การควบคุมเครื่องยนต์ชนิดจุดระเบิดด้วยการอัดที่ใช้ปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงแรงดันสูงแบบกลไกกึ่งไฟฟ้า

CONTROL OF COMPRESSION IGNITION ENGINE WITH ELECTRO-MECHANICAL HIGH PRESSURE FUEL INJECTION PUMP

รักษิต ฐิติพัฒนพงศ์[1*] พาทิน คงพะชา[1] สุรเดช ดวงภุมเมศ[1] ชญานนท์ แสงมณี[2] กุลเชษฐ์ เพียรทอง[2]
[1]งานวิจัยระบบอิเล็กทรอนิกส์จัดการเครื่องยนต์, หน่วยปฏิบัติการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (ศอ.) 112 อุทยานวิทยาศาสตร์ ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
โทร 0-2940-5824 โทรสาร 0-25646-774 *อีเมล raksit.thitipatanapong@nectec.or.th
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่อกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลับอุบลราชธานี, 85 ถ.สถลมาร์ค. อ. วารินชำราบ จ. อุบลราชธานี 34190

Raksit Thitipatanapong[1] Patin Pongkacha[1] Suradech Doungpummet[1] Chayarnon Saengmanee[2] Kulachate Pianthong[2]
[1]Electronics Engine Management, Embedded System Technology Laboratory,
National Electronic & Computer Technology Center (NECTEC)
112 Thailand Science Park, Klong 1, Klong Luang, Pathumthani 12120 THAILAND
Tel: 0-0-2940-5824 Fax: 0-2564-6774*E-mail: raksit.thitipatanapong@nectec.or.th
[2]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University Ubon Ratchathani 34190 THAILAND

บทคัดย่อ

เครื่องยนต์ดีเซลมีความสามารถในการใช้เชื้อเพลิงทดแทนที่ได้จากผลิตผลทางการเกษตรประเภทต่างๆได้ อย่างไรก็ตามเครื่องยนต์ดีเซลได้ถูกออกแบบมาให้ทำงานเหมาะสมกับน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียมซึ่งเมื่อนำเชื้อเพลิงทางเลือกอื่นๆมาใช้จะประสบปัญหาด้านการเผาไหม้ อาทิ เช่น การปลดปล่อยไนตรัสออกไดซ์ที่สูงขึ้นเมื่อใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพ หรือ การทดแทนพลังงานได้อย่างจำกัดในระบบเชื้อเพลิงร่วม ซึ่งทั้งสองกรณีมีคุณสมบัติการเผาไหม้ที่แตกต่างจากปิโตรเลียมดีเซล ในงานวิจัยนี้จะได้นำเสนอการพัฒนาระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมร่วมกับชุดคำสั่งสมองกลฝังตัวที่เหมาะสมเพื่อที่จะใช้ควบคุมปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงแรงดันสูงแบบกลไกกึ่งไฟฟ้าแบบแถวเรียงของ Zexel รุ่น NP-TO6HD120/32ARS2 ที่มีการทำงานแบบ TICS (Timing and Injection Rate Control System) และติดตั้งอยู่บนเครื่องยนต์ดีเซล 6 สูบขนาด 12,068 ซม.^{3} (Isuzu 6WA1-TC) โดยทำการทดสอบกับปิโตรเลียมดีเซล ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระบบสมองกลฝังตัวสามารถควบคุมเครื่องยนต์ดีเซลให้สามารถทำงานและสามารถปรับตั้งจังหวะการเริ่มฉีดน้ำมันเข้าสู่ห้องเผาไหม้โดยจังหวะการเริ่มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงมีผลโดยตรงต่อแรงบิดของเครื่องยนต์ที่สภาวะการจ่ายน้ำมันเดียวกัน การปรับจังหวะการเริ่มจ่ายน้ำมันเข้าสู่ห้องเผาไหม้จะมีประโยชน์ต่อการวิจัยพัฒนาการใช้พลังงานทางเลือกและพลังงานทดแทนมาเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลดปล่อยมลภาวะได้ตามมาตรฐานที่กำหนด

Abstract

Diesel engine has ability to consume variety of alternative fuel which produces from agriculture product. However, the engine is designated to burn petroleum based fuel that consuming alternative fuels will face problems in different combustion characteristics which are higher nitrous oxide emission in biodiesel or limited energy substitution in Dual-fuel system. In this paper, the engine management, embedded electronic control, with electro-mechanic high pressure fuel injection pump was proposed to optimize. The embedded system works with inline fuel injection pump Zexel (NP-TO6HD120/32ARS2) that operates in TICS mode (Timing and Injection Rate Control System) which installed in heavy duty diesel engine (Isuzu 6WA1-TC). The experiment revealed that advance injection timing affected to torque output at the same fuel quantity. This technique could be used to optimize combustion in alternative fuel in diesel engine to meet efficient and emission level.

