

ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ปริญญานิพนธ์
ของ
บุญชัย เจียรวัฒนานุกุล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2548
ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

๒๖๙.๑๖๘
๓๔๖๕๖
๗.๖

ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

๓๐ ส.ค. ๒๕๔๘

บทคัดย่อ
ของ
บุญชัย เจียรวัฒนานุกุล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม ๒๕๔๘

๐๐๑

บุญชัย เจียรวัฒนานุกุล.(2548). ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับ เครื่องยนต์แก๊สโซลีน. ปรินญานิพนธ์ กศม.(อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันทรกุล, อาจารย์โยภาส สุขหวาน.

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยทำการประเมินประสิทธิผลในการทดสอบ 3 ด้านคือ ทดสอบการรั่วซึมของหัวฉีด ทดสอบความแตกต่างของปริมาณน้ำมันที่ได้จากหัวฉีดที่ทดสอบ ทดสอบการฉีดเป็นฝอยละอองของหัวฉีด และศึกษาความเหมาะสมของตัวเครื่องทดสอบโดยการประเมินสมรรถนะ 3 ด้าน คือด้านกายภาพทั่วไป

ด้านบำรุงรักษา ด้านความเหมาะสมการนำไปใช้งาน โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ8ท่านเป็นผู้ประเมินจากแบบสอบถาม วิธีการดำเนินการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยได้สร้างอุปกรณ์ในการควบคุมหัวฉีดโดยใช้หลักการทำงานของเครื่องยนต์ในการกระตุ้นหัวฉีด โดยหัวฉีดจะถูกกระตุ้นการทำงานด้วยไฟฟ้า ในขณะที่มีน้ำมันเชื้อเพลิงจากท่อน้ำมันเข้ามาสู่ตัวหัวฉีด จะมีแรงดันน้ำมันซึ่งส่งมาจากปั้มน้ำมันไฟฟ้าซึ่งมีแรงดันประมาณ 2.5-5 บาร์ ซึ่งจะมารออยู่ในหัวฉีดแล้ว แต่น้ำมันไม่สามารถเคลื่อนตัวผ่านออกไปภายนอกหัวฉีดได้เพราะวาล์วขนาดเล็กปิดกั้นทางออกไว้ตัววาล์วนี้จะยึดกี่ยวกับแกนเลื่อนขดลวดไฟฟ้าและมีโซลินอยด์ขนาดเล็กติดตั้งอยู่ภายในหัวฉีด เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเข้ามาภายในหัวฉีดจะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำดึงแกนเข็มวาล์วหัวฉีดให้ถอยหลังที่ปลายเข็มหัวฉีดจึงเกิดเป็นช่องขนาดเล็กน้ำมันเชื้อเพลิงที่มารออยู่ในหัวฉีดจึงเคลื่อนตัวผ่านทางช่องนี้พุ่งออกไปเป็นฝอยละออง ซึ่งเมื่อหมดกระแสไฟฟ้าแล้ว เข็มวาล์วหัวฉีด ก็จะเคลื่อนตัวไปอุดรูทางออก ของน้ำมันเชื้อเพลิงไว้เช่นเดิม

ผลการทดลองในการประเมินประสิทธิผลของงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นในการวิเคราะห์ถึงความแตกต่างจากปริมาณน้ำมันที่หัวฉีดแต่ละหัวฉีดออกมาในระยะเวลาการฉีดที่เท่ากัน โดยใช้กระบอกแก้วตวงมาตรฐานบอกค่าเป็น “มิลลิลิตร”ทำให้สามารถรู้ได้ว่าหัวฉีดใดมีปัญหาในการฉีดน้ำมันบ้างและยังอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถใช้ได้หรือไม่ ในส่วนของตัวเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ออกแบบโดยเน้นความกระชับรัดกุมและความสะดวกในการใช้งานซึ่งเครื่องทดสอบที่สร้างขึ้นสามารถทดสอบหัวฉีดได้ครั้งละ 4 หัวโดยสามารถทดสอบได้กับหัวฉีดหลายรุ่น โดยผลการทดสอบด้านประสิทธิภาพของตัวเครื่องทดสอบที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพร้อยละ 97.51 โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาชีพนานยนต์ จำนวน 8 ท่านเป็นผู้ประเมิน ผลการประเมินสมรรถนะด้านกายภาพทั่วไปของเครื่องทดสอบมีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่าเฉลี่ย=4.23 ด้านบำรุงรักษาของเครื่องทดสอบหัวฉีดมีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่าเฉลี่ย= 4.16 และผลการประเมินสมรรถนะด้านความเหมาะสมการนำไปใช้งานของเครื่องทดสอบหัวฉีดมีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่าเฉลี่ย= 4.24

สรุปได้ว่าประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนมีประสิทธิภาพร้อยละ 97.15 และผลการประเมินสมรรถนะด้านกายภาพทั่วไป ด้านการบำรุงรักษา ด้านความเหมาะสมการนำไปใช้งาน จากการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในเกณฑ์ดี

DESIGN AND CONSTRUCTION OF INJECTORS TESTER FOR GASOLINE ENGINE

AN ABSTRACT

BY

BOONCHAI CHIANWATTANANUKUL

Presented in partial fulfillment of the Requirement for the
Master of Education Degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University
May 2005

Boonchai Chianwattananukul. (2005). *Desige and Construction of Injectors Tester for Gasoline Engine* . Master thesis. M.Ed.(Industrial Education). Bangkok : Graduate School. Srinakarinwirot University. Chairman Committee: Dr.Upawit suwakantakul, Advisor Committee: Mr. Ophast Sookwhan.

The objectives of this research are to help design and build electronics injector for gasoline automobiles. To do so, we compared the fuel level of sample injector and standard injector. This research can also be used as guidelines for students and those who are interested in the injection field.

This research also helps readers to be able to analyze the differences of fuel level on each injector that injected at the same time by using graduate measured in milliliter in order to be able to know the difficulty of using fuel injector whether it can be applicable. The body of electronics fuel injector for gasoline automobiles is designed for easy and comfortable usage. Besides, it is designed to use with at least 4 injectors at a time. Moreover, it can be used with various models and especially with Mitsubishi 4G63 injector. The level of efficiency of this tester showed 97.51%.

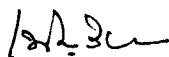
To evaluate the efficiency of the electronics fuel injector for gasoline automobiles, the researchers based on three aspects (1) general physical (2) maintenance (3) safety. In addition, the eight experts in mechanism have concluded that the level of electronics fuel injector for gasoline automobiles based on those three aspects showed the average of 4.23, 4.24 and 4.24 respectively.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ของ
นายบุญชัย เจียรวัฒนานุกุล

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

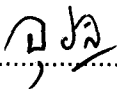


.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)

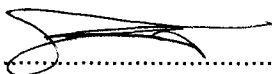
วันที่ 14 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2548

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์



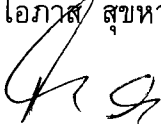
..... ประธาน

(อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล)



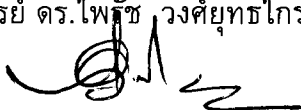
..... กรรมการ

(อาจารย์ โอภาส สุขหวาน)



.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)



.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดีเป็นเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจากท่านผู้ทรงคุณวุฒิหลายท่านที่กรุณาให้คำแนะนำ เสียสละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาและให้ข้อเสนอแนะการทำปริญญานิพนธ์จนสำเร็จตามวัตถุประสงค์ดังรายนามต่อไปนี้ อาจารย์ ดร.อุพิทย สุวคันธกุล ประธานกรรมการควบคุมการสอบปริญญานิพนธ์ อาจารย์โอภาส สุขหวาน กรรมการควบคุมการสอบปริญญานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ คณะกรรมการแต่งตั้งเพิ่มเติมควบคุมการสอบปริญญานิพนธ์ อาจารย์อุทัย มั่นวงศ์ อาจารย์วินัส ทัดเนียม นายสันติ ชาดรูปะชีวิน นายประเสริฐ พงศ์คณิตานนท์ นายวัฒนาทองสวัสดิ์ นายคมพงศ์ ทิมประเทือง นายสายันต์ ประเสริฐผล อาจารย์ธงชัย สถาพรนานนท์ เป็นผู้เชี่ยวชาญที่กรุณาในการตอบแบบสอบถามปริญญานิพนธ์ให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ในการพัฒนาความรู้

ขอขอบคุณนายอนุสรณ์ กาลดิษฐ์ เจ้าหน้าที่คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และให้คำแนะนำงานโครงสร้างตัวเครื่องทดสอบ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน บริษัทร็อกฮิทเพ้นท์ติ้ง จำกัด บริษัทโรเบิร์ต บ็อบ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน และให้ข้อคิดเห็นชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

บุญชัย เจียรพัฒนานุกุล

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
	ความสำคัญของการวิจัย	3
	ขอบเขตของการวิจัย.....	3
	ตัวแปรที่ศึกษา	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ	4
	กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
	สมมุติฐานการวิจัย.....	5
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
	ทฤษฎีเกี่ยวกับหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์.....	6
	หลักการออกแบบเครื่องจักรกล.....	34
	เกณฑ์มาตรฐานในการประเมินประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์.....	37
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	38
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	40
	วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	40
	สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	41
	การดำเนินการวิจัย	41
	การรวบรวมข้อมูล.....	45
	การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	45
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	47
	การหาประสิทธิภาพเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์.....	51
5	สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	56
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	56
	สมมุติฐานการวิจัย.....	56
	วิธีดำเนินการวิจัย.....	56
	ผลการวิจัย	59

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
อภิปรายผล	60
ข้อเสนอแนะ	60
บรรณานุกรม.....	62
ภาคผนวก	65
ประวัติย่อผู้วิจัย	105

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงรายการวัสดุในการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	43
2	แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบการทดสอบ	47
3	แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบการทดสอบ	48
4	แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบการทดสอบ	48
5	แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบการทดสอบ	48
6	แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบการทดสอบ	49
7	แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบการทดสอบ	49
8	แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบการทดสอบ	49
9	แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบการทดสอบ	50
10	แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบการทดสอบ	50
11	แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบการทดสอบ	50
12	แสดงค่าความผิดพลาดของหัวฉีดมาตรฐานกับหัวฉีดตัวอย่าง	51
13	การวิเคราะห์ทางกายภาพทั่วไปของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	52
14	การวิเคราะห์ลักษณะการนำไปใช้งานของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	53
15	การวิเคราะห์ลักษณะการบำรุงรักษาของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	53
16	สรุปตารางวิเคราะห์สมรรถนะจากแบบประเมินเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	54
17	ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ	55

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 อุปกรณ์ต่างๆของระบบ เค-เจทรอนิก	8
2 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบควบคุมด้วยกลไกร่วมกับอิเล็กทรอนิกส์	9
3 ชิ้นส่วนระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบควบคุมด้วยกลไกร่วมกับอิเล็กทรอนิกส์.....	11
4 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบควบคุมด้วยกับอิเล็กทรอนิกส์.....	12
5 โครงสร้างและอุปกรณ์ของระบบดีเจทรอนิก	13
6 แสดงตำแหน่งจุดติดตั้งของหัวฉีด.....	14
7 แสดงอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี.....	17
8 แสดงไดอะแกรมการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการเชื้อเพลิงพื้นฐาน.....	19
9 แสดงตำแหน่งการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด.....	23
10 หลักการของของระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบ D-JETRONIC.....	24
11 หลักการของของระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบ L-JETRONIC.....	24
12 แสดงส่วนประกอบของระบบเชื้อเพลิงและไดอะแกรมการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง.....	26
13 แสดงส่วนประกอบของปั๊มส่งน้ำมันเชื้อเพลิง.....	28
14 แสดงส่วนประกอบของกรองน้ำมันเชื้อเพลิง.....	28
15 แสดงชุดวางน้ำมันเชื้อเพลิงและจุดยึด.....	29
16 แสดงชุดควบคุมแรงดันน้ำมัน.....	30
17 แสดงหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์.....	32
19 แผนภูมิแสดงการกำหนดระยะเวลาในการฉีดของคอมพิวเตอรืควบคุม.....	38
20 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	41
21 อุปกรณ์และส่วนประกอบเครื่องทดสอบหัวฉีด.....	42
22 แสดงการออกแบบวงจรและลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ.....	44
23 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับ เครื่องยนต์แก๊สโซลีน ด้านบน.....	90
24 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับ เครื่องยนต์แก๊สโซลีน ด้านบน.....	90
25 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับ เครื่องยนต์แก๊สโซลีน ด้านหน้า.....	91
26 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับ เครื่องยนต์แก๊สโซลีน ด้านหน้า.....	91
27 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับ เครื่องยนต์แก๊สโซลีน ด้านหลัง.....	92
28 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับ เครื่องยนต์แก๊สโซลีน.....	92
29 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับ	

บัญชีภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
เครื่องยนต์แก๊สโซลีน.....	93
30 แสดงการปรับ เปรียบเทียบการตั้งค่าจากเครื่องวิเคราะห์สภาพเครื่อง ยนต์และตัวเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์.....	93
31 แสดงการทำงานของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่อง ยนต์แก๊สโซลีน.....	94
32 แสดงการติดตั้ง จุดยึดหลอดแก้วกับเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	94
33 แสดงการติดตั้ง จุดยึดหัวฉีดเข้ากับเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	95
34 แสดงเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน.....	95
35 แสดงห้องประจุไอดีของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	96
36 ส่วนประกอบของระบบเชื้อเพลิงและไดอะแกรมการไหลของน้ำมัน.....	96
37 หลักการเบื้องต้นของระบบ EFI.....	97
38 ตัวอย่างแผนภูมิการควบคุมระยะเวลาในการฉีด.....	97
39 ส่วนประกอบของระบบฉีดเชื้อเพลิง D-JETRONIC.....	98
40 ส่วนประกอบของระบบฉีดเชื้อเพลิง L-JETRONIC.....	98
41 หลักการทำงานของ EFI แบบ L-JETRONIC.....	99
42 ส่วนประกอบและชิ้นส่วนของระบบฉีดเชื้อเพลิง KE-JETRONIC	99
43 ลักษณะการเทียบค่าระยะเวลาการยกของเข็มหัวฉีด ที่ 3.0ms.....	100
44 ลักษณะการเทียบค่าระยะเวลาการยกของเข็มหัวฉีด ที่ 3.2ms.....	100
45 ลักษณะการเทียบค่าระยะเวลาการยกของเข็มหัวฉีด ที่ 3.8 ms.....	101
46 ลักษณะการเทียบค่าระยะเวลาการยกของเข็มหัวฉีด ที่ 4.0ms.....	101
47 ลักษณะการเทียบค่าระยะเวลาการยกของเข็มหัวฉีด ที่ 4.2ms.....	102
48 ลักษณะการเทียบค่าระยะเวลาการยกของเข็มหัวฉีด ที่ 4.8 ms.....	102
49 ลักษณะการเทียบค่าระยะเวลาการยกของเข็มหัวฉีด ที่ 5.0 ms.....	103

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ยานพาหนะประเภทรถยนต์และรถจักรยานยนต์ ได้กลายเป็นสิ่งจำเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย นับวันจะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่การเพิ่มผิวจราจรไม่ได้สัดส่วนกับจำนวนรถจึงส่งผลกระทบต่อชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชนก่อให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด อีกทั้งยังเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาอากาศเป็นพิษและเสียงรบกวนสารพิษที่เกิดจากไอเสียของรถยนต์ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพอนามัยซึ่งคนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครหรือย่านการค้าชุมชนหนาแน่นต่างๆต้องสูดดมหายใจเข้าไปทุกวันอย่างไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้

การทำงานของเครื่องยนต์หากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์จะทำให้เกิดสารพิษปล่อยออกมาจากท่อไอเสียของรถยนต์อันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดอากาศเป็นพิษ ยานพาหนะต่างๆ ที่ขับเคลื่อนไปได้ด้วยพลังงานการเผาไหม้ของน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซลของเครื่องยนต์เช่น รถยนต์เครื่องบิน รถจักรยานยนต์ รถสามล้อเครื่อง เรือยนต์ จะปล่อยสารพิษก๊าซไอเสียต่างๆหลายชนิดออกมาทางท่อไอเสีย อาทิเช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน ออกไซด์ของไนโตรเจน สารตะกั่วสู่อากาศในอัตราสูงโดยเฉพาะรถยนต์เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดก๊าซไอเสียอย่างมากและควบคุมแก้ไขได้ยากยิ่งโดยเฉพาะในเขตชุมชนหรือกรุงเทพมหานคร มีรถยนต์เพิ่มขึ้นทุกปีเพราะรถยนต์ได้กลายเป็นปัจจัยที่สำคัญของมนุษย์เมื่อมีการจราจรคับคั่ง เมื่อสูดดมหายใจเอาก๊าซพิษเข้าไปในร่างกายแล้ว จะมีผลต่อร่างกายทำให้เวียนศีรษะ อ่อนเพลีย เพราะสมองได้รับออกซิเจนน้อยนั่นเอง

จากการสำรวจพบว่าเมื่อเครื่องยนต์เผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงไป 1 แกลลอนจะมีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ออกมาประมาณ 3 ปอนด์ (ดร.วิจิตร บุญยะโทตระ ; ชีวิตและสิ่งแวดล้อม) สาเหตุหนึ่งของการเกิดมลพิษคือ รถยนต์ที่มีเครื่องยนต์ไม่สมบูรณ์ การปรับแต่งเครื่องยนต์ไม่ถูกต้อง ซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหามลพิษในอากาศ ทำให้สุขภาพของผู้ที่ได้รับสารพิษเข้าไปมีสุขภาพ อนามัยเสื่อมโทรมทรุดลงเพราะเมื่อสูดเข้าไปทุกวันๆย่อมทำให้เกิดพิษภัยคือรู้สึกปวดศีรษะ จิตใจไม่สบาย อ่อนเพลีย มีอารมณ์ฉุนเฉียว โกรธง่าย และจะเป็นอันตรายมากขึ้นเพราะรถยนต์เพิ่มขึ้น การถ่ายเทอากาศไม่ดี มีตึกกรมบ้านช่องมากขึ้น ทำให้อากาศถ่ายเทไม่สะดวกสิ่งเหล่านี้จะเพิ่มอันตรายได้หากไม่ได้รับวางแผนแก้ไขอย่างถูกวิธี แม้หน่วยงานราชการ เช่นกรมควบคุมมลพิษ กรมการขนส่งทางบกจะพยายามหาทางแก้ไขอยู่ก็จริง แต่ดูเหมือนว่าการแก้ไขไม่ถูกจุดจึงดูเหมือนไม่ได้ผล ในขณะที่สถิติการจำหน่ายรถยนต์ในแต่ละวันแต่ละเดือนยังมียอดจำหน่ายสูงจนน่าเป็นห่วงว่าจะไม่มีถนนให้รถแล่นได้ ทั้งที่ในปัจจุบันนี้ถนนสายต่างๆก็ยังแออัดไม่พอที่จะรองรับจำนวนรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ ปัญหาที่ตามมาคือมลพิษที่เกิดจากไอเสียของยานพาหนะทุกๆคันคือที่มาของมลพิษในอากาศ เมื่อรวมกับแหล่งมลพิษอื่นๆแล้วคุณภาพของอากาศกำลังอยู่ในขั้นวิกฤตและอาจจะเลวร้ายถึงขั้นอันตรายได้เนื่องจากอากาศที่เราสูดดมหายใจเข้าไปเต็มไปด้วยมลพิษ จากการศึกษาพบว่าวิธีหนึ่งที่สามารถป้องกันและลดสารพิษจากยานพาหนะคือผู้เป็นเจ้าของหรือผู้ขับขี่รถยนต์จะต้องหมั่นบำรุงรักษาสภาพของเครื่องยนต์ มีการปรับแต่งเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพที่ดีอยู่เสมอรวมถึงลักษณะการขับขี่ที่ถูกต้อง สำหรับรถที่ใช้ น้ำมันเบนซินควรตรวจสอบเครื่องยนต์เป็นพิเศษ 2 ประการคือ

ประการแรกควรมีการปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์โดยปรับอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำมันกับอากาศให้ถูกต้อง โดยช่างผู้ชำนาญงานประการที่สองสำหรับรถที่ใช้ระบบหัวฉีดไฟฟ้าหรือหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์จะต้องมีการตรวจสอบหัวฉีดให้ตรงตามค่ากำหนดของผู้ผลิตรถยนต์ของแต่ละบริษัทนั้นๆ และหัวฉีดต้องฉีดน้ำมันเป็นละออง ถ้า

หัวฉีดปรับแรงดันไม่ได้ หรือฉีดน้ำมันไม่เป็นฝอยละออง ให้ทำความสะอาดหรือเปลี่ยนชุดหัวฉีดใหม่ หัวฉีดเป็นอุปกรณ์ที่จะต้องเอาใจตามระยะเวลาขณะที่กำหนดอยู่เสมอเพื่อเป็นการรักษาให้มีอายุการใช้งานได้นาน

นอกจากจะปรับแต่งและตั้งแรงดันให้ได้ตามที่กำหนดแล้วจะต้องดูลักษณะการฉีดน้ำมันให้เป็นฝอยละออง ฝอยตัว หัวฉีดเมื่อใช้ไปนาน ๆ เข็มหัวฉีดอาจสึกหรือหลวมกับตัวเรือนหัวฉีด เกิดเขม่าอุดตัน ถ้าปรากฏว่าเกิดการรั่วที่ปลายหัวฉีดควรจะต้องบดเข็มหัวฉีดให้นั่งบ่าได้แนบสนิท ถ้าทำการบดแล้วปรากฏว่ารั่วอีก ควรเปลี่ยนใหม่ (อ่ำพล ชื่อดรง. 2527)

ประการที่สองควรตรวจสอบกำลังอัดของเครื่องยนต์ และระบบไฟจุดระเบิดให้เหมาะสม ถูกต้องและอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ป้องกันและแก้ไขมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ คือติดตั้งอุปกรณ์เพื่อควบคุมมลพิษจากท่อไอเสียโดยแยกประเภทติดตั้งนี้ รถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วควรติดตั้งเครื่องบำบัดไอเสียรถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลควรติดตั้งเครื่องกรองควันดำ (กองอนามัยสิ่งแวดล้อม. สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร .2544)

จากสภาพของปัญหาด้านมลพิษในอากาศซึ่งสาเหตุหนึ่งมีสาเหตุมาจากสภาพของเครื่องยนต์ที่ขาดการบำรุงรักษา ขาดการแก้ไขเครื่องยนต์อย่างถูกวิธี จึงทำให้เกิดปัญหาด้านมลพิษในอากาศและสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ จากสภาพปัญหาดังกล่าว จึงเป็นเหตุจูงใจให้ผู้วิจัยคิดหาวิธีที่จะช่วยลดปัญหาด้านมลพิษทางอากาศและสิ่งแวดล้อมจากเครื่องยนต์และวิธีการหนึ่งที่สามารถกระทำได้และได้ผลคือวิธีการดูแลรักษาเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์เสมอ ส่วนประกอบของเครื่องยนต์ที่ผู้วิจัยให้ความสำคัญคือ หัวฉีดของเครื่องยนต์ แก๊สโซลีนซึ่งหัวฉีดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เมื่อใช้งานไประยะเวลาหนึ่งก็จะเกิดปัญหาเรื่อง การอุดตันของหัวฉีด ซึ่งเกิดจากปัจจัยและองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น น้ำมันเชื้อเพลิงสกปรกทำให้หัวฉีดอุดตัน เป็นต้น

การวิจัยนี้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญของตัว เครื่องทดสอบหัวฉีดเนื่องจากไม่สามารถผลิตได้เองในประเทศ จึงต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น เครื่องทดสอบหัวฉีดบริษัท นิวเอจ จากประเทศออสเตรเลียมีราคาสูงถึงเครื่องละประมาณ 250,000 บาท เนื่องจากมีราคาสูงมากตามสถานศึกษาจึงไม่มีงบประมาณในการจัดซื้อ ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะศึกษาค้นคว้าวิจัยเรื่อง ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยการหาประสิทธิภาพผลเทียบกับหัวฉีดมาตรฐานจากผู้ผลิต โดยใช้หลักการของระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์ในรถยนต์ ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยใช้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะของเครื่องทดสอบ 3 ด้านคือ ด้านกายภาพทั่วไป ด้านการบำรุงรักษา ด้านความเหมาะสมการนำไปใช้งาน และทำการทดสอบหาประสิทธิภาพผลของเครื่องทดสอบ โดยมุ่งเน้นในการวิเคราะห์ถึงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันที่หัวฉีดแต่ละหัวฉีดออกมาในระยะเวลาการฉีดที่เท่ากันโดยใช้กระบอกตวงมาตรฐานซึ่งเป็นแก้วใสมีสเกลบอกปริมาณน้ำมันที่ทดสอบได้โดยมีหน่วยเป็นมิลลิลิตร ทำให้สามารถรู้ได้ว่าหัวฉีดหัวใดมีปัญหาในการฉีดน้ำมันบ้าง และยังอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถใช้งานได้หรือไม่ ในส่วนของตัวเครื่องทดสอบ ออกแบบโดยเน้นความกระชับ และความสะดวกในการใช้งานซึ่งเครื่องทดสอบที่สร้างขึ้นสามารถทดสอบหัวฉีดได้ครั้งละ 4 หัว โดยสามารถทดสอบได้กับหัวฉีดหลายบริษัท อาทิเช่น หัวฉีดบ็อส หัวฉีดนิปปอนเดนโซ หัวฉีดวาร์โอ เป็นต้น

การวิจัยดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อการบำรุงรักษาเครื่องยนต์อย่างถูกวิธี อาทิเช่นสามารถประหยัดงบประมาณเรื่องการเปลี่ยนหัวฉีดก่อนอายุงานของหัวฉีดที่ควรเปลี่ยน ประหยัดเชื้อเพลิงลงได้และช่วยให้สมรรถนะของเครื่องยนต์สูงขึ้น ช่วยประหยัดงบประมาณในเรื่องการนำเข้าเครื่องทดสอบจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพงกว่างานวิจัยนี้มากถึง 4-5 เท่า นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงในสาขาวิชาช่างยนต์ได้อีกด้วย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
2. เพื่อประเมินประสิทธิผลและสมรรถนะของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ความสำคัญของการวิจัย

ผลจากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้เครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่สามารถ ทดสอบการรั่วซึมของหัวฉีด ทดสอบเปรียบเทียบอัตราการจ่ายน้ำมัน ทดสอบลักษณะการฉีดเป็นฝอยละอองของหัวฉีด

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุตามความมุ่งหวังที่ตั้งไว้ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตของการวิจัยในการสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนไว้ดังนี้

1. ลักษณะของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ออกแบบและสร้างขึ้นนี้ใช้สำหรับหัวฉีดแก๊สโซลีนเท่านั้น
2. เป็นเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ที่สามารถทดสอบประสิทธิภาพของหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์โดยการเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการทดสอบจากหัวฉีดตัวอย่างทั้ง 4 หัว
3. ขนาดของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน มีความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร สูง 40 มิลลิเมตร
4. มีคู่มือประกอบการใช้งาน

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่

1. ประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
 - 1.1 ทดสอบการรั่วซึมของหัวฉีด
 - 1.2 ทดสอบเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำมันจากการทดสอบ
 - 1.3 ลักษณะการฉีดเป็นฝอยละออง
2. สมรรถนะของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
 - 2.1 ลักษณะทางกายภาพ ของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
 - 2.2 ลักษณะการใช้งาน ของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
 - 2.3 ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งานของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

นิยามศัพท์เฉพาะ

เครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์

หมายถึงเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและสามารถทดสอบประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่สามารถทดสอบหัวฉีดจากการเปรียบเทียบค่าจากการทดสอบจากหัวฉีดตัวอย่าง

ประสิทธิภาพ

หมายถึงความสามารถในการทดสอบของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ทดสอบการรั่วซึมของหัวฉีด

หมายถึงเครื่องทดสอบสามารถทำการตรวจสอบการรั่วซึมของหัวฉีดที่ทำการทดสอบได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือตามค่ามาตรฐานของหัวฉีด คือภายใน30วินาทีต้องรั่วซึมไม่เกิน1หยด

ทดสอบอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง

หมายถึงเครื่องทดสอบสามารถทำการทดสอบหาปริมาณการจ่ายน้ำมันตามค่ามาตรฐานของหัวฉีดทดสอบได้ และเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันของหัวฉีดแต่ละหัวได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือตามค่ามาตรฐานของหัวฉีด คือ 219.5 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที ที่แรงดัน 300บาร์

ลักษณะการฉีดเป็นฝอยละออง

หมายถึงความสามารถของเครื่องทดสอบหัวฉีดสามารถบอกมุม รูปร่าง ลักษณะการฉีดของหัวฉีดได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือตามค่ามาตรฐานของหัวฉีด คือ 45 องศา

สมรรถนะ

หมายถึงความสามารถในการทำงานของเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน สามารถทำได้สมบูรณ์ ใน 3 ด้านคือ

ลักษณะทางกายภาพ

หมายถึง ขนาดของเครื่อง ความสวยงามของการติดตั้งอุปกรณ์ ความแข็งแรง ความปลอดภัยขณะใช้งานและการออกแบบได้อย่างเหมาะสม

ลักษณะการใช้งาน

หมายถึง ความสามารถการทำงานในระบบได้สะดวก รวดเร็ว ประหยัดเวลา

ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน

หมายถึง การสามารถนำไปใช้งานได้ในห้องเรียน โรงฝึกงานหรือสถานศึกษา และความสามารถในการเคลื่อนย้ายได้ง่าย

EFI ย่อมาจาก Electronically controlled Fuel Injection หมายถึงการควบคุมการฉีดโดยการใช้อิเล็กทรอนิกส์

D ย่อมาจาก druck ซึ่งภาษาเยอรมันอ่านว่า ดรุค ตรงกับภาษาอังกฤษว่า Pressure หมายถึงแรงดัน ในที่นี้หมายถึง การควบคุมการฉีดน้ำมันโดยอาศัยแรงดันในท่อไอดีเป็นหลัก

L ย่อมาจากคำว่า luft เป็นภาษาเยอรมันอ่านว่า ลุฟท์ ตรงกับภาษาอังกฤษคำว่าAir หมายถึงอากาศ นั่นคือการฉีดน้ำมันโดยอาศัยปริมาณการไหลของอากาศเข้าสู่ท่อไอดีเป็นหลัก

K ย่อมาจาก kontinuierlich เป็นภาษาเยอรมันอ่านว่า คอน-ติ-นอย-เออ-ลิช ตรงกับภาษาอังกฤษคำว่า infection หมายถึงลักษณะการฉีดที่ฉีดต่อเนื่องตลอดเวลา ซึ่งมีชื่อเรียกเป็นภาษาอังกฤษเต็มว่า continuous injection system

KE หมายถึง ระบบฉีดต่อเนื่องและใช้อิเล็กทรอนิกส์ควบคุม

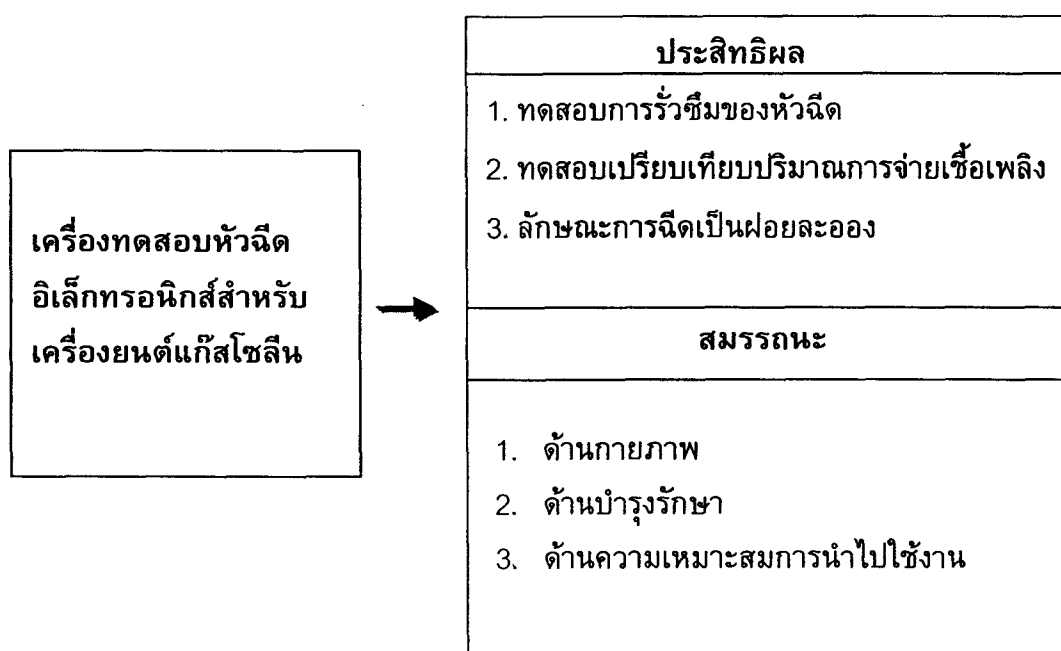
ECU ย่อมาจากคำว่า Electronic Control Unit หมายถึงชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์หรือเรียกสั้นๆว่า ชุดควบคุม

TCCS ย่อมาจากคำว่า Toyota Computer Controlled System หมายถึงการควบคุมการฉีดเบนซินด้วยอิเล็กทรอนิกส์

Ms ย่อมาจาก Millisecond (มิลลิวินาที) เป็นระยะเวลาการเปิด-ปิดหัวฉีด ระยะเวลาการฉีด(duration injection) ช่วงเวลาที่เข็มหัวฉีดเปิดน้ำมัน ฉีดจนถึงปิด การเริ่มฉีด (start of injection) เป็นเรื่องของเวลาที่นมหนูเริ่มยกเปิดให้น้ำมันฉีด หัวฉีดช่วยสตาร์ท (start valve) เป็นหัวฉีดที่ทำงานด้วยไฟฟ้าซึ่งจะฉีดน้ำมันเข้าไปเพิ่มเติมโดยการฉีดเข้าท่อร่วมไอดี เพื่อให้ส่วนผสมเหมาะสมสตาร์ทเมื่อเครื่องยังเย็นอยู่

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตัวแปรที่ศึกษา



สมมุติฐานการวิจัย

เครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพและสมรรถนะอยู่ในระดับดี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้นำเสนอตามหัวข้อดังนี้

1. ทฤษฎีเกี่ยวกับหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์
2. หลักการออกแบบเครื่องทดสอบหัวฉีด
3. เกณฑ์มาตรฐานในการประเมินประสิทธิภาพและสมรรถนะเครื่องทดสอบหัวฉีด
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ทฤษฎีเกี่ยวกับหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์

1.1 หัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์

ลักษณะการทำงานของหัวฉีดจะถูกระตุ้นการทำงานด้วยไฟฟ้า ในขณะที่มีน้ำมันเชื้อเพลิงจากท่อน้ำมันเข้ามาสู่ตัวหัวฉีด จะมีแรงดันน้ำมันซึ่งส่งมาจากปั้มน้ำมันไฟฟ้าซึ่งมีแรงดันประมาณ 2.5-5 บาร์ ซึ่งจะมารออยู่ในหัวฉีดแล้วแต่น้ำมันไม่สามารถเคลื่อนตัวผ่านออกไปภายนอกหัวฉีดได้เพราะวาล์วขนาดเล็กปิดกั้นทางออกไว้ ตัววาล์วนี้จะยึดเกี่ยวกับแกนเลื่อนขดลวดไฟฟ้าและมีโซลินอยด์ขนาดเล็กติดตั้งอยู่ภายในหัวฉีด เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเข้ามาภายในหัวฉีดจะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำดึงแกนเข็มวาล์วหัวฉีดให้ถอยหลัง ที่ปลายเข็มหัวฉีดจึงเกิดเป็นช่องขนาดเล็กน้ำมันเชื้อเพลิงที่มารออยู่ในหัวฉีดจึงเคลื่อนตัวผ่านทางช่องนี้ พุ่งออกไปเป็นฝอยละออง ซึ่งเมื่อหมดกระแสไฟฟ้าแล้ว เข็มวาล์วหัวฉีด ก็จะเคลื่อนตัวไปอุดรูทางออก ของน้ำมันเชื้อเพลิงไว้เช่นเดิม

เครื่องยนต์ที่ใช้ระบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ โดยทั่วไปจะมีหัวฉีดสลับ 1 ตัวติดตั้งอยู่บริเวณท่อไอดี สามารถแบ่งแยกได้ตามลักษณะของเข็มหัวฉีดได้ 2 แบบคือ หัวฉีดแบบเข็มและหัวฉีดแบบรู และแบ่งตามค่าความต้านทานของหัวฉีดได้ 2 แบบ คือหัวฉีดแบบค่าความต้านทานต่ำประมาณ 2-3 โอห์ม และแบบค่าความต้านทานสูงประมาณ 13.8 โอห์ม ในเครื่องยนต์หัวฉีดรุ่นแรกๆมักจะใช้หัวฉีดแบบเข็มและแบบค่าความต้านทานต่ำส่วนเครื่องยนต์ในปัจจุบันจะใช้หัวฉีดแบบรูและแบบค่าความต้านทานสูง

