปที่ 4.10 ไดอะแกรมระบุการวางตำแหน่งเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

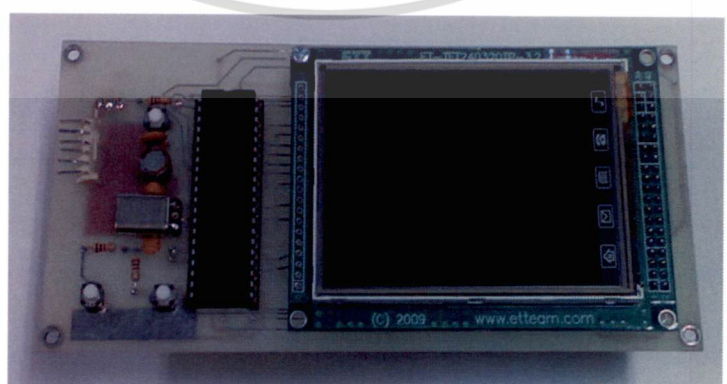
อภิปรายผลการวิจัยและวิจารณ์



รูปที่ 4.11 ผังสำหรับสร้าง แผ่นลายวงจร



รูปที่ 4.12 แผ่น PCB ที่สร้างขึ้น



รูปที่ 4.13 หลังประกอบต้นแบบแรกสำหรับทดสอบเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบในภาคสนามโดยผู้ประกอบการได้ผลเป็นที่น่าพึงพอใจ แบบเบื้องต้นและโปรแกรมเฟิร์มแวร์ได้ส่งมอบให้กับผู้ประกอบการที่ให้ความเอื้อเฟื้อในการทดสอบอุปกรณ์ ผู้วิจัยขอสงวนสิทธิ์การเปิดเผยข้อมูลจนกว่าจะได้เลขสิทธิบัตรที่คุ้มครองการประดิษฐ์ในครั้งนี้

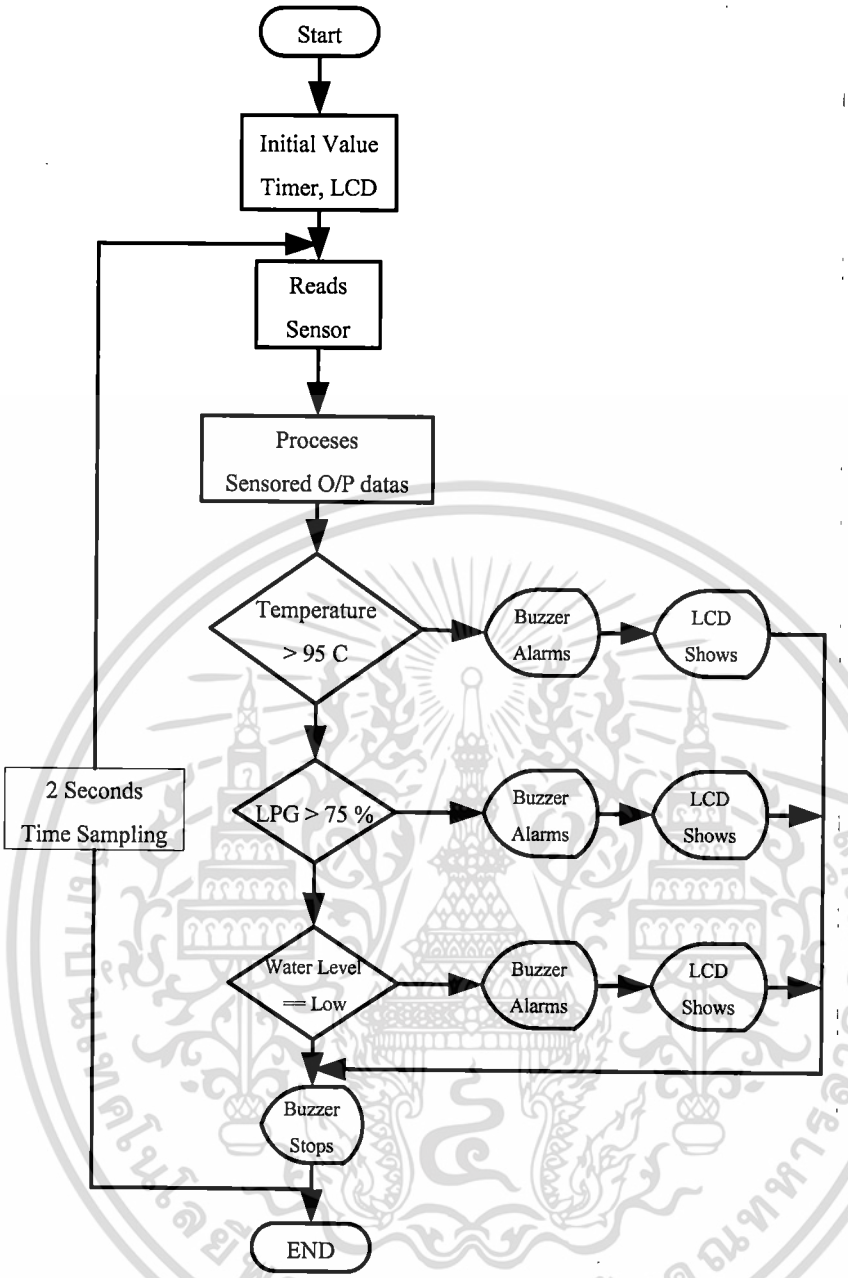
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากบทที่ 4 ได้ข้อสรุปและข้อเสนอแนะดังนี้

1. งานวิจัยในเฟสนี้มีข้อจำกัดในการพิจารณาออกแบบอุปกรณ์แจ้งเตือนระบบความผิดปกติของรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง NGV แต่เพียงอย่างเดียว และเป็นการออกแบบเฉพาะสำหรับเครื่องยนต์ดัดแปลงในรถใหญ่ งานวิจัยต่อไปควรเป็นการขยายผลให้ครอบคลุมเชื้อเพลิงยืดหยุ่นหลากหลายชนิด ซึ่งสามารถทำได้โดยไม่ยากโดยเปลี่ยนแปลงในส่วนของโปรแกรมเฟริมแวร์และดัดแปลงฮาร์ดแวร์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เช่น การเปลี่ยนก๊าซเชื้อเพลิงเป็นแบบ LPG สำหรับใช้งานให้ครอบคลุมถึงย่านรถเล็กเช่น รถแท็กซี่ เป็นต้น ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.1
2. แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นจากงานวิจัยนี้ มีความใกล้เคียงกับผลการทดลองที่ได้ในภาคสนาม ดังแสดงจากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์พบว่าได้ผลในขนาดสัญกรทางวิศวกรรมในขนาดที่เทียบเท่ากัน
3. ควรมีการตรวจจับสารระเหยที่เป็นก๊าซธรรมชาติในห้องผู้โดยสารซึ่งจะต้องปรับค่าเซนเซอร์เทียบค่ากับค่ามาตรฐาน ไม่อาจเชื่อถือค่าที่ตั้งมาจากโรงงานได้ เนื่องจากความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิใช้งานมีการเปลี่ยนแปลง จากประสบการณ์ในการใช้งานพบว่าควรใช้งานจนค่าที่ได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแล้วจึงทำการปรับแต่งค่าจากจุดที่ค่าที่วัดได้เริ่มนิ่ง ควรทำการสร้างสมการถดถอย (regression) เพื่อปรับค่าให้เกิดความแม่นยำและให้ค่าความเที่ยง (reliability) และทำการตรวจสอบซ้ำเพื่อตรวจสอบค่าความตรง (validity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 ผังการทำงานของการดัดแปลงโปรแกรมเฟริมแวร์ให้ครอบคลุมสำหรับรถที่ใช้เชื้อเพลิงทางเลือกอื่น เช่น LPG