1. บทนำ

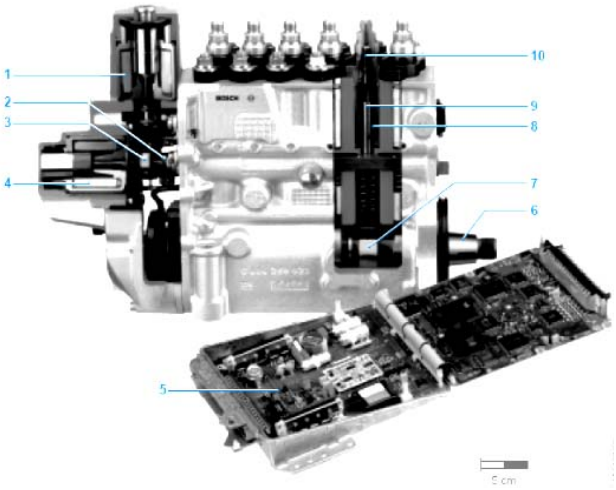
เครื่องยนต์ดีเซล (Diesel Engine)มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศโดยเป็นกำลังหลักในภาคขนส่งโดยมีการใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์แบบจุดระเบิดแบบการอัด (Compression Ignition, CI) เกือบครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำมันที่ใช้ในประเทศซึ่งเป็นการพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศเป็นหลัก [1] ส่งผลต่อเสถียรภาพทางด้านราคาและต้นทุนการดำเนินการ แม้ว่าจะมีการส่งเสริมให้ใช้ก๊าซธรรมชาติอัด (Compressed Natural Gas,CNG) ในรถยนต์เพื่อการพาณิชย์ขนาดใหญ่โดยการดัดแปลงเครื่องยนต์ให้ทำงานในระบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟฟ้า (Spark Ignition, SI) กลับพบข้อจำกัดในการพึ่งพาพลังงานฟอสซิลจากแหล่งเดียว, ประสิทธิภาพเครื่องยนต์ที่ลดลงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซล[2] อย่างไรก็ดีด้วยพื้นฐานของเครื่องยนต์ดีเซลซึ่งเป็นเครื่องยนต์ชนิดสันดาปภายในที่ใช้การจุดระเบิดด้วยการอัดตัวของอากาศในห้องเผาไหม้จนถึงอุณหภูมิติดไฟของเชื้อเพลิงซึ่งถูกฉีดเข้ามาด้วยความดันในจังหวะที่เหมาะสม ผลที่ได้คือเชื้อเพลิงสามารถเผาไหม้ได้ในอัตราส่วนผสมกับอากาศที่แปรผันตามภาระของเครื่องยนต์ได้ ทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพและสมรรถนะที่ดีกว่าเครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟที่ต้องความคุมอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศให้คงที่ตลอดย่านการทำงานเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ การที่เครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยการอัดสามารถทำงานกับอัตราส่วนการเผาไหม้ที่ไม่ขึ้นกับอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศ ได้นับเป็นข้อได้เปรียบต่อการใช้เชื้อเพลิงทดแทนที่มีค่าอัตราส่วนทางทฤษฎีการเผาไหม้ที่เปลี่ยนไปจากปิโตรเลียมดีเซล อีกทั้งในตอนเริ่มแรกของการพัฒนาเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์ก็เป็นน้ำมันถั่วลิสงซึ่งเป็นพลังงานที่ได้จากชีวภาพแต่ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 ที่มีการค้นพบและผลิตพลังงานจากปิโตรเลียมเครื่องยนต์ดีเซลจึงถูกพัฒนาให้ทำงานได้ดีกับน้ำมันจากปิโตรเลียมมากกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ

จากการค้นคว้าก่อนหน้าที่พบว่าเครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยการอัดสามารถพัฒนาเพื่อให้สามารถใช้พลังงานทดแทน (Alternative Fuels) ได้โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลักคือ 1) การประยุกต์ใช้พลังงานจากน้ำมันดีเซลชีวภาพ(Bio-Diesel) และ 2) การประยุกต์ใช้พลังงานในระบบเชื้อเพลิงร่วม (Dual-Fuel) โดยในกลุ่มแรกนั้นเป็นการพัฒนาเชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากชีวภาพที่มีค่าซีเทนสูงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียมโดยใช้ทดแทนในระบบเดิมแต่ในกลุ่มหลังนั้นเป็นการพัฒนาระบบที่ทำใช้เชื้อเพลิงที่มีค่าซีเทนต่ำซึ่งไม่สามารถจะทำงานในระบบจุดระเบิดด้วยการอัดได้โดยการใช้น้ำมันดีเซลที่มีค่าซีเทนสูงเป็นตัวนำการจุดระเบิดช่วยโดยมีประเด็นที่น่าสนใจดังนี้