ความเป็นมาของระบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Fuel Injection) ระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงได้ถูกนำมาใช้เพื่อปรับปรุงสมรรถนะของอากาศยาน (Air craft) เนื่องจากเครื่องยนต์ของอากาศยานต้องทำงานในที่สูงภายใต้อากาศที่แปรปรวนทำให้คาร์บูเรเตอร์ไม่เหมาะสมที่จะใช้งานในสภาวะเช่นนี้ จึงได้นำระบบฉีดเชื้อเพลิงมาใช้แทนคาร์บูเรเตอร์ และในปี พ.ศ.2493 บริษัทเดมเลอร์เบนซ์ (Daimler Benz) ได้สร้างรถแข่งโดยดัดแปลงจากคาร์บูเรเตอร์มาเป็นระบบฉีดเชื้อเพลิงซึ่งให้กำลังได้ดีกว่า ผลปรากฏว่าได้รับชัยชนะในการแข่งขัน จากนั้นเป็นต้นมาก็ได้มีการปรับปรุงพัฒนาระบบหัวฉีดเบนซินเรื่อยมา โดยระบบหัวฉีดได้เริ่มทำเรียนแบบการฉีดของเครื่องยนต์ดีเซลคือมีรูปร่างและการทำงานคล้ายปั้มเรียงแถวของเครื่องยนต์ดีเซล แตกต่างกันที่การฉีดของหัวฉีดไม่ได้ฉีดเข้าห้องเผาไหม้ แต่จะฉีดเข้าที่ท่อร่วมไอดีหรือฉีดเข้าในท่อแยกไอดีบริเวณหลังลิ้นไอดี และแรงดันของน้ำมันที่ใช้ในการฉีด 2.5-5 บาร์ (Bar) หรือ Kg/Cm² ผู้คิด ผลิตและพัฒนาระบบหัวฉีดคือบริษัทโรเบิร์ต บ็อช (Robert Bosch Gmbh) แห่งสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมันหรือเรียกสั้นๆว่า Bosch ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์

ระบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ยังแบ่งได้เป็นหลายแบบเช่น D-Jetronic, K-Jetronic, KE-Jetronic,

L-Jetronic เป็นต้น แต่ละแบบจะแตกต่างกันเรื่องอุปกรณ์การทำงานซึ่งได้มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกันไป (จำนอง 2538:9) ระบบหัวฉีดหรือระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในรถยนต์นั่งโดยทั่วไป จะมีอยู่ 3 แบบด้วยกันคือ

1.2 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบควบคุมด้วยกลไก (K-Jetronic)

ระบบหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบควบคุมด้วยกลไกหรือ K-Jetronic เป็นหัวฉีดเบนซินทำงานด้วยกลไกทั้งหมดหรือเรียกว่าควบคุมด้วยไฮดรอลิกส์เป็นระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบต่อเนื่องที่เครื่องยนต์ทำงาน(Continuous Injection System) ซึ่งบริษัท บ็อย ประเทศเยอรมนีเป็นผู้ผลิตขึ้น มีใช้กันมากในรถที่ผลิตในยุโรป เช่น รถเมอร์เซเดสเบนซ์ รุ่น 450 SEL และ 500 SEL รถบีเอ็มดับเบิลยู รุ่น 320i และ 323i (E21) หลักการทำงานเมื่อเปิดสวิตช์จุดระเบิด ON เชื้อเพลิงจากถังถูกปั๊มเชื้อเพลิงดูดขึ้นมาแล้วส่งผ่านกรองเชื้อเพลิงทันทีโดยมีตัวปรับแรงดัน (PRESSURE REGULATOR) เป็นตัวควบคุมแรงดันน้ำมันให้คงที่และส่งต่อไปยังอุปกรณ์จ่ายน้ำมัน ในเวลาเดียวกันเซนเซอร์หัวฉีดสตาร์ทยอมให้กระแสไฟจากสวิตช์จุดระเบิดไหลผ่านลงดินได้ หัวฉีดช่วยสตาร์ทจะฉีดเชื้อเพลิงเข้าในท่อร่วมไอดีอีกส่วนหนึ่ง เครื่องยนต์จะได้ส่วนผสมอย่างเพียงพอทำให้สตาร์ทติดง่าย และหลังจากเครื่องติดแล้วแต่อุณหภูมิเครื่องยนต์ยังไม่สูงเกินเกณฑ์ที่กำหนดเซนเซอร์หัวฉีดสตาร์ทยังคงต้องจรดต่อไป จนกว่าอุณหภูมิเครื่องยนต์จะสูงถึงกำหนด จึงตัดวงจรหัวฉีดช่วยสตาร์ทในทันทีอย่างเดียวกัณลิ้นอากาศจะปิดไม่ให้อากาศไหลผ่านตัวลิ้นอากาศต่อไปคือไม่มีการเพิ่มอากาศนั่นเอง

1.2.1 โครงสร้างของระบบ เค-เจทโรนิก ประกอบด้วย

1.2.2 ถังเชื้อเพลิง (Fuel Tank) ใช้บรรจุน้ำมันเชื้อเพลิงถังเชื้อเพลิง

1.2.3 ปั๊มเชื้อเพลิงไฟฟ้า (Electric Fuel Pump) ซึ่งเป็นแบบเซลล์ลูกกลิ้งทำหน้าที่ปัมน้ำมันส่งไปเลี้ยงในระบบ

1.2.4 ชุดสะสมแรงดันเชื้อเพลิง (Fuel Accumulator) ทำหน้าที่กักเก็บน้ำมันและรักษาแรงดันเชื้อเพลิงไว้เป็นระยะเวลานานหลังจากดับเครื่องยนต์แล้ว

1.2.5 กรองเชื้อเพลิง (Fuel Filter) ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกออกจากเชื้อเพลิง

1.2.6 ชุดควบคุมส่วนผสม (Mixture control unit) เป็นชุดสำคัญของระบบเค-เจทโรนิก ทำหน้าที่จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงไปฉีดที่หัวฉีดให้ได้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมกับปริมาณอากาศที่ผ่านไปยังกระบอกสูบซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆดังต่อไปนี้

1.2.7 ลิ้นแรงดันแตกต่างกันเป็นลิ้นสำหรับเปิดให้น้ำมันไหลไปยังหัวฉีด ลิ้นที่ถูกปิดโดยแผ่นไดอะแฟรมซึ่งคั่นระหว่างแรงดันในระบบและแรงดันฉีด

1.2.8 แผ่นวัดการไหลของอากาศจะยกตัวสูง ถ้าอากาศผ่านมากและจะยกตัวเพียงเล็กน้อยถ้าอากาศเข้าน้อยและจะมีกระเดื่องไปควบคุมลูกสูบ

1.2.9 ชุดควบคุมแรงดันวงจรปฐมภูมิ ทำหน้าที่รักษาแรงดันเชื้อเพลิงในระบบให้คงที่

1.2.10 สกรูปรับส่วนผสมสำหรับปรับส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันให้เหมาะสมกัน

1.2.11 ชุดส่งสัญญาณการไหลของอากาศเป็นวงจรไฟฟ้ารับอากาศจากตำแหน่งการยกตัวของแผ่นวัดการไหลของอากาศ

1.2.12 ลูกสูบควบคุมน้ำมัน ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันน้ำมันระหว่างแรงดันในระบบหรือแรงดันปฐมภูมิกับแรงดันฉีด ทางเดินเชื้อเพลิงที่ผ่านการตรงแล้วน้ำมันที่ผ่านทางนี้แล้วก็จะผ่านลิ้นแรงดันแตกต่างกันที่หัวฉีด แรงดันที่ท่อทางเดินเชื้อเพลิงนี้จะเท่ากับแรงดันน้ำมันในห้องแรงดันห้องบนคือประมาณ 4.6 บาร์

1.2.13 ตัวควบคุมอุ่นเชื้อเพลิง (Warm Up Regulator) ทำหน้าที่ควบคุมส่วนผสมให้ส่วนผสมหนาเมื่อเครื่องยนต์ยังเย็นอยู่และจะควบคุมส่วนผสมให้บางลงเมื่อเครื่องยนต์ร้อน

1.2.14 หัวฉีด (Injector) เป็นแบบกลไกซึ่งจะฉีดเชื้อเพลิงตลอดเวลาตั้งแต่เครื่องยนต์เริ่มสตาร์ทจนดับเครื่อง

1.2.15 หัวฉีดช่วยสตาร์ท (Electric start valve) เป็นหัวฉีดที่ทำงานด้วยไฟฟ้าจะต่อแบบอนุกรมเข้ากับสวิตช์อุณหภูมิจึงเวลาการฉีดน้ำมันจะฉีดเข้าที่ร่วมไอดี เพื่อให้ส่วนผสมหนาขณะสตาร์ทเครื่องหรือเครื่องยังเย็นอยู่

1.2.16 ท่อร่วมไอดี

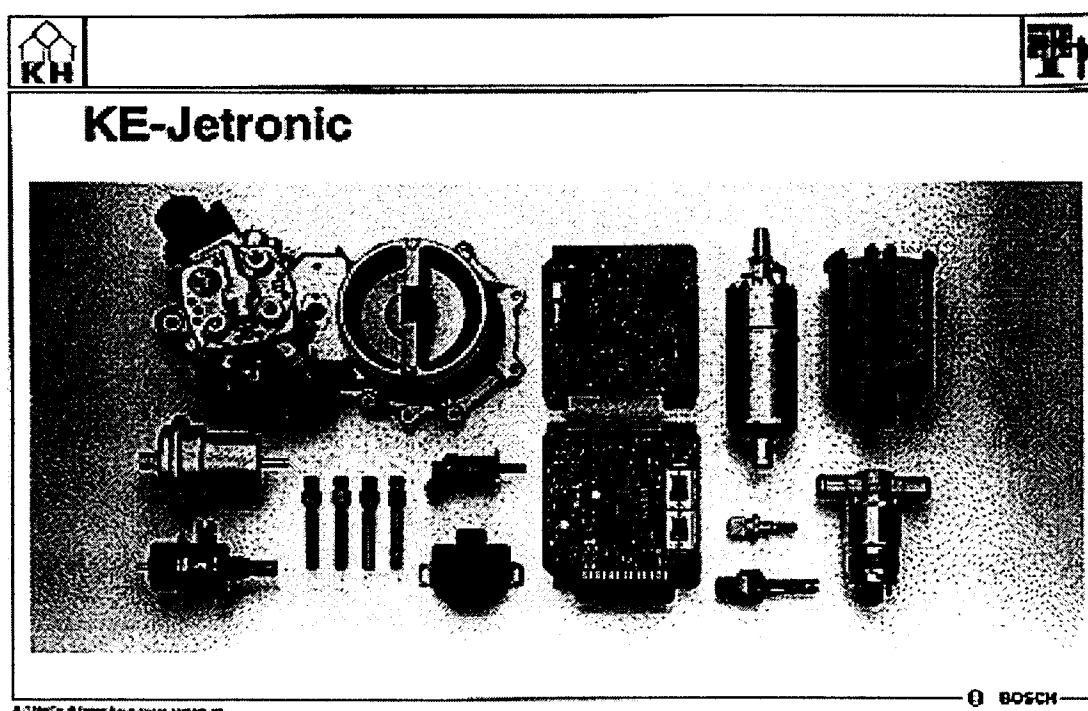
1.2.17 ลิ้นเพิ่มอากาศหรือลิ้นอากาศช่วย (Auxiliary air valve) ทำหน้าที่เพิ่มปริมาณอากาศเข้ากระบอกสูบให้มากขึ้นขณะเครื่องยังเย็นอยู่เพื่อให้เครื่องยนต์เดินเบาได้โดยไม่สั่นหรือดับ

1.2.18 สวิตช์อุณหภูมิและเวลา หรือ TT สวิตช์ (Thermo time switch) ทำหน้าที่ควบคุมการฉีดน้ำมันของหัวฉีดช่วยสตาร์ท โดยจะให้ฉีดน้ำมันขณะเครื่องยังเย็นอยู่และหยุดฉีดเมื่อเครื่องร้อนและยังควบคุมขณะสตาร์ทเครื่อง เมื่อเครื่องร้อนจะให้ฉีดน้ำมันอยู่ 8 วินาทีแล้วจึงหยุดฉีด

1.2.19 ลิ้นเร่งหรือลิ้นปีกผีเสื้อ ทำหน้าที่ปิด เปิดท่อไอดีให้อากาศผ่านเข้าไปยังห้องเผาไหม้เมื่อใช้เท้าเหยียบคันเร่งก็จะทำให้ลิ้นนี้เปิดมากหรือน้อยตามความต้องการ

1.2.20 สกรูปรับเดินเบาทำหน้าที่ปรับให้อากาศเข้ามากหรือน้อยขณะเครื่องเดินเบา

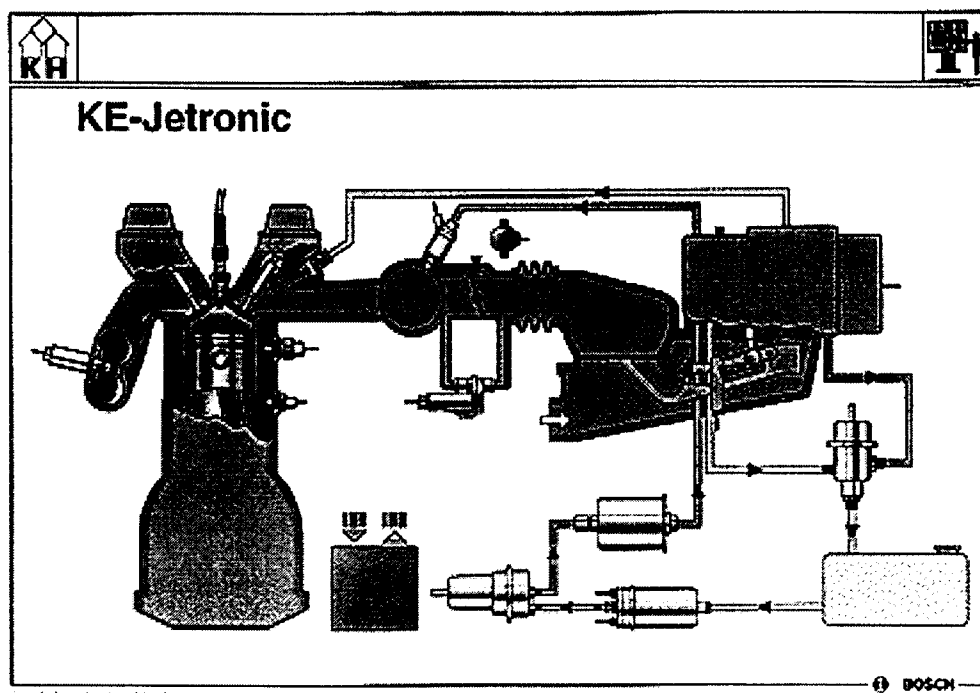
1.2.21 ท่ออากาศหรือปล่องอากาศ เป็นสิ่งที่ต้องออกแบบให้สัมพันธ์กันระหว่างอากาศที่เข้ากับการแยกตัวของแผ่นวัดการไหลของอากาศ



ภาพประกอบ 1 อุปกรณ์ต่างๆ ของระบบ เค -เจททรอนิก

1.3 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบควบคุมด้วยกลไกร่วมกับอิเล็กทรอนิกส์ (KE - Jetronic)

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบควบคุมด้วยกลไกร่วมกับอิเล็กทรอนิกส์ หรือระบบ KE - Jetronic นั้น ได้รับการปรับปรุงมาจากระบบเค-เจทรอนิกส์เดิมโดยทำให้มีการควบคุมปริมาณน้ำมันอย่างละเอียดและถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยมีหลักการทำงานเริ่มต้นที่ปั๊มเชื้อเพลิงไฟฟ้าจะดูดน้ำมันจากถังส่งเข้าไปในระบบผ่านตัวสะสมแรงดัน ผ่านกรองเชื้อเพลิงและตัวควบคุมแรงดันปฐมภูมิ น้ำมันส่วนที่เกินจะไหลกลับไปถัง น้ำมันส่วนที่ใช้งานจะไหลเข้าไประบายจ่ายน้ำมัน ส่วนหนึ่งเข้าไปต้นหัวลูกสูบควบคุมน้ำมันอีกส่วนหนึ่งไปยังห้องน้ำมันส่วนล่าง เมื่อแผ่นรับการไหลของอากาศยกตัวสูงขึ้นเนื่องจากมีอากาศไหลเข้าเครื่องยนต์มากก็จะยกลูกสูบให้สูงขึ้น การสูงขึ้นของลูกสูบขอบของตัวควบคุมจะเปิดให้น้ำมันไหลไปที่ห้องน้ำมันส่วนบนตลอดเวลาการยกตัวของแผ่นรับสัญญาณการไหลของอากาศจะถูกส่งเป็นข้อมูลให้แก่ชุดควบคุมซึ่งชุดควบคุมนี้ยังรับข้อมูลจากหน่วยต่างๆ ได้แก่ สวิตช์ลิ้นเร่ง สวิตช์อุณหภูมิและเวลา โพเทนชิโอมิเตอร์ ตัวส่งสัญญาณแลมปีด้าและตัวส่งสัญญาณอุณหภูมิ แล้วส่งสัญญาณไปควบคุมหัวฉีดช่วยสตาร์ท แอ็กทูเอเตอร์แรงดันแบบอิเล็กทรอนิกส์ ไฮดรอลิกซึ่งควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงให้เหมาะสม



ภาพประกอบ 2 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบควบคุมด้วยกลไกร่วมกับอิเล็กทรอนิกส์ (KE - Jetronic)

1.3.1 โครงสร้างและอุปกรณ์ของระบบเค-เจทรอนิกที่เปลี่ยนแปลงไปจากระบบ

เค-เจทรอนิก ได้แก่

1.3.2 ตัวส่งสัญญาณการไหลของอากาศ การปรับปรุงตัวส่งสัญญาณการไหลของอากาศ โดยปรับให้ตัวส่งสัญญาณอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ทำให้ตัวส่งสัญญาณสามารถวัดปริมาณอากาศได้ก่อนที่อากาศจะไหลเข้าท่อไอดี จึงสามารถส่งสัญญาณได้ก่อนที่ไอดีจะเข้าถึงกระบอกสูบแล้วให้ชุดควบคุมเป็นตัวรับข้อมูลและส่งจ่ายเชื้อเพลิง

1.3.3 ปั๊มเชื้อเพลิงไฟฟ้า มีการปรับปรุงเพียงเล็กน้อยคือเปลี่ยนแปลงตำแหน่งเข้า-ออก และขยายให้ตัวมอเตอร์มีพื้นที่วางด้านในมากขึ้น เพื่อการหมุนเวียนของเชื้อเพลิงดีขึ้น

1.3.4 กรองเชื้อเพลิง ยังคงมีรูปร่างเหมือนกรองเชื้อเพลิงในระบบเค-เจทรอนิก แต่มีการปรับปรุงให้สามารถกรองได้ละเอียดยิ่งขึ้น

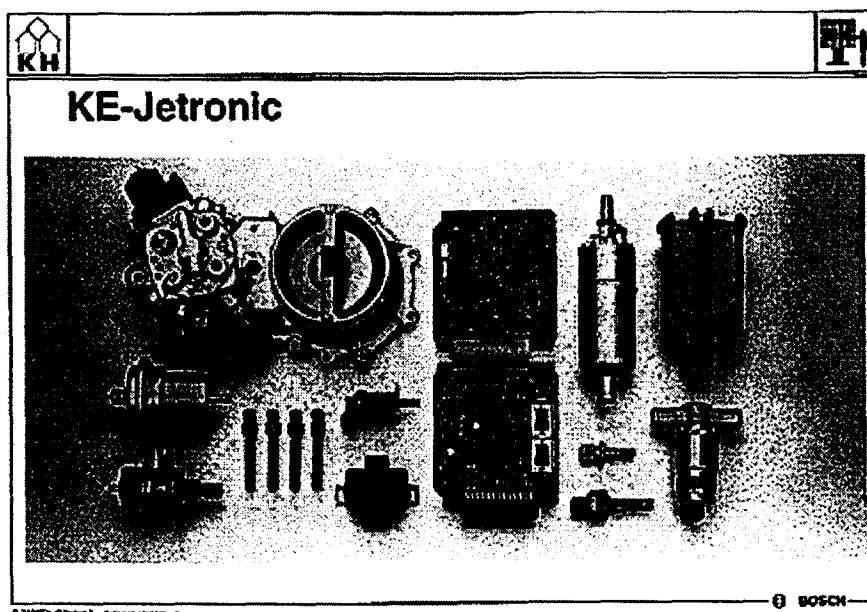
1.3.5 ตัวสะสมแรงดันน้ำมัน การปรับปรุงตัวสะสมแรงดันหรือตัวกระตุ้นน้ำมันทำโดยปรับปรุงให้เหลือท่อทางเข้า-ออกเพียงท่อเดียว น้ำมันทั้งหมดไม่ต้องไหลผ่านอุปกรณ์ชุดนี้

1.3.6 ตัวควบคุมแรงดันในระบบ การปรับปรุงตัวควบคุมแรงดันในน้ำมันได้มีการออกแบบให้ควบคุมแรงดันได้เที่ยงตรงยิ่งขึ้น โดยสร้างส่วนบนของตัวควบคุมให้ไหลกลับถึงไปพร้อมกับน้ำมันส่วนเกินและตัดระบบอุ่นน้ำมันไปเนื่องจากใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์มาควบคุมส่วนผสมจึงไม่จำเป็นต้องใช้ระบบอุ่นน้ำมัน ในระบบนี้จะรักษาแรงดันให้คงที่ได้ดีกว่าระบบเค-เจทรอนิกทำให้ควบคุมปริมาณน้ำมันได้ดีในทุกสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์

1.3.7 ชุดควบคุมส่วนผสมน้ำมันกับอากาศของระบบเค-เจทรอนิก หลักการปรับแต่งส่วนผสมของไอดีจะเหมือนกับแบบเค-เจทรอนิก แต่ได้ปรับปรุงให้ช่องทางอากาศเข้าและแผ่นส่งสัญญาณการไหลของอากาศให้มีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่เปิดช่องน้ำมันของลูกสูบควบคุมน้ำมันมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นตำแหน่งเดินเบา ตำแหน่งมีภาระบางส่วนหรือตำแหน่งให้กำลังสูงสุด สำหรับเค-เจทรอนิกจะมีชุดส่งสัญญาณเพิ่มเติมจากตัวส่งสัญญาณวัดการไหลของอากาศเพื่อควบคุมให้การจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้ได้ปริมาณที่เหมาะสมกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ตัวส่งสัญญาณจะเป็นตัวส่งข้อมูลไปยังชุดควบคุม

1.3.8 ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่ประเมินค่าจากข้อมูลที่ตัวส่งสัญญาณจากแหล่งต่างๆแจ้งมาแล้ววิเคราะห์และสร้างสัญญาณไปควบคุมแอกทูเอเตอร์ความดันอิเล็กทรอนิกส์ไฮดรอลิก

1.3.9 แอกทูเอเตอร์ความดันอิเล็กทรอนิกส์ไฮดรอลิก (Electronic-Hydraulic Pressure actuator) ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงความดันในห้องชั้นล่างของห้องความดันแตกต่างตามสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์การอาศัยกระแสไฟฟ้าที่ชุดควบคุมส่งมาเมื่อความดันในห้องนี้เปลี่ยนแปลงจะเป็นผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำมันที่จ่ายไปยังหัวฉีด



ภาพประกอบ 3 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบควบคุมด้วยกลไกร่วมกับอิเล็กทรอนิกส์ (KE - Jetronic)

1.4 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (D และ L-Jetronic)

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ หรือ D - Jetronic และ L-Jetronic มีหลักการทำงานที่สำคัญคือ มีชุดควบคุมซึ่งเป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์เป็นตัวรับข้อมูลต่างๆ ได้แก่ แรงดันในท่อไอดี หรือการไหลของปริมาณอากาศเข้าท่อไอดีในแบบแอล-เจทรอนิก ตัวส่งสัญญาณอุณหภูมิ น้ำ ตัวส่งสัญญาณอุณหภูมิไอดี สวิตช์สตาร์ท สวิตช์ลิ้นเร่ง เมื่อชุดควบคุมรับข้อมูลได้แล้วก็วิเคราะห์ข้อมูล หลังจากวิเคราะห์ข้อมูลแล้วก็จะทำหน้าที่ออกคำสั่งไปยังหัวฉีดให้จ่ายปริมาณน้ำมันตามที่คำนวณแล้วว่าต้องใช้ปริมาณน้ำมันเท่าใดจึงเหมาะสม และยังควบคุมปั๊มเชื้อเพลิงให้ทำงานหรือหยุดทำงานได้อีกด้วย

โครงสร้างและอุปกรณ์ของระบบดี-เจทรอนิกประกอบด้วย

1.4.1 ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit) หรือเรียกสั้นๆว่า ECU หรือชุดควบคุม เป็นหน่วยที่รับข้อมูลจากความดันไอดี อุณหภูมิไอดี ตำแหน่งของลิ้นปีกผีเสื้อ การสตาร์ทของเครื่องยนต์ ความเร็วของเครื่องยนต์และการเริ่มฉีดน้ำมัน ข้อมูลเหล่านี้จะแปลงเป็นสัญญาณพัลส์ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์ต่างๆทำงาน ส่วนวงจรขึ้นอยู่กับโซลินอยด์หัวฉีด

1.4.2 หัวฉีด (Injector Valve) ใช้ฉีดน้ำมันให้เป็นฝอยละอองเข้าไปยังท่อไอดีของเครื่องยนต์

1.4.3 ตัวส่งสัญญาณความดัน (Pressure Seneor) เป็นตัวส่งข้อมูลความดันในท่อไอดีของเครื่องยนต์ส่งให้ชุดควบคุม

1.4.4 ตัวส่งสัญญาณอุณหภูมิน้ำ (Temperature Sensor) จะรายงานความร้อนของอากาศหรือน้ำหล่อเย็นที่ฝาสูบส่งให้ชุดควบคุม

1.4.5 สวิตช์อุณหภูมิและเวลา (Thermo-Time Seitch) ใช้ตัดต่อวงจรหัวฉีดช่วยสตาร์ท

1.4.7 หัวฉีดช่วยสตาร์ท (Start Valve) ทำให้เกิดฝอยละอองน้ำมันที่ท่อร่วมไอดีเมื่อเครื่องยนต์เย็น

1.4.8 ปั๊มไฟฟ้า (Electric Fuel Pump) ทำหน้าที่ส่งน้ำมันให้หัวฉีดไฟฟ้า

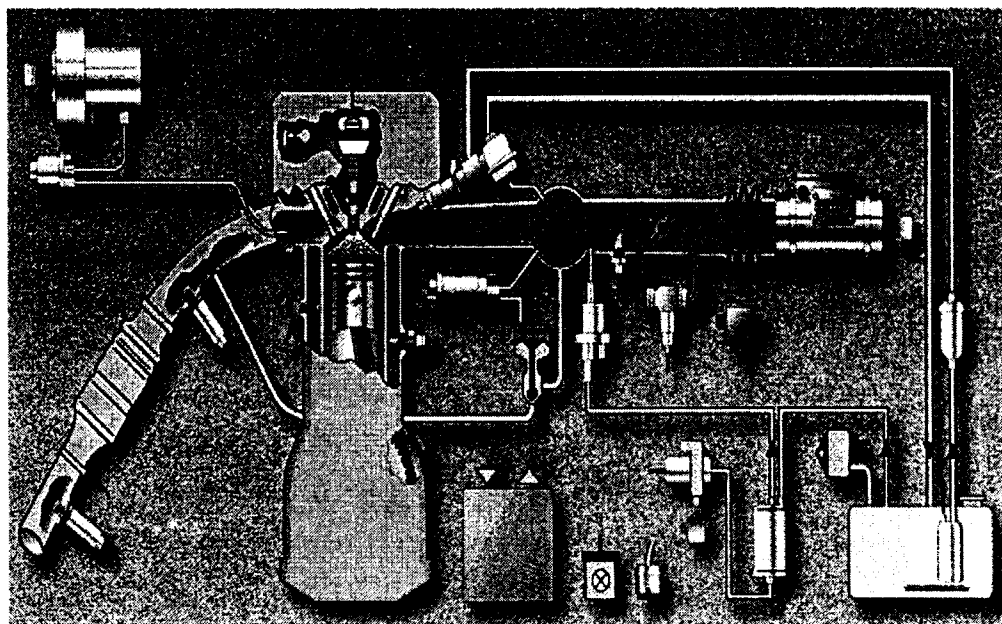
1.4.9 กรองน้ำมัน (Fuel Filter) ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกออกจากน้ำมันเชื้อเพลิง

1.4.10 ตัวควบคุมแรงดันน้ำมัน (Fuel Pressure Regurator) ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันน้ำมันให้คงที่

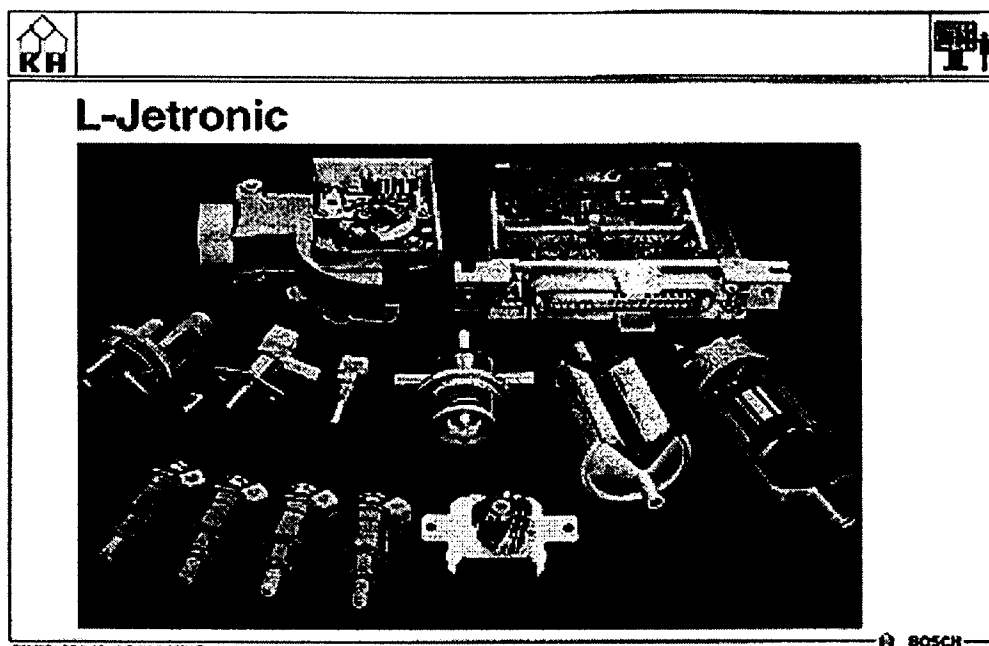
1.4.11 ลิ้นอากาศช่วยทำหน้าที่เปิดให้อากาศผ่านได้มากขึ้นเมื่อเครื่องยนต์เย็นและปิดเมื่อเครื่องยนต์ร้อน

1.4.12 ลิ้นเร่งหรือลิ้นปีกผีเสื้อเป็นตัวส่งสัญญาณว่าเครื่องยนต์กำลังเดินเบา เร่ง หรือรับโหลดมากไป แล้วส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุม

1.4.13 หน้าทองขาวพิเศษติดตั้งที่งานจ่ายแปลงสัญญาณพัลส์ไปยังชุดควบคุม เพื่อการฉีดน้ำมันของหัวฉีดและบันทึกความเร็วของเครื่องยนต์ หลักการทำงานของระบบดี-เจทรอนิก ในระบบนี้การฉีดน้ำมันจะถูกควบคุมโดยแรงดันในท่อไอดีและความเร็วของเครื่องยนต์ ในท่อไอดีส่วนหน้าของลิ้นเร่งจะเป็นความดันบรรยากาศและด้านหลัง (ด้านเครื่อง) จะมีความดันต่ำกว่าบรรยากาศ ตำแหน่งลิ้นเร่งจะบอกถึงสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ สภาพความดันในท่อไอดีต่ำกว่าบรรยากาศแสดงว่าเครื่องได้รับโหลดข้อมูลนี้จะถูกส่งไปยังชุดควบคุมด้วยตัวส่งสัญญาณความดันในท่อไอดีจึงมีชื่อเรียกว่า ระบบแรงดันในท่อไอดี (Manifold Pressure Sensitive)



ภาพประกอบ 4 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (D และ L-Jetronic)



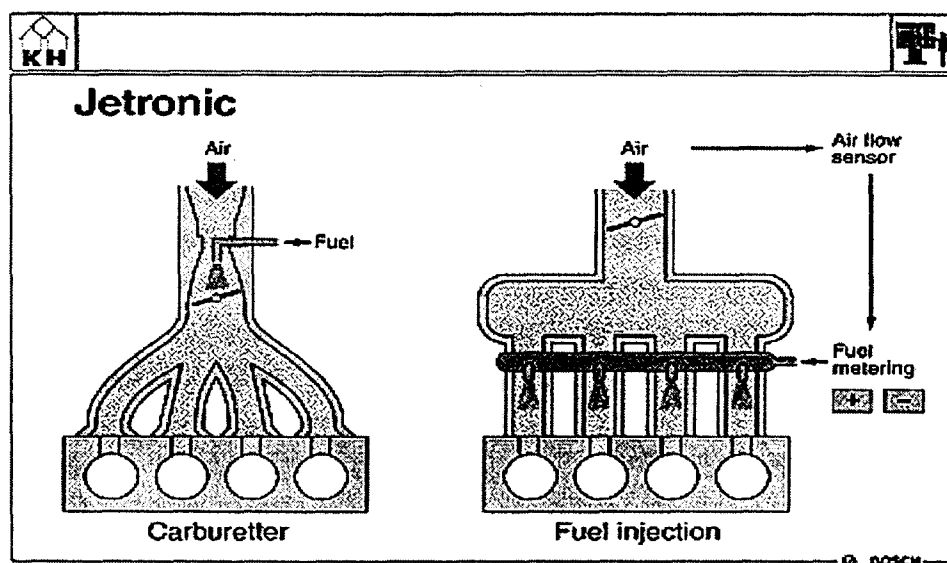
ภาพประกอบ 5 โครงสร้างและอุปกรณ์ของระบบดี-เจทรอนิก

1.5 คุณสมบัติของระบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Fuel Injection)

ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถทดแทนวิธีการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างคาร์บูเรเตอร์ได้ จุดติดตั้งหัวฉีดจะติดตั้งในเครื่องยนต์ที่ 2 ตำแหน่งแล้วแต่การออกแบบคือ

1.5.1 ติดตั้งบริเวณช่องวาล์วปีกผีเสื้อ (Throttle body) การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง จะฉีดเข้าช่องวาล์วปีกผีเสื้อ (Throttle body injection) หรือที่เรียกว่า TBI การฉีดลักษณะนี้ เป็นการผสมน้ำมันกับอากาศที่บริเวณช่องวาล์วปีกผีเสื้อ และส่วนผสมดังกล่าว จะเคลื่อนตัวไปตามท่อไอดี แต่ละตำแหน่งสูบ การทำงานลักษณะเช่นนี้ เรียกว่า การฉีดแบบจุดเดียว (Single-point injection)

1.5.2 ติดตั้งใกล้กับวาล์วไอดี (Port injection) หัวฉีดจะติดตั้ง ยื่นเข้าไปที่ช่องไอดี ใกล้กับวาล์วไอดี ก่อนถึงห้องเผาไหม้ หัวฉีดจะทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงผสมกับอากาศ ส่วนผสมที่เกิดขึ้น จะอยู่ใกล้กับทางเข้าห้องเผาไหม้ หัวฉีดจะติดตั้งประจำอยู่ ณ ตำแหน่งนี้ทุกกระบอกสูบ จึงเรียกลักษณะเช่นนี้ว่า การฉีดแบบหลายจุด (Multi-point injection) การฉีดประจำแต่ละกระบอกสูบนี้ จะตัดปัญหา ส่วนผสมที่ไม่เท่ากันในแต่ละกระบอกสูบไปได้ ซึ่งทำให้เครื่องยนต์ทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น



ภาพประกอบ 6 แสดงตำแหน่งจุดติดตั้งของหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์

1.6 ประโยชน์ของระบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์

เครื่องยนต์หัวฉีดมีประโยชน์และข้อดีมากกว่าเครื่องยนต์ Carburetor หลายข้อ ได้แก่ ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์มีมากกว่าให้กำลังม้าสูงกว่า ใช้น้ำมันอย่างมีประสิทธิภาพประหยัดและเกิดมลพิษน้อยกว่า ทั้งนี้เพราะอุปกรณ์ต่างๆในระบบหัวฉีดถูกออกแบบสร้างขึ้นมาให้สามารถควบคุมได้ด้วยคอมพิวเตอร์ (ECU) จึงใช้ความสามารถของคอมพิวเตอร์ผสานกับโปรแกรมการทำงานที่แม่นยำมาควบคุมระบบต่างๆ ของเครื่องยนต์หัวฉีดให้ทำงานได้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับสภาวะของเครื่องยนต์

1.7 หลักการทำงานของเครื่องยนต์

ระบบเครื่องยนต์เป็นต้นกำเนิดพลังการขับเคลื่อน ภายในเครื่องยนต์ จะมีอุปกรณ์ต่างๆ ทำงานประสานกัน เป็นจังหวะ ตามที่ผู้ผลิตได้กำหนดไว้ สำหรับรถยนต์ทั่วไปในปัจจุบัน ถ้าเป็นเครื่องยนต์ ประเภทขับเคลื่อนล้อหน้าแล้ว โดยมากจะวางเครื่องในลักษณะแนวขวาง แต่ถ้าเป็นเครื่องยนต์ ประเภทขับเคลื่อนล้อหลัง จะวางเครื่องในลักษณะแนวตรงหากมองตามลักษณะการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง รถที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง เรียกว่า "เครื่องยนต์แก๊สโซลีน" (Gasoline Engine) และรถที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เรียกว่า "เครื่องยนต์ดีเซล" (Diesel Engine) อาจเรียกกันง่ายๆ ว่าเครื่องยนต์เบนซิน และเครื่องยนต์ดีเซลก็ได้