4. ในส่วนของฟังก์ชันการใช้งานในส่วนผู้ใช้ (user interface) ควรแสดงให้เข้าใจง่ายและไม่จำเป็นที่จะต้องแสดงค่าทุกค่าพร้อม ๆ กัน อาจให้ฟังก์ชันที่มีการตรวจจับความผิดปกติแสดงค่าเฉพาะทันทีที่สามารถตรวจจับความผิดปกติเฉพาะที่และแสดงแจ้งเตือนด้วยเสียงหรือการกระพริบแจ้งเตือนที่สามารถสังเกตได้โดยง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ในส่วนของการวางแผนการบำรุงรักษา สามารถปรับปรุงในรุ่นต่อไป โดยการส่งผ่านข้อมูลแจ้งเตือนความผิดปกตินั้นไปยังศูนย์ที่ดูแลเพื่อเตรียมทำการแก้ไข (Corrective maintenance) หรืออาจส่งสัญญาณวางแผนป้องกันก่อนเมื่อมีสัญญาณผิดปกติเบื้องต้นเตือนขึ้น เพื่อที่จะได้ปรับแต่งสภาพของเครื่องยนต์และอุปกรณ์หลักให้พร้อมใช้ตลอดเวลา (maximized availability)
6. ในการติดตั้งควรใช้โค๊ดสีระบุความเชื่อมโยงระหว่างคู่ฮาร์ดแวร์สัญญาณระหว่างอุปกรณ์แจ้งเตือนถึงเซนเซอร์ในแต่ละอุปกรณ์เพื่อป้องกันความสับสนของช่างผู้ติดตั้งในกรณีที่จะดำเนินการปรับปรุงจนถึงต้นแบบพร้อมผลิต ซึ่งเป็นเฟสที่ต่อยอดไปจากต้นแบบแนวคิดในรายงานการวิจัยนี้ งานวิจัยนี้เป็นเพียงแสดงกรอบแนวความคิดสร้างต้นแบบเพื่อนำไปสู่การปรับปรุง ดัดแปลง เพื่อผลิตเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] J. B. Heywood, *International Combustion Engine Fundamentals*. New York: McGraw-Hill, 1988.

[2] C. R. Ferguson and A. T. Kirkpatrick, *International Combustion Engines Applied Thermosciences*. New York: John Wiley & Sons, 2001.

[3] S. B. Choi and J. K. Hendrick, "An Observer-Based Design Method for Improving Air/Fuel Characteristics of Spark Ignition Engines", *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, Vol.6, No.3, May 1998, pp.325-333.

[4] C. F. Chang, N. P. Fekete, A. Amstutz and J. D. Powell, "Air-Fuel Ratio Control Spark-Ignition Engines Using Estimation Theory", *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, Vol.3, No.1, March 1995, pp.22-30.

[5] V. K. Jones, B. A. Ault, F. Franklin and J. D. Powell, "Identification and Air-Fuel Ratio Control of a Spark Ignition Engine", *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, Vol.3, No.1, March 1995, pp.22-30.

[6] J. K. Piper, R. Mehrotra, "Air/Fuel Ratio Control Using Sliding Mode Methods", *Proceedings of the American Control Conference, San Diego, California*, June 1999, pp.1027-1031.

[7] G. Gnanam, S. R. Habibi, R. T. Burton and M. T. Sulatisky, "Neural Network Control of Air-to-Fuel Ratio in Bi-Fuel Engine", *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics*, Vol.36, No.5, September 2006, pp.656-667.

[8] S. W. Wang and D. L. Yu, "Adaptive RBF Network for Parameter Estimation and Stable Air-Fuel Ratio Control", *Neural Networks*, Vol.21, 2008, pp.102-112.

[9] S. W. Wang, D. L. Yu, J. B. Gomm, G. F. Page and S. S. Douglas,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"Adaptive Neural Network Model Based Predictive Control for Air-Fuel Ratio of SI Engines", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol.19, 2006, pp.189-200.

[10] S. W. Wang and D. L. Yu, "Adaptive Air-Fuel Ratio Control with MLP Network", *International Journal of Automation and Computing*, 2, 2005, pp.125-133.

[11] Y. Cao, W. Teng and H. Zhang, "Dynamic Modeling and Hardware-in-the-Loop Simulation Testing for LPG Engine", Proceedings of the 2007 *IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, Harbin, China, August 2007, pp.2093-2098.

[12] P. Zeng and D. N. Assanis, "The Development of A Computer-Based Teaching Tool for Internal Combustion Engine Courses", *Proceedings of IMECE 2004 ASME International Mechanical Engineering Congress and RD&D Expo*, Anaheim, California, USA, November 2004, pp.1-7.

[13] P. Yoon and M. Sunwoo, "An Adaptive sliding Mode controller for Air-Fuel Ratio Control of Spark Ignition Engines" *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, Part E, Vol.215, 2001, pp.305-315.

[14] L. Mianzo, H. Peng and I. Haskara, "Transient Air-Fuel Ratio H_∞ Preview Control of a Drive-By-Wire Internal Combustion Engine", *Proceedings of the American Control Conference*, Arlington, VA, June 2001, pp.2867-2871.

[15] K. Zeng, S. Lv, B. Liu, F. Ma and Z. Huang, "Development and Calibration on an Electronic Control System of CNG Engine", *IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety 2006 ICVES 2006*, 13-15 December 2006, pp.204-208.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[16] Z. Weige, J. Jiuchun, X. Yuan and Z. Xide, "CNG Engine Air-Fuel Ratio Control Using Fuzzy Neural Networks", *The 2nd International Workshop on Autonomous Decentralized System*, 6-7 November 2002, pp.156-161.

[17] Z. Ye, "Modeling, Identification, Design, and Implementation of Nonlinear Automotive Idle Speed Control Systems-An Overview", *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics*, Vol.37, No.6, November 2007, pp.1137-1151.

[18] A. Gibson, I. Kolmanovsky and D. Hrovat, "Application of Disturbance Observers to Automotive Engine Idle Speed Control for Fuel Economy Improvement", *Proceedings of the 2006 American Control Conference*, Minneapolis, Minnesota, USA, 14-16 June 2006, pp.1197-1202.

[19] H. Ying, Z. Fujun, L. Fushui, G. Yunshan and S. Yebao, "Gasoline Engine Idle Speed Control System Development Based on PID Algorithm", *IEEE International Vehicle Electronics Conference 1999*, IVEC '99, 6-9 September 1999, pp.30-33.

[20] Y. Yildiz, A. Annaswamy, D. Yanakiev and I. Kolmanosky, "Adaptive Idle Speed Control for Internal Combustion Engine", *Proceedings of the 2007 American Control Conference*, New York City, USA, 11-13 July 2007, pp.3700-3705.

[21] E. Chowanietz, *Automobile Electronics,* BH Newnes, London, 1995.

[22] R.K. Jurgen, *Automotive Microcontrollers,* Society of Automotive Engineers(SAE International), America, 1998.