จากการค้นคว้า [3] แสดงให้เห็นว่าน้ำมันดีเซลชีวภาพประเภทเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตจากไขมันพืชหรือสัตว์มีคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับปิโตรเลียมดีเซล สามารถนำมาใช้ในเครื่องยนต์โดยจะมีสมรรถนะลดลงเล็กน้อยเนื่องจากค่าความร้อนที่น้อยกว่าของดีเซลชีวภาพและการปลดปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจนเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้ปิโตรเลียมดีเซลเนื่องจากการทำงานของระบบจ่ายเชื้อเพลิงแรงดันสูงแบบกลไกที่ถูกกระตุ้นเร็วกว่าอันมีสาเหตุมาจากความหนาแน่นที่มากกว่าของดีเซลชีวภาพ อย่างไรก็ตามการปรับมุมการเริ่มจ่ายเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของระบบจ่ายเชื้อเพลิงให้เหมาะสมสามารถลดการปลดปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจนจนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้และยังปรับปรุงสมรรถนะให้เพิ่มขึ้นในส่วนของการประยุกต์ใช้พลังงานจากระบบเชื้อเพลิงร่วมนั้น

จากการศึกษา [4] พบว่าการใช้ก๊าซธรรมชาติและเอทานอลเป็นพลังงานสามารถทดแทนพลังงานจากปิโตรเลียมดีเซลได้กว่าร้อยละ 50 และยังคงประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่สูงของเครื่องยนต์ชนิดจุดระเบิดด้วยการอัด อีกทั้งยังพบว่าการปรับแต่งมุมการเริ่มจ่ายน้ำมันเพื่อการจุดระเบิดที่เหมาะสมกับระบบเชื้อเพลิงร่วมและการใช้ระบบสมองกลอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมเข้ามาช่วยในการจัดการเครื่องยนต์สามารถทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพดีขึ้นรวมถึงอัตราส่วนการทดแทนพลังงานที่ดีขึ้น

ในปัจจุบันที่เครื่องยนต์ดีเซลเองก็ได้นำเทคโนโลยีสมองกลฝังตัวเข้ามาประยุกต์ใช้โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องยนต์ที่ผ่านมาตรฐานทางไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลใหญ่ระดับที่ 3 มอก. 1295-2541 (EURO II) เป็นต้นมาจะใช้ระบบปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงแรงดันสูงเป็นแบบกลไกกึ่งไฟฟ้าที่ใช้สมองกลอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ควบคุมทั้งมุมการเริ่มจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้และปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง (TICS, Timing and Injection Rate Control System) ที่แสดงในรูปที่ 1 ซึ่งการปรับแต่งค่าในกล่องสมองกลจากผู้ผลิต (OEM, Original Equipment Manufacturer) ที่เหมาะสมกับเชื้อเพลิงที่เป็นปิโตรเลียมดีเซล การพัฒนาระบบควบคุมที่ยอมให้ผู้ใช้ปรับแต่งการจ่ายเชื้อเพลิงและกำหนดค่าที่เหมาะสมกับเชื้อเพลิงทดแทนแต่ละชนิดและสามารถกลับมาใช้เชื้อเพลิงปิโตรเลียมได้โดยปรับชุดคำสั่งของสมองกลอิเล็กทรอนิกส์[5] จะทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น



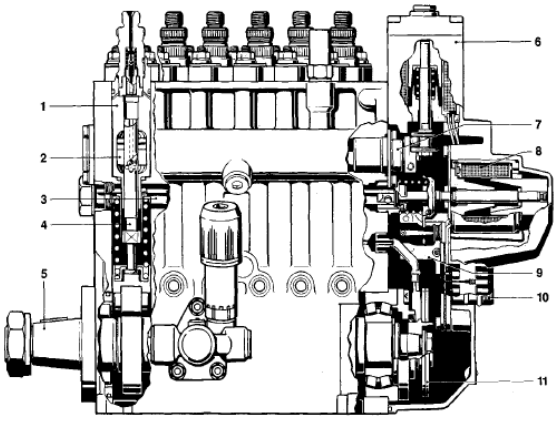
รูปที่ 1 ปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงแบบ TICS และสมองกลควบคุม

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาระบบสมองกลควบคุมสำหรับจัดการปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงแรงดันสูงในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ที่สามารถปรับแต่งตารางการจ่ายเชื้อเพลิงและตารางมุมองศาการเริ่มจุดระเบิดที่เหมาะสมในแต่ละภาวะการทำงานของเครื่องยนต์

2.ระบบปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงแรงดันสูงแบบกลไกกึ่งไฟฟ้า