เครื่องยนต์ในปัจจุบัน ใช้ลักษณะการจุดระเบิดในกระบอกสูบ เพื่อให้ลูกสูบเคลื่อนที่ไปในแนวตรงกันข้าม และด้านล่างของลูกสูบ ก็จะต่อกับก้านสูบ ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งของก้านสูบ ก็จะต่อกับเพลาลูกเบี้ยวอีกที เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ไปมาในแนวลูกสูบ ก็จะมีผลให้ไปดึงเพลาลูกเบี้ยวหมุนไปด้วย ยิ่งเคลื่อนที่เร็วเท่าไร เพลาลูกเบี้ยว ก็จะหมุนเร็วมากขึ้นเท่านั้น แรงหมุนนี้เองที่จะนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ในระบบรถยนต์ ลักษณะการทำงานแบบนี้เองที่เรียกว่า เครื่องยนต์ชนิดลูกสูบชัก จะพบว่า บริษัทผลิตเครื่องยนต์ อาจ

มีเทคโนโลยี การผลิต ที่แตกต่างกันไปบ้าง ดังนั้น การออกแบบเครื่องยนต์ ก็แตกต่างกัน เป็นธรรมดา เครื่องยนต์บางแบบถูกออกแบบ ให้วางแนวกระบอกสูบ แตกต่างกันไป เช่น จัดวางกระบอกสูบแบบเรียง แบบตัววี แบบแนวนอน เป็นต้น

1.8 อัตราส่วนผสมของไอดีตามทฤษฎี

อัตราส่วนผสมของไอดีตามทฤษฎีหมายถึงอัตราส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงโดยน้ำหนัก โดยจะต้องมีออกซิเจนบริสุทธิ์ ผสมกับเชื้อเพลิงที่มีปริมาณอย่างเพียงพอ เพื่อให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ อัตราส่วนผสมของไอดีที่เหมาะสมนั้นจะอยู่ระหว่าง 14.7 ต่อ 1 หรือ 15 ต่อ 1 นั่นก็จะต้องมีอากาศ 15 หรือ 14.7 ส่วนต่อน้ำมัน 1 ส่วนโดยน้ำหนัก อย่างไรก็ตาม ถ้าหากอัตราส่วนผสมของไอดีมีต่ำกว่าอัตราส่วนผสมของไอดีตามทฤษฎี (เป็น 12 ต่อ 1) ก็จะทำให้ส่วนผสมของไอดีนั้นหนาเกินไป มีออกซิเจนไม่เพียงพอที่จะทำให้เชื้อเพลิง เผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งเรียกว่า อัตราส่วนผสมของไอดีหนา ในทางตรงกันข้าม ถ้าอัตราส่วนผสมของไอดีสูงกว่าอัตราส่วนผสมของไอดีตามทฤษฎี (ประมาณ 20 ต่อ 1) ก็คือมีส่วนผสมที่บางเกินไปและทำให้มีออกซิเจนมากเกินไปสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ซึ่งเรียกว่า อัตราส่วนผสมของไอดีบาง

ความแตกต่างระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์กับเครื่องยนต์ฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์กับเครื่องยนต์ฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ แม้จุดมุ่งหมายของการทำงานโดยรวมจะเหมือนกัน แต่ก็ย่อมมีวิธีการในการจ่ายเชื้อเพลิงและวิธีตรวจวัดปริมาตรของไอดีเข้าสู่กระบอกสูบที่แตกต่างกันดังนี้

1.8.1 การผลิตส่วนผสมของไอดี ในเครื่องยนต์ฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์จะมีมิเตอร์วัดการไหลของอากาศ ซึ่งทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาตรไอดีที่ไหลเข้ากระบอกสูบและส่งสัญญาณไฟฟ้าไปยังคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะคำนวณและส่งสัญญาณไปยังหัวฉีด เพื่อที่หัวฉีดจะฉีดปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมเข้าในท่อระบบไอดีของกระบอกสูบแต่ละสูบ

สำหรับคาร์บูเรเตอร์จะจ่ายปริมาตรของไอดี จะถูกเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณที่เกิดขึ้นบริเวณช่วงความเร็วต่ำในขณะที่ความเร็วเดินเบา ทำให้ปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกดูดเข้าในกระบอกสูบมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นปริมาตรของไอดีที่เข้าไปภายในกระบอกสูบก็จะขึ้นอยู่กับสัญญาณที่เกิดขึ้นบริเวณคอออก

1.8.2 ส่วนผสมของไอดีในสภาวะของการขับขี่ต่าง ๆ

ในขณะสตาร์ท เครื่องยนต์ฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์จำเป็นจะต้องมีส่วนผสมที่หนาขึ้น ดังนั้นสัญญาณการสตาร์ทจากมอเตอร์สตาร์ทจะเป็นตัวกำหนดให้หัวฉีดสตาร์ทเย็นทำงานเมื่ออุณหภูมิต่ำ สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์ ลิ้นชักจะปิดเมื่ออุณหภูมิเครื่องยนต์ต่ำ เพื่อต้องการให้ส่วนผสมของไอดีนั้นหนาเพียงพอที่จะทำให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดได้ ในขณะที่ขับขี่ ที่อุณหภูมิเครื่องยนต์ฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์จะมีเทอร์มิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นและเปลี่ยนแปลงความต้านทานของอุณหภูมิให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งไปยังกล่องคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะคำนวณและเพิ่มส่วนผสมของไอดีให้หนาขึ้น สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์นั้นจะมีระบบลิ้นชักที่ทำหน้าที่เมื่ออุณหภูมิต่ำได้โดยอัตโนมัติเพื่อทำให้มีส่วนผสมของไอดีที่หนาขึ้นและเมื่อเครื่องยนต์มีอุณหภูมิที่สูงขึ้น ขดลวดในเทอร์มิสเตอร์ก็จะเปิดให้ลิ้นชักเปิดขึ้น ทำให้ส่วนผสมของไอดีลดลง

1.8.3 ในขณะเร่งเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ใช้วิธีฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปด้วยกำลังดันสูงในทันทีตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรไอดี ด้วยเหตุนี้จึงไม่ทำให้การจ่ายเชื้อเพลิงล่าช้า สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์จะมีระบบปั๊มเร่งเพื่อทำหน้าที่ป้องกัน

กันส่วนผสมที่บางเกินไปในขณะเร่งเครื่องยนต์ในทันที ในขณะที่ลิ้นเร่งเปิด ปริมาณเชื้อเพลิงบางส่วนจะถูกฉีดผ่านช่องเร่งเพื่อชดเชยความล่าช้าในการจ่ายเชื้อเพลิงหลัก

1.8.4 ในขณะใช้กำลังงานสูง ในเครื่องยนต์ฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์จะมีเซนเซอร์ตรวจตำแหน่งมุมเปิดของลิ้นเร่ง และถ่ายทอดสัญญาณไฟฟ้าไปยังคอมพิวเตอร์ เมื่อมุมเปิดของลิ้นเร่งเพิ่มขึ้น ยังผลให้ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงก็จะมากขึ้นตาม เพื่อให้อัตราส่วนผสมของไอดีในขณะให้กำลังงาน สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์ การจ่ายเชื้อเพลิงจะเพิ่มมากขึ้น ขึ้นอยู่กับสัญญาณจากที่เพิ่มขึ้นในท่อไอดี และเมื่อสัญญาณลดลง ลิ้นกำลังจะถูกเปิดขึ้น จะทำให้ส่วนผสมไอดีที่หนาขึ้นถูกจ่ายออกไป

1.9 คุณลักษณะของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

ข้อดีของระบบเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับระบบการทำงานของคาร์บูเรเตอร์มีดังนี้คือ

1.9.1. การจ่ายส่วนผสมของไอดีให้แต่ละสูบของเครื่องยนต์ด้วยปริมาณที่เท่ากัน เนื่องจากแต่ละสูบจะติดตั้งหัวฉีดโดยเฉพาะ และปริมาณการฉีดจะควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ให้เป็นไปอย่างถูกต้อง และแม่นยำตามสภาวะการเปลี่ยนแปลงของความเร็รรอบและโหลดของเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นไปได้ที่หัวฉีดของแต่ละสูบจะจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้แก่แต่ละสูบได้เท่าๆกัน สำหรับส่วนผสมของไอดียังถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ดัดการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาการทำงานของหัวฉีด จากข้อดีทั้งสองประการของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์จึงช่วยลดปริมาณของแก๊สไอเสียเป็นการควบคุมมลภาวะอากาศเป็นพิษ อีกทั้งยังเพิ่มสมรรถนะกำลังงานของเครื่องยนต์ให้สูงขึ้น

1.9.2. จ่ายไอดีอย่างแม่นยำทุก ๆ ระดับความเร็รรอบของเครื่องยนต์ หัวฉีดหลักของคาร์บูเรเตอร์ไม่สามารถควบคุมอัตราส่วนผสมของไอดีที่จ่ายให้กับเครื่องยนต์ได้ในทุกระดับความเร็ว จึงต้องแบ่งออกเป็นสองระบบด้วยกันคือ ระบบความเร็วสูงช่วงที่หนึ่งและระบบความเร็วสูงช่วงที่สองซึ่งจะมีผลทำให้ส่วนผสมของไอดีหนาเกินไปในขณะเปลี่ยนระบบความเร็วสูงระบบหนึ่งไปยังระบบความเร็วสูงอีกระบบหนึ่งด้วยเหตุนี้จึงไม่สามารถควบคุมส่วนผสมของไอดีให้มีส่วนผสมของไอดีหนาเพียงเล็กน้อยอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องด้วยการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์จะจ่ายไอดีได้อย่างแม่นยำที่ทุก ๆ ความเร็วและโหลดของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลงไป จากข้อดีนี้จึงสามารถควบคุมมลภาวะอากาศเป็นพิษและประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง

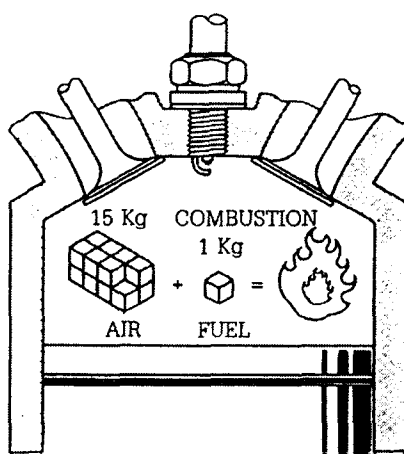
1.9.3. ปรับส่วนผสมของไอดีได้อย่างถูกต้องในขณะที่เครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ การสตาร์ทเครื่องยนต์ในขณะที่เครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำจะถูกปรับให้ทำงานได้ดีขึ้นด้วยละอองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดด้วยหัวฉีดสตาร์ทเย็นในขณะที่สตาร์ทเครื่องยนต์และจะทำให้สมรรถนะในการขับเคลื่อนที่ดีหลังจากเครื่องยนต์ติดแล้ว เนื่องจากอากาศถูกดูดผ่านลิ้นอากาศได้อย่างเพียงพอ

1.9.4. ตัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้ทันทีในขณะที่ลดความเร็วเครื่องยนต์ ขณะที่ผู้ขับขี่รถยนต์ถอนคันเร่งเพื่อลดความเร็ว เครื่องยนต์ยังทำงานอยู่ด้วยความเร็รรอบที่สูงอยู่ แม้แต่ลิ้นเร่งจะปิดแล้วก็ตาม ปริมาตรของไอดีที่ไหลเข้ากระบอกสูบจะลดลง แต่สัญญาณในท่อร่วมไอดีก็ยังมีสูงขึ้น ในเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์นั้น ภายในท่อร่วมไอดีจะมีน้ำมันเชื้อเพลิงเกาะอยู่ตามผนังของท่อร่วมไอดี และจะกลายเป็นไอเข้าไปในกระบอกสูบ เกิดสัญญาณที่ท่อร่วมไอดี ไอดีจะหนาเกินไป การเผาไหม้จะไม่สมบูรณ์ ปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอนจะมีมากในแก๊สไอเสีย สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ หัวฉีดจะหยุดการทำงานทันทีเมื่อลิ้นเร่งปิดสนิท และเครื่องยนต์ก็จะหมุนด้วยความเร็รรอบ

ที่จุดหนึ่งเท่านั้นด้วยเหตุนี้ปริมาณความเข้มข้นของแก๊สไฮโดรคาร์บอนในแก๊สไอเสียที่ขับออกมาจากเครื่องยนต์จะลดลงและสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลง

1.9.5. มีประสิทธิภาพในการประจุส่วนผสมของไอดี เครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์ คอคอดจะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของอากาศ ดังนั้นสูญญากาศที่จะเกิดได้มากนั้นขึ้นอยู่กับความเร็วในการไหลของอากาศที่ผ่านคอคอด ซึ่งจะทำให้ส่วนผสมของไอดีถูกดูดเข้าในกระบอกสูบในจังหวะดูด แต่ยังมีข้อจำกัดในการที่ไอดีไหลเข้ากระบอกสูบโดยคอคอด ซึ่งไม่เป็นผลดีสำหรับเครื่องยนต์ ส่วนเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์จะมีแรงดันน้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 2 ถึง 3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือ 28.4 ถึง 42.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จึงทำให้สามารถเพิ่มขนาดของท่อร่วมไอดีเพื่อประจุไอดีให้ได้มาก ๆ

1.9.6. มีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงของลิ้นเร่งได้ดี ในเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์ จะเกิดความล่าช้าในการประจุไอดีเข้ากระบอกสูบ เนื่องจากมีอุปกรณ์ในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ไกลกระบอกสูบมากเกินไป สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์หัวฉีดจะติดตั้งอยู่ใกล้กระบอกสูบ และด้วยแรงดันของน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีแรงดันประมาณ 2 ถึง 3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ปริมาตรของไอดีจะเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งของลิ้นเร่งเพื่อตอบสนองการทำงานของคันเร่งได้อย่างทันทีทันใด



ภาพประกอบ 7 แสดงอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี

ชนิดของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ได้พัฒนาเพื่อใช้กับรถยนต์นั่ง โดยบริษัท บ็อกแห่งประเทศเยอรมัน ได้แบ่งประเภทของเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ตามวิธีการสัญญาณตรวจวัดปริมาณการไหลของไอดีได้ 2 แบบใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ

ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ D หรือ D-jetronic (แบบควบคุมแรงดันที่ท่อร่วมไอดี) เป็นแบบที่มีเซนเซอร์วัดสัญญาณภายในท่อร่วมไอดีและส่งเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์ (D ย่อมาจากภาษาเยอรมันว่า Druk หมายถึงแรงดัน)

ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ L หรือ L-jetronic (แบบควบคุมปริมาณการไหลของอากาศ) อาศัยหลักการส่งสัญญาณการไหลของอากาศที่ผ่านท่อร่วมไอดีด้วยมิเตอร์วัดการไหลของอากาศ อัตราส่วนผสมของไอดีจะถูกรักษาให้ถูกต้องอยู่เสมอแม้ว่าภายในท่อร่วมไอดีจะเกิดสัญญาณความดันไม่คงที่ (L ย่อมาจากภาษาเยอรมันว่า Luft หมายถึงอากาศ)

สรุประบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ทั้งสองแบบมีความแตกต่างเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกันคือ ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ D จะใช้เซนเซอร์วัดแรงดันในท่อร่วมไอดี ส่วนระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ L จะใช้มิเตอร์วัดปริมาณการไหลของอากาศทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาตรของอากาศที่เข้าเครื่องยนต์

โครงสร้างพื้นฐานของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ทั้งแบบ D หรือแบบ L ประกอบด้วยระบบการทำงานหลักใหญ่ ๆ 3 ระบบด้วยกัน ดังแสดงในรูป ซึ่งรวมทั้งอุปกรณ์ช่วยการทำงานในระบบต่าง ๆ ที่สามารถแยกการทำงานไปตามหน้าที่ดังนี้ คือ

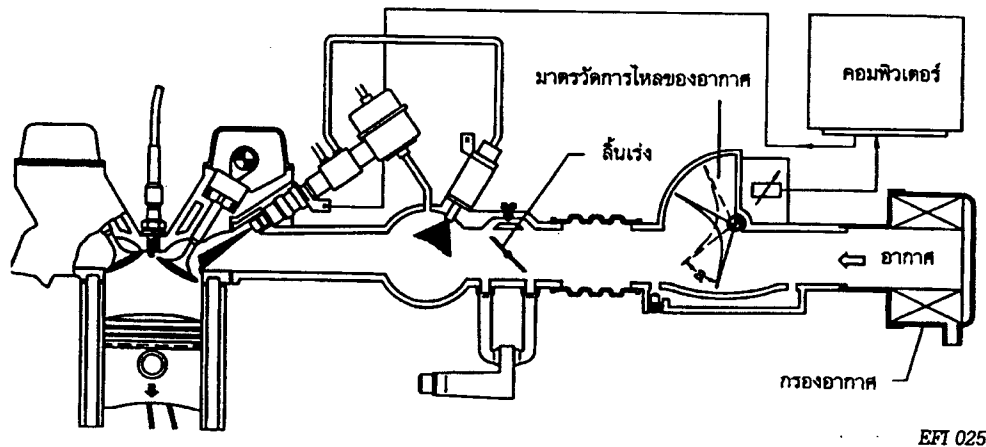
ระบบเชื้อเพลิง (fuel system)

ระบบประจุอากาศ (air induction system)

ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (electronic control system)

ตามโครงสร้างพื้นฐานหลักที่ได้ถูกแบ่งออกเป็น 3 ระบบใหญ่ ๆ แล้วนั้น โครงสร้างพื้นฐานของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (EFI) ทั้ง 3 ระบบก็ยังสามารถที่จะแยกหน้าที่การทำงานออกเป็น 2 แบบ คือ อุปกรณ์ฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐานและอุปกรณ์แก้ไขข้อบกพร่องอุปกรณ์ฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐาน อุปกรณ์ฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐาน (basic injection control) จะทำหน้าที่ควบคุมให้อัตราส่วนของไอดีที่ถูกดูดเข้าในกระบอกสูบถูกต้องตามทฤษฎีเสมอไม่ว่าปริมาณการประจุอากาศจะมีเพิ่มขึ้นหรือลดลง นั่นก็คือปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงจะต้องเป็นสัดส่วนเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามปริมาณการประจุอากาศ ซึ่งได้แก่ ลิ้นเร่งและมีเตอร์วัดการไหลของอากาศจะควบคุมและวัดปริมาตรอากาศส่งสัญญาณผ่านไปยังคอมพิวเตอร์จากระดับการเปิดของแผ่นวัด

ปั๊มเชื้อเพลิงอุปกรณ์ควบคุมแรงดันเชื้อเพลิงและหัวฉีดจะรักษาแรงดันและปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงให้เปลี่ยนแปลงไปตามโหลดดังนั้นเมื่อมีปริมาณของอากาศเข้าน้อย ช่วงระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงก็จะสั้นและถ้ามีปริมาณอากาศเข้ามาก ช่วงระยะเวลาในการฉีดก็จะยาวขึ้น คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่รับสัญญาณการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าจากการวัดปริมาตรของอากาศจากมิเตอร์วัดการไหลของอากาศและสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์จากคอยล์จุดระเบิดจากนั้นคอมพิวเตอร์ก็จะคำนวณปริมาณเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับอากาศ และส่งสัญญาณระยะเวลาการเปิดลิ้นโซลินอยด์ของหัวฉีดแต่ละตัว เพื่อที่หัวฉีดจะเปิดให้เชื้อเพลิงฉีดเข้าไปยังท่อร่วมไอดีในแต่ละสูบ สัญญาณจากคอยล์จุดระเบิดจะเป็นตัวกำหนดให้หัวฉีดทั้งหมดฉีดเชื้อเพลิงให้โหลดกับรอบการหมุนของเพลาช้อเหวี่ยง (เพลาช้อเหวี่ยงหมุน 2 รอบ) ดังนั้นหัวฉีดจึงต้องมีการฉีดเชื้อเพลิงถึง 2 ครั้งเพื่อให้ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงถูกต้อง ดังรูป เป็นไดอะแกรมแสดงการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง



ภาพประกอบ 8 แสดงไดอะแกรมการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐาน

ความเป็นมาของระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์

จำนง ถนอม (2521:หน้า 9) ได้กล่าวถึงประวัติความเป็นมาของระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ไว้ว่าเมื่อหลายปีมาแล้วระบบการฉีดเชื้อเพลิงได้ถูกนำมาใช้เพื่อปรับปรุงสมรรถนะของอากาศยาน (aircraft) เนื่องจากเครื่องยนต์ของอากาศยานต้องทำงานในที่สูงภายใต้อากาศที่แปรปรวนทำให้คาร์บูเรเตอร์ไม่เหมาะสมที่จะใช้งานในสภาวะเช่นนี้ จึงได้นำระบบฉีดเชื้อเพลิงมาใช้แทนคาร์บูเรเตอร์ และในปี พ.ศ.2493 บริษัท เดมเลอร์เบนซ์ (Daimler Benz) ได้สร้างรถแข่งโดยดัดแปลงจากระบบคาร์บูเรเตอร์มาเป็นระบบฉีดเชื้อเพลิงซึ่งให้กำลังได้ดีกว่า ผลปรากฏว่าได้รับชัยชนะในการแข่งขัน จากนั้นเป็นต้นมาก็ได้มีการปรับปรุงพัฒนาระบบหัวฉีดเบนซินกันเรื่อยมา โดยระบบหัวฉีดได้เริ่มทำเลียนแบบการฉีดของเครื่องยนต์ดีเซล โดยมีปั๊มรูปร่างและการทำงานคล้ายปั๊มเรียงแถวของเครื่องยนต์ดีเซล แตกต่างกันเพียงการฉีดของหัวฉีดไม่ได้ฉีดเข้าห้องเผาไหม้ แต่จะฉีดเข้าที่ท่อร่วมไอดีหรือเข้าในท่อแยกไอดีบริเวณหลังลิ้นไอดีและการฉีดใช้แรงดันเพียง 4-6 บาร์เท่านั้น ผู้คิดและผู้ผลิตหัวฉีดแบบนี้คือบริษัทโรเบิร์ตบ็อช (Robert Bosch GmbH.) แห่งสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน หรือเรียกสั้น ๆ ว่า Bosch ระบบนี้ได้นำมาใช้อยู่ช่วงระยะเวลาไม่นานนัก ซึ่ง Bosch ก็ได้สร้างระบบหัวฉีดเบนซินที่ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์มาช่วย ได้แก่ ระบบดี-เจทรอนิกส์ (EFI-D jetronic) ระบบแอล-เจทรอนิกส์ (EFI-L jetronic) ระบบเค-เจทรอนิกส์ (K-jetronic) และปรับปรุงเป็นระบบเคอี - เจทรอนิกส์ (KE-jetronic)

G.W.A. Dummer and J. Mackenzie Robertson (1970-71 : หน้า 387) ได้กล่าวถึงความเป็นมาและหลักการฉีดเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนว่า ก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 การผสมน้ำมันกับอากาศอยู่ในรูปของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำมันสำหรับการเผาไหม้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ต่อมาระหว่างสงครามโลกได้มีการนำกลไกการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงไปใช้กับเครื่องยนต์ของเครื่องบินได้อย่างน่าพิศวง วิศวกรมียานยนต์เริ่มนำเทคโนโลยีนี้มาประยุกต์ใช้กับรถยนต์ในปี.ศ.1950ระบบการฉีดเชื้อเพลิงสมัยแรกได้มาจากเทคโนโลยี

ของเครื่องยนต์ดีเซลและสามารถพบได้ในรถสปอร์ตของประเทศในแถบยุโรปเท่านั้น ระบบการฉีดเชื้อเพลิงดีเซลมีความซับซ้อนอย่างดีที่สุด และมีราคาแพงมากเกินกว่าที่จะนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย ปี 1968 Volkswagen Type3 เป็นยานพาหนะรุ่นแรกที่ใช้การฉีดเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์ (EFI) ทำให้เครื่องยนต์มีชื่อเสียงมากในเวลาต่อมา ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์มีความเป็นไปได้มากที่จะนำไปใช้กับยานพาหนะทั่วไปเนื่องจากราคาไม่แพงและไม่ซับซ้อนจนเกินไป คาร์บูเรเตอร์ผสมน้ำมันกับอากาศ โดยการนำเอาฝอยละอองน้ำมันผสมกับอากาศในบริเวณที่มีความดันต่ำแต่มีความเร็วสูง จำนวนของเชื้อเพลิงที่ออกมาจะถูกควบคุมโดยกลไกการทำงานของลิ้นปีกผีเสื้อ วงจรปั๊มแรง ไซค์และอุปกรณ์ควบคุมสูญญากาศ ระบบการฉีดเชื้อเพลิงโดยอาศัยความดันของเชื้อเพลิงและควบคุมโดยอิเล็กทรอนิกส์ ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อและสูญญากาศในท่อร่วมไอดีจะเป็นปัจจัยเบื้องต้นในการผสมน้ำมันกับอากาศของระบบ EFI ซึ่งจะควบคุมปริมาณการไหลของเชื้อเพลิง โดยการเตือนจากปริมาณไอดีหรือสูญญากาศในท่อร่วมไอดีอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น อุณหภูมิอากาศเข้า ความเร็วรอบเครื่องยนต์ ตำแหน่งลิ้นเร่งและความกดดันอากาศทั้งหมดนี้จะมีผลต่อความต้องการน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์

ข้อดีของระบบหัวฉีดเบนซิน

จำนง ถนอม (2521 : หน้า 10) ได้กล่าวถึงข้อดีของระบบหัวฉีดเบนซินเมื่อเปรียบเทียบกับคาร์บูเรเตอร์ไว้ว่า สามารถจัดปริมาณน้ำมันให้เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ทุกสภาวะการเผาไหม้หมดจด พิชจากไอเสียมีน้อย ประหยัดน้ำมัน ให้กำลังเครื่องยนต์สูง และแรงบิดสูง สะดวกในการใช้ร่วมกับระบบเทอร์โบชาร์จ เพราะการฉีดน้ำมันจะฉีดที่โคนลิ้นไอดีก่อนเข้าเครื่องซึ่งผ่านคอมเพรสเซอร์ไปแล้วสามารถเร่งเครื่องได้รวดเร็ว เนื่องจากแรงดันของน้ำมันมารออยู่ที่หัวฉีดซึ่งอยู่ใกล้ห้องเผาไหม้ จัดปัญหาเรื่องเครื่องยนต์น็อค (knock) ลงได้ในกรณีที่ใช้ชุดส่งสัญญาณเพลลาข้อเหวี่ยงเป็นอิเล็กทรอนิกส์ และมีตัวส่งสัญญาณการน็อค (knocking sensor)

การผสมอากาศกับน้ำมัน

จำนง ถนอม (2521 : หน้า 10) ได้กล่าวถึงการผสมอากาศกับน้ำมันในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนไว้ว่า ส่วนผสมของน้ำมันกับอากาศจะถูกอัดโดยลูกสูบ แล้วจุดระเบิดด้วยประกายไฟจากหัวเทียน ปริมาณของส่วนผสมที่เข้ากระบอกสูบจะเปลี่ยนไปตามสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ วิธีผสมน้ำมันกับอากาศจะทำได้ 2 ระบบคือ ใช้คาร์บูเรเตอร์และใช้หัวฉีด แต่การผสมโดยระบบหัวฉีดให้ความแม่นยำและถูกต้องตามความต้องการของเครื่องยนต์มากกว่าคาร์บูเรเตอร์

หลักการเบื้องต้นของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์

นาคล เวชวิฐาน (2539 : หน้า 8) ได้กล่าวถึงหลักการเบื้องต้นของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ไว้ว่า เป็นระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์ โดยใช้หัวฉีด (injector) ที่มีการควบคุมการทำงานด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์หรือคอมพิวเตอร์ (Computer) น้ำมันเชื้อเพลิงจากถังถูกส่งไปยังหัวฉีด (Injector) ซึ่งติดตั้งอยู่ที่บริเวณท่อไอดี (Intake tube) ของแต่ละสูบ โดยใช้ปั๊มไฟฟ้า (Electric fuel pump) เมื่อมีสัญญาณไฟฟ้า (Injection signal) จากคอมพิวเตอร์ป้อนเข้าหัวฉีด น้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งมีกำลังดันประมาณ 2.5 บาร์ (bar) จะถูกฉีดเข้าไปผสมกับอากาศในท่อไอดี เพื่อบรรจุเข้ากระบอกสูบของเครื่องยนต์ ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดออกมานี้จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการป้อนสัญญาณไฟฟ้าเข้าหัวฉีด กล่าวคือถ้ามีสัญญาณไฟฟ้าจากคอมพิวเตอร์ป้อนเข้าหัวฉีดนาน ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงก็就会被ฉีดออกมา

ชนิดของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์

Robert N.Brady (1988 : หน้า 122) ได้แบ่งระบบการฉีดน้ำมันพื้นฐานไว้ 9 ระบบดังนี้

D – Jetronic เป็นระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงระบบแรกที่ใช้อิเล็กทรอนิกส์ควบคุมอักษร D มาจากคำว่า drunk เป็นภาษาเยอรมันตรงกับภาษาอังกฤษว่า pressure ซึ่งหมายถึง ความดัน ส่วนคำว่า jetronic ตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า injection หมายถึงการฉีด ระบบนี้สร้างขึ้นโดย Robert Bosch Corporation

K – Jetronic เป็นระบบกลไกการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีการฉีดแบบต่อเนื่อง อักษร K มาจากคำว่า kontinuierlich เป็นภาษาเยอรมันหมายถึงการฉีดที่ต่อเนื่อง ระบบนี้อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Continuous หรือ CIS

KE – Jetronic เป็นระบบที่ปรับปรุงมาจากการฉีดเชื้อเพลิงแบบ K โดยตรง อักษร E ที่เพิ่มเข้าไป เพื่อแสดงว่าระบบนี้ใช้อิเล็กทรอนิกส์ควบคุมแทนการควบคุมแบบกลไก

L – Jetronic อักษร L มาจากคำว่า luft ในภาษาเยอรมันตรงกับภาษาอังกฤษว่า AIR หมายถึงอากาศ ระบบนี้มีการตรวจวัดปริมาณอากาศ หรือมาตรวัดการไหลอากาศแบบ potentiometer อยู่ในท่อร่วมไอดี เพื่อวัดค่าปริมาณอากาศที่สภาวะต่าง ๆ

LE – Jetronic เป็นการปรับปรุงเพิ่มเติมจากระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบ L – Jetronic ส่วนหลัก ๆ ที่ปรับปรุงได้แก่ การขยายขอบเขตหน้าที่ของระบบให้สามารถฉีดน้ำมันได้อย่างเที่ยงตรงและเหมาะสมกับสภาวะต่าง ๆ มากขึ้น

LH – Jetronic ระบบนี้เป็นการปรับปรุงมาจากระบบ L - Jetronic แต่ใช้มาตรวัดการไหลแบบ hot wire แทนแบบ swinging plate และแบบ potentiometer

LU – Jetronic เป็นระบบที่ออกแบบพิเศษ ใช้สำหรับน้ำมันไร้สารตะกั่ว

Motronic เป็นระบบที่รวมเอาข้อดีของระบบ D – Jetronic และ L – Jetronic เข้าด้วยกัน เหมาะที่จะใช้สำหรับการจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์

Mono – Jetronic เป็นระบบการฉีดเชื้อเพลิงที่ตัวเรือนลิ้นเร่ง โดยใช้หัวฉีดแบบทางเดียวติดตั้งอยู่บริเวณกึ่งกลางของตัวเรือนลิ้นเร่ง

จำนง ถนอม (2521 : หน้า 21) ได้กล่าวถึงชนิดของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กันมากในปัจจุบันไว้ว่ามีอยู่ด้วยกัน 2 แบบคือ

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ D – Jetronic โครงสร้างของระบบ D – Jetronic ประกอบด้วย

ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (electronic control unit) หรือเรียกสั้น ๆ ว่าชุดควบคุมเป็นหน่วยที่รับข้อมูลจาก ความดันไอดี อุณหภูมิไอดี ตำแหน่งของลิ้นปีกผีเสื้อ การสตาร์ทของเครื่องยนต์ ความเร็วของเครื่องยนต์ และการเริ่มฉีดของน้ำมัน ข้อมูลเหล่านี้จะแปลงเป็นสัญญาณพัลส์ ซึ่งทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงานส่วนวงจรขึ้นอยู่กับโซลินอยล์หัวฉีด ชุดควบคุมจะประกอบด้วย 300 หน่วย ประมาณ 70 หน่วยเป็นสารกึ่งตัวนำและถูกสร้างเป็นวงจรขึ้นมา

หัวฉีด (injection valve) ใช้ฉีดน้ำมันให้เป็นฝอยละอองเข้าไปยังท่อไอดีของเครื่องยนต์

ตัวส่งสัญญาณความดัน (pressure sensor) เป็นตัวส่งข้อมูลความดันในท่อไอดีของเครื่องยนต์ส่งให้ชุดควบคุม

ตัวส่งสัญญาณอุณหภูมิของน้ำ (temperature sensor) จะรายงานความร้อนของอากาศหรือน้ำหล่อเย็นที่ฝาสูบส่งให้ชุดควบคุม

สวิตซ์อุณหภูมิและเวลา (thermo – time switch) ใช้ตัดต่อวงจรหัวฉีดช่วยสตาร์ท

หัวฉีดช่วยสตาร์ท (star – valve) ทำให้เกิดฝอยน้ำมันที่ท่อร่วมไอดีเมื่อเครื่องยนต์เย็น

ปั๊มไฟฟ้า (electrical fuel pump) ทำหน้าที่ส่งน้ำมันให้หัวฉีดไฟฟ้า

กรองน้ำมัน (fuel filter) ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกออกจากน้ำมันเชื้อเพลิง

ตัวควบคุมแรงดันน้ำมัน (fuel pressure regulator) ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันน้ำมันให้คงที่
 ล้ออากาศช่วยทำหน้าที่เปิดให้อากาศผ่านได้มากขึ้นเมื่อเครื่องยนต์เย็นและปิดเมื่อเครื่อง

ยนต์ร้อน

ลิ้นเร่งหรือลิ้นปีกผีเสื้อเปิดตัวส่งสัญญาณว่าเครื่องยนต์กำลังเดินเบา เร่ง หรือรับโหลดมากไป
 แล้วส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุม

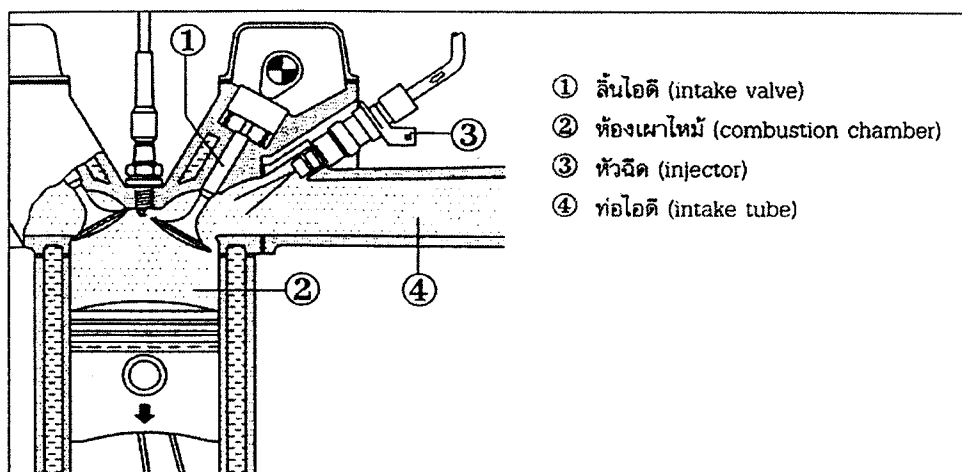
หน้าทองขาวพิเศษติดตั้งที่จานจ่ายแปลงสัญญาณพัลส์ไปยังชุดควบคุมเพื่อการฉีดน้ำมันของหัวฉีดและบันทึกความเร็วของเครื่องยนต์

หลักการทำงานของ Bosch ได้สร้างระบบดี-เจทรอนิกส์ ในระบบนี้การฉีดน้ำมันจะถูกควบคุมโดยแรงดันในท่อไอดีและความเร็วของเครื่องยนต์ ในท่อไอดีส่วนหน้าของลิ้นเร่งจะเป็นความดันบรรยากาศและด้านหลัง (ด้านเครื่อง) จะมีความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ตำแหน่งลิ้นเร่งจะบอกถึงสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ สภาพความดันในท่อไอดีต่ำกว่าบรรยากาศแสดงว่าเครื่องได้รับโหลด ข้อมูลนี้จะถูกส่งไปยังชุดควบคุมด้วยตัวส่งสัญญาณความดันในท่อไอดี จึงมีชื่อเรียกว่าระบบแรงดันในท่อไอดี (manifold pressure sensitive)