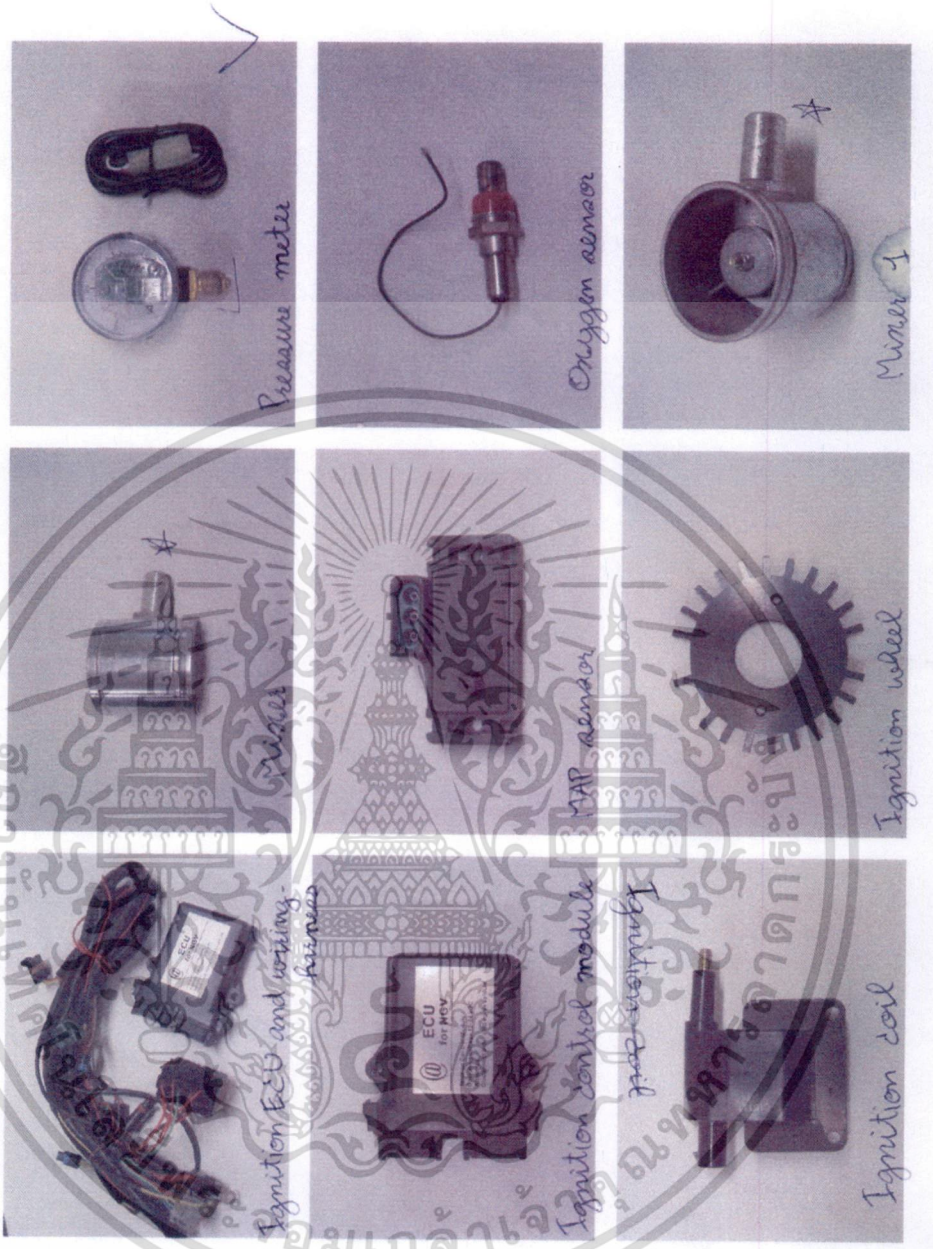
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ก . ชุดสำเร็จสำหรับดัดแปลงเครื่องยนต์เป็น Dedicated Engine

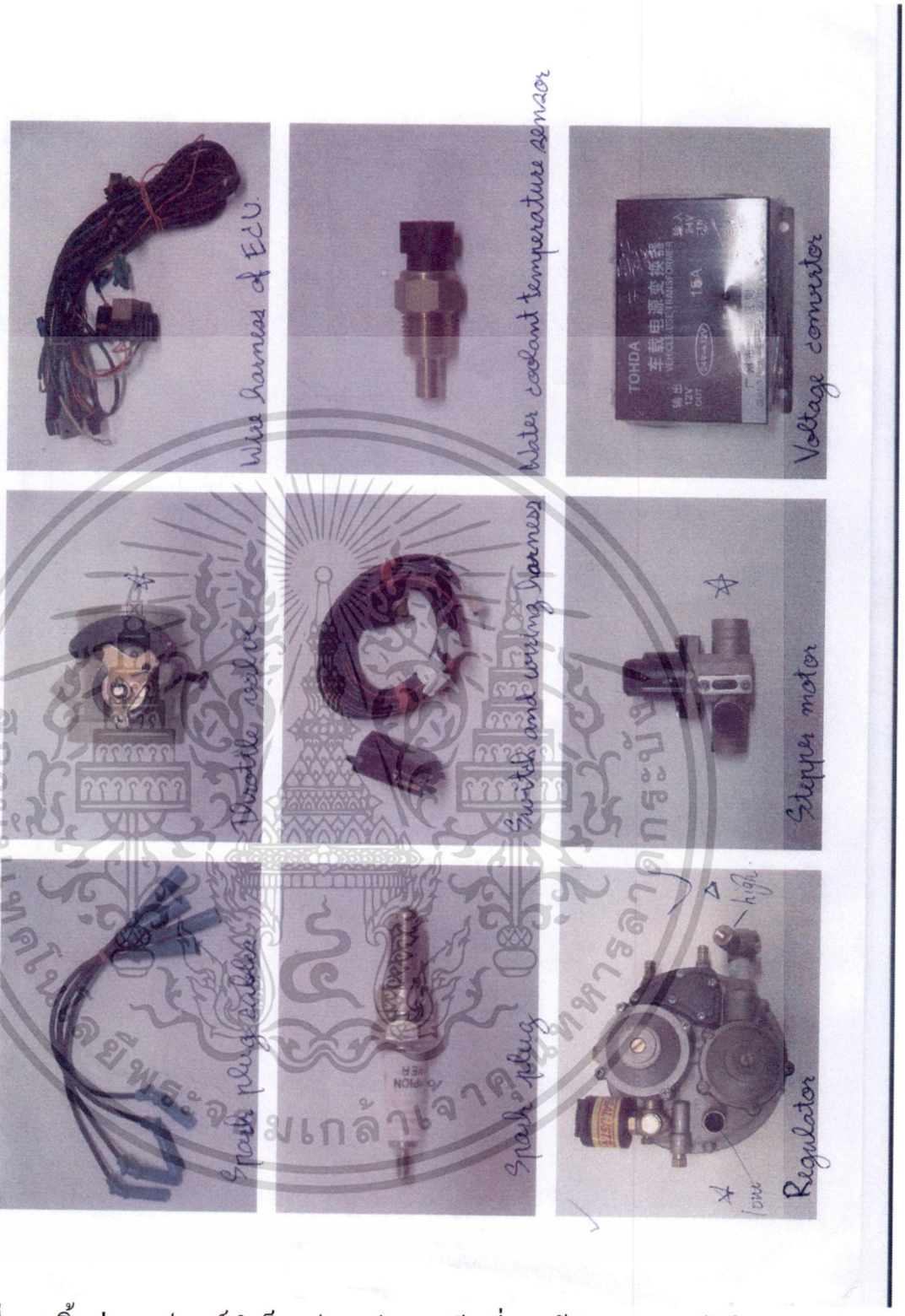
คณะผู้วิจัยได้นำสินค้าเชิงพาณิชย์ที่มีในท้องตลาดมาตรวจสอบอย่างละเอียด ทั้งการทดลองใช้งานเพื่อสำรวจฟังก์ชันการทำงานและฟังก์ชันการใช้งาน ซอฟท์แวร์ และการถอดต้นแบบฮาร์ดแวร์ออกเป็นชิ้น ๆ เพื่อตรวจสอบกลไกสำหรับชุดมอนิเตอร์และชุดควบคุมของอุปกรณ์ดังระบุตามวัตถุประสงค์จากสินค้าที่มีผู้ผลิตในประเทศและต่างประเทศดังแสดงองค์ประกอบฮาร์ดแวร์ดังรูปที่ ก-1 และ รูปที่ ก-2 อุปกรณ์สำเร็จรูปที่ได้ทำการศึกษานี้เป็นอุปกรณ์จากประเทศจีนได้รับการสนับสนุนและจัดหาโดยบริษัทบางกอก เอ็น จี วี และ บริษัท พี เอส เนเชอรัล แก๊ส จำกัด ผู้ร่วมโครงการวิจัย นอกจากนี้ ยังได้ศึกษาชุดสำเร็จของประเทศแคนาดา ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปรับส่วนผสมของเชื้อเพลิงต่ออากาศ โดยควบคุมด้วยระบบพีไอดีแบบดั้งเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-1 ชุดสำเร็จรูปที่ใช้ในการติดตั้งดัดแปลงรถ NGV dedicated engine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-2 ชิ้นส่วนอุปกรณ์สำเร็จรูปจากประเทศจีนที่ทางผู้ประกอบการได้นำเข้ามาเพื่อทำการเปลี่ยนระบบการใช้เชื้อเพลิงเป็นแบบ Dedicated engine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