ในศึกษานี้ได้ให้ความสนใจในระบบจัดการเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลที่เป็นแบบปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงแรงดันสูงที่ควบคุมด้วยระบบไฟฟ้าในการกำหนดการทำงาน ทั้งนี้ตัวปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงจะได้รับการควบคุมโดยระบบสมองกลควบคุมซึ่งมีหน้าที่ควบคุมรอบการทำงานของเครื่องยนต์มิให้สูงและต่ำจนเกินไป (Speed Governer) และปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงมิให้มากจนเกินปริมาณอากาศที่จะเผาไหม้ได้ (Complete Combustion) ในรูปที่ 2 โดยมีรายละเอียดดังนี้ (1) ปลอกลูกปั๊ม: Pump barrel, (2) ปลอกควบคุม: Control sleeve, (3) ก้านควบคุม: Control rack, (4) ลูกปั๊ม: Pump plunger, (5) เพลาลูกเบี้ยวส่งกำลัง: Camshaft, (6) โซลินอยด์ควบคุมการเริ่มจ่าย, (7) เพลาควบคุมกระบอกปรับจังหวะการจ่าย, (8) โซลินอยด์ควบคุมก้านควบคุมปลอกควบคุม, (9) เซนเซอร์วัดระยะของก้านควบคุม และ (10) ส่วนเชื่อมต่อสัญญาณไฟฟ้า

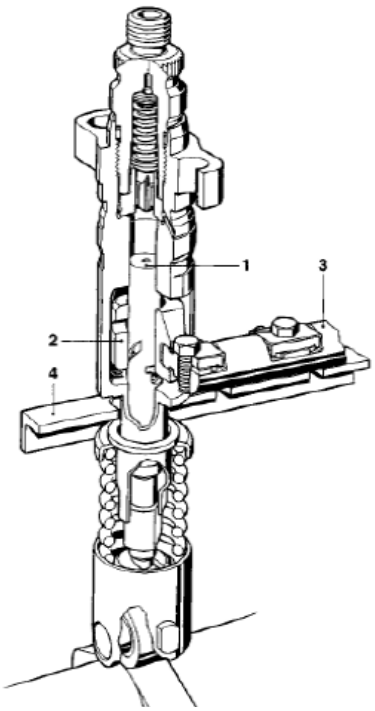
ในส่วนควบคุมมุมการเริ่มจ่ายน้ำมันเข้าสู่ห้องเผาไหม้ (TICS) โดยใช้ระบบปลอกควบคุม (Control Sleeve) ได้แสดงรายละเอียดในการทำงานในรูปที่ 3 โดยที่ก้านที่ติดกับปลอกจะทำหน้าที่กำหนดจังหวะปิดของปลอกลูกปั๊มทำให้มีแรงดันส่งน้ำมันออกสู่หัวฉีดในห้องเผาไหม้



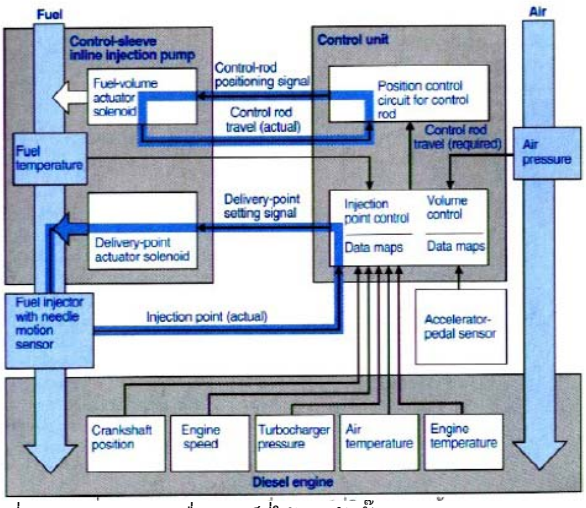
รูปที่ 2 รายละเอียดของปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงแรงดันสูง

3.การพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว

จากรูปที่ 4 เป็นแบบแผนของการควบคุมของระบบสมองกลฝังตัวของผู้ผลิต โดยที่ตำแหน่งของก้านควบคุมและปลอกควบคุมจะถูกปรับแต่งโดยการใช้สัญญานป้อนกลับจากเซนเซอร์ตำแหน่งชนิด LVDT และ RVDT ในส่วนของก้านควบคุมและปลอกควบคุมตามลำดับ โดยสัญญาณป้อนกลับที่เป็นอัตราส่วนระหว่างความต่างศักดิ์ที่ออกมาจากขดลวด (U_a) ต่อความต่างศักดิ์อ้างอิง (U_{ref}) จะแปรผันตรงกับระยะของก้านหรือปลอกควบคุมที่แสดงในรูปที่ 5 ซึ่งถูกนำไปใช้ในการควบคุมแบบ PID ในการประมวลสัญญาณที่ถูกขับออกมาในรูปแบบพลัสของความถี่ (FPWM, Frequency Pluse Wide Modulation) ในการควบคุมโซลินอยด์ทั้งสองเพื่อปรับตำแหน่งที่ถูกต้องโดยการปรับความกว้างของสัญญาณในรูปที่ 6 เพื่อให้มีความเข้มของสนามแม่เหล็กในโซลินอยด์ให้เหมาะสมและทำการควบคุมปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและองศาการเริ่มจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่แสดงในรูปที่ 7