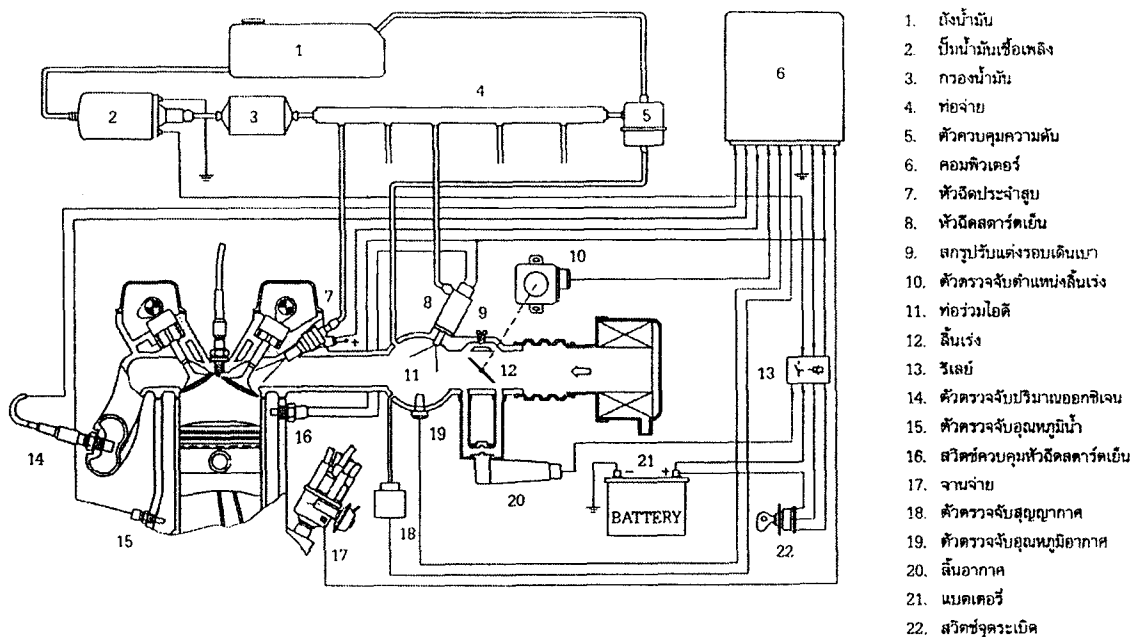
ระยะเวลาการฉีด ถูกกำหนดโดยเหตุผล 2 ประการคือ สภาพวะโหลด และความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ตัวส่งสัญญาณความดันและหน้าทองขาวทริกเกอร์ จะส่งสัญญาณเข้าชุดควบคุมแล้วชุดควบคุมจะคำนวณระยะเวลาการฉีดน้ำมัน หมายถึงสัญญาณพัลส์จะควบคุมให้ฉีดเชื้อเพลิงมากหรือน้อย วิธีการนี้เรียกว่าปริมาณเชื้อเพลิงขั้นพื้นฐาน (basic quantity of fuel)

Don Knowles (1987 : หน้า 95-96) ได้กล่าวถึงระยะเวลาการฉีดไว้ว่ากำลังการฉีดของหัวฉีดสำหรับจังหวะดูดของแต่ละสูบ และปริมาณน้ำมันที่ฉีดออกจากหัวฉีด จะถูกกำหนดโดยระยะเวลาหรือช่วงจังหวะการฉีด (pulse width) ของหัวฉีด ระยะเวลาการฉีดวัดเป็นมิลลิวินาที (millisecond , ms) และปริมาณน้ำมันที่ฉีดออกไปจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการฉีดเป็นสำคัญ จากการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1000 รอบ/นาที ในสภาวะการทำงานปกติ ระยะเวลาการฉีดจะเป็น 2 ms และเวลาการเปิด-ปิดหัวฉีดจะเป็น 30 ms ถ้าเครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบ 2000 รอบ/นาที ในสภาวะปกติ เวลาการเปิด-ปิดหัวฉีดจะเป็น 15 ms เพราะว่าเพลลาข้อเหวี่ยงหมุนเร็วขึ้น ในสภาวะนี้ระยะเวลาในการฉีด (pulse width) ยังคงเป็น 2 ms แต่จะได้ปริมาณน้ำมันมากกว่าที่ 1000 รอบ/นาที เพราะหัวฉีดฉีดเร็วขึ้น เมื่อเพิ่มภาระให้กับเครื่องยนต์ที่ 1000 และ 2000 รอบ/นาที ระยะเวลาการฉีดจะเป็น 4 ms แต่ระยะเวลาการเปิด-ปิดหัวฉีดเท่าเดิม ทั้งนี้เพื่อปรับการทำงานของเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงและลดมลภาวะที่เกิดขึ้นในภาวะที่เครื่องยนต์มีภาระ เมื่อเครื่องยนต์เริ่มสตาร์ทขณะเครื่องยนต์เย็น จำเป็นต้องเพิ่มกำลังการฉีดเป็น 2 เท่าคือเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมัน หรือเพิ่มหัวฉีดสำหรับสภาวะเครื่องยนต์เย็น นั่นก็คือการเพิ่มหัวฉีดสตาร์ทเย็นเข้าไปนั่นเอง ทั้งนี้เพื่อส่วนผสมอากาศกับน้ำมันให้หนาขึ้นจะทำให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดง่ายขึ้น การชดเชยในระบบควบคุมที่ใช้งานหนักได้ดีโดยอาศัยสวิตซ์ลิ้นเร่งตัวส่ง

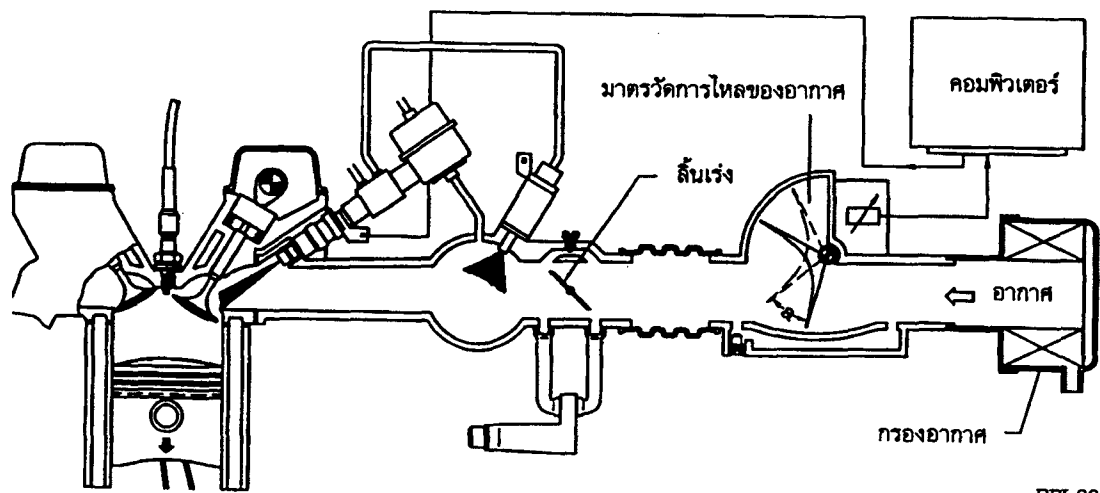
สัญญาณความดันจะไม่เป็นตัวจำกัดการทำงานของห้องไคอะแฟรมคู่ แต่มีไคอะแฟรมปิดแทนและได้เพิ่มห้องไคอะแฟรมเปิดสู่บรรยากาศอีกห้องเป็นผลไม่ทำให้แรงดันในห้องรวมไคตี้แค่เพียงอย่างเดียวแต่ได้นำความแตกต่างของความดันระหว่างแรงดันบรรยากาศกับแรงดันในห้องรวมไคตี้มาใช้ จึงสามารถปรับส่วนผสมของน้ำมันกับอากาศให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ได้ดียิ่งขึ้น การเร่งเครื่อง เมื่อเหยียบคันเร่ง ลินเร่งเปิด ความดันในห้องไคตี้เพิ่มขึ้น ตัวส่งสัญญาณความดันจะส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุม พร้อมกันนั้นสวิทช์ลินเร่งจะเลื่อนหน้าทองขาวภาวะเต็มที และแจ้งข้อมูลไปยังชุดควบคุมเช่นกัน ดังนั้นลินเร่งจึงเป็นแหล่งข้อมูลหลักที่สำคัญในการสั่งจ่ายน้ำมัน



ภาพประกอบ 9 แสดงตำแหน่งการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด



ภาพประกอบ 10 หลักการของระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบ D-JETRONIC



EFI 025

ภาพประกอบ 11 หลักการของระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบ L-JETRONIC

ระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ของโตโยต้า

ระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ของโตโยต้า (Toyota Computer Control System) หรือ TCCS เป็นระบบฉีดเชื้อเพลิงที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้ควบคุมการทำงานของระบบ เช่น การฉีดเชื้อเพลิง ตำแหน่งจุดระเบิด และระบบวิเคราะห์ข้อบกพร่องด้วยตนเอง ซึ่งมีชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เป็นตัวสั่งการ ระบบ TCCS ของโตโยต้า จะประกอบด้วย 3 หน่วยหลัก ระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ ระบบควบคุมการจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์ ระบบวิเคราะห์ข้อบกพร่อง

ระบบฉีดเชื้อเพลิงที่โตโยดำนำมาใช้มีด้วยกัน 2 ระบบคือระบบดี-เจทรอนิกส์ และระบบแอล-เจทรอนิกส์ ซึ่งมีความแตกต่างกันคือ ถ้าหากมีการวัดแรงดันที่ท่อร่วมไอดีแสดงว่าเป็นแบบ ดีเจทรอนิกส์ แต่ถ้าใช้วัดปริมาณอากาศไหลเข้าท่อไอดีจะเป็นแบบแอล-เจทรอนิกส์

ระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ (EFI) ชุดควบคุมจะรับข้อมูลจากความเร็วรอบของเครื่องยนต์ แรงดันในท่อไอดีหรือปริมาณอากาศที่ไหลเข้าเครื่องอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นและสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ แล้วจ่ายปริมาณเชื้อเพลิงที่เหมาะสมด้วยการควบคุมระยะเวลาการเปิดหัวฉีด ระบบควบคุมจุดระเบิดล่วงหน้าอิเล็กทรอนิกส์ (ESA) ระบบควบคุมจุดระเบิดล่วงหน้าอิเล็กทรอนิกส์คือ ระบบควบคุมไฟจุดระเบิดล่วงหน้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์ดัดแปรปรับปรุงจากของเดิมที่เป็นแบบกลไกและสุญญากาศ ระบบจุดระเบิดล่วงหน้าอิเล็กทรอนิกส์นี้จะรับตรวจจับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ โดยผ่านตัวส่งสัญญาณ แล้วเลือกจังหวะจุดระเบิดที่เหมาะสมกับสภาพโหลดของเครื่องยนต์

การวิเคราะห์ข้อบกพร่อง (diagnosis) ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะรวมระบบวิเคราะห์ข้อบกพร่องด้วยตนเอง โดยมีอิเล็กทรอนิกส์คอยจับสัญญาณตลอดเวลา เมื่อตรวจพบข้อบกพร่องก็จะส่งสัญญาณเป็นไฟเตือนให้ผู้ขับขี่ทราบด้วยไฟกระพริบ (check engine) ที่หน้าปัด และข้อบกพร่องเหล่านี้จะถูกบันทึกไว้ ข้อมูลนี้จะไม่ถูกลบแม้ว่าบิดสวิทช์กุญแจไปที่ OFF แล้วก็ตาม จึงสามารถตรวจสอบได้ง่าย ระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ของโตโยต้า จะแบ่งชุดสัญญาณเป็น 2 หน่วยคือ ชุดส่งสัญญาณ (sensor) ได้แก่ แรงดันไอดี ความเร็วรอบเครื่องยนต์ มุมเพลลาข้อเหวี่ยงอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น และอุปกรณ์กระตุ้นสัญญาณ (activators) ได้แก่ระบบเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์และระบบจุดระเบิดล่วงหน้า

วงจรไฟฟ้าของหัวฉีดเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ 4A-GE ของโตโยต้า

วงจรไฟฟ้าของหัวฉีดเชื้อเพลิงของเครื่อง 4A-GE เมื่อทรานซิสเตอร์ในชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ทำงาน แรงเคลื่อนไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะจ่ายตรงไปยังหัวฉีดตลอดเวลาทำให้หัวฉีดร้อนจัด จึงต้องจำกัดกระแสไฟฟ้าในชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ให้เข้าไปยังหัวฉีดน้อยลงกระแสไฟฟ้าในขณะนี้จะมีความถี่ 2 แอมแปร์ ค่านี้เป็นค่าต่ำสุดที่หัวฉีดต้องการขณะฉีดน้ำมัน

รีเลย์หลักป้องกันอันตราย

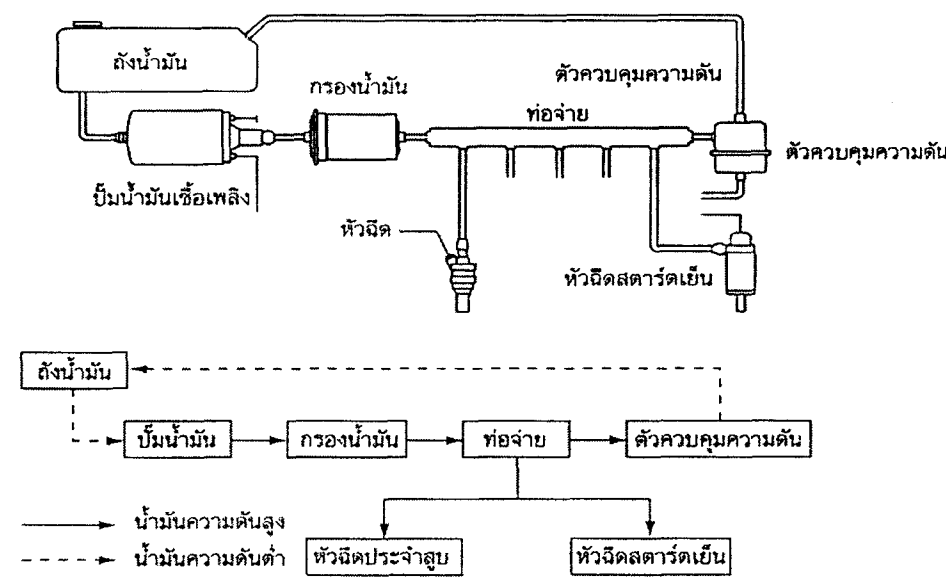
เมื่อบิดสวิทช์ไปยังตำแหน่ง ON กระแสไฟฟ้าจะเข้าสู่ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แล้วต่อวงจรให้รีเลย์ป้องกันอันตรายทำงาน เนื่องจากไม่มีขดลวดความต้านทานในระบบ ถ้าหากมีการลัดวงจรขึ้นชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะหยุดการทำงานของรีเลย์ 5 วินาที รอสัญญาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อป้องกันอันตรายเนื่องจากหัวฉีดจะร้อนจัด ถ้ายังคงทำงานต่อไป

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ D-Jetronic เป็นระบบฉีดที่มีการควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ด้วยวิธีการวัดแรงดันของอากาศภายในท่อร่วมไอดีแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ ร่วมกับสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดที่เหมาะสมกับปริมาณอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกสูบกล่าวคือเมื่ออากาศไหลเข้ากระบอกสูบมาก คอมพิวเตอร์จะกำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดมากขึ้น ตัวอย่างเช่นขณะที่เครื่องยนต์มีความเร็วรอบต่ำ ลื่นเร่ง (Throttle valve) จะเปิดให้อากาศไหลเข้ากระบอกสูบน้อย ความดันของอากาศในท่อร่วมไอดีจะต่ำ ตัวตรวจจับสุญญากาศ (Vacuum sensor) จะส่งสัญญาณไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับแรงดันอากาศในท่อร่วมไอดี ขณะนี้ ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมัน เชื้อเพลิงน้อยลง และในทางตรงกันข้าม หากลิ้นเร่งเปิดอากาศไหลเข้ากระบอกสูบมาก (ขณะเร่งเครื่องยนต์) ความดันของอากาศในท่อร่วมไอดีจะสูง

ขึ้น (เป็นสัญญาณน้อย) ตัวตรวจจับสัญญาณจะส่งสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ให้กำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ L-Jetronic

ระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ L-Jetronic เป็นระบบฉีดที่พัฒนามาจากแบบ D-Jetronic ซึ่งมีการวัดปริมาณอากาศที่ไหลเข้ากระบอกสูบ จากแรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดี แต่เนื่องจากปริมาณกับแรงดันของอากาศมีสัดส่วนแปรผกผันกันไม่คงที่แน่นอน ทำให้การวัดปริมาณอากาศจากค่าแรงดันไม่ค่อยเที่ยงตรง จึงเป็นเหตุให้คอมพิวเตอร์กำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงขาดความเที่ยงตรงไปด้วย สำหรับในระบบฉีดแบบ L-Jetronic นี้ จะทำการวัดปริมาณอากาศที่ไหลเข้ากระบอกสูบโดยตรงโดยใช้มาตรวัดการไหลของอากาศ (Air flow meter) เป็นตัวตรวจวัดปริมาณอากาศที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ร่วมกับสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมน้ำมันเชื้อเพลิงถูกบีบจากถังด้วยปั๊มไฟฟ้า (electric fuel pump) ส่งผ่านกรองน้ำมันเข้าท่อจ่ายแล้วส่งต่อไปยังหัวฉีดของแต่ละสูบและหัวฉีดสตาร์ทเย็น น้ำมันเชื้อเพลิงภายในท่อทางจะถูกรักษาความดันไว้ที่ประมาณ 2.5-3.5 บาร์ ด้วยตัวควบคุมความดัน หากความดันของน้ำมันภายในระบบสูงเกินไป น้ำมันจะถูกระบายกลับลงสู่ถังจนความดันลดลงถึงค่าที่กำหนด



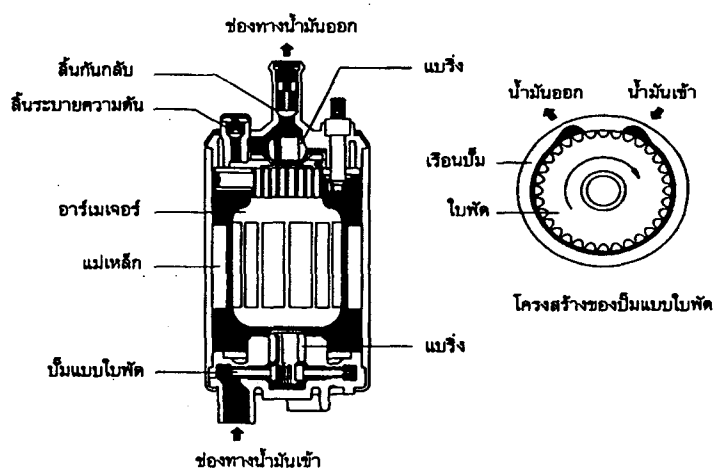
ภาพประกอบ 12 แสดงส่วนประกอบของระบบเชื้อเพลิงและไดอะแกรมการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง

ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง (fuel pump)

ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงมีหน้าที่ปั๊มน้ำมันจากถังส่งไปยังหัวฉีด (injector) และหัวฉีดสตาร์ทเย็น (cold start injector) ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการสูงสุดของเครื่องยนต์ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง ในระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ จะเป็นปั๊มแบบลูกกลิ้ง (roller cell pump) หรือในเครื่องยนต์บางรุ่นอาจเป็นแบบใบพัด (turbine pump) ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงนี้จะได้รับกำลังขับจากมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งประกอบรวมเป็นชุดเดียวกัน การทำงานของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง ปั๊มลูกกลิ้งประกอบด้วยเสื้อปั๊ม ซึ่งภายในมีตัวโรเตอร์สวมอยู่ในลักษณะเยื้องศูนย์กลาง เมื่อโรเตอร์หมุน ลูกกลิ้ง (roll) ที่อยู่ในร่องของโรเตอร์จะเคลื่อนที่ออกมาสัมผัสกับผนังภายในของเสื้อปั๊มด้วยแรงหนีศูนย์กลาง จากการทำงานนี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดของช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งกับผนังของเสื้อปั๊มรอบ ๆ ตัว โรเตอร์อยู่ตลอดเวลา น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกดูดเข้าในส่วนที่มีปริมาตรมาก แล้วถูกอัดออกไปในส่วนที่มีปริมาตรเล็กลงที่ช่องทางออกของปั๊ม

ตัวโรเตอร์ของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกนำไปหมุนโดยโซ่มอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งได้รับกระแสไฟฟ้ามาจากแบตเตอรี่เมื่อทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ ปั๊มจะเริ่มทำงาน น้ำมันจากถังจะถูกดูดเข้ามาทางช่องทางเข้า ปั๊มลูกกลิ้งจะจ่ายน้ำมันผ่านตัวอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าไปยังลิ้นก้นกลับที่บริเวณช่องทางออก เพื่อส่งต่อไปยังหัวฉีด ลิ้นก้นกลับ (check valve) จะทำหน้าที่รักษาความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงภายในท่อทางของระบบไว้ ในขณะที่เครื่องยนต์หยุดการทำงาน ลิ้นก้นกลับจะปิดช่องทางน้ำมันออกด้วยแรงดันสปริง ไม่ให้น้ำมันที่อยู่ในช่องทางไหลย้อนกลับลงถังเมื่อปั๊มหยุดทำงาน ดังนั้น น้ำมันในระบบจึงยังคงมีความดันตกค้างอยู่ หากน้ำมันในระบบไม่มีความดัน จะทำให้เกิดฟองอากาศภายในช่องทางโดยเฉพาะเมื่ออุณหภูมิสูง ซึ่งจะเป็นเหตุให้สตาร์ทเครื่องยนต์ในครั้งต่อไปติดยาก ลิ้นระบายความดัน (pressure relief valve) จะทำหน้าที่ป้องกันความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงภายในห้องปั๊มสูงเกินไป เช่นในกรณีที่มีการอุดตันที่กรองหรือท่อทางน้ำมัน ความดันของน้ำมันภายในห้องปั๊มจะสูงขึ้นกว่าปกติ หากความดันของน้ำมันสูงถึงค่าที่กำหนด (จากแรงดันของสปริง) ลิ้นระบายความดันจะเปิดให้น้ำมันไหลกลับสู่ด้านน้ำมันเข้าปั๊ม ทำให้ความดันของน้ำมันภายในห้องปั๊มลดลงจากการที่ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงประกอบเป็นชุดเดียวกันกับมอเตอร์ไฟฟ้า และให้น้ำมันไหลผ่านมอเตอร์ไฟฟ้า ทำให้มีข้อดีหลายประการคือ ไม่มีปัญหาเรื่องการรั่วหรือการหล่อลื่นชิ้นส่วนต่าง ๆ พร้อมทั้งยังเป็นการระบายความร้อนไปในตัวอีกด้วย สำหรับการไหลของน้ำมันผ่านตัวมอเตอร์ไฟฟ้านั้น จะไม่ทำให้เกิดการระเบิดเนื่องจากประกายไฟจากแปลงถ่าน แม้ว่า ภายในห้องปั๊มจะมีน้ำมันบรรจุอยู่ไม่เต็มก็ตาม ทั้งนี้เพราะว่าการเผา

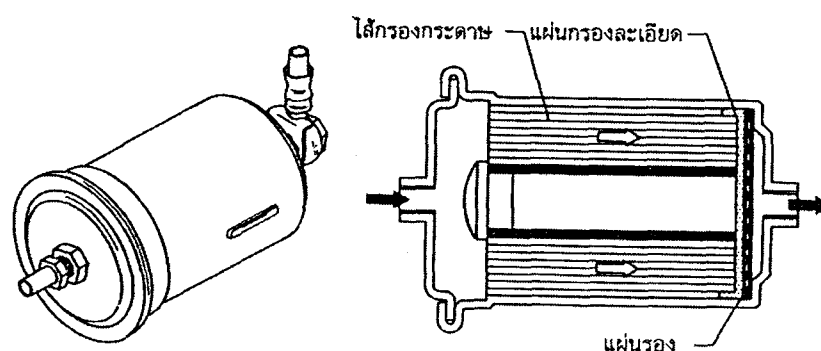
ไหม้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออัตราส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าที่เหมาะสม แต่ภายในห้องปั๊มมีปริมาณน้ำมันไหลผ่านมาก เมื่อเผาไหม้ได้ สำหรับปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงแบบใบพัดจะมีลักษณะและโครงสร้างดังแสดงในรูป ปั๊มน้ำมันแบบนี้มีขนาดค่อนข้างเล็กกระทัดรัด และติดตั้งไว้ในถังน้ำมัน ปั๊มน้ำมันจะทำงานเฉพาะตอนที่เครื่องยนต์มีการทำงานเท่านั้น หากเครื่องยนต์ดับปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจะหยุดทำงาน แม้ว่าสวิทช์จุดระเบิดจะยังเปิดอยู่ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายจากการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงขณะเครื่องยนต์ดับ เช่น ในกรณีรถยนต์เกิดอุบัติเหตุ ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงของระบบนี้จะถูกปิดสนิทไม่สามารถทำการถอดแยกชิ้นส่วนได้ หากมีการขัดข้องหรือชำรุดเสียหายจะต้องเปลี่ยนใหม่ทั้งชุด



ภาพประกอบ 13 แสดงส่วนประกอบของปั๊มส่งน้ำมันเชื้อเพลิงและไดอะแกรมการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง

กรองน้ำมัน

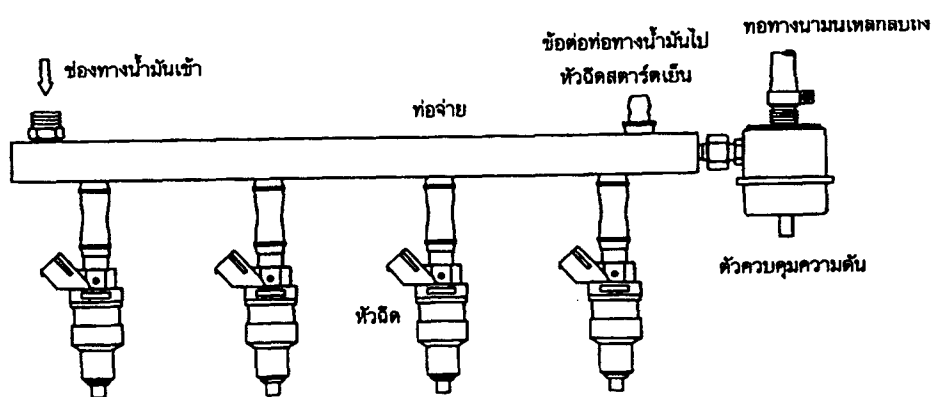
กรองน้ำมัน มีหน้าที่กรองเอาสิ่งสกปรกต่างๆ ออกจากน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนที่จะส่งไปยังหัวฉีด โดยถูกติดตั้งไว้ทางด้านช่องทางน้ำมันออกของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง กรองน้ำมันหากมีการอุดตันจะทำให้ความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงภายในระบบลดลง ซึ่งเป็นเหตุให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดยาก เดินเบาไม่เรียบ แรงสะตุ ไม่ค่อยมีพลัง หรือสตาร์ทไม่ติด ทั้งนี้เพราะความดันของเชื้อเพลิงมีผลต่อปริมาณของน้ำมันที่ถูกฉีด กล่าวคือ ปริมาณน้ำมันที่ถูกฉีดจะน้อยลงเมื่อความดันลดลง สำหรับช่วงระยะเวลาในการเปลี่ยนนั้น จะขึ้นอยู่กับสภาพสกปรกของน้ำมันที่ใช้ ดังนั้นจึงควรมีการเปลี่ยนกรองน้ำมันอยู่เสมอ



ภาพประกอบ 14 แสดงส่วนประกอบของกรองน้ำมันเชื้อเพลิง

ท่อจ่ายน้ำมัน (distributor pipe of fuel rail)

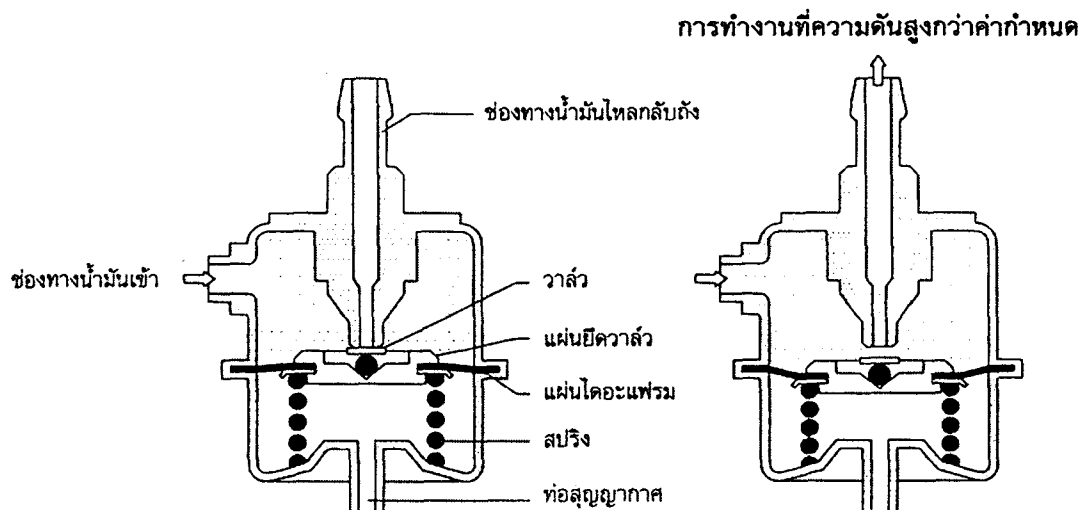
ท่อจ่ายน้ำมันเป็นอุปกรณ์สำหรับส่งน้ำมันไปยังหัวฉีด โดยทั่วไปท่อจ่ายจะมีขนาดค่อนข้างโต เพื่อให้สามารถจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการฉีดในแต่ละรอบการทำงานของเครื่องยนต์ได้อย่างเพียงพอ ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ความดันของน้ำมันเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากน้ำมันไหลไม่ทันขณะมีการฉีด แต่อย่างไรก็ตาม ท่อจ่ายอาจมีขนาดเล็กก็ได้ (ในเครื่องยนต์บางรุ่น) ถ้าปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้สามารถสร้างอัตราไหลของน้ำมันให้มากพอ



ภาพประกอบ 15 แสดงชุดรางน้ำมันเชื้อเพลิงและจุดยึดหัวฉีด

ตัวควบคุมความดัน

ตัวควบคุมความดัน เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมค่าความแตกต่างระหว่างความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบ กับความดันของอากาศในท่อร่วมไอดีให้คงที่ ความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกควบคุมให้เปลี่ยนแปลงตามความดันของอากาศในท่อร่วมไอดีโดยที่ค่าแตกต่างของความดันทั้งสองไม่มีการเปลี่ยนแปลง จากการที่ความดันของอากาศในท่อร่วมไอดีมีการเปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วรอบและภาระของเครื่องยนต์ ดังนั้นถ้าหากความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงถูกควบคุมให้มีค่าคงที่เพียงค่าเดียว จะทำให้ค่าความแตกต่างระหว่างความดันน้ำมันเชื้อเพลิงกับความดันอากาศในท่อร่วมไอดีมีค่าคงที่แน่นอน ซึ่งเป็นเหตุให้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าผสมกับอากาศในท่อไอดีมีปริมาณที่ไม่เที่ยงตรงตามระยะเวลาในการฉีดที่กำหนดโดย คอมพิวเตอร์ กล่าวคือ หากความแตกต่างของความดันเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดต่อหนึ่งหน่วยเวลาจะมากขึ้นเกินกว่าที่กำหนด ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมค่าความแตกต่างระหว่างความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงและอากาศในท่อร่วมไอดีให้คงที่ตลอดเวลา



ภาพประกอบ 16 แสดงชุดควบคุมแรงดันน้ำมันเชื้อเพลิง

หัวฉีดประจำสูบ (injector)

เครื่องยนต์มีหัวฉีดสลับ 1 หัว สำหรับทำหน้าที่ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปผสมกับอากาศในท่อร่วมไอดี หัวฉีดที่ใช้เป็นหัวฉีดแบบแม่เหล็กไฟฟ้า บังคับการเปิดลิ้นของหัวฉีดด้วยโซลินอยล์ไฟฟ้า โดยได้รับสัญญาณไฟฟ้ามาจากหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) หรือ คอมพิวเตอร์ การทำงานของหัวฉีดจากรูปแสดงน้ำมันจากท่อจ่าย (fuel rail) จะไหลเข้าหัวฉีดโดยผ่านกรอง ลงไปยังเข็มหัวฉีด ที่ปลายของหัวฉีดซึ่งในตำแหน่งที่ยังไม่ทำงานจะถูกสปริงดันให้แนบสนิทอยู่กับปาล์มน้ำมันไม่ให้น้ำมันไหลออก เมื่อมีสัญญาณไฟฟ้าจากคอมพิวเตอร์ป้อนเข้าขดลวดโซลินอยล์จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบขดลวดตัวอาร์เมเจอร์จะถูกดูดเลื่อนขึ้น เข็มหัวฉีดซึ่งติดอยู่กับตัวอาร์เมเจอร์ก็จะยกตัวขึ้นจากปาล์มน้ำมันซึ่งมีความดันประมาณ 2.5 บาร์ จะถูกฉีดออกมาจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการป้อนสัญญาณไฟฟ้าเข้าขดลวดโซลินอยล์ของหัวฉีด ในการเปิดและปิดของเข็มหัวฉีดจะมีความไวสูงมาก (ประมาณ 1-1.5 ms) เนื่องจากเข็มหัวฉีดจะมีการยกตัวขึ้นน้อยมาก (ประมาณ 0.1 ms) ดังนั้นการฉีดของหัวฉีดจึงมีความเที่ยงตรงและแม่นยำสูง ในกรณีที่มีการอุดตันที่กรองน้ำมันของหัวฉีดหรือมีเขม่าจับที่ปลายเข็มหัวฉีด จะทำให้ปริมาณน้ำมันที่ถูกฉีดน้อยลง ซึ่งเป็นเหตุให้เครื่องยนต์เดินเบาไม่เรียบ เร่งไม่ขึ้น ไฟตึกกลับ กำลังตก หรือถ้าหากมีสิ่งแปลกปลอมเข้าไปติดขัดบริเวณหน้าสัมผัสของเข็มหัวฉีด จะทำให้เกิดการรั่วของน้ำมันเชื้อเพลิงในขณะที่หัวฉีดยังไม่ทำงาน จะเป็นเหตุให้เครื่องยนต์เดินเบาไม่เรียบ หรือเกิดการระเบิดที่ท่อไอเสีย

หัวฉีดสตาร์ทเย็น (cold start injector)

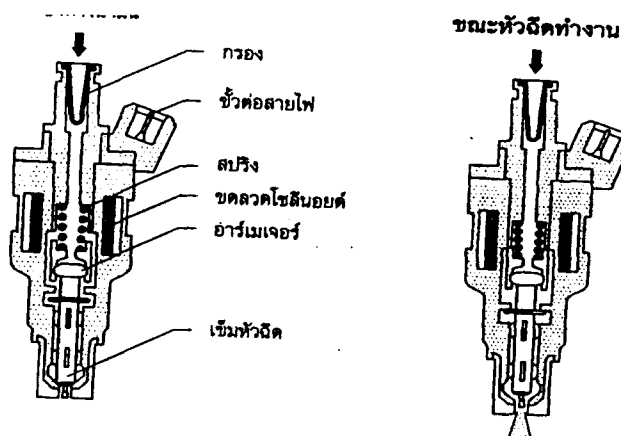
ขณะทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิต่ำ เครื่องยนต์จะต้องการอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่มากกว่าอัตราส่วนผสมที่ต้องการในสภาวะทำงานอื่น ๆ อัตราส่วนผสมที่หนาแน่นขึ้นนี้

จะได้รับการแก้ไข โดยการใช้หัวฉีดสตาร์ทเย็นทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มเข้าไปในท่อร่วมไอดี จนได้อัตราส่วนผสมที่หนาตามที่เครื่องต้องการ ดังนั้นในขณะที่ทำการสตาร์ท เครื่องยนต์ในอุณหภูมิต่ำ เครื่องยนต์จะได้รับน้ำมันเชื้อเพลิงจากหัวฉีดและหัวฉีดสตาร์ทเย็นพร้อมกัน ในเครื่องยนต์แต่ละเครื่องจะมีหัวฉีดสตาร์ทเย็น 1 ตัว สำหรับทำหน้าที่จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้กับทุกกระบอกสูบ โดยติดตั้งไว้ที่บริเวณกึ่งกลางของท่อร่วมไอดี หัวฉีดสตาร์ทเย็นนี้จะทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเฉพาะตอนที่สวิทช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งสตาร์ทและเครื่องยนต์มีอุณหภูมิสูง หัวฉีดสตาร์ทเย็นจะไม่ทำงาน เครื่องยนต์จะได้รับน้ำมันเชื้อเพลิงจากหัวฉีดของแต่ละสูบตามปกติเพียงอย่างเดียว หัวฉีดสตาร์ทเย็นเป็นหัวฉีดแบบแม่เหล็กไฟฟ้าเหมือนกับหัวฉีดประจำสูบ แต่จะแตกต่างกันที่หัวฉีดสตาร์ทเย็นไม่มีเข็มหัวฉีด และที่ปลายของหัวฉีดจะถูกออกแบบให้ช่องทางน้ำมันมีลักษณะหมุนวน ซึ่งเรียกว่า swirl nozzle เพื่อให้การฉีดน้ำมันเป็นฝอยละอองดียิ่งขึ้น การทำงานของหัวฉีดสตาร์ทเย็น ในตำแหน่งที่หัวฉีดยังไม่ทำงาน สปริงจะดันตัวอาร์เมเจอร์ให้ปิดช่องทางน้ำมันที่ส่วนปลายของหัวฉีด เมื่อมีสัญญาณไฟฟ้าจากการสตาร์ทเครื่องยนต์จากขั้ว St. ของสวิทช์จุดระเบิดป้อนเข้าชุดลวดโซลินอยล์ ตัวอาร์เมเจอร์จะถูกดูดเลื่อนขึ้นเปิดให้น้ำมันฉีดออกจากหัวฉีด การฉีดของหัวฉีดสตาร์ทเย็นจะเป็นไปอย่างต่อเนื่องและสิ้นสุดลงเมื่อไม่มีสัญญาณไฟฟ้าจากการสตาร์ทเครื่องยนต์ป้อนเข้าชุดลวดโซลินอยล์ ซึ่งสัญญาณไฟฟ้านี้จะถูกควบคุมด้วยสวิทช์จุดระเบิด และสวิทช์ความร้อน-เวลา(thermo-time switc) สำหรับรายละเอียดสวิทช์ความร้อน-เวลา จะได้กล่าวถึงต่อไปในหัวข้อระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ในกรณีที่มีการดูดตันของหัวฉีดสตาร์ทเย็นจะทำให้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดน้อยลงซึ่งเป็นเหตุให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดยากและถ้าหากเกิดการรั่วของน้ำมันเชื้อเพลิงในขณะที่หัวฉีดยังไม่ทำงานจะทำให้ส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่บรรจุเข้ากระบอกสูบหนาเกินไป เป็นเหตุให้เครื่องยนต์ติดยาก หรือสตาร์ทเครื่องยนต์ไม่ติด