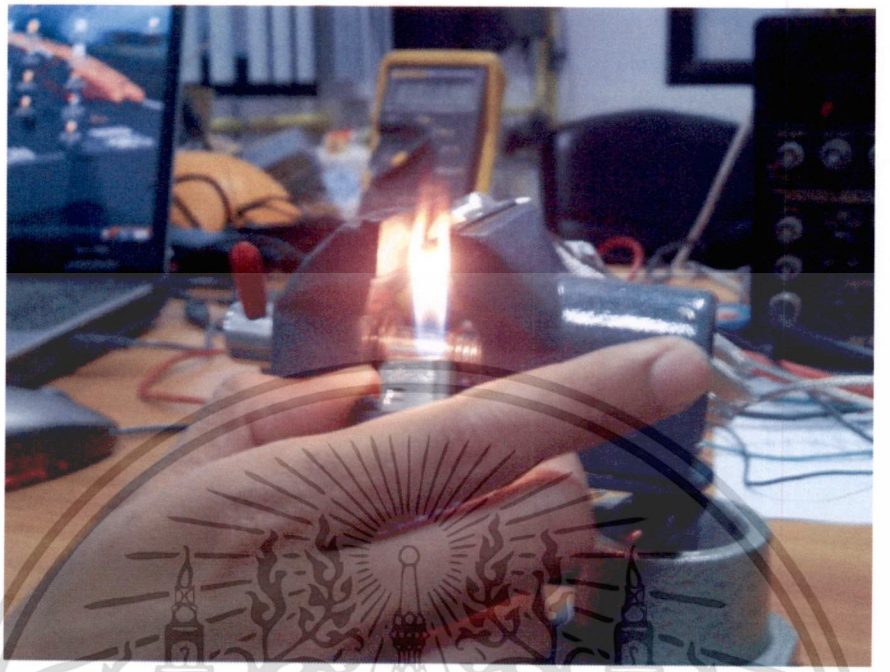
ข . ผลการจำลองเครื่องยนต์ภายในห้องปฏิบัติการ

เนื่องจากคณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบในส่วนของฟังก์ชันการทำงานให้เป็นไปตามที่ผู้ประกอบการต้องการโดยการศึกษาในภาคการทดลองเพื่อสร้างต้นแบบแรกในเบื้องต้นตามจุดประสงค์ รูปที่ ข-1 ถึง ข-6 จะแสดง ณ ที่นี้เป็นตัวอย่างกิจกรรมที่ทำในห้องปฏิบัติการระหว่างการวิจัยเท่านั้น

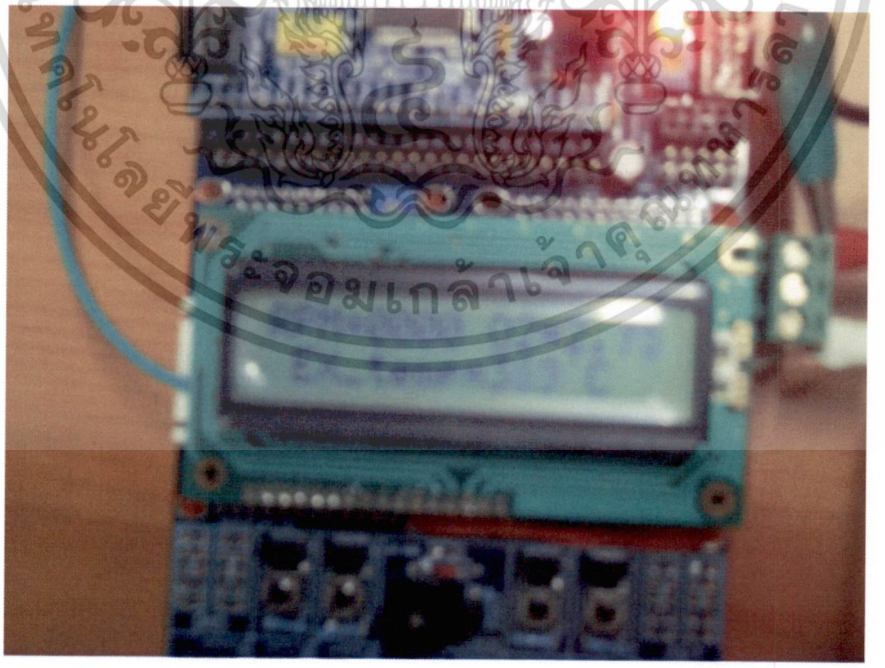
อนึ่ง รายละเอียดในการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบแรกนี้ คณะผู้วิจัยขอไม่แสดงรายละเอียดในเบื้องต้นเพื่อรักษาความลับทางการค้าให้กับผู้ประกอบการ โดยจะแสดงรายละเอียดโดยสมบูรณ์และเปิดเผยหลังจากที่ได้รับเลขทะเบียนการยื่นจดสิทธิบัตรแล้ว

รูปที่ ข-1 การทดลองสร้างต้นแบบแรกตามจุดประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