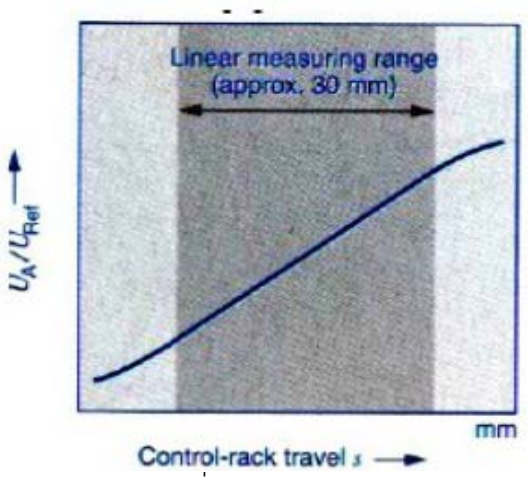


รูปที่ 3 รายละเอียดการทำงานของก้านควบคุม

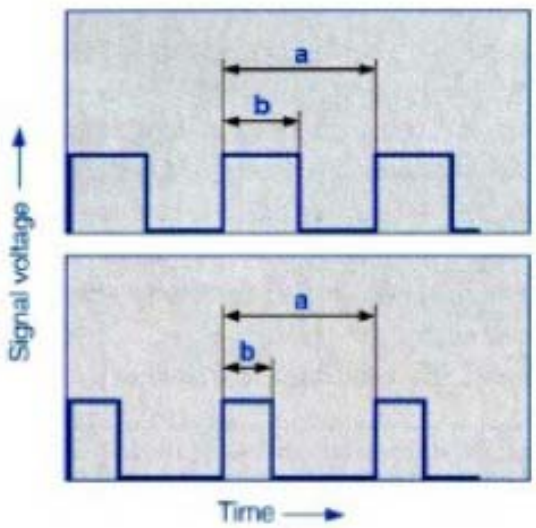


รูปที่ 4 ระบบควบคุมเครื่องยนต์ที่ใช้ร่วมกับปั๊ม TICS

โดยระบบสมองกลควบคุมได้พัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม NECTEC ECU-M163 ที่เป็น dsPic ชนิด 16 บิต ในการประมวลผลการควบคุมตำแหน่งของก้านควบคุมและปลอกควบคุม (รูปที่ 8) สำหรับในงานวิจัยได้เพียงทำการทดสอบระบบสมองควบคุมปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงแรงดันสูงเบื้องต้น โดยมีแผนการควบคุมตามรูปที่ 9



รูปที่ 5 รูปแบบสัญญาณควบคุม



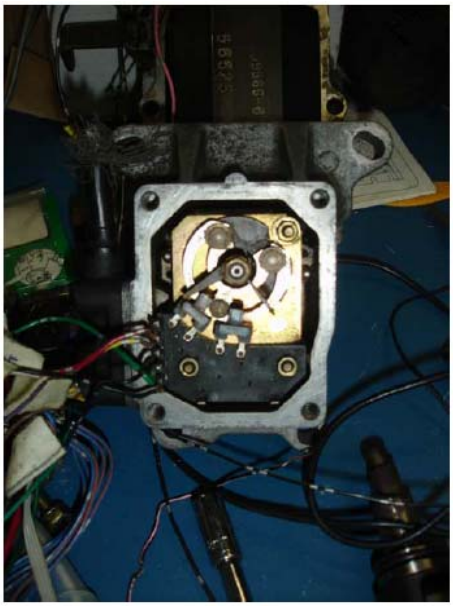
รูปที่ 6 ตัวอย่างสัญญาณป้อนกลับ

4.ผลการทดสอบ

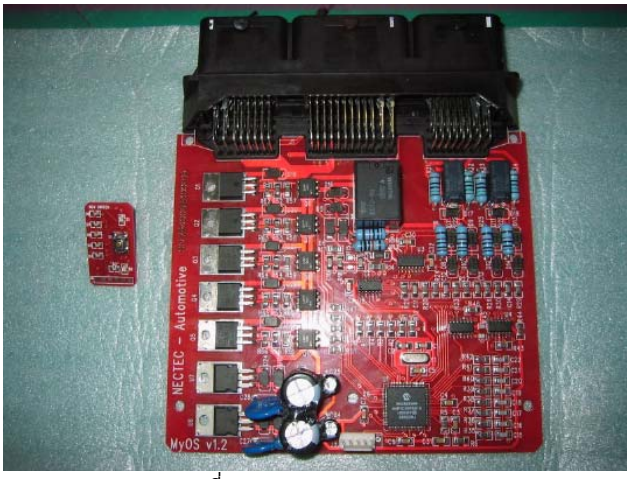
การทดสอบการควบคุมปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงแรงดันสูงโดยการทดสอบบนเครื่องยนต์ขนาดใหญ่โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 1 ที่ติดตั้งแท่นทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ที่มีโดยการทดสอบได้ปรับตำแหน่งการจ่ายเชื้อเพลิง (Control Rack Position) ให้คงที่ในทุกการทดสอบและทำการทดสอบที่รอบเครื่องยนต์ระหว่าง 1,000 - 2,000 รอบต่อนาที โดยทีมีการปรับมุมองศาการเริ่มจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงระหว่าง 6°BTDC – 36°BTDC