ตัวป้องกันการกระเพื่อมของน้ำมันเชื้อเพลิง (fuel pulsation damper)

ในเครื่องยนต์บางรุ่น เช่นเครื่องยนต์โตโยต้า รุ่น 4A-GE , 3S-GE จะมีตัวกันกระเพื่อมของน้ำมันเชื้อเพลิงติดตั้งไว้ที่ท่อจ่ายน้ำมัน ดังแสดงไว้ในรูป ตัวกันกระเพื่อมจะทำหน้าที่ป้องกันความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบลดต่ำกว่าค่ากำหนดในขณะที่หัวฉีดทำงานตามที่กล่าวมาแล้วในเรื่องตัวควบคุมความดัน น้ำมันเชื้อเพลิงในระบบจะถูกควบคุมให้มีความดันประมาณ 2.5 บาร์ เพื่อความดันของอากาศในท่อร่วมไอดี เพื่อให้ปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่กำหนดโดยคอมพิวเตอร์มีค่าคงที่แต่อย่าง

ไว้ก็ตามความดันของน้ำมันภายในท่อจ่ายลดลงได้เล็กน้อยเนื่องจากขณะน้ำมันในระบบเปลี่ยนแปลงเป็นช่วงๆ ตามจังหวะการฉีด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมอาการที่เกิดขึ้นดังกล่าวนี้ด้วยตัวป้องกันการกระเพื่อมของน้ำมันเชื้อเพลิง การทำงานของตัวป้องกันการกระเพื่อมของน้ำมันเชื้อเพลิง ภายในตัวป้องกันการกระเพื่อมจะประกอบแผ่นไดอะแฟรมซึ่งถูกดันด้วยสปริง เมื่อปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงทำงาน น้ำมันจากถังจะถูกส่งเข้ามายังท่อจ่าย โดยดันแผ่นไดอะแฟรมให้เปิดออก เมื่อน้ำมันเข้าเต็มท่อจ่าย ความดันของน้ำมันจะเพิ่มขึ้นจนถึงประมาณ 2.5 บาร์ เพื่อความดันของอากาศในท่อร่วมไอดีตลอดเวลา



ภาพประกอบ 17 แสดงหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

2. หลักการออกแบบเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีด

หลักการออกแบบเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดผู้วิจัย ได้ใช้หลักการของระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์ในรถยนต์ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยออกแบบให้เครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน มีความสามารถทดสอบใน 3 ด้านคือ การทดสอบการรั่วซึมของหัวฉีด ทดสอบอัตราการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง ลักษณะการฉีดเป็นฝอยละออง แต่จะมุ่งเน้นในการวิเคราะห์ถึงความแตกต่างของการจ่ายปริมาณน้ำมันที่หัวฉีดแต่ละหัวจ่ายเชื้อเพลิงออกมาได้ในระยะเวลาการฉีดที่เท่ากัน โดยใช้หลอดแก้ววัดปริมาตรน้ำมันเป็นตัวบอกค่าในการทดสอบ โดยมีหน่วยเป็น ซี.ซี.หรือมิลลิลิตร ทำให้สามารถรู้ได้ว่า หัวฉีดที่ทำการทดสอบหัวใดมีปัญหาในการฉีดน้ำมันบ้าง โดยการเปรียบเทียบค่าที่อ่านได้จากการทดสอบจากหัวฉีดที่ทำการทดสอบด้วยตัวเอง 4 หัวนอกจากนี้เครื่องทดสอบยังสามารถทดสอบการรั่วซึมของหัวฉีด ทดสอบอัตราการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง ลักษณะการฉีดเป็นฝอยละออง ในส่วนของตัวเครื่องทดสอบ ผู้วิจัยออกแบบโดยเน้นความกะทัดรัด ความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งทดสอบที่สร้างขึ้นสามารถทดสอบหัวฉีดได้ตั้งแต่ 1-4 หัว โดยมีวัสดุ อุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญในการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบดังนี้

2.1 ถังบรรจุน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Tank)

ถังบรรจุน้ำมันเชื้อเพลิงของรถยนต์ ส่วนมากจะติดตั้งอยู่ใต้ตัวถังรถ บริเวณใต้เบาะนั่งผู้โดยสารหลัง ถังน้ำมันถูกออกแบบให้เข้ากับโครงสร้าง ร่อง-มุมของรถยนต์แต่ละรุ่น ถังบรรจุน้ำมันเชื้อเพลิง มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ตัวถังบรรจุน้ำมัน สามารถบรรจุน้ำมันเชื้อเพลิงได้คราวละ 30, 40, 50 ลิตร หรือแล้วแต่บริษัทผู้ผลิต จะออกแบบมา สายรัดถังและจุดยึดติด จะทำให้ตัวถังบรรจุน้ำมัน ยึดติดกับโครงสร้างของรถ เพื่อความแน่นหนา ชุดส่งสัญญาณวัดระดับ ปริมาณน้ำมันในถัง รถยนต์รุ่นเก่าใช้กลไกลูกกลอยในการทำงาน และได้พัฒนามาเป็นอุปกรณ์เซนเซอร์แบบต่างๆ ในปัจจุบัน คอซองเติมน้ำมัน เป็นท่อที่เชื่อมต่อระหว่าง ถังน้ำมันเชื้อเพลิง มาจนถึงปากช่องเติมน้ำมัน บริเวณด้านข้างตัวถังฝาดังน้ำมันเชื้อเพลิง ไว้เปิด-ปิด เพื่อเติมน้ำมัน ช่องท่อส่งน้ำมัน เตรียมไว้สำหรับเชื่อมต่อกับท่อส่งน้ำมัน สำหรับถังบรรจุน้ำมันเชื้อเพลิงทดสอบสำหรับ

เครื่องทดสอบหัวฉีดนี้ผู้วิจัยเลือกออกแบบให้มีขนาดเล็ก บรรจุได้ประมาณ 2-2.5 ลิตร เนื่องจากการทดสอบเป็นการทดสอบที่ใช้ระยะเวลาไม่มากนักและต้องการออกแบบให้ตัวเครื่องทดสอบมีความกะทัดรัด

2.2 หัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ (Injector)

หัวฉีดที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะเป็นแบบที่บังคับการเปิด-ปิด ของลิ้นหัวฉีดด้วยโซลินอยด์ไฟฟ้าหรือหัวฉีด ซึ่งจะถูกระงับการทำงานด้วยไฟฟ้าในขณะที่มีน้ำมันเชื้อเพลิงมารออยู่ที่ท่อ น้ำมันและจะเข้ามาสู่ตัวหัวฉีด ซึ่งแรงดันน้ำมันจะมารออยู่ในหัวฉีด แต่น้ำมันไม่สามารถ เคลื่อนตัวผ่านออกไปภายนอกหัวฉีดได้ เพราะวาล์วขนาดเล็กได้ปิดกั้นทางออกเอาไว้ ตัววาล์วนี้ จะยึดเกี่ยวกับแกนเลื่อนขดลวดไฟฟ้า และจะมีโซลินอยด์ขนาดเล็ก ติดตั้งอยู่ภายในหัวฉีดด้วย เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเข้ามาภายในหัวฉีด จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำขณะแรงดันสปริง ดึงแกนเข็มวาล์วหัวฉีด ให้อยู่หลัง ที่ปลายเข็มหัวฉีด จึงเกิดเป็นช่องขนาดเล็ก น้ำมันเชื้อเพลิงที่มารออยู่ในหัวฉีด จึงเคลื่อนตัวผ่านทางช่องนี้ พุ่งออกไปเป็นละออง ซึ่งเมื่อหมดกระแสไฟฟ้าแล้ว สปริงก็จะดันเข็มวาล์วหัวฉีดให้เคลื่อนตัวไปปิดช่องทางน้ำมันออก ของน้ำมันเชื้อเพลิงไว้เช่นเดิม

2.3 ตัวควบคุมความดัน (Pressure Regulator)

ตัวควบคุมความดันเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุมค่าความแตกต่างระหว่างความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบ กับค่าความดันของอากาศในท่อร่วมไอดีให้คงที่ตลอดเวลา น้ำมันจากท่อจ่ายจะไหลเข้าตัวควบคุมความดันทางช่องทางน้ำมันเข้า หากความดันของน้ำมันสูงเกินกว่าที่กำหนดไว้ด้วยแรงดันของสปริง น้ำมันจะดันแผ่นไดอะแฟรมให้ยุบตัวลง และแผ่นวาล์วที่ติดกับแผ่นไดอะแฟรมจะเปิดให้น้ำมันไหลออกจากตัวควบคุมไหลกลับสู่ถังทำให้ความดันน้ำมันถูกควบคุมไว้ค่าหนึ่งตามค่าแรงดันของสปริง

2.4 ชุดควบคุมการฉีดหรือเครื่องกำเนิดสัญญาณ (Control Unit)

ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์ที่มีขนาด 0.25-10 m.sec ซึ่งสามารถกำหนดค่าได้โดยการปรับเลือกค่าได้ที่ชุดควบคุม ซึ่งการกำหนดสัญญาณนี้ใช้กำหนดจังหวะการฉีดของหัวฉีดหรือเป็นการกำหนดคาบเวลาให้หัวฉีดทำงาน

2.5 หลอดแก้ววัดปริมาณน้ำมัน (Graduate)

หลอดแก้ววัดปริมาณน้ำมัน (Graduate) ใช้เพื่อบรรจุหรือรองรับน้ำมันจากการทดสอบหาปริมาณน้ำมันที่ออกจากหัวฉีดหรือดูการเป็นฝอยละอองจากการทดสอบโดยน้ำมันนี้จะถูกฉีดพ่นจากหัวฉีดเข้ามาที่หลอดแก้ววัดปริมาณน้ำมันเพื่อเปรียบเทียบและอ่านค่า โดยหลอดแก้ววัดปริมาณน้ำมันจะมีสเกลบอกปริมาตรของน้ำมันซึ่งมีหน่วยเป็น ซี.ซีหรือ ลูกบาศก์เซนติเมตร

หลักการทำงานของชุดทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ การทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ เริ่มต้นที่เมื่อเปิดสวิตช์ ภาคจ่ายไฟจะจ่ายไฟแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสตรง 12 โวลต์ไปเลี้ยงให้กับวงจรชุดควบคุมการฉีดหรือเครื่องกำเนิดสัญญาณเพื่อควบคุมจังหวะการฉีดของหัวฉีด นอกจากนี้ยังจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าไปยังปั๊มพ่น้ำมันเชื้อเพลิงไฟฟ้า (Electronic fuel pump) ซึ่งทำหน้าที่สูบน้ำมัน จากถังน้ำมันเชื้อเพลิง ผ่านไปตามท่อส่งน้ำมันเชื้อเพลิงผ่าน กรองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel filter) ซึ่งจะทำกรองสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่อาจติดมากับน้ำมันเชื้อเพลิงออกไปและต่อไปที่ อุปกรณ์ควบคุมแรงดันน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel pressure regulator) ทำหน้าที่รักษาสมดุลย์ของแรงดันน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ได้รับมา ส่งให้กับหัวฉีดซึ่งควบคุมจังหวะการฉีดโดยชุดควบคุมการฉีด ซึ่งจะมีท่อน้ำมันไหลกลับไปยังถังน้ำมันเชื้อเพลิงในกรณีที่มีแรงดันน้ำมันเกินกว่าความจำเป็นที่จะต้องใช้นั้น ในขณะที่แรงดันน้ำมันมารออยู่ที่หัวฉีด เราสามารถปรับแรงดันเพิ่มหรือลดได้ตามความต้องการที่ สวิตช์ปรับแรงดันได้และขณะนั้นเมื่อเราต้องการทดสอบหัวฉีด ก็กดสวิตช์เปิดเครื่องเพื่อให้

ไฟได้เข้าเลี้ยงที่หัวฉีดและเลือกย่านการทดสอบโดยการปรับที่สวิทช์ปรับสัญญาณ ก็จะสามารถทดสอบค่าต่างๆของหัวฉีดได้

3. หลักการออกแบบเครื่องจักรกล

การออกแบบเครื่องจักรเป็นศิลปะของการพัฒนาทางด้านการคิดใหม่ ๆ แล้วแสดงลงบนกระดาษ ในรูปของแบบลายเส้นพร้อมทั้งขนาดและรายละเอียดต่างๆจากแบบที่ได้จะนำไปใช้ในการสร้างหรือพัฒนาเครื่องจักรต่อไปเครื่องจักรใหม่ ๆ เกิดขึ้นได้เพราะความต้องการในการใช้งานของมนุษย์ ซึ่งมีรายละเอียดการออกแบบเครื่องจักรดังนี้ (วรวิทย์ อึ้งภากรณ์และชาญ ฤกษ์งาม .2541 : 11 - 17)

3.1 ปรัชญาของการออกแบบ

ผู้ออกแบบจะเริ่มต้นด้วยการเขียนและสร้างสรรค์แบบใหม่ ๆ ขึ้นมา แม้ว่าในการสร้างเครื่องจักรชนิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน จะต้องใช้ความคิดโดยอาศัยพื้นความรู้ต่างๆ อาศัยประสบการณ์และใช้เวลามากหรือน้อยก็ตาม ผู้ออกแบบจะได้ผลกำไรจากความชำนาญทางด้านวิศวกรรมและด้านอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นหลายประการ การออกแบบส่วนมากจะทำตามแบบอย่างที่มีใช้อยู่ในอุตสาหกรรม เช่น เครื่องกลึงรุ่นใหม่มักมีลักษณะคล้ายเครื่องกลึงรุ่นเก่า รถยนต์รุ่นใหม่ก็คล้ายกับรถยนต์รุ่นเก่าเพียงแต่มีการพัฒนาให้ดีขึ้น เพราะมีความรู้มากขึ้น มีประสบการณ์มากขึ้น ในบางครั้งการพัฒนาจะทำเมื่อต้องการสมรรถนะของเครื่องให้สูงขึ้นเพื่อเพิ่มหรือรักษาระดับราคาหรือเพิ่มผลการแข่งขันทางการตลาดซึ่งปรัชญาของการออกแบบงานเฉพาะอย่างขึ้นอยู่กับลักษณะของอุตสาหกรรมหรือชนิดของเครื่องจักร การออกแบบในบางครั้งจะมีแบบต่างๆหลายแบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าผู้ออกแบบประสงค์จะให้งานออกมาในรูปแบบใด ในงานออกแบบบางชนิดผู้ออกแบบจะต้องค่อยๆเปลี่ยนแปลงปรัชญาให้เหมาะสมกับธรรมชาติของชนิดของงานนั้นๆเช่นเมื่อออกแบบเครื่องบินจะต้องทำด้วยความแม่นยำสูง ระวังทางด้านความต้านแรงและน้ำหนัก ซึ่งเป็นการออกแบบที่เสียค่าใช้จ่ายสูงเมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการออกแบบถึงความต้นขนาดใหญ่ ผู้ออกแบบไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงความแม่นยำสูงเหมือนกับเครื่องบินหรือไม่ต้องคำนึงถึงน้ำหนัก เป็นต้น

3.2 พื้นฐานของผู้ออกแบบเครื่องจักร

ผู้ออกแบบเครื่องจักรที่ดีควรจะต้องมีพื้นฐานความรู้ดังต่อไปนี้เป็นอย่างดีความเข้าใจถึงความสวยงามบางประการ ซึ่งทำให้ผลิตผลดูใจและดึงดูดใจผู้ใช้

3.3 มีความรู้ทางด้านเศรษฐศาสตร์และการแข่งขันทางด้านราคาเพราะเหตุว่าวิศวกรมีหน้าที่ในการประหยัดเงินของผู้ว่าจ้าง การจะเพิ่มราคาสินค้าได้จะต้องมีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง เช่น เพิ่มสมรรถนะเพิ่มสิ่งดึงดูดหรือเพิ่มความทนทานให้มากขึ้น

3.4 เตรียมพร้อมสำหรับการตัดสินใจอย่างฉลาดได้ว่า ควรเลือกใช้ชิ้นส่วนที่มีอยู่แล้วหรือต้องการออกแบบใหม่ควรใช้สูตรสำเร็จที่ได้จากประสบการณ์ในการออกแบบชิ้นส่วนหรือไม่ ควรทดสอบชิ้นงานก่อนการผลิตหรือไม่ ควรศึกษาพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของวิศวกรรมที่ใช้กับเครื่องจักรเป็นอย่างดีทางด้านโลหะวิทยาติดตามการพัฒนาทางด้านวัสดุอยู่ตลอดเวลาเพื่อจะได้นำวัสดุที่เหมาะสมที่สุดมาใช้มีความรู้ทางด้านกรรมวิธีการผลิตต่างๆหลักเศรษฐศาสตร์ของวิธีการผลิตเพราะชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ผลิตขึ้นมาจะต้องแข่งขันกันทางด้านราคานอกจากนี้ยังมีอีกหลายสิ่งหลายอย่างที่ควรพิจารณาโดยละเอียดอีกเช่น เครื่องจักรจะใช้งานได้อย่างปลอดภัยหรือไม่มีอะไรป้องกันการผลิตหรือการใช้งานของผู้ใช้งานเครื่องจักรหรือไม่มีการสิ้นเปลืองจนเกิดอันตรายหรือไม่การประกอบชิ้นส่วนหรือการซ่อมบำรุงทำได้ยากหรือง่าย เป็นต้น

3.5 ขั้นตอนของการออกแบบ

การออกแบบเป็นกระบวนการที่ต้องทราบว่าควรจะเริ่มต้นอย่างไรก่อนหรือหลัง ควรจะเริ่มต้นจากกระดาษเปล่าแผ่นหนึ่ง แล้วเริ่มลงมือแสดงความคิดเห็นลงไปต่อไปอะไรจะเกิดขึ้น มีอะไรเป็นตัวควบคุม หรือมีผลต่อการตัดสินใจและสุดท้ายงานออกแบบจะสิ้นสุดลงที่ใด ดังนั้นจึงจะกล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบทั่วไปซึ่งงานบางประเภทอาจไม่เป็นไปตามขั้นตอนตามนี้ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดรับรู้อความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบและกรรมวิธีการออกแบบโดยแผนภูมิของการออกแบบที่มีส่วนป้อนกลับ

3.6 การรับรู้ความต้องการ

การออกแบบอาจเริ่มต้นขึ้นจากการที่วิศวกรได้รับรู้ความต้องการและตัดสินใจที่จะทำอะไรบางอย่างขึ้น หรืออาจได้รับข้อมูลจากลูกค้าที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ในด้านการใช้งานและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อาจเป็นแรงผลักดันให้มีการออกแบบขึ้นได้ การแข่งขันกันทางด้านธุรกิจและอุตสาหกรรมทำให้เกิดความต้องการในการออกแบบอุปกรณ์ กระบวนการและเครื่องจักรใหม่ๆ สิ่งสำคัญคือต้องยอมรับรู้ว่าเกิดความต้องการขึ้นแล้วใช้ประสบการณ์พื้นฐานที่มีอยู่ทำความเข้าใจกับความต้องการนั้นให้ถ่องแท้

3.7 ลักษณะจำเพาะ

รวบรวมรายละเอียดของสิ่งที่ต้องการออกแบบให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ซึ่งประกอบไปด้วย คุณลักษณะ ขนาด ราคา จำนวนที่ต้องการผลิต อายุการใช้งาน อุณหภูมิการใช้งาน ความเชื่อถือได้และสิ่งที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงได้บ้าง เช่น น้ำหนัก ขนาดต่างๆ พร้อมทั้งบางสิ่งบางอย่างที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการออกแบบ เช่น กรรมวิธีการผลิต ความชำนาญของช่างและการแข่งขันทางด้านตลาด เป็นต้น การออกแบบงานบางประเภทต้องทำตามเกณฑ์ เช่น หม้อไอน้ำ ภาชนะความดัน ก็จำเป็นต้องศึกษาเกณฑ์นั้นให้ทราบถึงสิ่งสำคัญต่างๆที่เป็นข้อควรระมัดระวังและปฏิบัติตาม

3.8 ศึกษารายละเอียด

เมื่อได้ลักษณะจำเพาะต่างๆ แล้ว ขั้นตอนต่อไปก็ต้องศึกษารายละเอียดทั้งนี้ก็เพื่อแยกแยะถึงสิ่งที่อาจก่อให้เกิดความเสียหาย หรือความล้มเหลว ทั้งทางด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์ โดยปกติแล้วผู้ที่รับผิดชอบในการศึกษารายละเอียดมักจะเป็นวิศวกรที่ฝ่ายงานออกแบบมาแล้วอย่างมาก มีความรู้พื้นฐานทางด้านวิศวกรรมต่างๆเป็นอย่างดี รู้จักการเลือกวัสดุ รู้วิธีการผลิตและความต้องการของแผนกขาย ผู้ที่ทำการศึกษารายละเอียดมักจะเป็นผู้รับผิดชอบโครงการทั้งหมด มีบ่อยครั้งที่ผลจากการศึกษารายละเอียดจะทำให้ลักษณะจำเพาะต้องเปลี่ยนไป เพื่อความสำเร็จของโครงการจึงทำให้มีส่วนป้อนกลับไปยังลักษณะจำเพาะ

3.9 การสังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ

เมื่อศึกษารายละเอียดแล้วต่อไปก็ถึงขั้นการสังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบซึ่งเป็นขั้นที่ท้าทายและน่าสนใจที่สุดในการออกแบบเพราะถ้าไม่มีขีดจำกัดอันใดแล้ว ผู้ออกแบบจะทำหน้าที่เป็นวิศวกร นักประดิษฐ์และจิตรกรในเวลาเดียวกัน ซึ่งในขณะนี้เขาจะเป็นนักสร้างสรรค์ การสังเคราะห์คือการวิเคราะห์และทำให้อ่านวยประโยชน์ที่สุด ในขั้นนี้จะต้องสังเคราะห์ความคิดใหม่กับความคิดเก่าเพื่อทำให้เกิดความคิดใหม่ ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่สั่งสอนกันไม่ได้แม้ว่าจะใช้วิธีการกระตุ้นก็ตาม แต่ก็เชื่อได้ว่าการศึกษาค้นคว้าที่เหมาะสมทำให้นักศึกษามีกระบวนการคิดสร้างสรรค์กว้างขวางขึ้น

3.10 ออกแบบเบื้องต้นและปรับปรุง

หลังจากผ่านกระบวนการสังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบแล้วอาจมีวิธีการออกแบบที่เหมาะสมกับลักษณะจำเพาะและความต้องการหลายวิธีจึงจำเป็นต้องตัดสินใจเลือกวิธีใดวิธีหนึ่งเป็นแบบเบื้องต้นและปรับปรุงต่อไป ในขั้นนี้ต้องมีแบบแสดงเครื่องจักรหรือระบบที่มีความเกี่ยวข้องกัน เพื่อหา

ความสัมพันธ์ต่างๆของระบบทั้งหมด แบบควรมีขนาดสำคัญพร้อมทั้งรูปประกอบ รูปด้านข้างอย่างสมบูรณ์ โดยปกติแล้วในขั้นนี้จะไม่สมบูรณ์จึงต้องมีส่วนป้อนกลับไปยังลักษณะจำเพาะ เพื่อให้มีความสมบูรณ์ครบถ้วนพร้อมกันนั้นก็มีการปรับปรุงเพื่อพิสูจน์ให้เห็นถึงแนวคิดเพื่อหาวัสดุที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมเพื่อประเมินผลของอุปกรณ์หรือค้นหาสิ่งที่ยังไม่แน่ชัดจากข้อมูลทางเทคนิคและประสบการณ์ที่ผ่านมา ดังนั้นช่วงการออกแบบเบื้องต้นนี้อาจจะซ้ำหรือเปลี่ยนแปลงไปตามข้อมูลที่ได้

3.11 ออกแบบรายละเอียด

การออกแบบรายละเอียดเกี่ยวข้องกับขนาดจริงและส่วนประกอบอื่นๆทั้งหมด ทั้งที่ผลิตขึ้นเองหรือผลิตภัณฑ์สำเร็จที่ซื้อมาใช้ซึ่งจะประกอบเข้าด้วยกันเป็นระบบ ดังนั้นจึงต้องแบบรายละเอียดของชิ้นส่วนทุกชิ้น แสดงรูปด้านต่างๆเท่าที่จำเป็นโดยต้องกำหนดทั้งขนาดพิกัด วัสดุที่ใช้ กรรมวิธีต่างๆ จำนวนชิ้นส่วน ชื่อชิ้นส่วนและบางครั้งอาจจะต้องใช้แบบประกอบของชิ้นงานสำเร็จด้วย ซึ่งปกติช่างเขียนแบบจะทำงานไปพร้อมกับวิศวกรเพื่อเขียนแบบที่วิศวกรกำหนดขึ้น วิศวกรจะให้ข้อมูลต่างๆที่จำเป็น เช่น รูปแบบเบื้องต้นที่วิศวกรร่างขึ้นมาก่อนจะต้องใช้ขนาดวัสดุเท่าใด ชนิดของวัสดุ โดยใช้เทคนิคในการวิเคราะห์และประสบการณ์ที่ผ่านมาซึ่งหมายความว่าวิศวกรต้องใช้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ กลศาสตร์ ความแข็งแรงของวัสดุ กลศาสตร์ของไหล การสิ้นสะท้อน โลหะวิทยา กระบวนการผลิต โดยที่วิศวกรอาจจะหาผู้ช่วยที่มีความชำนาญเป็นพิเศษเฉพาะสาขามาช่วยได้

3.12 สร้างต้นแบบและทดสอบ

หลังจากที่มีรายละเอียดต่างๆสมบูรณ์ มีแบบแยกชิ้น แบบประกอบ รวมทั้งวัสดุและรายการชิ้นส่วนต่างๆแล้วจึงส่งแบบที่สมบูรณ์ทั้งหมดไปยังโรงงานเพื่อสร้างต้นแบบและเมื่อสร้างต้นแบบเสร็จเรียบร้อยแล้วเตรียมประเมินผลและทดสอบผลจากการทดสอบอาจทำให้ต้องเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงการออกแบบเบื้องต้น หรือแบบรายละเอียดบางประการ ซึ่งแสดงไว้ในส่วนป้อนกลับ (ดังภาพประกอบ) หลังการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงชิ้นส่วนแล้ว อาจทดสอบและประเมินผลใหม่อีกครั้งหรืออาจต้องทำอีกหลายครั้ง จนกระทั่งวิศวกรผู้ออกแบบพึงพอใจที่ชิ้นงานมีสมรรถนะตามต้องการ เมื่อถึงขั้นนี้แล้วจะส่งแบบชิ้นส่วนและรายการวัสดุไปยังแผนกวิศวกรรมเพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมกับการผลิตต่อไป

3.13 ออกแบบสำหรับผลิต

ในขั้นนี้จะพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเพื่อความเหมาะสม (โดยมากจะพิจารณาจากหลักเศรษฐศาสตร์) ของวิธีการผลิตที่ดีที่สุด เนื่องจากการผลิตชิ้นงานน้อยกับชิ้นงานมากชิ้นอาจต้องใช้วิธีการผลิตที่ต่างกันไป จึงต้องหาวิธีการผลิตที่ประหยัดที่สุดบางครั้งอาจรวมชิ้นงานหลายชิ้นเข้าเป็นชิ้นเดียว หรืออาจเปลี่ยนใช้ชิ้นส่วนที่มีในท้องตลาดแทน หรืออาจใช้วัสดุที่มีคุณภาพใกล้เคียงกันแต่ราคาถูกกว่าทดแทน จากนั้นจึงเขียนแบบ แกะไขใหม่แล้วจึงส่งฝ่ายผลิตเพื่อผลิตและส่งผลิตภัณฑ์ออกจำหน่าย

3.14 ส่งผลิตภัณฑ์ออก

โดยปกติมักจะผลิตชิ้นงานต้นแบบแล้วทดสอบอีกครั้งหนึ่ง ถ้ามีปัญหาที่แก้ไขไม่ได้ก็จะส่งกลับไปยังแผนกออกแบบเบื้องต้นและปรับปรุง หรืออาจเสนอแนะข้อคิดเห็นลงไปได้

สรุปในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำหลักการออกแบบเครื่องจักรมาใช้ประกอบเพื่อเป็นหลักเกณฑ์ ในการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ โดยเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่อง แล้วออกแบบชิ้นส่วนของเครื่องโดยการเขียนแบบภาพประกอบที่แสดงส่วนประกอบต่างๆของเครื่องทั้งหมดเพื่อแสดงรายละเอียดให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ในส่วนขั้นสุดท้ายเพื่อให้ได้แบบที่สมบูรณ์จริงๆ จึงทำการปรับปรุงแบบ โดยนำแบบเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ไปขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านการ

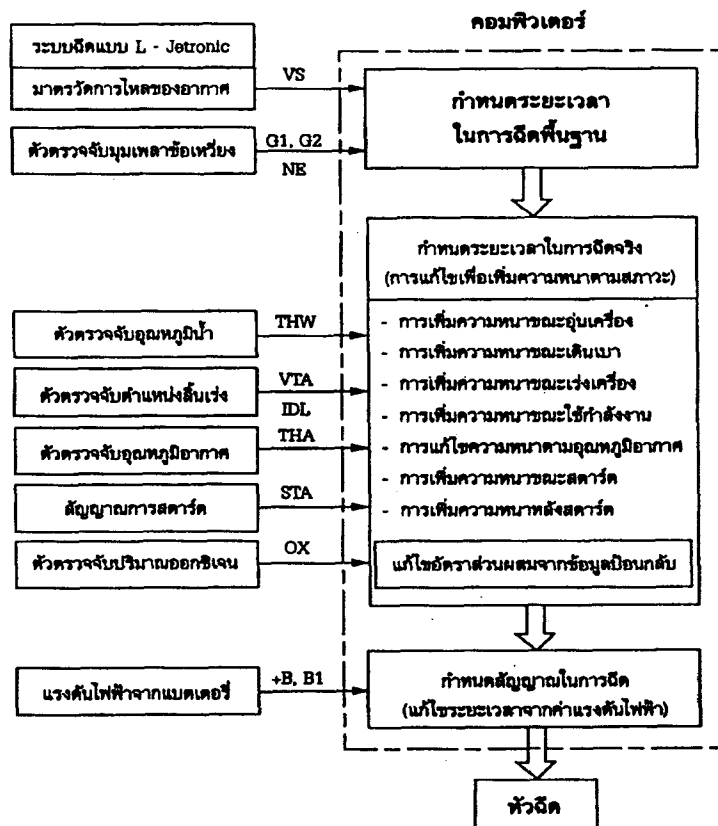
สร้างเครื่องจักรและผู้เชี่ยวชาญด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อพิจารณารายละเอียด แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าจะได้แบบที่สมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ในการสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ต่อไป

4. เกณฑ์มาตรฐานในการประเมินประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์

หลักการควบคุมจังหวะการฉีดของหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ในระบบหัวฉีดแบบธรรมดา น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปผสมกับอากาศในท่อไอดีเป็นจังหวะ โดยหัวฉีดจะทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง 1 ครั้งต่อการหมุนของเพลาลูกเบี้ยว 1 รอบ คือจะมีการฉีด 2 ครั้ง ต่อ 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์ เริ่มต้นการฉีดจะถูกกำหนดด้วยสัญญาณการจุดระเบิดจากหัวจ่ายหรือหัวลบของคอยล์จุดระเบิด หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะคอยตรวจจับสัญญาณการจุดระเบิดจากขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดซึ่งมีอยู่ 4 ครั้งต่อการหมุนของเครื่องยนต์ 2 รอบสำหรับเครื่องยนต์ 4 สูบ สัญญาณการจุดระเบิดจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมจากนั้นจะถูกวงจรอิเล็กทรอนิกส์ลดจำนวนคลื่นลงเหลือครึ่งหนึ่งคือ 2 ช่วงคลื่น สำหรับนำไปควบคุมจังหวะการ ฉีดนั้นใน 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์จะมีการฉีด 2 ครั้ง (นกตล เวชวิฐาน , 2544 : 70)

การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดที่กำหนดโดยชุดควบคุมทั้ง 2 ครั้ง จะเป็นการฉีดพร้อมกันทุกสูบโดยไม่คำนึงถึงลำดับการจุดระเบิดและตำแหน่งการปิดเปิดของลิ้นไอดี กรณีที่เป็นการฉีดในจังหวะอื่นที่ไม่ใช่จังหวะดูด ซึ่งลิ้นไอดีปิดจะไม่มีปัญหาเรื่องน้ำมันตกค้าง เนื่องจากใน 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์มีระยะเวลาที่น้อยมากพร้อมทั้งบริเวณท่อไอดีที่น้ำมันเข้าไปนั้นมียุณหภูมิค่อนข้างสูง ดังนั้นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดออกมาจะถูกดูดเข้ากระบอกสูบในจังหวะดูดของรอบการทำงานต่อไป (จ่านง ถนอม , 2535 :)

สรุป ระยะเวลาในการฉีดทั้งหมด จะเท่ากับ ระยะเวลาในการฉีด + ระยะเวลาที่แก้ไขเพื่อเพิ่มความหนาตามสภาวะการทำงาน+ระยะเวลาที่แก้ไขจากค่าแรงดันไฟฟ้า ในการศึกษาวิจัยเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ใช้เกณฑ์มาตรฐานการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณน้ำมันจากการทดสอบจากหัวฉีดตัวอย่าง 4 หัว และนำค่ามาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยความผิดพลาดจากการทดสอบ และให้ผู้เชี่ยวชาญ 8 ท่านประเมินสมรรถนะ 3 ด้านคือ ด้านกายภาพทั่วไป ด้านการบำรุงรักษา ด้านความเหมาะสมการนำไปใช้งาน



ภาพประกอบ 19 แผนภูมิแสดงการกำหนดระยะเวลาในการฉีดของคอมพิวเตอร์ควบคุม

5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องออกเป็น 2 ส่วนคือ

5.1 งานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างเครื่อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ทรงเดช เหล่าพันธ์ (2533 : 37) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องเชื่อมพลาสติกโดยใช้ขดลวดความร้อนเป็นตัวให้ความร้อนในการหลอมละลายชิ้นงานพลาสติกและลวดเชื่อมพลาสติกในขณะทำการเชื่อม ซึ่งใช้ขดลวดความร้อนที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 100 โวลท์ และใช้กระแสไฟฟ้าสูงสุด 6 แอมแปร์ การปรับแรงดันไฟฟ้าจะมีลักษณะของการปรับตามเส้นโดยมีปุ่มปรับแรงดันไฟฟ้าที่มีขนาดความต้านทาน 20 กิโลโอห์ม

บรรเลง ศรีนิลและคณะ (2532 : 77) ได้ทำการศึกษาสถานภาพทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรมพลาสติกในประเทศไทย ซึ่งในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสถานภาพด้านเทคโนโลยีการผลิตด้วยการขึ้นรูปร้อน มักพบปัญหาว่าต้องใช้แผ่นพลาสติกที่มีความยืดตัวสูงในการขึ้นรูป ส่วนปัญหาในการให้ความร้อนนั้นขึ้นอยู่กับเวลาและความหนาของแผ่นพลาสติก ซึ่งยังต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานอยู่

จิรศักดิ์ สินสุขอุดมชัย (2535 : 42) ได้ทำการวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์2 (ฟก.012) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ผล

การวิจัยปรากฏว่าชุดชุดประลองวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 2 (ฟก.012) มีประสิทธิภาพทางด้านความเที่ยงตรง เมื่อเทียบกับทฤษฎีเกินกว่าร้อยละ 90 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานของการวิจัย

5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการประเมินสมรรถนะของเครื่อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ชาวลิต เชียงกูล (2538 : ไม่ปรากฏเลขหน้า) ได้สร้างเตาหลอมละลายอลูมิเนียมขนาด 1 กิโลกรัม แล้วประเมินสมรรถนะของเตาหลอมละลายอลูมิเนียมขนาด 1 กิโลกรัมโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านงานหลอมหล่อโลหะ จำนวน 10 คน ซึ่งประเมินสมรรถนะในลักษณะทางกายภาพ ลักษณะทางด้านการใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษา สมรรถนะการหลอมละลายและความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน

สุวรรณ ไตรศรี (2540 : ไม่ปรากฏเลขหน้า) ได้พัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ แล้วประเมินสมรรถนะของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์โดยผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์จำนวน 4 คน ซึ่งประเมินสมรรถนะในด้านลักษณะทางกายภาพทั้งไป ลักษณะการใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษา ความเหมาะสมด้านการนำมาใช้งานและการกดแป้นคลัทช์