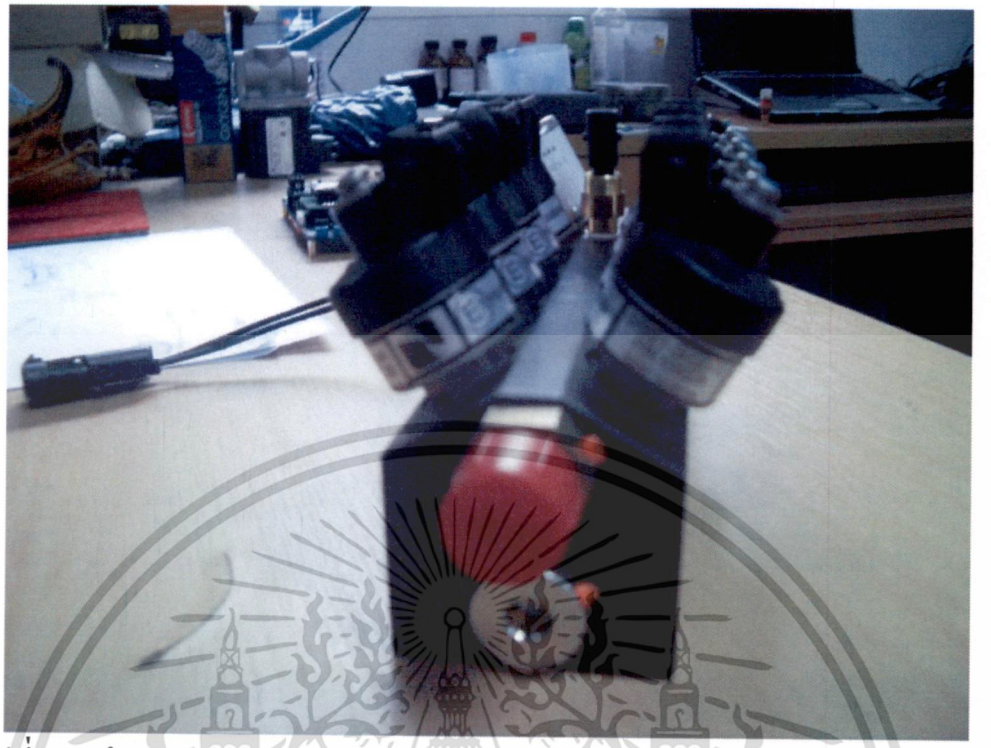


รูปที่ ข-2 การทดสอบการวัดค่าอุณหภูมิเสมือนจำลองการวัดค่าจากท่อไอเสียของรถดัดแปลงใช้กาซ NGV ตามจุดประสงค์

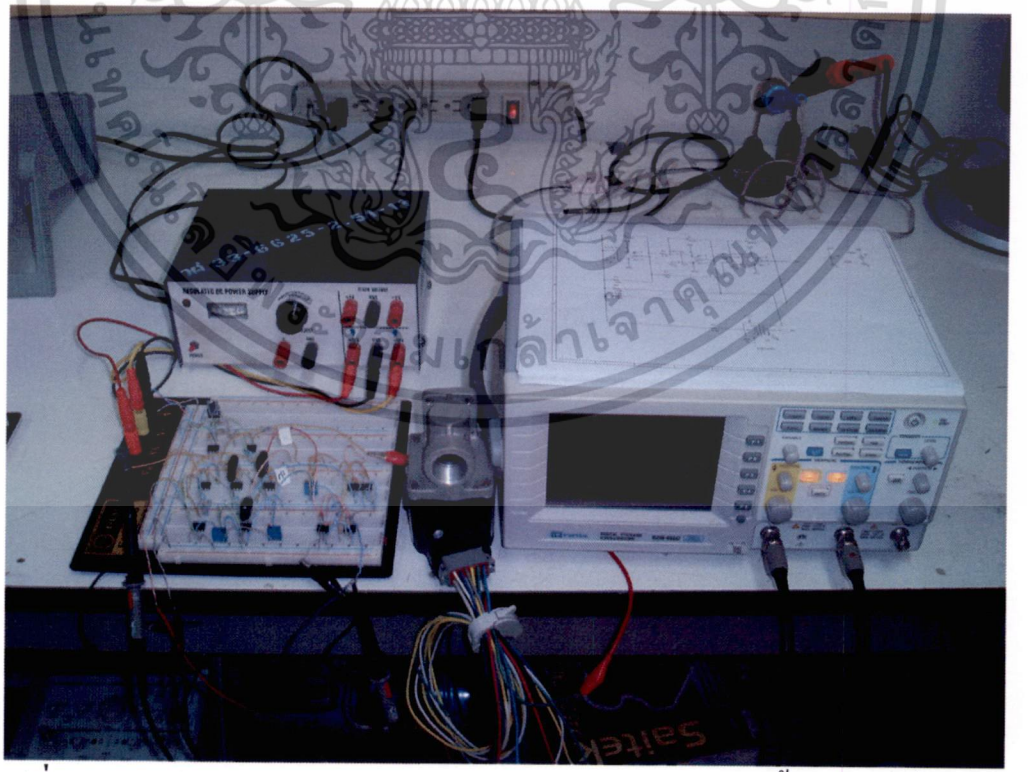


รูปที่ ข-3 ต้นแบบแรกสามารถทำงานได้ดีจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะนำไปทดสอบภาคสนามเพื่อทำการปรับปรุงต้นแบบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

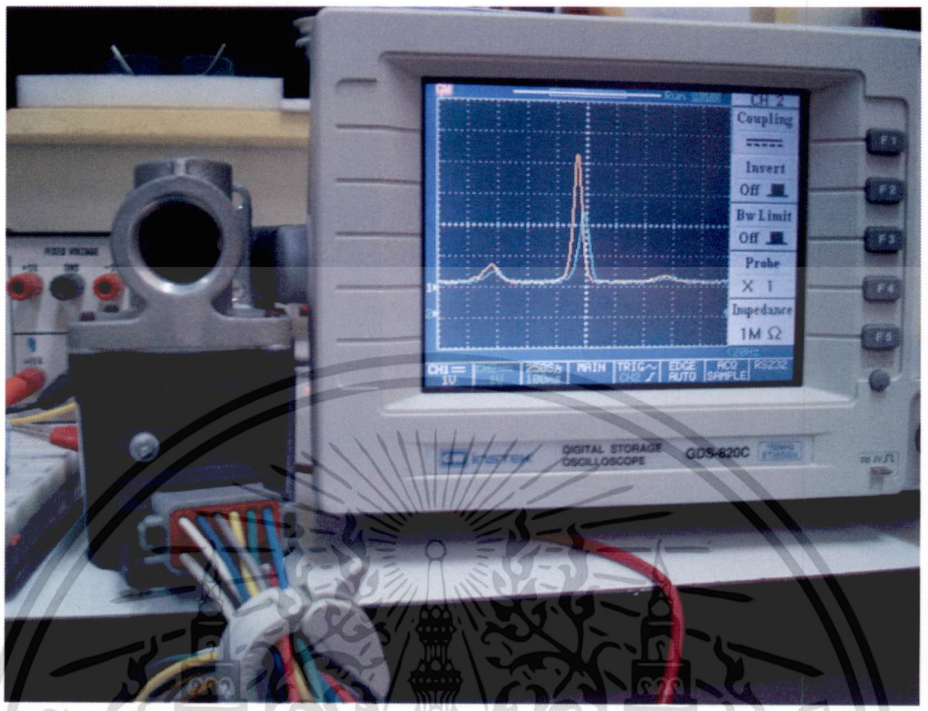


รูปที่ ข-4 ศึกษาการทำงานของระบบหัวฉีดก๊าซและการจุดระเบิด



รูปที่ ข-5 การทดลองจำลองการควบคุมการผสมอากาศและเชื้อเพลิง เพื่อส่งไปให้กับ ECU เพื่อคำนวณองศาและเวลาของการจุดระเบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-6 การวัดสัญญาณการเปิดปิดเชื้อเพลิงด้วยเทคนิคฟัซซีพีไอดี ที่ออกแบบโดยทีมวิจัย จะเห็นได้ว่าสัญญาณการติดตามเป้าหมายได้รูปสัญญาณเดียวกับที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค . โปรแกรมการติดต่อกับอุปกรณ์หลัก