ตารางที่ 1 รายละเอียดของเครื่องยนต์ทดสอบ

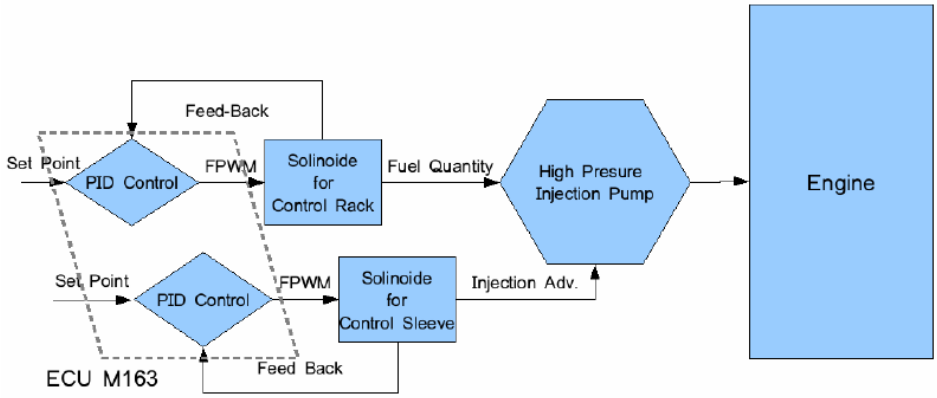
เครื่องยนต์	Isuzu 6WA1-TC
จำนวนกระบอกสูบ	6
ขนาดความจุกระบอกสูบ	12,068 ลบ.ซม.
อัตราส่วนกำลังอัด	16:01
ระบบประจุอากาศ	เทอร์โบชาร์จพร้อมอินเตอร์คูลเลอร์
ปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงแรงดันสูง	Zexel แบบ TICS รุ่นNP-TO6HD120/32ARS2



รูปที่ 7 โซลินอยด์ควบคุมของก้านควบคุม (บน) และปลอกควบคุม (ล่าง)



รูปที่ 8 NECTEC ECU-M163



รูปที่ 9 แบบแผนการควบคุม

จากรูปที่ 10 แสดงถึงอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในแต่ละสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ทดสอบ จะเห็นได้ว่าที่รอบการทำงานเดียวกันเครื่องยนต์มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงใกล้เคียงกันหรืออาจจะเรียกได้ว่าเท่ากันซึ่งเป็นผลมาจากจากการควบคุมตำแหน่งการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้คงที่ อย่างไรก็ดีที่รอบเครื่องยนต์สูงขึ้นกลับมีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากความถี่ของการจ่ายเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นแม้ว่าอัตราการถ่ายเทเชื้อเพลิงต่อการชัก (CC/Stroke) ซึ่งถูกควบคุมจากก้านควบคุมจะคงที่ก็ตาม ในรูปที่ 11 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้และรอบการทำงานของเครื่องยนต์จะเห็นได้ว่ารอบเครื่องยนต์ในการทดสอบ แปรผันตรงกับอัตราการไหลของอากาศแต่ไม่ขึ้นกับมุมการเริ่มจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง จากผลการทดสอบข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าปริมาณพลังงานที่ถูกส่งเข้าสู่ห้องเผาไหม้มีความใกล้เคียงกัน