บริบูรณ์ เจียมโชติรัตน์ (2543 : 29) ได้สร้างชุดบริการสารทำความเย็นควบคุมโดยระบบนิวเมติกส์ และประเมินหาประสิทธิภาพของชุดบริการสารทำความเย็นควบคุมโดยระบบนิวเมติกส์ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญงานทำความเย็นและปรับอากาศในสถานประกอบการ จำนวน 6 บริษัทๆละ 1 คนรวมเป็น 6 คนและคณาจารย์ที่ทำการสอนวิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ จากวิทยาลัยเทคนิคในกรุงเทพมหานคร สังกัดกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 16 คน การประเมินสมรรถนะของชุดบริการสารทำความเย็นควบคุมโดยระบบนิวเมติกส์ 4 ด้านคือ ลักษณะทางด้านกายภาพ ด้านการใช้งาน ด้านการบำรุงรักษาและความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน โดยผู้เชี่ยวชาญทำการทดสอบชุดบริการสารทำความเย็นควบคุมโดยระบบนิวเมติกส์ แล้วแสดงความคิดเห็นลงในแบบประเมินสมรรถนะและนำผลการประเมินไปวิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ยและแปลความหมายของคะแนนที่ได้

สรุปผู้วิจัยจะทำการศึกษาค้นคว้าเรื่อง ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยการหาประสิทธิภาพเทียบกับหัวฉีดมาตรฐานจากผู้ผลิต โดยใช้หลักการของระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์ในรถยนต์ ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยใช้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะของเครื่องทดสอบ 3 ด้านคือ ด้านกายภาพ ด้านบำรุงรักษา ด้านความเหมาะสมสมการนำไปใช้งาน และทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยมุ่งเน้นในการวิเคราะห์ถึงความแตกต่างของปริมาณน้ำมันที่หัวฉีดแต่ละหัวฉีดออกมาในระยะเวลาการฉีดที่เท่ากัน โดยใช้กระบอกแก้วตวงมาตรฐานซึ่งเป็นแก้วใสมีสเกลบอกปริมาณน้ำมันที่ทดสอบได้โดยมีหน่วยเป็น ซี.ซี.หรือ มิลลิลิตร ทำให้สามารถรู้ได้ว่าหัวฉีดหัวใดมีปัญหาในการฉีดน้ำมันบ้าง และยังอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถใช้งานได้หรือไม่ ในส่วนของตัวเครื่องทดสอบ ออกแบบโดยเน้นความกะทัดรัด และความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งเครื่องทดสอบที่สร้างขึ้นสามารถทดสอบหัวฉีดได้ครั้งละ 4 หัว และทดสอบได้กับหัวฉีดได้หลายรุ่น หลายยี่ห้อ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การวิจัยเรื่อง การสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ที่มีจุดมุ่งหมายการวิจัยเพื่อสร้างเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและประเมินสมรรถนะของเครื่องทดสอบ โดยผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
2. สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย
3. การดำเนินการวิจัย
4. การตรวจสอบแบบประเมิน
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1.1 สร้างแบบประเมินสมรรถนะของเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

1.2 ตรวจสอบแบบประเมิน ดำเนินการดังนี้

1.2.1 นำแบบประเมินเสนอต่อกรรมการผู้ควบคุมปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและให้ข้อเสนอแนะ

1.2.2 นำแบบประเมินเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่านเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและให้ข้อเสนอแนะ นำแบบประเมินที่แก้ไขแล้ว นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญงานด้านวิศวกรรมยานยนต์จากสถานประกอบการและคณาจารย์ซึ่งทำการสอนในสาขาวิชาเทคนิคยานยนต์จากสถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน เพื่อนำผลการประเมินไปวิเคราะห์ผลต่อไป

2. สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

2.1 สถานที่สำหรับการทำการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนผู้วิจัยได้ใช้ศูนย์บริการและฝึกอบรมของบริษัท โรเบิร์ต บ็อช จำกัด บริษัท ร็อกฮีทเพ้นท์ติ้ง จำกัดและคณะวิศวกรรมมหาวิทยาลัยหอการค้าไทยเป็นสถานที่ในการสร้างเครื่องทดสอบนี้

2.2 การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ผู้วิจัยได้ใช้สถานที่ในการประเมินดังนี้

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน ถนนพระราม1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

บริษัท เอ็ม เอ็ม ซี สิทธิผล จำกัด เลขที่ 69-69/1-3 หมู่ 11 ถนนพหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 และ

บริษัท สยามกลกาล เซลส์ (ประเทศไทย) จำกัดถนนพระราม1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ

บริษัทโรเบิร์ต บ็อส จำกัด คล้วยน้ำไท คลองเตย กรุงเทพฯ

2.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย ระหว่างเดือน สิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ 2445 รวมระยะเวลาวิจัยทั้งสิ้น 4 เดือน

3. การดำเนินการวิจัย

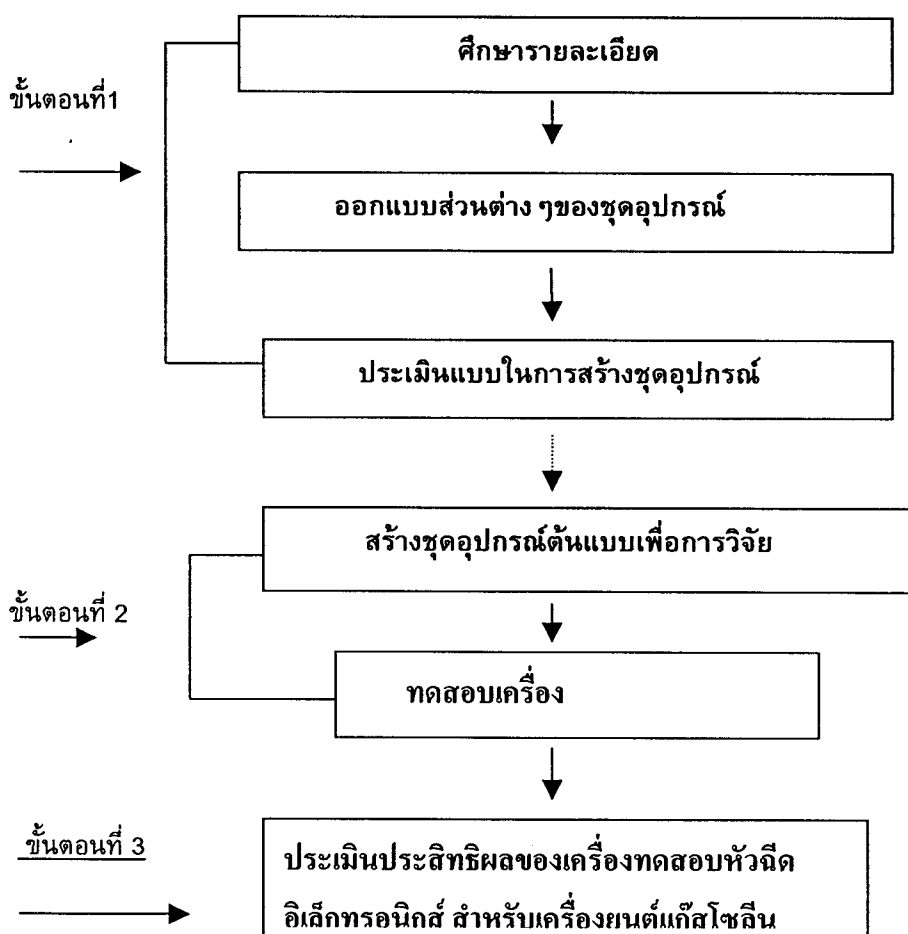
ในการวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งกระบวนการวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่1 ศึกษารายละเอียดและออกแบบส่วนต่างๆ ของชุดอุปกรณ์

ขั้นตอนที่2 ประกอบตัวการสร้างชุดอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อการวิจัยทดสอบและแก้ไขปรับปรุง

ขั้นตอนที่3 ประเมินสมรรถนะของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

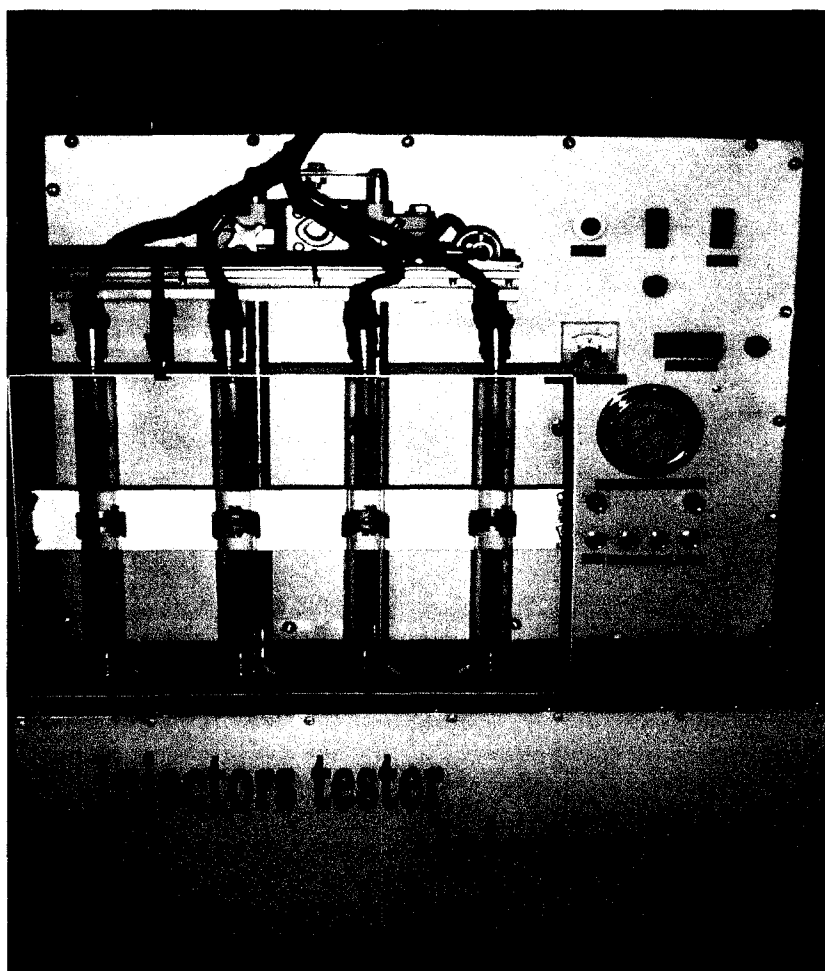
โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพประกอบ 20 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษารายละเอียดและการออกแบบส่วนต่างๆของชุดเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 การออกแบบภายนอก



ภาพประกอบ 21 อุปกรณ์และส่วนประกอบเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

1.2 รายการวัสดุและอุปกรณ์ในการสร้างชุดเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนมีดังนี้

1.3 เครื่องมือ

1.3.1 เลื่อยฉลุสำหรับตัดแผ่นเหล็ก

จำนวน 1 เครื่อง

1.3.2 หัวแรงแช่สำหรับบัดกรีขนาด 30 วัตต์	จำนวน 1 เครื่อง
1.3.3 ตะไบละเอียด	จำนวน 1 อัน
1.3.4 เครื่องเจียรในขนาด 4 นิ้ว	จำนวน 1 เครื่อง
1.3.5 สว่านสำหรับเจาะแผ่นเหล็ก ขนาด 12 ม.ม.	จำนวน 1 เครื่อง
1.3.6 คีม	จำนวน 1 ตัว
1.3.7 ไม้บรรทัดเหล็ก	จำนวน 1 อัน
1.3.8 ตลับเมตร ขนาด 3 เมตร	จำนวน 1 ชุด

ขั้นตอนที่ 2 ดำเนินการสร้างชุดเครื่องทดสอบภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

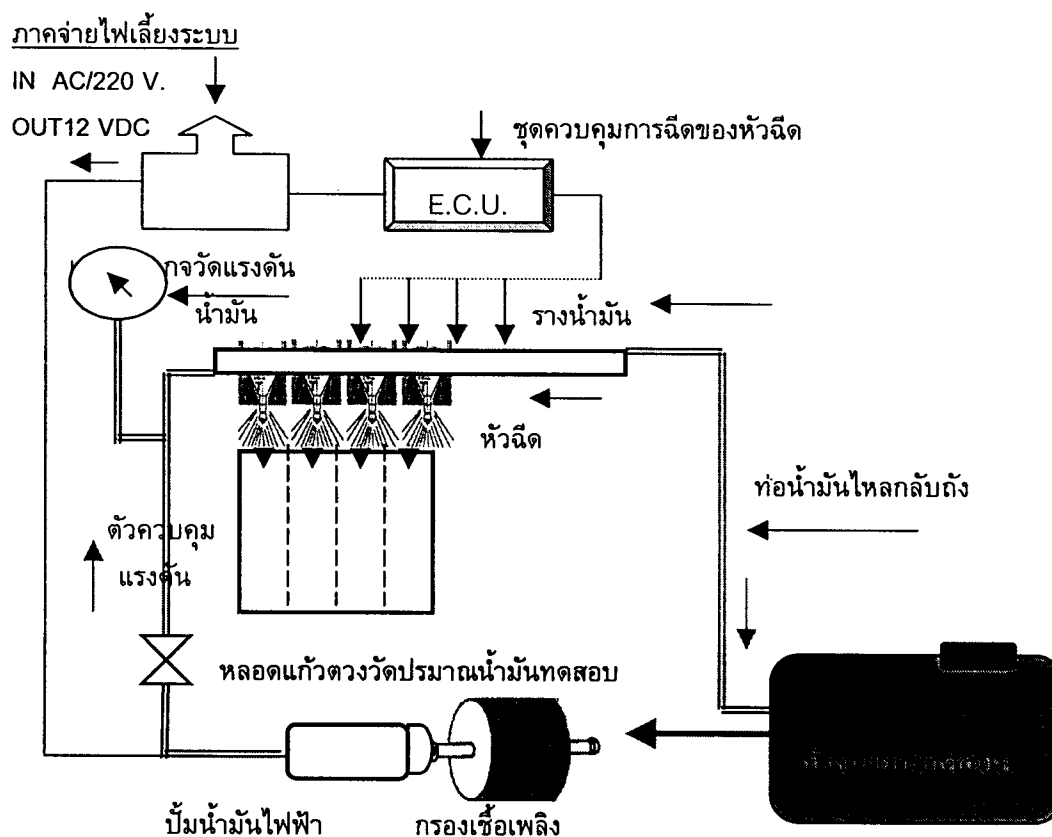
2.1 จัดซื้อวัสดุ และอุปกรณ์ สำหรับการสร้างชุดเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

2.2 ลงมือสร้างและประกอบโครงสร้างตามขนาดและแบบที่กำหนด

2.3 ติดตั้งวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆของชุดเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ลงในโครงสร้างของเครื่อง

ตาราง 1 แสดงรายการวัสดุที่ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ที่	รายการ	จำนวน
1	เหล็กทอกลวงสี่เหลี่ยมขนาด 8 ม.ม	4 เส้น
2	แผ่นเหล็กหนา 2 m.m.	1 แผ่น
3	หัวฉีด	4 หัว
4	ปลั๊กหัวฉีด	4 อัน
5	ปั้มน้ำมัน	1 ตัว
6	เกจวัดความดัน	1 ตัว
7	หลอดแก้ววัดปริมาณน้ำมันขนาด 100 มิลลิลิตร	4 หลอด
8	รางน้ำมัน	1 ราง
9	กรองน้ำมันเบนซิน	1 ลูก
10	ตัวควบคุมแรงดันน้ำมัน	1 ตัว
11	ท่อน้ำมัน	2 เมตร
12	ชุดวงจรสร้างสัญญาณ	1 เครื่อง
13	ถังน้ำมัน+ค่าแรง	1 ถัง
14	สวิตช์กด ON/OFF	4 ตัว



ภาพประกอบ 22 แสดงการออกแบบวงจรและลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆของระบบ

ขั้นตอนที่ 3 ประเมินสมรรถนะของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างขึ้น โดยสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบประเมินผลเป็นเครื่องมือในการสอบถามความคิดเห็นซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินดังนี้

- 1.ศึกษาวิธีการและข้อมูล เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินสมรรถนะ
- 2.สร้างแบบประเมินสมรรถนะของชุดเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซ

ลีน ซึ่งมีรายละเอียดประกอบด้วย 4 ตอน คือ

ตอนที่ 1 เป็นคำชี้แจงวัตถุประสงค์และการตอบแบบประเมินสมรรถนะ

ตอนที่ 2 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 3 เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า(Ratingscale)โดยกำหนดค่า

คะแนนเป็น 5 ระดับ

- 5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก
- 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี
- 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้
- 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง
- 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

สมรรถนะที่ใช้ในการประเมินประกอบด้วย 3 ด้าน ดังนี้

- 1.ลักษณะด้านกายภาพ
- 2.ลักษณะด้านการใช้งาน
- 3.ด้านความเหมาะสมการนำไปใช้งาน

ตอนที่ 4 เป็นคำถามแบบปลายเปิด สำหรับผู้ตอบแบบประเมินแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมและให้ข้อเสนอแนะต่างๆ

4. การตรวจสอบแบบประเมิน ดำเนินการดังนี้

- 4.1 นำแบบประเมินเสนอต่อกรรมการควบคุมปริญญาโทเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง
- 4.2 ขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อขอความอนุเคราะห์ไปยังสถาบัน , บริษัท ดันสังกัดของผู้เชี่ยวชาญสังกัดอยู่
- 4.3 นำหนังสือและแบบประเมินเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองดังนี้

- 5.1 ขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
- 5.2 นำหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒและแบบประเมินสมรรถนะของชุดเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ไปยังหน่วยงานต้นสังกัดของผู้เชี่ยวชาญที่ทำการทดสอบ จำนวน 8 ท่าน
- 5.3 แนะนำส่วนประกอบและการใช้งานก่อนผู้เชี่ยวชาญทำการทดสอบ
- 5.4 เมื่อทดสอบแล้ว ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นลงในแบบประเมินและนำผลการประเมินไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

6 การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

นำแบบทดสอบและแบบประเมินผลมาดำเนินการวิเคราะห์หาสมรรถนะของชุดเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ดังนี้

1. รวบรวมคะแนน ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมยานยนต์ เกี่ยวกับชุดเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ด้านลักษณะทางกายภาพ ลักษณะการใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษา ลักษณะความเหมาะสมการนำไปใช้งาน

2. นำคะแนนที่ได้มาคำนวณ

หาค่าเฉลี่ย (Mean) ใช้สูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N คือ จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$SD = \sqrt{\frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ SD คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างประชากร

X คือข้อมูลแต่ละจำนวน

N คือจำนวนของกลุ่มตัวอย่างประชากร

3. กำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยต่างๆดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	แปลความหมาย
4.51-5.00	ผลการประเมินในระดับดีมาก
3.51-4.50	ผลการประเมินในระดับดี
2.51-3.50	ผลการประเมินในระดับพอใช้
1.51-2.50	ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง
1.00-1.50	ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลจัดกระทำ 2 แบบ ดังนี้

3.1 เสนอเป็นการบรรยายเกี่ยวกับสมรรถนะทั้ง 3 ด้านของชุดเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน คือ ด้านกายภาพ ด้านบำรุงรักษา ด้านการนำไปใช้งาน โดยวิเคราะห์จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินสมรรถนะจากผู้เชี่ยวชาญด้านงานวิศวกรรมยานยนต์ ทั้ง 8 ท่าน และแปลความหมายข้อมูลที่ได้

3.2 ข้อมูลจากตารางผลการทดสอบหาประสิทธิภาพ นำมาวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมายหาค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของตัวเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง ออกแบบส่วนต่างๆ ของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ขั้นตอนที่สองสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน สร้างเครื่องมือ แบบประเมินและทดลองเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ขั้นตอนที่3 ประเมินประสิทธิภาพและสร้างคู่มือการใช้งานของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ผู้วิจัยดำเนินการเสร็จทั้ง 3 ขั้นตอนแล้วได้นำ ข้อมูลการประเมินสมรรถนะของชุดเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ ในขั้นตอนที่3 มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งได้ผลวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1.ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ตามตารางที่ทำการทดสอบเครื่อง มีรายละเอียดดังนี้

ตารางทดสอบประสิทธิภาพเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนหมายถึงผลการทดลองที่ได้จากการทำการทดสอบกับหัวฉีดตัวอย่างทั้ง 4 หัว

ตาราง 2 แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบ 4 หัวโดยมีหัวฉีดมาตรฐาน 1 หัวกับหัวฉีดรุ่นเดียวกันอีก 3 หัว ใช้เวลาทดสอบ 120 วินาที ที่เวลาการเปิด-ปิดหัวฉีด 3 msทดสอบรั่วที่ 30วินาที

ทดสอบครั้งที่	1	2	3	เฉลี่ย/ครั้ง	ทดสอบการรั่ว	การเป็นสเปรส	ค่าผิดพลาด
ลำดับหัวฉีด	ml	ml	ml	ml			%
หัวฉีดมาตรฐาน	11	11.8	11	11.26	ไม่รั่ว	ดี	3.09
2	11.5	10.50	11.80	11.26	ไม่รั่ว	ดี	3.09
3	12	12	10	11.33	ไม่รั่ว	ดี	2.49
4	12	11	11	11.33	ไม่รั่ว	ดี	2.49
เฉลี่ย/ครั้ง	11.62	11.32	10.95	-	-	-	-

ค่าผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 2.79

ตาราง 3 แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบ 4 หัว โดยมีหัวฉีดมาตรฐาน 1 หัวกับหัวฉีดรุ่นเดียวกันอีก 3 หัว ใช้เวลาทดสอบ 180 วินาที ที่เวลาการเปิด-ปิดหัวฉีด 3 msทดสอบรั่วที่ 30วินาที

ทดสอบครั้งที่	1	2	3	เฉลี่ย/ครั้ง	ทดสอบการรั่ว	การเป็นสเปรส	ค่าผิดพลาด
ลำดับหัวฉีด	ml	ml	ml	ml			%
หัวฉีดมาตรฐาน	15.2	16.00	17.80	16.33	ไม่รั่ว	ดี	8.50
2	14.00	16.20	16.00	15.40	ไม่รั่ว	ดี	2.32
3	16.00	18.50	16.50	17.00	ไม่รั่ว	ดี	12.95
4	15.00	17.00	17.00	16.33	ไม่รั่ว	ดี	8.50
เฉลี่ย/หัว	15.05	16.92	16.82	-	-	-	-

ค่าผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 8.06

ตาราง 4 แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบ 4 หัว โดยมีหัวฉีดมาตรฐาน 1 หัวกับหัวฉีดรุ่นเดียวกันอีก 3 หัว ใช้เวลาทดสอบ 120 วินาที ที่เวลาการเปิด-ปิดหัวฉีด 3.8 msทดสอบรั่วที่ 30วินาที

ทดสอบครั้งที่	1	2	3	เฉลี่ย/ครั้ง	ทดสอบการรั่ว	การเป็นสเปรส	ค่าผิดพลาด
ลำดับหัวฉีด	ml	ml	ml	ml			%
หัวฉีดมาตรฐาน	31.50	31.80	31.20	31.50	ไม่รั่ว	ดี	0.22
2	30.00	31.00	31.00	30.60	ไม่รั่ว	ดี	2.45
3	32.00	32.80	31.20	32.26	ไม่รั่ว	ดี	2.83
4	32.00	32.00	32.00	32.00	ไม่รั่ว	ดี	2.00
เฉลี่ย/หัว	31.37	31.90	31.35	-	-	-	-

ค่าผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 1.87

ตาราง 5 แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบ 4 หัว โดยมีหัวฉีดมาตรฐาน 1 หัวกับหัวฉีดรุ่นเดียวกันอีก 3 หัว ใช้เวลาทดสอบ 180 วินาที ที่เวลาการเปิด-ปิดหัวฉีด 3.8 msทดสอบรั่วที่ 30วินาที

ทดสอบครั้งที่	1	2	3	เฉลี่ย/ครั้ง	ทดสอบการรั่ว	การเป็นสเปรส	ค่าผิดพลาด
ลำดับหัวฉีด	ml	ml	ml	ml			%
หัวฉีดมาตรฐาน	48.50	47.50	48.00	48.00	ไม่รั่ว	ดี	0
2	46.00	46.00	47.00	46.30	ไม่รั่ว	ดี	3.53
3	49.00	49.00	48.00	48.66	ไม่รั่ว	ดี	1.37
4	48.50	47.50	48.00	48.00	ไม่รั่ว	ดี	0
เฉลี่ย/หัว	48.00	47.50	47.75	-	-	-	-

ค่าผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 1.22

ตาราง 6 แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบ 4 หัว โดยมีหัวฉีดมาตรฐาน 1 หัวกับหัวฉีดรุ่นเดียวกันอีก 3 หัว ใช้เวลาทดสอบ 120 วินาที ที่เวลาการเปิด-ปิดหัวฉีด 4.2 msทดสอบรั่วที่ 30วินาที

ทดสอบครั้งที่	1	2	3	เฉลี่ย/ครั้ง	ทดสอบการรั่ว	การเป็นสเปิร์ส	ค่าผิดพลาด
ลำดับหัวฉีด	ml	ml	ml	ml			%
หัวฉีดมาตรฐาน	42.8	41.20	42.80	42.26	ไม่รั่ว	ดี	0.44
2	41.0	40.00	41.00	40.66	ไม่รั่ว	ดี	4.21
3	43.00	42.00	43.00	42.66	ไม่รั่ว	ดี	0.49
4	43.00	42.00	42.50	42.50	ไม่รั่ว	ดี	0.11
เฉลี่ย/หัว	42.45	41.30	42.32	-	-	-	-

ค่าผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 1.31

ตาราง 7 แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบ 4 หัว โดยมีหัวฉีดมาตรฐาน 1 หัวกับหัวฉีดรุ่นเดียวกันอีก 3 หัว ใช้เวลาทดสอบ 180 วินาที ที่เวลาการเปิด-ปิดหัวฉีด 4.2 msทดสอบรั่วที่ 30วินาที

ทดสอบครั้งที่	1	2	3	เฉลี่ย/ครั้ง	ทดสอบการรั่ว	การเป็นสเปิร์ส	ค่าผิดพลาด
ลำดับหัวฉีด	ml	ml	ml	ml			%
หัวฉีดมาตรฐาน	63.00	62.50	62.00	62.50	ไม่รั่ว	ดี	0.00
2	60.00	60.00	60.00	60.00	ไม่รั่ว	ดี	4.00
3	64.00	63.00	63.00	63.33	ไม่รั่ว	ดี	1.58
4	63.00	62.80	62.80	62.86	ไม่รั่ว	ดี	0.57
เฉลี่ย/หัว	62.50	62.07	61.95	-	-	-	-

ค่าผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 1.53

ตาราง 8 แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบ 4 หัว โดยมีหัวฉีดมาตรฐาน 1 หัวกับหัวฉีดรุ่นเดียวกันอีก 3 หัว ใช้เวลาทดสอบ 120 วินาที ที่เวลาการเปิด-ปิดหัวฉีด 4.8 msทดสอบรั่วที่ 30วินาที

ทดสอบครั้งที่	1	2	3	เฉลี่ย/ครั้ง	ทดสอบการรั่ว	การเป็นสเปิร์ส	ค่าผิดพลาด
ลำดับหัวฉีด	ml	ml	ml	ml			%
หัวฉีดมาตรฐาน	37.00	36.00	37.00	36.66	ไม่รั่ว	ดี	0.65
2	35.80	34.20	36.00	35.33	ไม่รั่ว	ดี	4.25
3	37.80	37.00	37.80	37.53	ไม่รั่ว	ดี	1.70
4	37.00	36.00	37.00	36.66	ไม่รั่ว	ดี	0.65
เฉลี่ย/หัว	36.90	35.80	36.95	-	-	-	-

ค่าผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 1.48

ตาราง 9 แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบ 4 หัว โดยมีหัวฉีดมาตรฐาน 1 หัวกับหัวฉีดรุ่นเดียวกันอีก 3 หัว ใช้เวลาทดสอบ 120 วินาที ที่เวลาการเปิด-ปิดหัวฉีด 4.8 ms ทดสอบรั่วที่ 30 วินาที

ทดสอบครั้งที่	1	2	3	เฉลี่ย/ครั้ง	ทดสอบการรั่ว	การเป็นสเปรส	ค่าผิดพลาด
ลำดับหัวฉีด	ml	ml	ml	ml			%
หัวฉีดมาตรฐาน	56.00	55.00	55.00	55.33	ไม่รั่ว	ดี	3.82
2	53.00	54.00	54.00	53.66	ไม่รั่ว	ดี	3.22
3	56.80	56.80	56.00	56.26	ไม่รั่ว	ดี	1.46
4	56.00	55.80	55.80	55.86	ไม่รั่ว	ดี	0.73
เฉลี่ย/หัว	55.45	55.40	55.20	-	-	-	-

ค่าผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 2.30

ตาราง 10 แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบ 4 หัว โดยมีหัวฉีดมาตรฐาน 1 หัวกับหัวฉีดรุ่นเดียวกันอีก 3 หัว ใช้เวลาทดสอบ 120 วินาที ที่เวลาการเปิด-ปิดหัวฉีด 5 ms ทดสอบรั่วที่ 30 วินาที

ทดสอบครั้งที่	1	2	3	เฉลี่ย/ครั้ง	ทดสอบการรั่ว	การเป็นสเปรส	ค่าผิดพลาด
ลำดับหัวฉีด	ml	ml	ml	ml			%
หัวฉีดมาตรฐาน	41.00	41.80	41.20	41.33	ไม่รั่ว	ดี	0.40
2	40.00	41.00	40.00	40.33	ไม่รั่ว	ดี	2.81
3	43.00	43.00	42.80	42.93	ไม่รั่ว	ดี	3.44
4	42.00	42.80	42.20	42.33	ไม่รั่ว	ดี	2.00
เฉลี่ย/หัว	41.50	42.15	41.55	-	-	-	-

ค่าผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 2.16

ตาราง 11 แสดงค่าปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเปรียบเทียบ 4 หัว โดยมีหัวฉีดมาตรฐาน 1 หัวกับหัวฉีดรุ่นเดียวกันอีก 3 หัว ใช้เวลาทดสอบ 120 วินาที ที่เวลาการเปิด-ปิดหัวฉีด 5 ms ทดสอบรั่วที่ 30 วินาที

ทดสอบครั้งที่	1	2	3	เฉลี่ย/ครั้ง	ทดสอบการรั่ว	การเป็นสเปรส	ค่าผิดพลาด
ลำดับหัวฉีด	ml	ml	ml	ml			%
หัวฉีดมาตรฐาน	63.00	63.00	63.00	63.00	ไม่รั่ว	ดี	1.20
2	61.00	61.00	61.00	61.00	ไม่รั่ว	ดี	2.00
3	64.00	64.00	64.00	64.00	ไม่รั่ว	ดี	2.81
4	64.00	64.00	63.80	63.93	ไม่รั่ว	ดี	2.73
เฉลี่ย/หัว	62.25	63.00	62.95	-	-	-	-

ค่าผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 2.18

ค่าผิดพลาดเฉลี่ยรวมทั้งหมดร้อยละ 2.49

ตาราง12 แสดงค่าความผิดพลาดของหัวฉีดมาตรฐานกับหัวฉีดตัวอย่างที่นำมาเปรียบเทียบจำนวน 3 หัว ที่ เวลาหัวฉีดเปิด-ปิด และระยะเวลาการทดสอบต่างๆ

ระยะเวลาเปิด-ปิดของหัวฉีดและเวลาที่ใช้ในการทดสอบ	ค่าผิดพลาด(%)
3ms ที่ 120 วินาที	2.79
3 ms ที่ 180วินาที	8.06
3.8msที่ 120วินาที	1.87
3.8msที่ 180 วินาที	1.22
4.2msที่ 120 วินาที	1.31
4.2msที่ 180 วินาที	1.53
4.8msที่ 120 วินาที	1.48
4.8msที่ 180 วินาที	2.30
5 ms ที่ 120 วินาที	2.16
5 ms ที่ 180 วินาที	2.18

2.การหาประสิทธิภาพเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน มีรายละเอียด ดังนี้

2.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นที่เข้าใจตรงกัน ผู้วิจัยจึงได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
SD	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
N	แทน	จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.2 เกณฑ์การแปลความหมายข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ย

ค่าเฉลี่ยระหว่าง	ความหมาย
4.51-5.00	ผลการประเมินในระดับดีมาก
3.51-4.50	ผลการประเมินในระดับดี
2.51-3.50	ผลการประเมินในระดับพอใช้
1.51-2.50	ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง
1.00-1.50	ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

2.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินประสิทธิภาพเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

จากการประเมินประสิทธิภาพเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน จากผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมยานยนต์จำนวน 8 คน ผู้วิจัยได้ทำการประเมินประสิทธิภาพเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ซึ่งได้แสดงผลการวิเคราะห์ดังนี้

2.3.1 ผลการประเมินสมรรถนะเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ผลการประเมินสมรรถนะเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแสดงในตารางดังนี้

ตาราง13 การวิเคราะห์ทางกายภาพทั่วไปเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

รายละเอียดด้านเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	$\bar{X}$	SD	แปลความ
1.1 ความเหมาะสมในการออกแบบตัวเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์	4.25	0.21	ดี
1.2 การออกแบบโครงสร้างมีความแข็งแรง	4.8	0.12	ดีมาก
1.3 ความเหมาะสมในการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์	4.0	0.00	ดี
1.4 สะดวกในการจัดเก็บ การเคลื่อนย้าย	4.12	0.12	ดี
1.5 ความสะดวกในการใช้งานของตัวเครื่องทดสอบ	4.0	0.28	ดี
เฉลี่ยรวม	4.23	0.14	ดี

จากตาราง13 สามารถวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนตามรายละเอียดดังนี้

เมื่อทราบค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อแล้ว นำค่าเฉลี่ยเหล่านั้นไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย เพื่อเป็นตัวแทนของลักษณะทางกายภาพ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าลักษณะทางกายภาพทั่วไปอยู่ในระดับดี คือมีค่า $[x=4.23]$ และค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อจากค่ามากที่สุดไปค่าน้อยที่สุดคือ

การออกแบบโครงสร้างมีความแข็งแรง ข้อมูลจากตารางแสดงว่าโครงสร้างมีความแข็งแรง อยู่ในระดับดีมาก มีค่า($X=4.48$)

ความเหมาะสมในการออกแบบตัวเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ จากตารางข้อมูลแสดงว่าขนาดของเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สวยงามอยู่ระดับดี คือมีค่า ($X=4.25$)

ความเหมาะสมในการจัดเก็บอุปกรณ์ การเคลื่อนย้าย ข้อมูลจากตารางแสดงว่าในการจัดเก็บวางอุปกรณ์มีความเหมาะสม อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($X=4.12$)

ความเหมาะสมในการจัดวางอุปกรณ์ของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ ข้อมูลจากตารางแสดงว่าความเหมาะสมในการจัดวางอุปกรณ์ของเครื่องทดสอบอยู่ในระดับดี คือมีค่า ($X=4.00$)

ความสะดวกในการใช้งานของตัวเครื่องทดสอบ ข้อมูลจากตารางแปลว่า ความสะดวกในการใช้งานของตัวเครื่องทดสอบ อยู่ในระดับดี มีค่าน้อยที่สุด คือมีค่า($X=4.00$)

ตาราง 14 การวิเคราะห์ลักษณะการนำไปใช้งานของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์ แก๊สโซลีน

รายละเอียดสมรรถนะ	X	SD	แปลความหมาย
2.1 ความปลอดภัยในการใช้งาน	4	0.57	ดี
2.2 ความรวดเร็วในการใช้งาน	4.12	0.12	ดี
2.3 ประหยัดเวลาในการทำงาน	4.37	0.12	ดี
2.4 มีระบบตัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเมื่อเกิดการลัดวงจร	4.37	0.26	ดี
2.5 การควบคุม การใช้งานง่าย	4.37	0.26	ดี
เฉลี่ยรวม	4.24	0.26	ดี

จากตาราง14สามารถวิเคราะห์ลักษณะการนำไปใช้งานของชุดเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ตามรายละเอียดได้ดังนี้คือ เมื่อทราบค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อแล้ว นำค่าเฉลี่ยเหล่านั้นไปคำนวณค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนลักษณะการนำไปใช้งาน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ลักษณะการใช้งานอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย(4.24)

ข้อมูลจากตารางแสดงว่า ตัวเครื่องมีระบบตัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเมื่อเกิดการลัดวงจรขณะใช้งาน ประหยัดเวลาในการทำงาน การควบคุม การใช้งานง่าย อยู่ระดับดี มีค่ามากที่สุดคือ($X=4.37$) ความรวดเร็วในการใช้งาน ข้อมูลจากตารางแสดงว่า ในการใช้งานได้รวดเร็วอยู่ในระดับดี คือมีค่า($x=4.12$) ความปลอดภัยในการใช้งาน ข้อมูลจากตารางแสดงว่าความปลอดภัยในการทำงาน อยู่ในระดับดี มีค่าน้อยสุด คือมีค่า ($x=4.00$)

ตาราง 15 การวิเคราะห์ลักษณะการบำรุงรักษาของชุดเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์ แก๊สโซลีน

รายละเอียด	x	sd	แปลความหมาย
3.1 การบำรุงรักษาก่อนการปฏิบัติงานทำได้เหมาะสม	4.46	0.26	ดี
3.2 อุปกรณ์ต่างๆหาทำ หาใช้ได้ง่าย	4.30	0.55	ดี
3.3 ชุดควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ขำชุดสามารถซ่อมแซมได้ง่าย	4.0	0.28	ดี
3.4 คุณภาพของวัสดุที่ใช้ติดตั้งเครื่องทดสอบ	3.8	0.41	ดี
3.5 การตรวจสอบระดับน้ำมันเชื้อเพลิงทำได้ง่าย	4.12	0.12	ดี
เฉลี่ยรวม	4.16	0.32	ดี

จากตาราง 15 สามารถวิเคราะห์ลักษณะการบำรุงรักษาของชุดตามรายละเอียดได้ดังนี้

เมื่อทราบค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อแล้ว นำค่าเฉลี่ยเหล่านั้นไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยรวม เพื่อเป็นตัวแทนลักษณะการบำรุงรักษาจึงสามารถสรุปได้ว่า ลักษณะการบำรุงรักษาอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ยรวม