โปรแกรมที่ใช้พัฒนาในการเขียนติดต่อกับหน่วยอุปกรณ์หลักต่าง ๆ เพื่อใช้แสดงผลในการตรวจสอบความผิดปกติ

```
//-----------------------------------------------
//Program       :Sensor
//Frequency     :4.00 MHz
//Filename      :Sensor.c
//Date          :25/JUN/2009
//UpDate        :28/AUG/2009
//-----------------------------------------------

#include<p30f2010.h>
#include<adc10.h>
#include<uart.h>
#include<timer.h>

unsigned int counter=0;
void _ISR _U1TXInterrupt(void)
{
        IFS0bits.U1TXIF = 0;        // Clear TX interrupt flag
}
void _ISR _U1RXInterrupt(void)
{
        IFS0bits.U1RXIF = 0;        // Clear RX interrupt flag
}

void _ISR _AltU1TXInterrupt(void)
{
        IFS0bits.U1TXIF = 0;        // Clear AltTX interrupt flag
}
void _ISR _AltU1RXInterrupt(void)
{
        IFS0bits.U1RXIF = 0;        // Clear AltRX interrupt flag
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void _ISR _T1Interrupt(void)
{
        IFS0bits.T1IF = 0;
        counter++;
}
void open_timer_service(void)
{
        ConfigIntTimer1(T1_INT_PRIOR_1 & T1_INT_ON);
        WriteTimer1(0);
        unsigned int TimeInterval = 10000;    // 10 Millisecond
        OpenTimer1(T1_ON & T1_GATE_OFF & T1_IDLE_STOP & T1_PS_1_1 &
T1_SYNC_EXT_OFF & T1_SOURCE_INT, TimeInterval);
}
void open_series_service(void)
{
        unsigned int baudvalue;          // Keep baud rate value for Load into U1BRG
        unsigned int U1MODEvalue;        // Keep value for Load into U1MODE
        unsigned int U1STAvalue;         // Keep value for Load into U1STA
        CloseUART1();                    // Disable UART1
        ConfigIntUART1(UART_RX_INT_EN &          // Enable RX interrupt UART1
                       UART_RX_INT_PR6 &     // Set RX interrupt
Priority ==>6
                       UART_TX_INT_EN &      // Enable TX interrupt
UART1
                       UART_TX_INT_PR2);     // Set RX interrupt
Priority ==>2
                       baudvalue = 12;   // Baud rate 4800 bps XTL mode
                       U1MODEvalue =  UART_EN &      // Enable
UART1
                       UART_IDLE_CON &       // UART1 working in
idle mode
                       UART_ALTRX_ALTTX& // UART1 normal pin
                       UART_DIS_WAKE &       // Disable wake-up on
start UART
                       UART_DIS_LOOPBACK &          // Disable loop
back mode
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                                        UART_DIS_ABAUD &     // Disable autobaud mode
                                        UART_NO_PAR_8BIT &   // Set data 8 bit ,no parity
bit
                                        UART_1STOPBIT;       // Set 1 stop bit
        U1STAvalue      =       UART_INT_TX_BUF_EMPTY &              // Interrupt on
buffer empty mode
                                        UART_TX_PIN_NORMAL &         // TX Break bit
normal
                                        UART_TX_ENABLE &             // Enable TX
for UART
                                        UART_INT_RX_3_4_FUL&         // UART
interrupt receive mode
                                        UART_ADR_DETECT_DIS &        // Disable
detect address mode
                                        UART_RX_OVERRUN_CLEAR;       // Reset buffer
over run
        OpenUART1(U1MODEvalue, U1STAvalue, baudvalue); // Execute configuration for
UART1
}

void open_adc_service(void)
{
        unsigned int Channel, PinConfig, Scanselect, Adcon3_reg, Adcon2_reg, Adcon1_reg;
        ADCON1bits.ADON = 0;            // Turn off ADC
        Channel =       ADC_CH0_POS_SAMPLEA_AN0 &// Channel 0 positive input select
AN0
                        ADC_CH0_POS_SAMPLEA_AN1 &// Channel 0 positive input select
AN1
                        ADC_CH0_POS_SAMPLEA_AN2 &// Channel 0 positive input select
AN2
                        ADC_CH0_POS_SAMPLEA_AN3 &// Channel 0 positive input select
AN3
                        ADC_CH0_NEG_SAMPLEA_NVREF ;     // Channel 0 negative
VREF
        SetChanADC10(Channel);                  // Set channel configuration
        ConfigIntADC10(ADC_INT_DISABLE);        // Disable interrupt for ADC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PinConfig       =   ENABLE_AN0_ANA &     // Enable AN0-AN3 analog port
                    ENABLE_AN1_ANA &
                    ENABLE_AN2_ANA &
                    ENABLE_AN3_ANA ;
Scanselect      =   SKIP_SCAN_AN4 &      // Scan for AN0-AN3
                    SKIP_SCAN_AN5 &
                    SKIP_SCAN_AN6 &
                    SKIP_SCAN_AN7;
Adcon3_reg      =   ADC_SAMPLE_TIME_10 &        // Sample for 10 time
                    ADC_CONV_CLK_INTERNAL_RC &      //
Internal Clock
                    ADC_CONV_CLK_13Tcy;
Adcon2_reg      =   ADC_VREF_AVDD_AVSS &        // Vref at AVdd and
AVss
                    ADC_SCAN_ON &       // Enable scan for ADC
                    ADC_ALT_BUF_OFF &   // Disable alternate buffer
                    ADC_ALT_INPUT_OFF &         // Disable
alternate input
                    ADC_CONVERT_CH0 &           // Select CH0
convert
                    ADC_SAMPLES_PER_INT_16;     // 16 sample
between interrupt

Adcon1_reg      =   ADC_MODULE_ON &                 // Enable
module ADC
                    ADC_IDLE_CONTINUE &         // ADC run on
idle mode
                    ADC_FORMAT_INTG &           // Output value
integer format
                    ADC_CLK_MANUAL &            // ADC manual
clock
                    ADC_SAMPLE_SIMULTANEOUS &       //
ADC sampling
                    ADC_AUTO_SAMPLING_ON;           //
ADC auto sampling
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        OpenADC10(Adcon1_reg,Adcon2_reg,Adcon3_reg,PinConfig,Scanselect);  // Turn on ADC
module
}
void processing(unsigned int G,unsigned int W,unsigned int B,unsigned int T)        //G=gas ;
W=water ; T=temp
{
        unsigned char temp=0;
        putcUART1('S');
        while(BusyUART1());
        temp = (G/4);
        putcUART1(temp);
        while(BusyUART1());
        temp = W;
        putcUART1(temp);
        while(BusyUART1());
        temp = (T/4);
        putcUART1(temp);
        while(BusyUART1());
}
int main(void)
{

        char index;
        unsigned char aod=0;
        unsigned int input[4];

        TRISDbits.TRISD0 = 1;           //Water Level
        TRISEbits.TRISE8 = 0;           //Sound Alarm
        TRISDbits.TRISD1 = 0;           //LED

        PORTEbits.RE8 = 0;
        PORTDbits.RD1 = 1;              //LED

        open_series_service();
        open_adc_service();
        open_timer_service();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

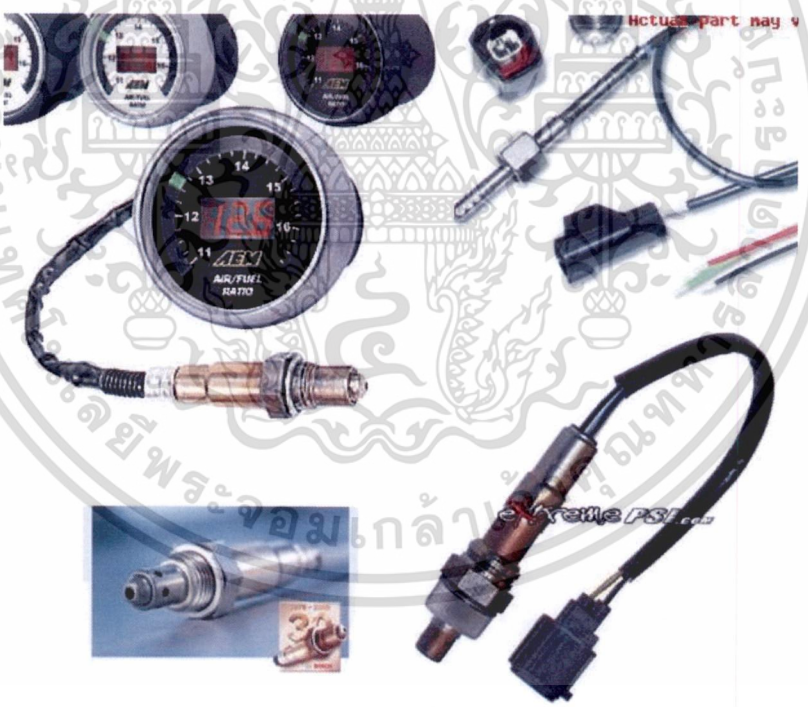
```
counter=0;
while(counter < 499){}                  //delay 5 seconds
while(1)
{
 while(counter > 199)                   //ts = 2 Second
  { counter=0;aod=0;
        PORTDbits.RD1 = !PORTDbits.RD1;
        for(index=0;index<4;index++)
         {
              ADCON1bits.SAMP = 1;              // Start Sampling
              while(!ADCON1bits.SAMP){};        // Wait for End Sampling process
              ConvertADC10();                   // Convert ADC
              while(ADCON1bits.SAMP){};         // Ensure for Sampling success
              while(BusyADC10()){};             // Ensure for Sampling success
              input[index] = (ReadADC10(index));
         }
        input[1]=0;
        if(PORTDbits.RD0 == 0){input[1]=1; aod=1;}          //Water Level