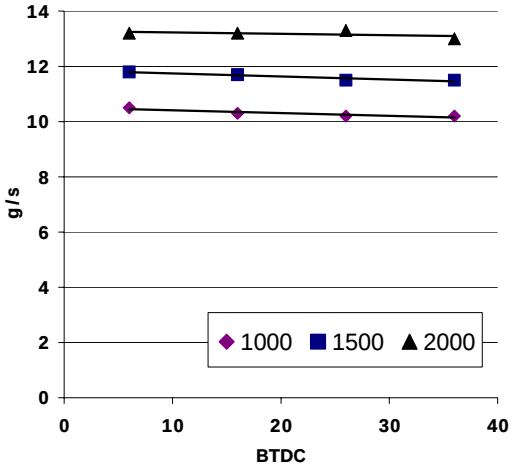
ผลการทดสอบสมรรถนะด้วยการวัดค่าแรงบิดที่เครื่องยนต์สร้างออกมาได้แสดงในรูปที่ 12 จะเห็นได้ว่าแรงบิดลดลงตามรอบการทำงานของเครื่องยนต์โดยที่มุมการเริ่มจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ให้ค่าแรงบิดสูงที่สุดในทุกรอบการทำงานที่ 6°BTDC และการปรับมุมองศาที่เพิ่มขึ้นกลับทำให้แรงบิดลดลงในทุก ๆรอบการทำงานของเครื่องยนต์ทั้งนี้เป็นผลมากจากการควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงที่ยังมิได้เป็นภาระสูงสุด อนึ่งจะเห็นได้ว่ามุม 6°BTDCเป็นมุมที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ค่าความดันประสิทธิผลเฉลี่ย (Brake Mean Effective Pressure) ในรูปที่ 13 แล้วกลับพบว่าผลการทดสอบที่อยู่ในช่วงระหว่าง 300 – 500 kPa ซึ่งเป็นภาระต่ำเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานของเครื่องยนต์ดีเซลที่ 1,100 kPa[6]

จากการทดสอบข้างต้นสามารถสรุปในเบื้องต้นได้ว่าการปรับแต่งมุมการเริ่มจ่ายเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์จะส่งผลต่อสมรรถนะของเครื่อยนต์ อย่างไรก็ตามการวิจัยนี้ยังพบปัญหาและอุปสรรคที่ยังคงต้องดำเนินงานต่อไปดังนี้

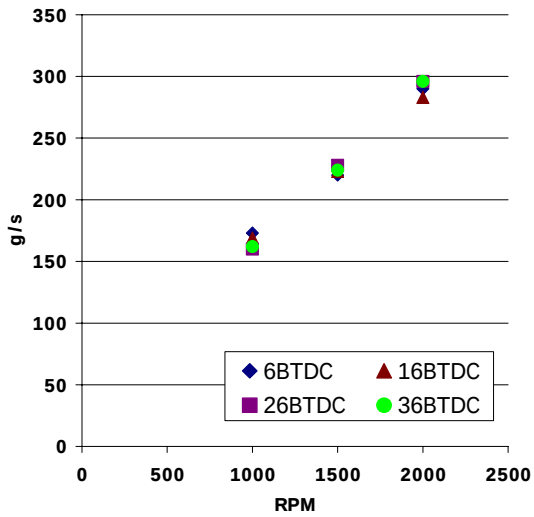
1. ปัญหาจากการควบคุมระบบป้อนกลับยังคงพบความผิดพลาดในระบบป้อนกลับของชุดวัดตำแหน่งของก้านควบคุมซึ่งส่งผลต่อเนื่องถึงการพัฒนาระบบควบคุมรอบเครื่องยนต์ (Speed Governing) ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับระบบควบคุมเครื่องยนต์ดีเซลด้วยอิเล็กทรอนิกส์
2. อีกทั้งฟังก์ชั่นถ่ายโอนของปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงแรงดันสูงเปลี่ยนแปลงตามพลวัตรของการทำงานทำให้การทำงานของระบบ PID ไม่เพียงพอต่อการควบคุม จากปัญหานี้ทำให้การพัฒนาชุดคำสั่งสมองกลฝังตัวของเครื่องยนต์ต้องทำแบบเฉพาะรุ่นซึ่งอาจส่งผลต่อต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น
3. จากปัญหาข้างต้นการพัฒนาวิธีการปรับแต่งเครื่องยนต์สมควรใช้วิธีการที่ให้ระบบสมองกลควบคุมรอง (Secondary ECU) สร้างทำการดัดแปลงสัญญานป้อนกลับในสมองกลหลัก (เดิมที่มีในเครื่องยนต์) ทั้งในส่วนของปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิง (Fuel Quantity) และมุมการ เริ่มจ่ายเชื้อเพลิง (Injection Advance) ได้เพื่อทำการปรับแต่งให้เหมาะสมการเชื้อเพลิง ซึ่งจะลดภาระของชุดคำสั่งในระบบสมองกลฝังตัว