ระดับดีที่สุด คือมีค่า($x=4.46$)อุปกรณ์ต่างๆหาทำ หาใช้ได้ง่าย ข้อมูลจากตารางแสดงว่าการจัดหาหรือซื้ออุปกรณ์ต่างๆหาทำ หาใช้ได้ง่ายอยู่ในระดับดี คือมีค่า($x=4.30$) การตรวจสอบระดับน้ำมันเชื้อเพลิงทำได้ง่าย ข้อมูลจากตาราง แสดงว่าเครื่องทดสอบสามารถตรวจสอบระดับน้ำมันเชื้อเพลิงทำได้ง่าย อยู่ในระดับดี คือมีค่า($x=4.12$) ชุดควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ชำรุดสามารถซ่อมแซมได้ง่าย ข้อมูลจากตาราง แสดงว่าเครื่องหากตัวเครื่องทดสอบเกิดเสียหายหรือมีอุปกรณ์ชำรุด สามารถทำการซ่อมแซมได้ง่ายมีค่าอยู่ในระดับดี คือมีค่า ($x=4.00$)คุณภาพของวัสดุที่ใช้ติดตั้งเครื่องทดสอบ ข้อมูลจากตารางแสดงว่าคุณภาพของวัสดุที่ใช้ติดตั้งเครื่องทดสอบ อยู่ระดับดี คือมีค่าน้อยที่สุด คือมีค่า($x=3.8$)

ตาราง16 สรุปตารางวิเคราะห์สมรรถนะจากแบบประเมินเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์ แก๊สโซลีน

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน												
	ด้านกายภาพทั่วไป	1	2	3	4	5	6	7	8	Σx	Σx ²	(Σx) ² x	SD	
1	ความเหมาะสมในการออกแบบตัวเครื่องทดสอบหัวฉีด	4	4	4	4	4	5	5	4	34	146	1156	4.2	0.21
2	การออกแบบโครงสร้างมีความแข็งแรง	5	5	5	5	4	5	5	5	39	191	1521	4.8	0.12
3	ความเหมาะสมในการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์	4	4	4	4	4	4	4	4	32	128	1024	4.0	0
4	ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	4	4	4	4	4	5	4	4	33	137	1089	4.12	0.12
5	ความสะดวกในการใช้งานของตัวเครื่องทดสอบ	5	4	4	4	4	4	3	4	32	130	1024	4.0	0.28
	ด้านการบำรุงรักษา													
1	การบำรุงรักษาก่อนการปฏิบัติงานทำได้เหมาะสม	4	4	5	5	5	5	5	4	37	173	1369	4.6	0.26
2	อุปกรณ์ต่างๆหาทำ หาซ่อมแซมได้ง่าย	5	4	4	5	5	3	4	5	35	157	1225	4.3	0.55
3	ชุดควบคุมอุปกรณ์ต่างๆชำรุดสามารถซ่อมแซมง่าย	4	4	5	4	4	3	4	4	32	130	1024	4.0	0.28
4	คุณภาพของวัสดุที่ใช้ติดตั้งเครื่องมีความคงทน ถาวร	3	4	3	5	4	4	4	4	31	123	961	3.8	0.41
5	การตรวจสอบระดับน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับทดสอบทำได้ง่าย	4	4	4	4	4	4	4	5	33	137	1089	4.12	0.12

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน													
	ด้านความเหมาะสมการนำไปใช้งาน	1	2	3	4	5	6	7	8	Σx	Σx2	(Σx)2	$\frac{\quad}{x}$	SD	
1	ความปลอดภัยในการใช้งาน	4	4	5	5	4	5	5	4	32	132	1024	4	0.57	
2	ความรวดเร็วในการใช้งาน เครื่องทดสอบหัวฉีด	4	4	4	5	4	4	4	4	33	137	1088	4.12	0.12	
3	ประหยัดเวลาในการใช้งาน	4	5	4	5	5	4	4	4	35	155	1225	4.37	0.26	
4	มีระบบตัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า เมื่อเกิดการลัดวงจร	4	4	4	4	4	5	5	5	35	155	1225	4.37	0.26	
5	การควบคุม การใช้งานง่าย	5	5	4	4	4	4	4	5	35	155	1225	4.37	0.26	

2.4 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

สำหรับข้อมูลจากคำถามปลายเปิด เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระเกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ผู้วิจัยได้นำคำตอบและข้อเสนอแนะมารวบรวมและเรียงลำดับดังนี้

ตาราง 17 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 8 ท่าน ที่มีต่อชุดเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ข้อเสนอแนะ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ให้ข้อเสนอแนะ
1.ใช้หลอดแก้วที่ขนาดโตกว่าที่ใช้งานครั้งนี้ เพื่อสามารถวัดปริมาณน้ำมันที่ทดสอบได้มากขึ้น และควรคำนึงถึงด้านความละเอียดของสเกลที่วัดปริมาณน้ำมันด้วย	2
2. การเชื่อมต่อสายน้ำมันแรงดันสูงเข้ากับท่อจ่ายน้ำมัน ควรออกแบบให้สามารถถอดประกอบได้ง่ายก็จะสะดวกในการใช้งานกว่านี้	1
3. การสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ให้ดียิ่งขึ้น อาจเพิ่มความสามารถในการทดสอบได้ครั้งละ 8 หัว เพื่อจะได้สะดวกและรวดเร็วขึ้นหากมีการทดสอบหัวฉีดของเครื่อง	2
4. ในการสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีด ควรสร้างเครื่องล้างทำความสะอาดหัวฉีดควบคู่ไปด้วย	1
5. เครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ควร มีฟังก์ชันนับจำนวนครั้งของการทำงานของหัวฉีดและสามารถตั้งค่าได้	2

บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพและสมรรถนะ ของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน มีรายละเอียดดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ความสำคัญของการวิจัย

ผลจากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้เครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ที่สามารถทดสอบการรั่วซึมของหัวฉีด ทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณน้ำมัน ทดสอบ ลักษณะการฉีดเป็นฝอยละอองของหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ตามค่ามาตรฐานของผู้ผลิตหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์

สมมุติฐานการวิจัย

เครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ออกแบบและสร้างขึ้น มีประสิทธิภาพและสมรรถนะอยู่ในระดับดี

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน นี่เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยผู้วิจัยได้แบ่งกระบวนการวิจัยออกเป็น 6 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1. การหาข้อมูลพื้นฐานในการวิจัย โดยทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัย ประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1.1 สร้างแบบประเมินสมรรถนะของเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

1.2 ตรวจสอบแบบประเมิน ดำเนินการดังนี้

1.2.1 นำแบบประเมินเสนอต่อกรรมการผู้ควบคุมปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและให้ข้อเสนอแนะ

1.2.2 นำแบบประเมินเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่านเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและให้ข้อเสนอแนะนำแบบประเมินที่แก้ไขแล้ว นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญงานด้านวิศวกรรมยานยนต์จากสถานประกอบการและคณาจารย์ซึ่งทำการสอนในสาขาวิชาเทคนิคยานยนต์จาก สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน เพื่อนำผลการประเมินไปวิเคราะห์ผลต่อไป

ขั้นตอนที่ 2. สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

2.1 สถานที่สำหรับการสร้างเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ผู้วิจัยได้ใช้ศูนย์บริการและฝึกอบรมของ บริษัท โรเบิร์ต บ็อบ จำกัด

2.2 การประเมินสมรรถนะของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ผู้วิจัยได้ใช้สถานที่ในการประเมินดังนี้

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน ถนนพระราม1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ10330

บริษัท เอ็ม เอ็ม ซี สิทธิผล จำกัด เลขที่ 69-69/1-3 หมู่ 11 ถนนพหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

บริษัท สยามนิสสัน เซลส์ (ประเทศไทย) จำกัดถนนพระราม1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ

2.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย ระหว่างเดือน สิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ 2445 รวมระยะเวลาวิจัยทั้งสิ้น 4 เดือน

ขั้นตอนที่ 3 การดำเนินการวิจัย ในการวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งกระบวนการวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษารายละเอียดและออกแบบส่วนต่างๆ ของชุดอุปกรณ์

3.2 สร้างชุดอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อการวิจัยทดสอบและแก้ไขปรับปรุง

3.3 ประเมินประสิทธิภาพและประเมินสมรรถนะของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ขั้นตอนที่ 4. การตรวจสอบแบบประเมิน

4.1 นำแบบประเมินเสนอต่อกรรมการควบคุมปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

4.2 ขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อขอความอนุเคราะห์ไปยังสถาบัน บริษัทต้นสังกัดของผู้เชี่ยวชาญสังกัดอยู่เพื่อประเมินสมรรถนะของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ขั้นตอนที่ 5 การเก็บรวบรวมข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองดังนี้

5.1 ขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

5.2 นำหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒและแบบประเมินสมรรถนะของชุดเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนไปยังหน่วยงานต้นสังกัดของผู้เชี่ยวชาญที่ทำการทดสอบ จำนวน 8 ท่าน

5.3 แนะนำส่วนประกอบและการใช้งานก่อนผู้เชี่ยวชาญทำการทดสอบ

5.4 เมื่อทดสอบแล้ว ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นลงในแบบประเมินและนำผลการประเมินไปวิเคราะห์ต่อไป

ขั้นตอนที่ 6. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

นำแบบทดสอบและแบบประเมินผลมาดำเนินการวิเคราะห์หาสมรรถนะของชุดเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ดังนี้

6.1 รวบรวมคะแนน ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมยานยนต์ เกี่ยวกับชุดเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ด้านลักษณะทางกายภาพ การบำรุงรักษา และลักษณะความเหมาะสมการนำไปใช้งาน

6.2. นำคะแนนที่ได้มาคำนวณ

หาค่าเฉลี่ย (Mean) ใช้สูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N คือ จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$SD = \sqrt{\frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างประชากร

X คือ ข้อมูลแต่ละจำนวน

N คือ จำนวนของกลุ่มตัวอย่างประชากร

6.3 กำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	แปลความหมาย
4.51-5.00	ดีมาก
3.51-4.50	ดี
2.51-3.50	พอใช้
1.51-2.50	ต้องปรับปรุง
1.00-1.50	ใช้ไม่ได้

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลจัดกระทำ 2 แบบ ดังนี้

1 .เสนอเป็นการบรรยายเกี่ยวกับสมรรถนะทั้ง 3 ด้านของชุดเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน คือ ด้านกายภาพ ด้านบำรุงรักษา ด้านการนำไปใช้งาน โดยวิเคราะห์จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินสมรรถนะจากผู้เชี่ยวชาญด้านงานวิศวกรรมยานยนต์ทั้ง 8 ท่าน และแปลความหมายข้อมูลที่ได้

2. ข้อมูลจากตารางผลการทดสอบหาประสิทธิภาพ นำมาวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมายหาค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของตัวเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์

ผลการวิจัย

จากการประเมินประสิทธิภาพเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยจากการประเมินประสิทธิภาพจากการทดลองจากเครื่องตามตารางทดลองที่ 4.1-4.10 และนำข้อมูลจากตารางมาวิเคราะห์ข้อมูลได้ค่าผิดพลาดเฉลี่ยทั้งหมด จึงเท่ากับว่าจากการทดลองที่ได้ตามตารางทดสอบได้ประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบเฉลี่ยร้อยละ 97.51

จากการประเมินสมรรถนะเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจากผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมยานยนต์จำนวน 8 คน ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้ สามารถวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนตามรายละเอียดดังนี้

เมื่อทราบค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อแล้ว นำค่าเฉลี่ยเหล่านั้นไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย เพื่อเป็นตัวแทนของลักษณะทางกายภาพ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าลักษณะทางกายภาพทั่วไปอยู่ในระดับดี คือมีค่า ($x=4.23$) และค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อจากค่ามากที่สุดไปค่าน้อยที่สุดคือ

การออกแบบโครงสร้างมีความแข็งแรง ข้อมูลจากตารางแสดงว่าโครงสร้างมีความแข็งแรง อยู่ในระดับดีมาก มีค่า($X=4.48$)

ความเหมาะสมในการออกแบบตัวเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ จากตารางข้อมูลแสดงว่าขนาดของเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สวยงามอยู่ระดับดี คือมีค่า ($X=4.25$)

ความเหมาะสมในการจัดเก็บอุปกรณ์ การเคลื่อนย้าย ข้อมูลจากตารางแสดงว่าในการจัดเก็บวางอุปกรณ์มีความเหมาะสม อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($X=4.12$)

ความเหมาะสมในการจัดวางอุปกรณ์ของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ ข้อมูลจากตารางแสดงว่าความเหมาะสมในการจัดวางอุปกรณ์ของเครื่องทดสอบอยู่ในระดับดี คือมีค่า ($X=4.00$)

ความสะดวกในการใช้งานของตัวเครื่องทดสอบ ข้อมูลจากตารางแปลว่า ความสะดวกในการใช้งานของตัวเครื่องทดสอบ อยู่ในระดับดี มีค่าน้อยที่สุด คือมีค่า($X=4.00$)

สามารถวิเคราะห์ลักษณะการนำไปใช้งานของชุดเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ตามรายละเอียดได้ดังนี้

เมื่อทราบค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อแล้วนำค่าเฉลี่ยเหล่านั้นไปคำนวณค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนลักษณะการนำไปใช้งาน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ลักษณะการใช้งานอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย(4.24)

ข้อมูลจากตารางแสดงว่า ตัวเครื่องมีระบบตัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเมื่อเกิดการลัดวงจรขณะใช้งาน ประหยัดเวลาในการทำงาน การควบคุม การใช้งานง่าย อยู่ระดับดี มีค่ามากที่สุดคือ($X=4.37$)

ความรวดเร็วในการใช้งาน ข้อมูลจากตารางแสดงว่า ในการใช้งานได้รวดเร็วอยู่ในระดับดี คือมีค่า($x=4.12$)

ความปลอดภัยในการใช้งาน ข้อมูลจากตารางแสดงว่าความปลอดภัยในการทำงาน อยู่ในระดับดี มีค่าน้อยสุด คือมีค่า ($x=4.00$)

จากตารางสามารถวิเคราะห์ลักษณะการบำรุงรักษาของชุดตามรายละเอียดได้ดังนี้

เมื่อทราบค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อแล้ว นำค่าเฉลี่ยเหล่านั้นไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยรวม เพื่อเป็นตัวแทนลักษณะการบำรุงรักษาจึงสามารถสรุปได้ว่า ลักษณะการบำรุงรักษาอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ยรวม ($X=4.16$) และค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อจากค่ามากที่สุดไปยังค่าน้อยที่สุด คือ

การบำรุงรักษาก่อนการปฏิบัติงานทำได้เหมาะสม ข้อมูลจากตาราง แสดงว่า การบำรุงรักษา ก่อนการปฏิบัติงานทำได้เหมาะสมอยู่ในระดับดีที่สุด คือมีค่า($x=4.46$)

อุปกรณ์ต่างๆหาทำ หาใช้ได้ง่าย ข้อมูลจากตาราง แสดงว่าการจัดหาหรือซื้อ อุปกรณ์ต่างๆหาทำ หาใช้ได้ง่ายอยู่ในระดับดี คือมีค่า($x=4.30$)

การตรวจสอบระดับน้ำมันเชื้อเพลิงทำได้ง่าย ข้อมูลจากตาราง แสดงว่าเครื่องทดสอบสามารถ ตรวจสอบระดับน้ำมันเชื้อเพลิงทำได้ง่าย อยู่ในระดับดี คือมีค่า($x=4.12$)

ชุดควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ชำรุดสามารถซ่อมแซมได้ง่าย ข้อมูลจากตาราง แสดงว่าเครื่องหากตัว เครื่องทดสอบเกิดเสียหายหรือมีอุปกรณ์ชำรุดสามารถทำการซ่อมแซมได้ง่ายมีค่าอยู่ในระดับดีคือมีค่า ($x=4.00$)

คุณภาพของวัสดุที่ใช้ติดตั้งเครื่องทดสอบ ข้อมูลจากตารางแสดงว่าคุณภาพของวัสดุที่ใช้ติดตั้ง เครื่องทดสอบ อยู่ระดับดี คือมีค่าน้อยที่สุด คือมีค่า($x=3.8$)

อภิปรายผล

จากสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ ปรากฏผลการวิจัยที่ได้มาคือ สมรรถนะของชุดเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน อยู่ในระดับดี เป็นผลการประเมินรวมของ สมรรถนะทั้ง 3 ด้าน คือลักษณะทางกายภาพ ลักษณะการนำไปใช้งาน ลักษณะความเหมาะสมการนำไปใช้งาน และประสิทธิผลของเครื่องทดสอบร้อยละ 97.51 สอดคล้องกับสมมติฐานที่ผู้วิจัยได้ตั้งไว้

ข้อเสนอแนะ

หากจะได้มีการสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดนี้ในครั้งต่อไป ควรจะมีการปฏิบัติดังนี้

1. ใช้หลอดแก้วที่ขนาดโตกว่าที่ใช้งานครั้งนี้ เพื่อสามารถวัดปริมาณน้ำมันที่ทดสอบได้มากขึ้น และควรคำนึงถึงด้านความละเอียดของสเกลที่วัดปริมาณน้ำมันด้วย
2. การเชื่อมต่อสายน้ำมันแรงดันสูงเข้ากับท่อจ่ายน้ำมัน ควรออกแบบให้สามารถถอดประกอบได้ง่ายก็จะสะดวกในการใช้งานกว่านี้
3. การสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ให้ดียิ่งขึ้น อาจเพิ่มความสามารถในการทดสอบได้ ครั้งละ 8 หัว เพื่อจะได้สะดวกและรวดเร็วขึ้นหากมีการทดสอบหัวฉีดของเครื่องยนต์ที่มากกว่า 4 ใบสูบ
4. ในการสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีด ควรสร้างเครื่องล้างทำความสะอาดหัวฉีดควบคู่ไปด้วย
5. เครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ควรมีฟังก์ชันนับจำนวนครั้ง ของการทำงานของหัวฉีดและสามารถตั้งค่าได้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.(2536-2537) . สถานการณ์และการจัดการปัญหา
มลพิษทางอากาศและเสียง .กรุงเทพฯ .
- กานดา พูนลาภทวี.(2530) การประเมินผลการศึกษา กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระ
จอมเกล้าพระนครเหนือ
- จำนง ถนอม.(2540). ระบบหัวฉีดเบนซินและระบบเทอร์โบชาร์จ. แผนกวิชาช่างยนต์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ : พิมพ์และจำหน่ายโดย บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด.
- ฉัตรแก้ว ฮาตระกูล.(2531) การสร้างชุดวิชาเขียนแบบเครื่องกล เรื่อง การอ่านแบบภาพประกอบตามหลัก
สูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พ.ศ.2530 วิทยานิพนธ์
- ชูชัย บุญมา. (2538) การสร้างชุดการสอนวิชาตกแต่งผิวสำเร็จ เรื่อง การชุบเคลือบด้วยไฟฟ้าตามหลักสูตร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา พ.ศ.2538 วิทยาลัย
มหาดินทิต กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ . อัดสำเนา
- ชำนาน บุญคุ้ม .(2532).การสร้างชุดการสอนวิชาเทคโนโลยีพลาสติก เรื่อง การขึ้นรูปด้วยความร้อนหลักสูตร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง . วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ พ.ศ. 2527 วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยมหาดินทิต กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ . อัดสำเนา
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ.(2533). เทคโนโลยีศึกษาทฤษฎีและการวิจัย .พิมพ์ครั้งที่1 กรุงเทพมหานคร : สำนักไอ
เดียสโตร์
- ทรงชัย จันทร์ประเสริฐ.(2536).การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประกอบการวัดอุตสาหกรรมและการควบคุม
ระบบ . วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยมหาดินทิต กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ .
อัดสำเนา
- ธีรยุทธ สุวรรณประทีป.(2545) . หลักการทำงานและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ . กรุงเทพฯ ฯ . พิมพ์และจำหน่าย
โดย บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด.
- ธำรง โชตะมังสะและสุจิตต์ สอนองคุณ .(2540). เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น . กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เม็ดทรายป
ริ้นดิง.บ้านปู บริษัทจำกัด เอกสารทางวิชาการ .
- ธีรยุทธ สุวรรณประทีป (2545). ศัพท์วิศวกรรมยานยนต์ . กรุงเทพฯ ฯ . พิมพ์และจำหน่ายโดย บริษัทซีเอ็ด
ยูเคชั่น จำกัด.
- ธนบูรณ์ ศศิภาณุเดช .(2530). การออกแบบระบบไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่2 กรุงเทพมหานคร : บริษัท ซีเอ็ด ยูเค
ชั่น จำกัด.
- นาคดล เวชวิฐาน.(2544). เครื่องยนต์หัวฉีด E.F.I.ฉบับปรับปรุง . พิมพ์ครั้งที่ 17. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น .
- บุญญศักดิ์ ใจจกิต.(2532). มอเตอร์ไฟฟ้า . พิมพ์ครั้งที่2 กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าพระนครเหนือ .อัดสำเนา
- บันลือ พฤษะวัน.(2531).หลักสูตรกับการบูรณะทางสถาปัตยกรรม .พิมพ์ครั้งที่2 กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ไทย
วัฒนาพานิช .

- ปกาศิต ดันติ ดันตือลงการ.(2535). การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ . วิทยา
นิพนธ์มหาบัณฑิต กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. อัดสำเนา
- ปานเพชร ชินนศึกษาพรและ ขวัญชัย สันทิตย์สมบูรณ์.(2531). นิวเมติกส์อุตสาหกรรม
.กรุงเทพมหานคร : บริษัทศึกษาพร จำกัด.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์.(2538).วิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่6 . กรุงเทพฯ : ฟิงเกอร์
ปรินแอนต์มีเดีย จำกัด.
- มณูญ ชื่นชม.(2533). นิวเมติกส์ไฟฟ้าเบื้องต้น .พิมพ์ครั้งที่1 กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี
(ไทย-ญี่ปุ่น).
- โรเบิร์ต บ็อบ จำกัด.(2545). โอโต้ด้า 1983-1995 . กรุงเทพฯ .
- ลัดดา ศุขปริดี .(2523). เทคโนโลยีการสอน .พิมพ์ครั้งที่1 กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- ศรีณรงค์ ตูทองคำ.(2545). การใช้และการบำรุงรักษารถยนต์ . กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ .
- ศรศักดิ์ ลัทธกุล.(2531). การสร้างชุดการสอนการสอนวิชาการตกแต่งผิวผลสำเร็จ. เรื่อง การซ่อมเครื่อง
เคลื่อนด้วยไฟฟ้าตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีว
ศึกษา พ.ศ2528 วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร
เหนือ. อัดสำเนา
- ศุภชัย สุรินทร์วงศ์.(2535). มอเตอร์ไฟกระแสดรง . พิมพ์ครั้งที่2 กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริม
เทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น).
- สุโข แก้วบุญเรือน. ไพธัมพล ดีช่วย.(2538). เครื่องยนต์หัวฉีดเบนซิน . กรุงเทพฯ : โครงการพัฒนาสื่อการ
เรียนการสอน ไทย-เยอรมัน สำนักพัฒนาเทคนิคการศึกษา.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระ
นครเหนือ. อัดสำเนา.
- สมชอบ ไชยเวช.(1971). การศึกษาวิชาชีพ แขนงช่างยนต์ .กรุงเทพฯ : ผู้จัดพิมพ์ ดร.แม็ก เกห์เลน. บาด
วี.ดี.เอส.เบอร์ลิน ซูริค (ผู้แปลและเรียบเรียง).
- สนอง – อิมเม.(2532). เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศรถยนต์ .พิมพ์ครั้งที่7 กรุงเทพมหานคร :
โรงพิมพ์อมรินทร์ พรินท์ติ้ง กรุป.
- สมศักดิ์ สโมทยกุล.(2531). เครื่องปรับอากาศรถยนต์.กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- สุชาติ ศิริสุขไพบูลย์ .(2526).การสอนทักษะภาคปฏิบัติ . พิมพ์ครั้งที่1 กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สุนันท์ สังข์อ่อน.(2526). สื่อการสอนและนวัตกรรมทางการศึกษา .พิมพ์ครั้งที่1 กรุงเทพมหานคร : สำนัก
พิมพ์โอเดียนสโตร์ .
- สุวัฒน์ มุทธเมธา .(2523).การเรียนการสอนปัจจุบัน. พิมพ์ครั้งที่1 กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนส
โตร์ .
- เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต.(2528).เทคโนโลยีทางการศึกษา.พิมพ์ครั้งที่1 กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบัน
อุดมศักดิ์ ธิญูรักษ์ .(2540). การสร้างเครื่องฉีดพ่นสีในแนวตั้งแบบใช้คันโยก . ปรินญาณินท์ กศ.ม.
กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. อัดสำเนา.
- อำพล ชี้อรรถ .(2545). งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์ .กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ. จำหน่ายโดย
บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด.

อำพล ชี้อตรง .(2538). *เครื่องตรวจสมรรถนะรถยนต์* . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ . อัดสำเนา.

Robert Bosch .(1992). *Electric Ignition .Automotive Technical Publication and service* .Product no.2300-1 ISBN : 0-85666-673-4.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

จดหมายขอความอนุเคราะห์ในการตรวจแบบสอบถาม



๘ พฤศจิกายน ๒๕๔๗

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเทคโนโลยีปทุมวัน

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

เนื่องด้วย นายบุญชัย เจียรวัฒนานุกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน” โดยมี อาจารย์อุทัย สุวคันธกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์วินัส ทัดเนียม และ อาจารย์อุทัย มั่นวงศ์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบหัวฉีด

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินฯให้ นายบุญชัย เจียรวัฒนานุกุล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญศิริ จีระเดชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐๒-๖๖๔-๑๐๐๐ ต่อ ๕๖๑๘, ๕๗๓๑

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ ๐๒-๖๓๑๑๘๘๐-๘๘



/8 พฤศจิกายน 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้จัดการศูนย์บริการ บริษัท สยามกลการเซลล์ (ประเทศไทย) จำกัด

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน และแบบทดสอบ

เนื่องด้วย นายบุญชัย เจียรวัฒนานุกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน” โดยมี อาจารย์อุปวิทย์ สุวคันทรกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ นายสายนต์ ประเสริฐผล วิศวกรศูนย์บริการ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบหัวฉีด และแบบทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบหัวฉีด

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินฯ และแบบทดสอบให้ นายบุญชัย เจียรวัฒนานุกุล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญศิริ จีระเดชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 02-6311880 - 88



/ร พฤษจิกายน 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการศูนย์บริการเช็คปั๊มและหัวฉีด บริษัท ส.ไสวดีเซล จำกัด

เรื่องที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน และแบบทดสอบ

เนื่องด้วย นายบุญชัย เจียรวัฒนานุกุล นิติระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปฏิญานิพนธ์เรื่อง “ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน” โดยมี อาจารย์อุปวิทย์ สุวคันทรกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปฏิญานิพนธ์ ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบหัวฉีด และแบบทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบหัวฉีด

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินฯ และแบบทดสอบให้ นายบุญชัย เจียรวัฒนานุกุล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญศิริ จีระเดชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 02-6311880 - 88



/8 พฤศจิกายน 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้จัดการฝ่ายเทคนิคและบริการ แผนกอะไหล่รถยนต์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน และแบบทดสอบ

เนื่องด้วย นายบุญชัย เจียรพัฒนานุกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน” โดยมี อาจารย์อุปวิทย์ สุวคันทรกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ นายวัฒนา ทองสวัสดิ์ เจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคนิคและบริการ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบหัวฉีด และแบบทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบหัวฉีด

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินฯ และแบบทดสอบให้ นายบุญชัย เจียรพัฒนานุกุล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญศิริ จีระเดชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 02-6311880 - 88

ที่ ศธ 0519.12/ 113 73



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ⁷⁰

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

/8 พฤศจิกายน 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้จัดการงานวิศวกรรม บริษัท วิद्यการบินแห่งประเทศไทย

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

เนื่องด้วย นายบุญชัย เจียรวัฒนานุกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน” โดยมี อาจารย์อุปวิทย์ สุวคันทรกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ นายสันติ ชาติรูปะชีวิน วิศวกรระบบโทรคมนาคม เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบหัวฉีด

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินฯให้ นายบุญชัย เจียรวัฒนานุกุล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญศิริ จีระเดชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 02-6311880 - 88



/๘ พฤศจิกายน ๒๕๔๗

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้จัดการฝ่ายขายและบริการ แผนกอะไหล่และเครื่องวิเคราะห์สภาพรถยนต์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน และแบบทดสอบ

เนื่องด้วย นายบุญชัย เจียรวัฒนานุกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน” โดยมี อาจารย์อุปวิทย์ สุวคันทรกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบหัวฉีด

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินฯ ให้
นายบุญชัย เจียรวัฒนานุกุล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญศิริ จีระเดชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐๒-๖๖๔-๑๐๐๐ ต่อ ๕๖๑๘, ๕๗๓๑

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิต โทรศัทพ์ ๐๒-๖๓๑๑๘๘๐ - ๘๘



/8 พฤศจิกายน 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้จัดการฝ่ายขายและบริการ แผนกอะไหล่และเครื่องวิเคราะห์สภาพรถยนต์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน และแบบทดสอบ

เนื่องด้วย นายบุญชัย เจียรวัฒนานุกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน” โดยมี อาจารย์อุปวิทย์ สุวคันธกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบหัวฉีด และแบบทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบหัวฉีด

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินฯ และแบบทดสอบให้ นายบุญชัย เจียรวัฒนานุกุล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญศิริ จีระเดชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 02-6311880 - 88

ที่ ศธ 0519.12/ 1/37 ๐



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ⁷³

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

/๘ พฤศจิกายน 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้จัดการฝ่ายฝึกอบรมและบริการ บริษัท มิซูบิชิมอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน และแบบทดสอบ

เนื่องด้วย นายบุญชัย เจียรวัฒนานุกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน” โดยมี อาจารย์อุปวิทย์ สุวคันทรกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบหัวฉีด และแบบทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบหัวฉีด

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินฯ และแบบทดสอบให้ นายบุญชัย เจียรวัฒนานุกุล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญศิริ จีระเดชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 02-6311880-88

ภาคผนวก ข
ประวัติผู้เชี่ยวชาญ

ประวัติผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบสอบถาม

ชื่อ อาจารย์วินัส ทัดเนียม
ตำแหน่ง หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลอาจารย์
วุฒิการศึกษา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต เครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ประสบการณ์การทำงานและการสอน 7 ปี
หน่วยงานที่สังกัด สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
เชี่ยวชาญด้าน เทคโนโลยียานยนต์

ชื่อ อาจารย์อุทัย มั่นวงศ์
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
วุฒิการศึกษา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต เครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ประสบการณ์การทำงานและการสอน 15 ปี
หน่วยงานที่สังกัด สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
เชี่ยวชาญด้าน เทคโนโลยียานยนต์

ชื่อ นายสันติ ชาดรูปะชีวิน
ตำแหน่ง วิศวกรระบบโทรคมนาคม
วุฒิการศึกษา -
ประสบการณ์การทำงานและการสอน 8 ปี
หน่วยงานที่สังกัด บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด
เชี่ยวชาญด้าน ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์

ชื่อ นายประเสริฐ พงศ์คณิตานนท์
ตำแหน่ง ผู้จัดการฝ่ายขายและบริการเครื่องวิเคราะห์สภาพเครื่องยนต์
วุฒิการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ประสบการณ์การทำงานและการสอน 20 ปี
หน่วยงานที่สังกัด บริษัทโรเบิร์ต บ็อส จำกัด
เชี่ยวชาญด้าน เครื่องมือพิเศษและระบบไฟฟ้ารถยนต์
ชื่อ นายวัฒนา ทองสวัสดิ์
ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคนิคและบริการเครื่องวิเคราะห์สภาพเครื่องยนต์
วุฒิการศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ประสบการณ์การทำงานและการสอน 15 ปี
หน่วยงานที่สังกัด บริษัทโรเบิร์ต บ็อส จำกัด
เชี่ยวชาญด้าน ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซล

ชื่อ นายคมพงศ์ ทิมประเทือง
ตำแหน่ง ผู้จัดการส่วนฝึกอบรม
วุฒิการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิตเครื่องกล เทคโนโลยีปทุมวัน
ประสบการณ์การทำงานและการสอน 10 ปี
หน่วยงานที่สังกัด บริษัทเอ็ม เอ็ม ซี สิทธิผล จำกัด (มิตรบุษิ)
เชี่ยวชาญด้าน เทคนิคยานยนต์

ชื่อ นายธงชัย สถาพรนานนท์
ตำแหน่ง ผู้อำนวยการ ส.ไสวเช็คปั๊มหัวฉีด
วุฒิการศึกษา บริหารอุตสาหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีป
ประสบการณ์การทำงานและการสอน 15 ปี
หน่วยงานที่สังกัด บริษัทส.ไสวเช็คปั๊มหัวฉีด
เชี่ยวชาญด้าน การออกแบบเครื่องกล

ชื่อ นายสายันต์ ประเสริฐผล
ตำแหน่ง วิศวกรศูนย์บริการ
วุฒิการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิตเครื่องกล เทคโนโลยีปทุมวัน
ประสบการณ์การทำงานและการสอน 8 ปี
หน่วยงานที่สังกัด บริษัทสยามกลการเซลล์ (ประเทศไทย) จำกัด (นิสสัน)
เชี่ยวชาญด้าน เทคนิคยานยนต์

ภาคผนวก ค

แบบสอบถามเรื่องออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่อง
ยนต์แก๊สโซลีน

แบบประเมิน

สมรรถนะเครื่องทดสอบประสิทธิภาพหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

- คำชี้แจง** แบบประเมินสมรรถนะชุดนี้แบ่งออกเป็น 4 ตอนคือ
- ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน
- ตอนที่ 2 สถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยคำถามจำนวน 5 ข้อ
- ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน จำนวน 15 ข้อ สามารถจำแนกได้ดังนี้
1. ด้านกายภาพทั่วไป
 2. ด้านการบำรุงรักษา
 3. ด้านความเหมาะสมการนำไปใช้งาน
- ตอนที่ 4 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในงานวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามความเหมาะสมด้านการใช้งานของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างขึ้น

แบบประเมินนี้มีสาระครอบคลุมด้านความเหมาะสมในการใช้งาน ดังนี้

1. ด้านกายภาพทั่วไป 5 ข้อ
2. ด้านการบำรุงรักษา 5 ข้อ
3. ด้านความเหมาะสมการนำไปใช้งาน 5 ข้อ

ตอนที่ 2 สถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

กรุณาเขียนเครื่องหมาย / ลงในกรอบ () หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริง และ/หรือเติมคำหรือข้อความลงในช่องว่าง หรืออื่นๆโปรดระบุ

1. ผู้เชี่ยวชาญด้าน
 - () วิศวกรรมยานยนต์
 - () ไฟฟ้า
 - () อิเล็กทรอนิกส์
 - () อื่นๆ ระบุ.....
2. ระดับการศึกษา
 - () ปริญญาตรี
 - () ปริญญาโท
 - () ปริญญาเอก
 - () อื่นๆ ระบุ.....
3. ประสบการณ์ด้านเครื่องกลหรือวิศวกรรมยานยนต์หรืองานที่เกี่ยวข้องทางด้านนี้.....ปี
4. ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน.....
5. อื่น ๆ (ระบุ).....

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างขึ้นโดยประเมินความเหมาะสมด้านการใช้งาน

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

1. ตอนที่ 3 เป็นแบบประเมินความคิดเห็นในเนื้อหาเกี่ยวกับความคิดเห็นของท่านจาก การประเมินเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างขึ้นมี 15 ข้อ
2. โปรดเขียนเครื่องหมาย / ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่านหลังจากประเมินความเหมาะสมด้านการใช้งาน
3. ค่าระดับคะแนนกำหนดดังนี้
 - 5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก
 - 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี
 - 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้
 - 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง
 - 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับที่ใช้ไม่ได้

ความคิดเห็นของผู้ประเมินเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก 5	ดี 4	พอใช้ 3	ควรปรับปรุง 2	ใช้ไม่ได้ 1
	X ด้านกายภาพทั่วไป					
1	ความเหมาะสมในการออกแบบตัวเครื่องทดสอบหัวฉีด					
2	ความแข็งแรงของตัวเครื่องทดสอบ					
3	ความเหมาะสมในการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์					
4	ความสะดวกในการควบคุมเครื่อง					
5	ความสวยงามของตัวเครื่องทดสอบ					
	ด้านการบำรุงรักษา					
2	วัสดุ อุปกรณ์ มีความแข็งแรง					
3	ความเหมาะสมในด้านคุณภาพของอุปกรณ์ส่วนควบของเครื่องทดสอบ					
4	ความเหมาะสมของการถอดเปลี่ยนอุปกรณ์ทำได้สะดวก					
5	ความเหมาะสมในการจัดหาชิ้นส่วนทดแทนกรณีชำรุดหรือเสียหาย					

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก 5	ดี 4	พอใช้ 3	ควรปรับปรุง 2	ใช้ไม่ได้ 1
X	ด้านความเหมาะสมการนำไปใช้งาน					
1	ความเที่ยงตรงของเครื่องทดสอบหัวฉีด					
2	ความปลอดภัยในการใช้งาน					
3	ความเที่ยงตรงของเครื่องทดสอบ					
4	ใช้งานง่าย สามารถควบคุมเครื่องได้ด้วยคนเดียว					
5	เคลื่อนย้ายสะดวก					

ตอนที่ 4 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

1.