        processing(input[0],input[1],input[2],input[3]);

        if(input[0]>760){aod=1;}                            //Gas Level
        if(input[3]>840){aod=1;}                            //Temp Level
        if(aod == 1){PORTEbits.RE8 = 1;}                    //Aod Device
        else{PORTEbits.RE8 = 0;}

  }
 }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง . ตัวอย่างเซนเซอร์

อุปกรณ์เซนเซอร์หลักแสดงดังรูปที่ ง-1 ถึง ง-4

รูปที่ ง-1 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ (Water Temperature)



รูปที่ ง-2 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนจากไอเสีย (O2 or UEGO)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง-3 ตัวตรวจจับความเร็วเครื่องยนต์

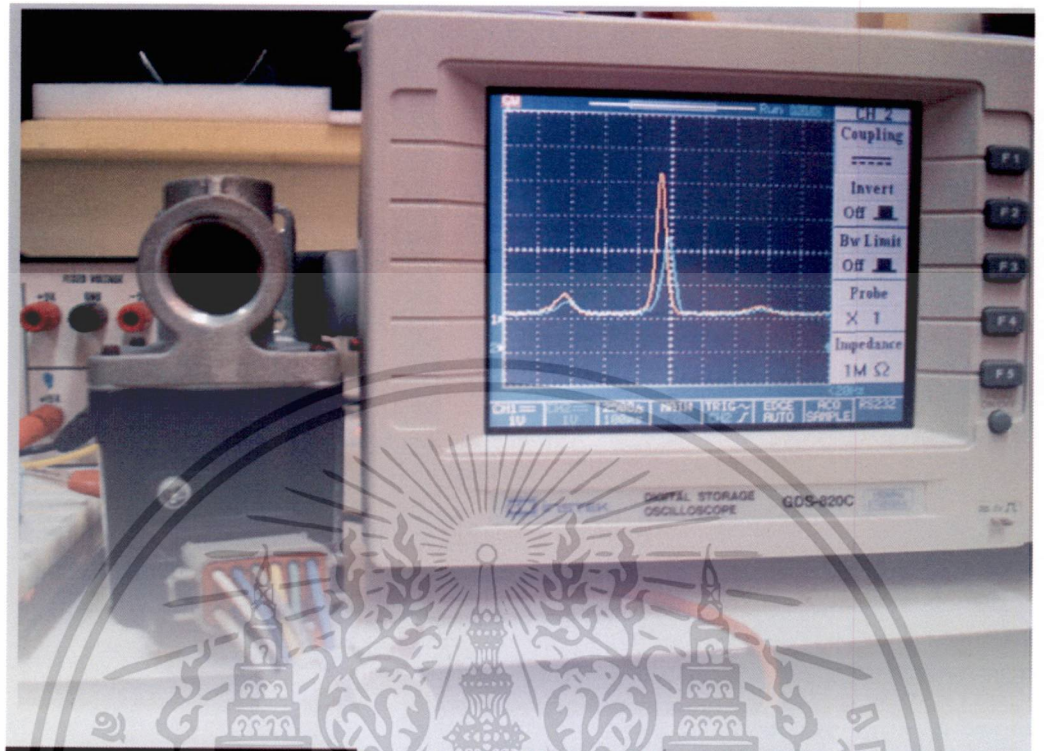
รูปที่ ง-4 จอแสดงผลสี และเป็น Touch-Screen

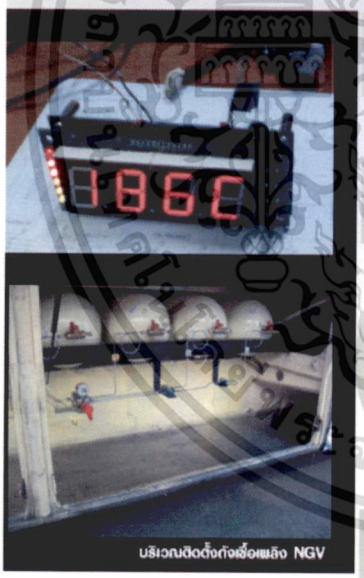
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. สรุปการประดิษฐ์

คัดลอกมาจากวารสาร Energy Plus พิมพ์เผยแพร่โดยกระทรวงพลังงาน คอลัมน์ “เวทีนักประดิษฐ์” ฉบับเดือน พฤษภาคม-กันยายน 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





บริเวณติดตั้งถังเชื้อเพลิง NGV

ปัจจุบันมีผู้คิดค้น และวิจัยสิ่งประดิษฐ์อุปกรณ์ควบคุม และช่วยเตือนเครื่องยนต์ดัดแปลงเหล่านี้ขึ้นมา เพื่อใช้งานในรถบัสขนาดใหญ่ โดยชุดอุปกรณ์ประกอบด้วย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจจับความผิดปกติและแจ้งเตือน (Fault detection and warning system) ซึ่งจะแสดงสถานะและสาเหตุความผิดปกติเพื่อซ่อมบำรุงและปรับสภาพจากระบบระบายความร้อนและเซ็นเซอร์ต่างๆ เช่น ออกซิเจน เซ็นเซอร์ เป็นต้น ขณะที่ชุดขับการจุดระเบิด (Driver) หรือชุดควบคุมการจุดระเบิด (Ignition control) จะสามารถใช้งานได้ทุกระดับคุณภาพของก๊าซ NGV ไม่ว่าจะมาจากแหล่งใดให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