5. สรุป

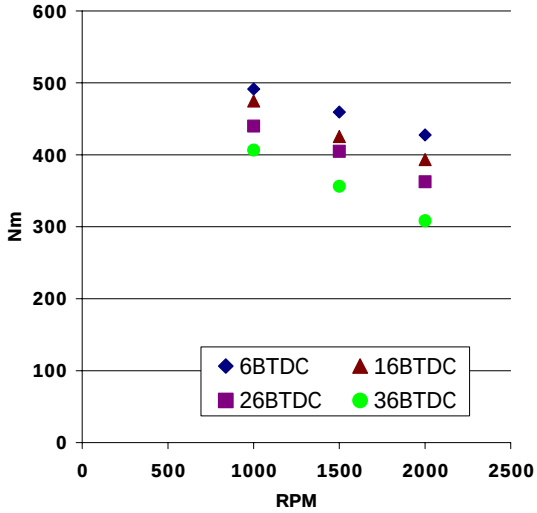
ในการประยุกต์ใช้พลังงานทางเลือกในเครื่องยนต์ดีเซลอย่างมีประสิทธิภาพมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปรับปรุงระบบจัดการเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับเชื้อเพลิง ระบบสมองกลอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมเป็นตัวเลือกหนึ่งที่สามารถรองรับการทำงานของเครื่องยนต์กับเชื้อเพลิงที่หลากหลายได้โดยการเปลี่ยนชุดคำสั่งโดยมิต้องทำการดัดแปลงทางด้านกลไกของเครื่องยนต์ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาระบบสมองกลหลักเพื่อควบคุมปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงแรงดันสูงชนิดกลไกกึ่งไฟฟ้าที่สามารถปรับแต่งได้ทั้งปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงและมุมการเริ่มจ่ายเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้จากผลการทดสอบการทำงานโดยการวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์พบว่าที่สภาวะควบคุมเดียวกับมุมการเริ่มจ่ายเชื้อเพลิงที่มีผลกระทบโดยตรงต่อแรงบิดของเครื่องยนต์ อย่างไรก็ดีในการพัฒนาระบบสมองกลควบคุมหลักที่ยังพบปัญหาในด้านการควบคุมและชุดคำสั่งที่จำเฉพาะเจาะจงกับรุ่นเครื่องยนต์ ในงานนี้ได้เสนอทางแก้ไขในการปรับแต่งเครื่องด้วยอิเล็กทรอนิกส์โดยการใช้สมองกลควบคุมรอง (Seondary ECU) ในการดัดแปลงสัญญาณเพื่อให้ได้การควบคุมที่เหมาะสมแทน



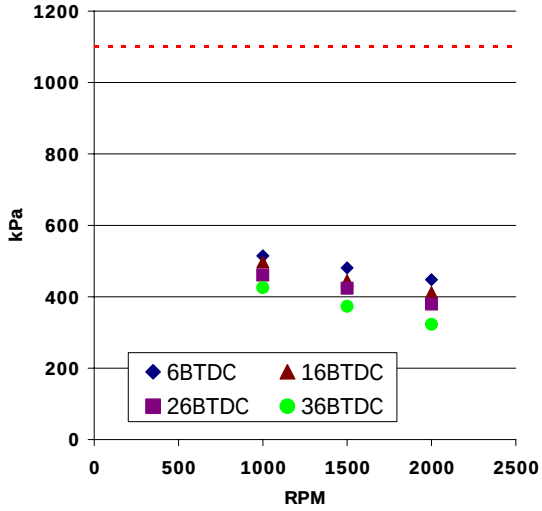
รูปที่ 10 อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับมุมการเริ่มจ่ายน้ำมันที่รอบการทำงานต่าง



รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบเครื่องยนต์และอัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้



รูปที่ 12 ค่าแรงบิดเปรียบเทียบกับรอบการทำงานของเครื่องยนต์



รูปที่ 13 ค่าแรงดันประสิทธิผลเฉลี่ยเปรียบเทียบกับรอบการทำงานของเครื่องยนต์

6. กิตติกรรมประกาศ

ทั้งนี้ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณณัฐวุฒิ นาคเขียว, คุณกิตติบดี เศรษญนันท์ และ คุณอนันต์ วิวรรณธนมุกดา ในการปรับแต่งแท่นทดสอบเครื่องยนต์ขนาดใหญ่

7. เอกสารอ้างอิง

[1] "ข้อมูลพลังงาน" สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 6 กุมพาพันธ์ 2550] http://www.eppo.go.th/info/2petroleum_stat.htm

[2] รักษิต ฐิติพัฒนพงศ์, "น้ำมันดีเซลสังเคราะห์: พลังงานทางเลือกในภาคขนส่ง?" การประชุมสัมนาวิชาการสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ ครั้งที่ 3, สมาคมวิศวกรรมยานยนต์แห่งประเทศไทย (TSAE), 2550

[3] รักษิต ฐิติพัฒนพงศ์, "ผลกระทบต่อเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงทดแทน: วรรณกรรมวิจารณ์", ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, KM ID 5008101, 2550.

[4] รักษิต ฐิติพัฒนพงศ์, "ผลกระทบต่อเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ระบบเชื้อเพลิงร่วม: วรรณกรรมวิจารณ์", ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, KM ID 5008122, 2550.

[5] รักษิต ฐิติพัฒนพงศ์, "ระบบจัดการเครื่องยนต์ดีเซล การควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์", ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, KM ID 4912014, 2549.

[6] Heywood, J. B., 1988, Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill, New York.