รศ.ดร ปิติเนต สุรักษา อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังหนึ่งในทีม นักวิจัย และเจ้าของแนวคิด ที่ว่า เมื่อมีปัญหาก็จะใช้องค์ความรู้ที่มีอยู่ไปแก้ ซึ่งถือเป็นการผลิตในเชิงพาณิชย์ นำเอาไปใช้จริง ติดตั้งในรถเมล์ รถบัส รถใหญ่ รถบรรทุก รถหัวลาก 18 ล้อ รถส่งของ และรถที่ต้องใช้แรงมากเป็นพิเศษ

"ปกติรถเทอร์โบดัดแปลง มักจะมีอากาศที่เข้าไปค่อนข้างมาก ก็เหมือนกับรถซิ่ง ไอเดียเดียวกันแต่เรานำมาใช้กับรถใหญ่ และก็ใส่คุณสมบัติพิเศษคือแทนที่รถซิ่งจะปล่อยไปทางระบบลำเลียงกลไกทางเชิงกล เราก็เปลี่ยนเป็นกลไกทางอิเล็กโทรนิกส์เชิงกล เป็นการดัดแปลงเพิ่มขึ้น

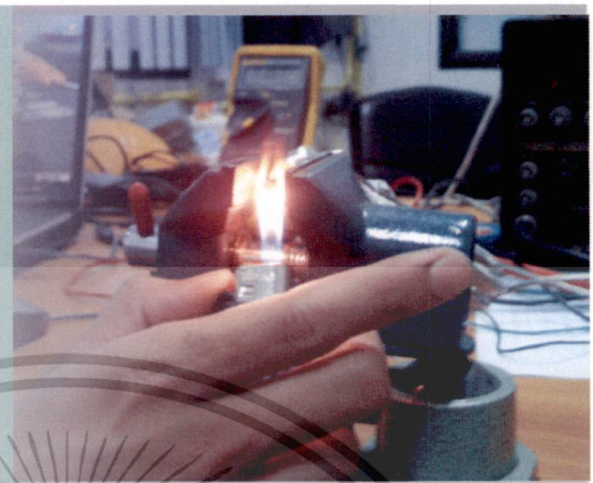
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของอุปกรณ์ตัวนี้คือ มีการแจ้งเตือนและควบคุมปริมาณความร้อนเป็นตัวเลข ซึ่งโดยปกติแล้วในรถดัดแปลงจะไม่มี มีแต่หน้าปัดบอกรอบเท่านั้น แต่ไม่มีบอกว่าไอเสียมันร้อนเท่าไหร่ หรือหม้อน้ำมันร้อนแค่ไหน แต่ตัวนี้เราจะรู้ล่วงหน้า ในขณะเดียวกันหากเกิดมีเหตุการณ์น้ำรั่ว ก็จะมีเสียงดังเตือน เพื่อให้คนขับได้ยิน เห็นทั้งภาพและเสียง ขณะเดียวกันถ้าคนขับใจลอยมองไม่เห็นความเร็วของรถก็จะลดลงไม่ทำให้รถเสียหลัก" รศ.ดร ปิติเขต กล่าว

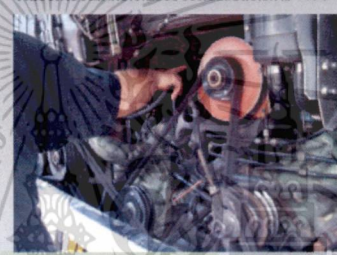
โดย เครื่องยนต์ในปัจจุบัน จะมีการดีไซน์ออกแบบสำหรับก๊าซเอ็นจีวีโดยตรง ซึ่งราคาค่อนข้างสูง อุปกรณ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศในรูป "ชุดคิท (kit)" หรือชุดสำเร็จพร้อมติดตั้งที่จำหน่ายต่อให้อู่ที่รับดัดแปลงรถ เพื่อนำไปติดตั้งกับรถดัดแปลงใช้ก๊าซ NGV ได้ทันที ทั้งนี้ชุดคิทนำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา อิตาลี และญี่ปุ่น ส่วนใหญ่จะมีราคาสูงแต่ให้ค่าความเที่ยงตรง และความคงทนดีกว่าของจีนซึ่งมีราคาถูกกว่า ส่วนสินค้าเกาหลีมีราคาและคุณภาพอยู่ประมาณกลางๆ ในบ้านเรายังไม่ค่อยมีผู้นำเข้ามากนัก ส่วนใหญ่จะนำมาในลักษณะเครื่องยนต์ดัดแปลง จะไม่มีอุปกรณ์แจ้งเตือนโดยตรง เกี่ยวกับเวลาเครื่องร้อนจัด ใช้กับเครื่องยนต์อะไรก็ได้ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ซอฟแวร์ที่ค่อนข้างอเนกประสงค์ แต่ในงานวิจัยชิ้นนี้ออกแบบมาเฉพาะ เขียนซอฟแวร์เฉพาะให้ใช้กับรถเอ็นจีวีเท่านั้น

ทั้งนี้ งานวิจัยดังกล่าว รศ.ดร ปิติเขต ยังมีการนำไปใช้ในหลักสูตรการเรียนการสอนอีกด้วย นับเป็นผลทางอ้อมที่มหาวิทยาลัยได้มีส่วนร่วม และเพื่อนำองค์ความรู้จากการวิจัยเหล่านี้มาถ่ายทอดให้นักเรียน นักศึกษา ได้เห็นถึงประโยชน์จากการศึกษา และศึกษาในอาชีพด้วยว่าเรียนแล้วสามารถใช้งานได้จริง สามารถออกแบบได้ และช่วยแก้ปัญหากับเชิงเศรษฐกิจและวิกฤตพลังงานของชาติได้ด้วย

"ไม่อยากให้มองว่าเป็นการสร้างของ แต่จริงๆ แล้วคือการสร้างคน เพราะเมื่อคนมีประสิทธิภาพแล้วจะไปสร้างผลงานอีกสักกี่ชิ้นก็ได้" นักวิจัยกล่าวทิ้งท้าย



ห้องทดลองการวัดค่าท่อไอเสียของรถดัดแปลงใช้ก๊าซ NGV



เครื่องยนต์ของรถทดลองเป็นรถโดยสารที่นำมาดัดแปลงใช้ก๊าซ NGV

การศึกษาการทำงานของระบบหัวฉีดก๊าซและการจุดระเบิด

นอกจากนี้ไม่เพียงประยุกต์ให้ใช้ได้แค่ในรถเท่านั้น แต่โรงงานประเภทแก๊สซิฟิเคชั่น เมื่อมีอุณหภูมิสูงหรือความดันสูงขึ้น ก็สามารถแจ้งเตือนได้ ในขณะเดียวกันก็ใช้ได้กับไฟในอาคาร กลุ่มป้องกันอัคคีภัยในโรงงาน สามารถช่วยแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ ในส่วนของต้นทุนการผลิตนั้น ก็ตกประมาณตัวละ 10,000 บาท แต่ถ้ามีการผลิตมาก ต้นทุนก็จะยิ่งถูกลดราคาตัวละ 5,000 บาท

สำหรับในอนาคต อุปกรณ์นี้สามารถปรับปรุงให้นำไปใช้ได้ทั้งรถ NGV และ LPG โดยการเปลี่ยนสเปคที่ซอฟแวร์ และขึ้นอยู่กับการเขียนโปรแกรมลงไปในชิป นับเป็นการออกแบบที่ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า เพราะเมื่อวิจัยมาแล้ว ก็สามารถนำมาต่อยอดได้ในกรณีที่มีความต้องการทางด้านอื่นต่อไป +

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้