.....

2.

.....

3.

.....

อื่นๆ (ระบุ).....

ภาคผนวก ง

คู่มือการใช้งานเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

คู่มือ

การใช้งานเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

คำนำ

เครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบหัวฉีดไฟฟ้าหรือหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับหัวไปที่มีค่าแรงดันน้ำมันไม่เกิน 3-5 บาร์สามารถทดสอบได้ตั้งแต่ 1-4 หัว โดยสามารถแยกทดสอบได้ คือครั้งละ 1 หรือ 2 หรือ 3 หรือ 4 หัวในคราวเดียวกัน เพื่อความปลอดภัยและความสะดวกในการใช้งานอย่างถูกต้องจึงได้จัดทำคู่มือในการใช้งานเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขึ้น ซึ่งภายในคู่มือประกอบด้วย คำแนะนำก่อนการใช้งาน ข้อมูลเฉพาะและขั้นตอนการใช้งานของเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

หวังว่าคู่มือการใช้งานเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนฉบับนี้จะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถใช้เครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนได้อย่างถูกต้องและง่ายขึ้น

บุญชัย เจียรวัฒนานุกุล

สารบัญ

คำแนะนำก่อนนำการใช้เครื่องทดสอบหัวฉีดเครื่องยนต์แก๊สโซลีน	หน้า 1
ข้อมูลเฉพาะ	1
การใช้งาน	2-3

คำแนะนำก่อนการใช้เครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

- เครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 Volte เท่านั้น
- เครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนนี้สามารถใช้น้ำมันเบนซินและน้ำมันสำหรับทดสอบหัวฉีดเท่านั้น
- การใช้งานทุกครั้งควรปฏิบัติงานในที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก
- ห้ามทดสอบใกล้เปลวไฟเป็นอันตราย
- ถอดปลั๊กสายไฟทุกครั้งเมื่อเลิกปฏิบัติงาน

ข้อมูลเฉพาะ

- ขนาด กว้าง 45 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร สูง 450 เซนติเมตร
- ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 Volte 50 เฮิร์ต
- ทดสอบกับหัวฉีดได้ตั้งแต่ 1-4 หัว
- ทดสอบได้กับหัวฉีดไฟฟ้าหรือหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น
- สามารถทดสอบได้กับหัวฉีด BOSCH ZEXEL NIPPON DENSO
- ทดสอบกับหัวฉีดที่มีแรงดันไม่เกิน 5 บาร์

การใช้งาน

รายละเอียดเกี่ยวกับการครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ควรทราบก่อนการใช้งาน
ขั้นตอนการเตรียมการใช้งาน

1. ขั้วต่อสาย power supply เพื่อจ่ายให้กับเครื่องทดสอบหัวฉีดจะอยู่ด้านหน้าของตัวเครื่อง ใช้ไฟกระแสสลับ แรงเคลื่อน 220 โวลท์ (AC220 Volte)

2. สวิตช์ควบคุม on/off จะควบคุมการทำงานของปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงและไฟเลี้ยงวงจรต่างๆ จะอยู่บริเวณด้านหน้าทางขวามือบนของเครื่อง

4. ฟิวส์หลอดแก้ว สำหรับตัดกระแสไฟเมื่อเกิดการรั่ววงจร จะใช้ฟิวส์ขนาด 5 แอมป์แปร์ อยู่ส่วนบนขวาของหน้าเครื่อง

5. หน้าปัทม์ควบคุมการทำงาน ขณะทำการทดสอบมีรายละเอียดบนแผงดังนี้

5.1 ปุ่มเลือกระยะเวลาการเปิด-ปิดหัวฉีด ซึ่งเลือกได้หลายกรณี แต่การเลือกทำได้โดยการเลือกปุ่มโวลุ่มและต้องไปจับเทียบค่าจากเครื่องออสซิลโรสโคป

5.2 ปุ่มเลือกจำนวนเวลาที่ต้องการทดสอบ

5.3 ปุ่ม start เริ่มต้นของการฉีดของหัวฉีด

5.4 ปุ่ม stop หยุดการฉีดของหัวฉีด

5.5 ปุ่ม clear ล้างคำสั่งเก่าก่อนจะเริ่มดันฉีดครั้งต่อไป แต่ถ้าดิจิทัลแสดงเวลาครั้งสุดท้ายที่ได้ทดสอบก็สามารถทดสอบต่อได้เลยโดยไม่ต้องกดปุ่ม clear ถ้าต้องการเวลาเท่าเดิม

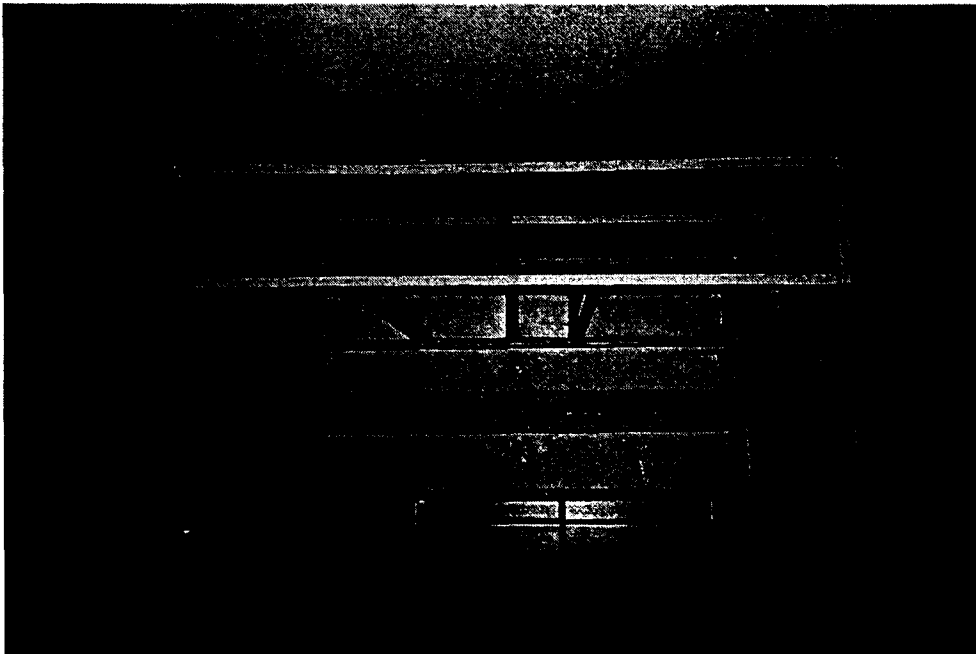
6. ติดตั้งหลอดแก้วเพื่อเตรียมการทดสอบ โดยการนำหลอดแก้วทั้ง 4 หลอดยึดติดตั้งเข้ากับที่ยึดหลอดแก้ว หลังจากนั้นขันน็อตและเลื่อนรางหัวฉีดลงมาให้ติดกับฐานรองหัวฉีดและล็อกให้แน่น พร้อมสำหรับการทดสอบ

ขั้นตอนการใช้เครื่องทดสอบหัวฉีดเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ในการทดสอบหัวฉีดแต่ละครั้งต้องปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

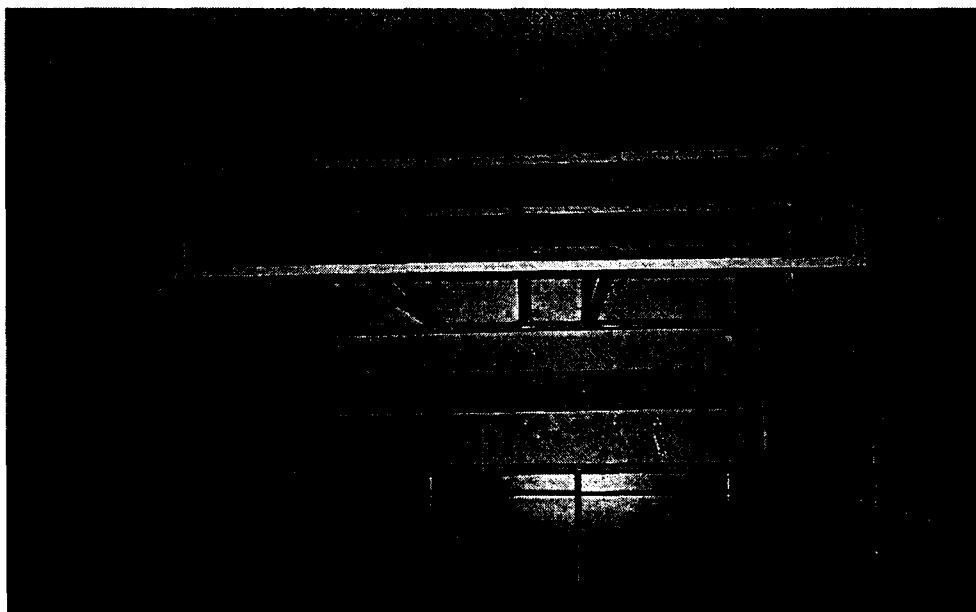
1. การตรวจดูน้ำมันในถังน้ำมัน ตำแหน่งสวิตช์ควบคุมวงจร สวิตช์ควบคุมปั้มน้ำมันและสวิตช์ควบคุมหัวฉีดให้แน่ใจว่าอยู่ในตำแหน่ง OFF และมีน้ำมันเพียงพอต่อการทดสอบ
2. ติดตั้งหัวฉีดที่จะนำมาทดสอบ โดยการสวมหัวฉีดเข้ากับรางหัวฉีด ทั้ง 4 หัว
3. วางรางน้ำมันบนหัวฉีดแล้วล็อกให้แน่นด้วยสกรูล็อกท่อจ่ายน้ำมันทั้ง 4 ตัว
4. ติดตั้งหลอดแก้วทั้ง 4 หลอดบนแป้นรองรับหลอดแก้วแล้วกดล็อกให้แน่นพร้อมสำหรับการทดสอบ
5. ป้อนกระแสไฟตรงแรงเคลื่อน 12 โวลท์ให้กับเครื่องทดสอบหัวฉีด
6. เปิดสวิตช์ควบคุมปั้มน้ำมันเพื่อให้ปั้มน้ำมันสร้างแรงดันในระบบปล่อยให้ปั้มน้ำมันทำงานประมาณ 1 นาที สังเกตดูความดันที่เกจวัดความดัน ต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 2.5-3.5 kg./cm²
7. เลือกระยะเวลาและจำนวนระยะเวลาการฉีดน้ำมันตามต้องการแล้วเปิดสวิตช์ควบคุมหัวฉีด หลังจากนั้นกดปุ่ม start
8. เมื่อจำนวนครั้งในการฉีดน้ำมันถึงตามที่ตั้งไว้ หัวฉีดจะหยุดฉีดน้ำมันโดยอัตโนมัติและจะแสดงจำนวนครั้งในการฉีดน้ำมันที่ตั้งไว้บนแผงหน้าปัทม์
9. อ่านค่าปริมาณน้ำมันของหัวฉีดแต่ละหัว จากหลอดแก้วแล้วอ่านค่าบนทีกาลังตารางบันทึกผล
10. หลังจากทดสอบเสร็จ ถ่ายน้ำมันออกและกดปุ่ม clear ก่อนจะทดสอบครั้งต่อไป
11. เมื่อทดสอบเสร็จปิดสวิตช์ควบคุมวงจร ปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงและสวิตช์ควบคุมหัวฉีด ถอดปลั๊กสายไฟออก และทำความสะอาดเครื่องทดสอบหัวฉีดให้เรียบร้อย

ภาคผนวก จ

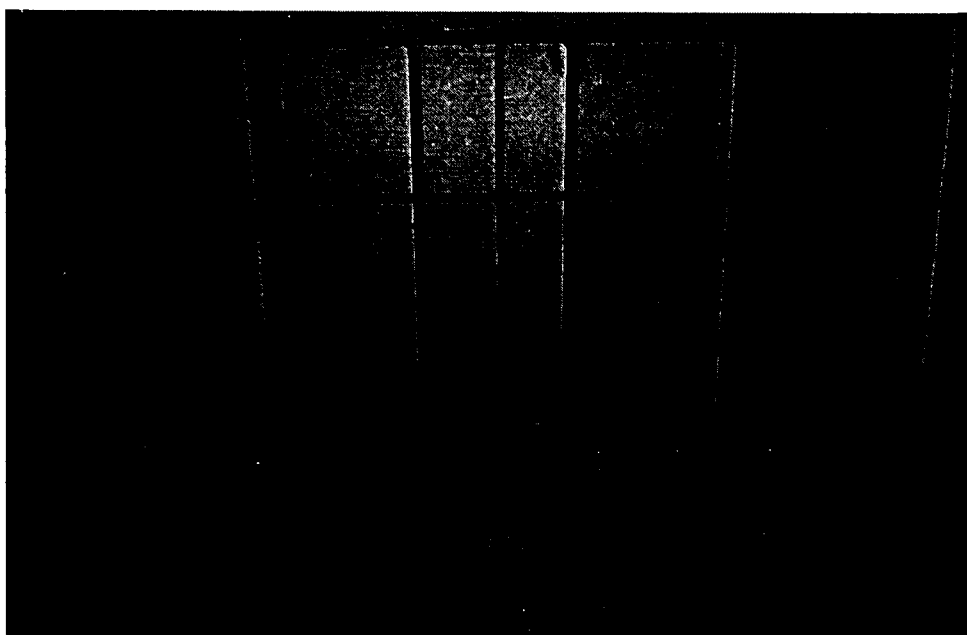
ภาพประกอบขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับ
เครื่องยนต์แก๊สโซลีน



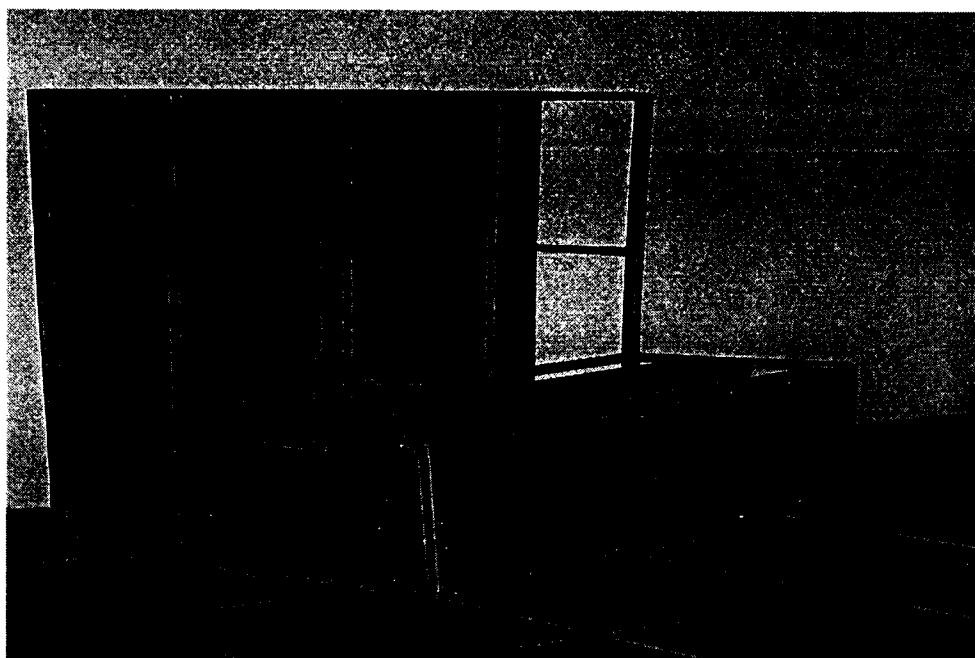
ภาพประกอบ 23 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์
สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ด้านบน



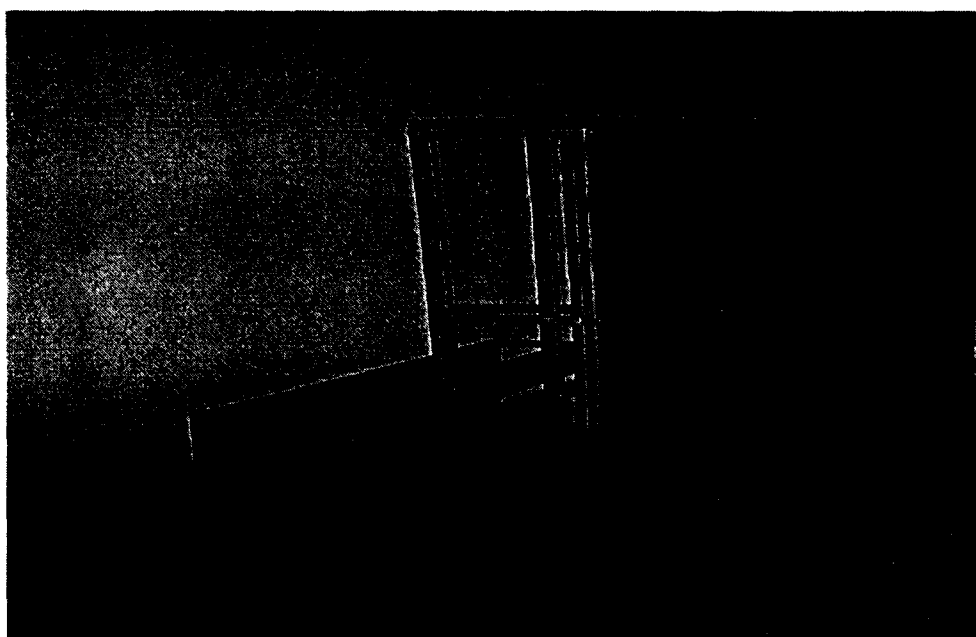
ภาพประกอบ 24 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์
สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ด้านบน



ภาพประกอบ 25 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์
สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ด้านหน้า



ภาพประกอบ 26 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับ
เครื่องยนต์แก๊สโซลีน ด้านหน้า



ภาพประกอบ 27 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับ
เครื่องยนต์แก๊สโซลีน ด้านหลัง



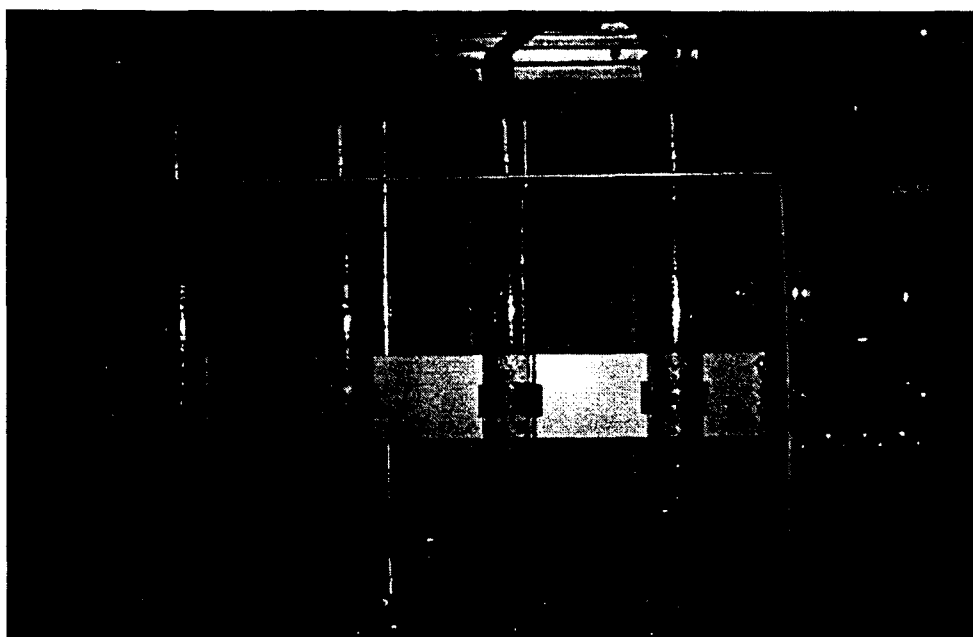
ภาพประกอบ 28 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับ
เครื่องยนต์แก๊สโซลีน



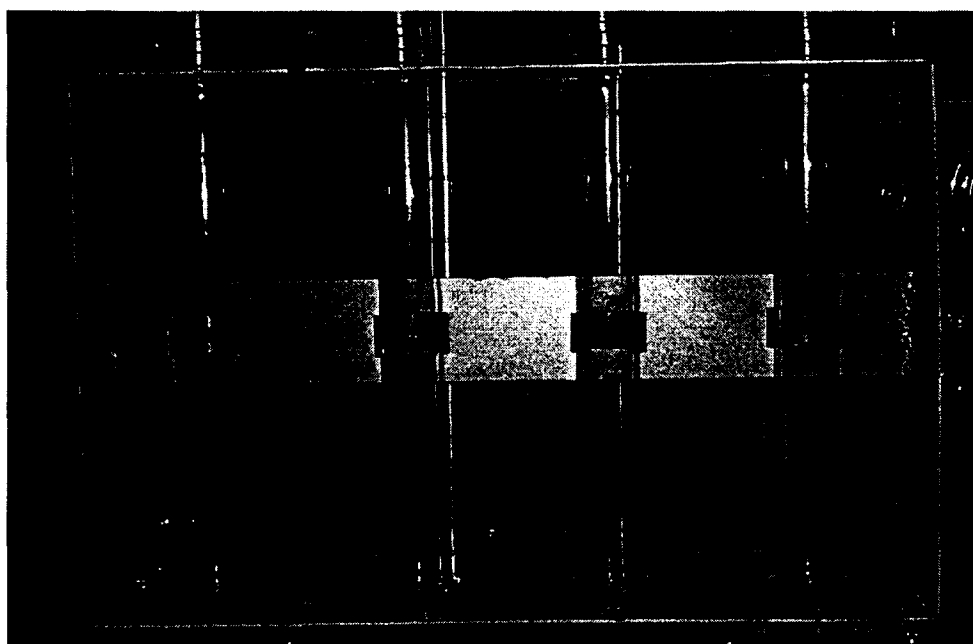
ภาพประกอบ 29 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน



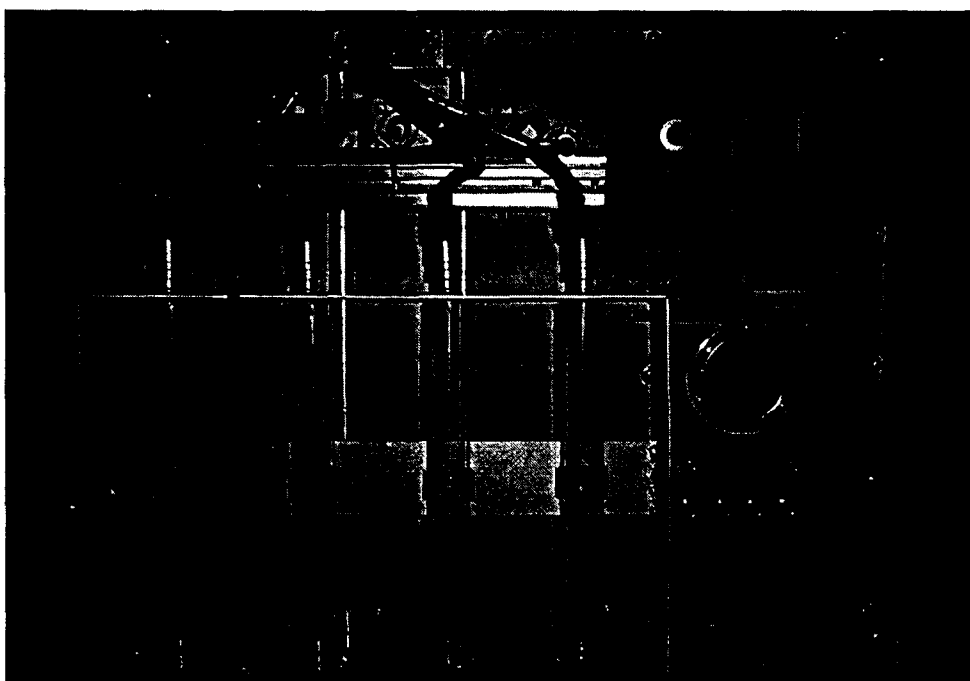
ภาพประกอบ 30 แสดงการปรับ เปรียบเทียบการตั้งค่าจากเครื่องวิเคราะห์สภาพเครื่องยนต์และตัวเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์



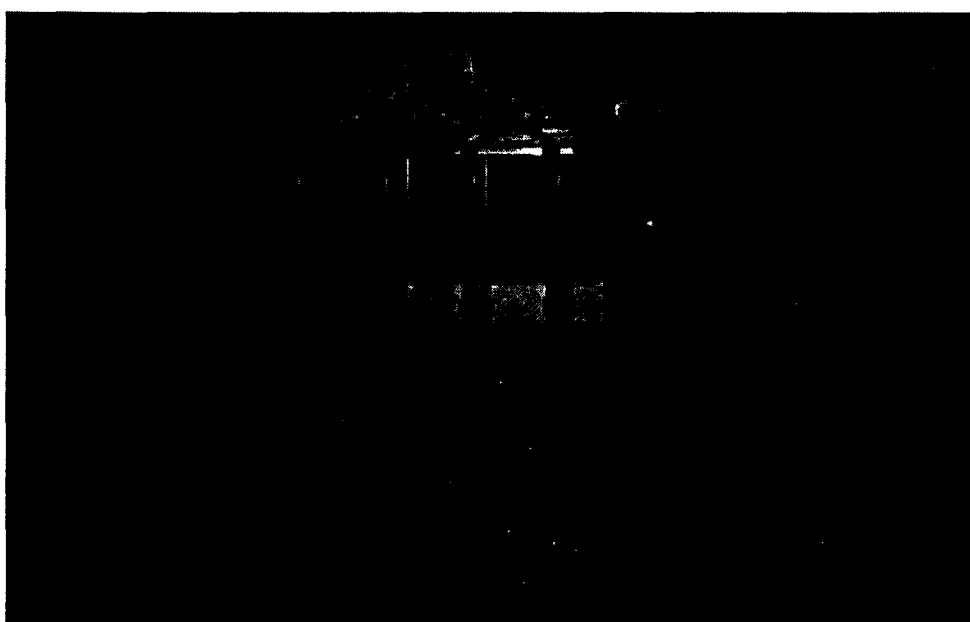
ภาพประกอบ 31 แสดงการทำงานของเครื่องทดสอบ เครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์
สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน



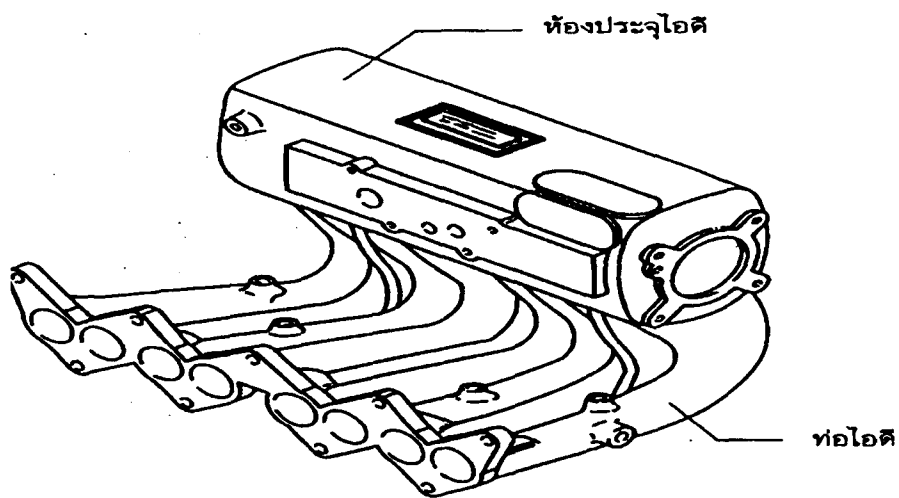
ภาพประกอบ 32 แสดงการติดตั้ง จุดยึดหลอดแก้วกับเครื่องทดสอบเครื่องทดสอบหัวฉีด
อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน



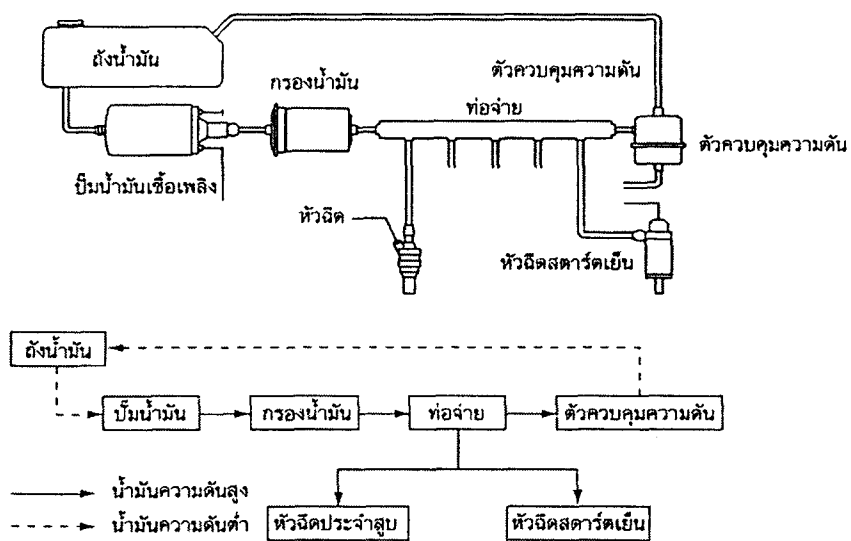
ภาพประกอบ 33 แสดงการติดตั้ง จุดยึดหัวฉีดเข้ากับเครื่องทดสอบเครื่องทดสอบหัวฉีด
อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน



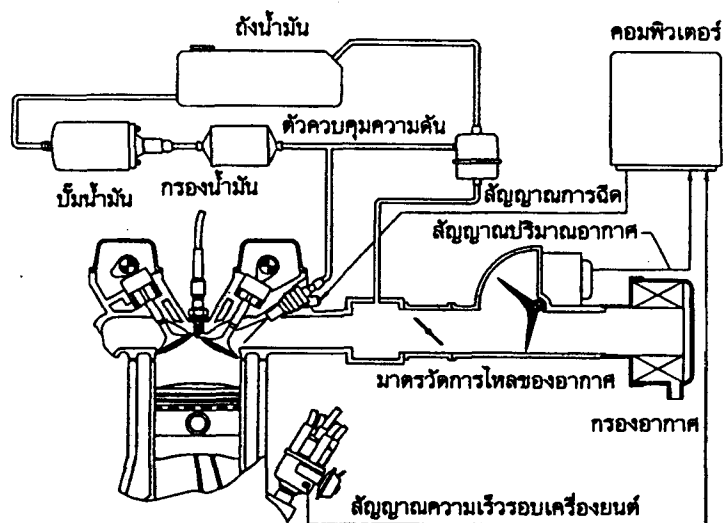
ภาพประกอบ 34 แสดงเครื่องทดสอบเครื่องทดสอบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเครื่องยนต์
แก๊สโซลีน



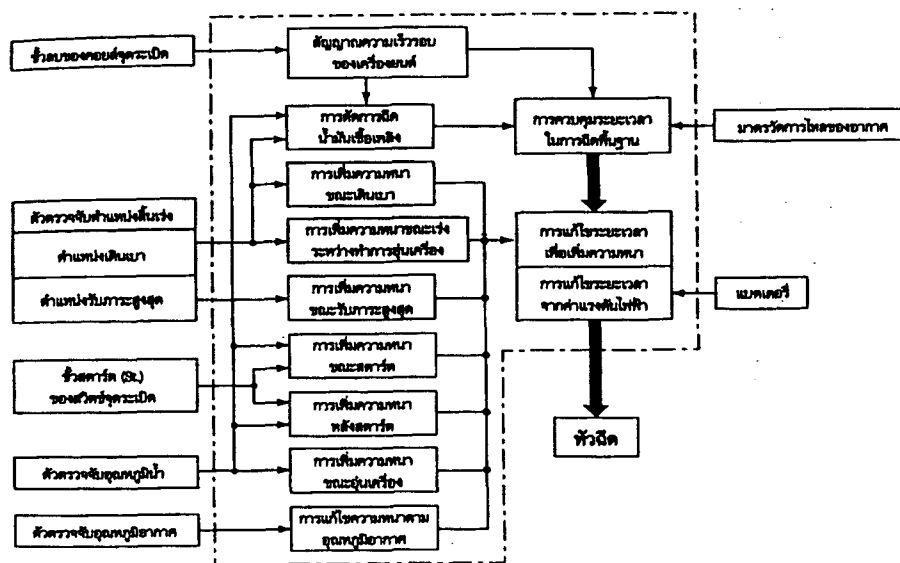
ภาพประกอบ 35 แสดงห้องประจุไอศของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน



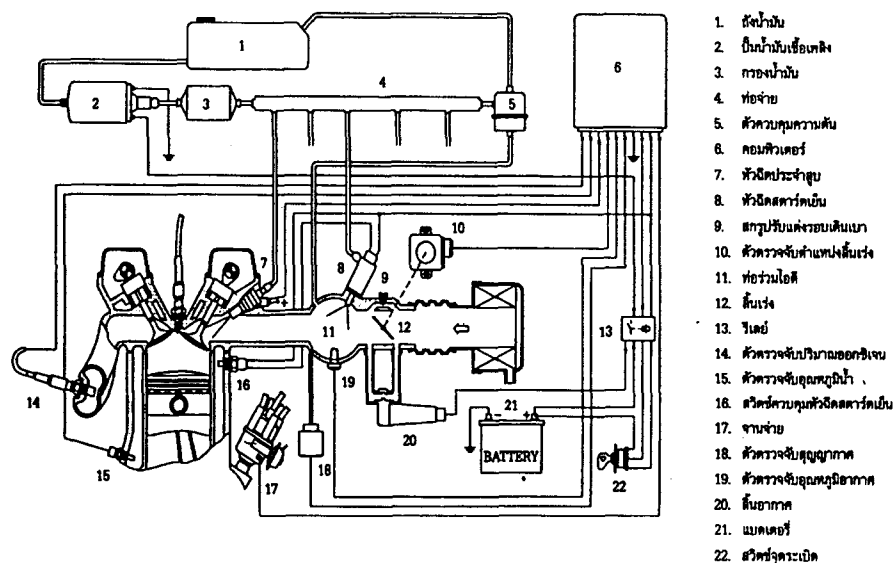
ภาพประกอบ 36 ส่วนประกอบของระบบเชื้อเพลิงและไดอะแกรมการไหลของน้ำมัน



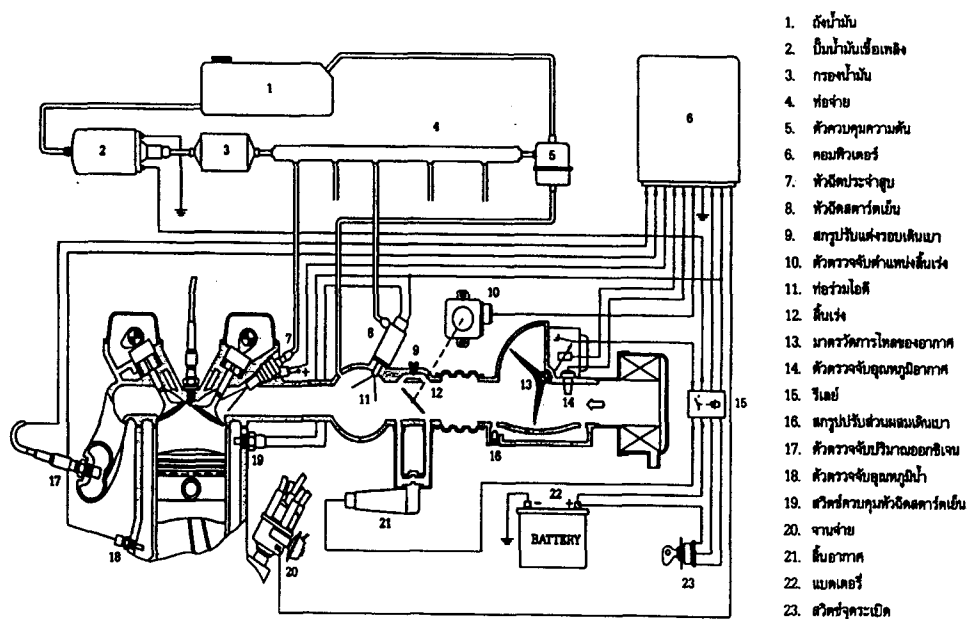
ภาพประกอบ 37 หลักการเบื้องต้นของระบบ EFI



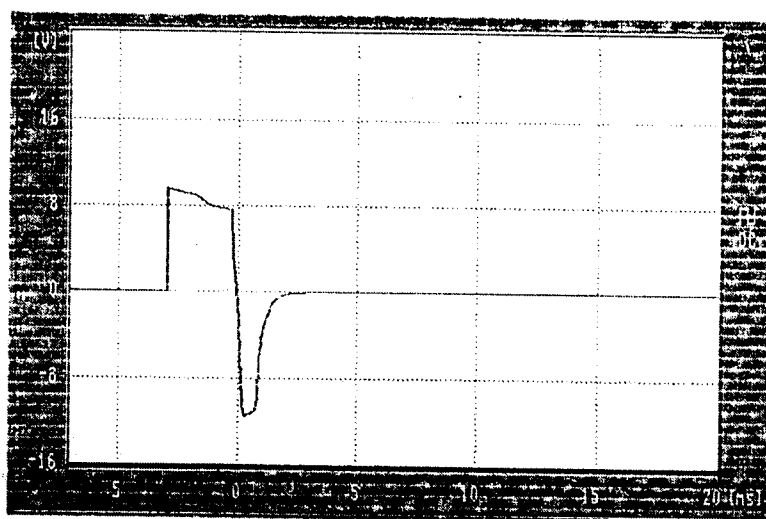
ภาพประกอบ 38 ตัวอย่างแผนภูมิการควบคุมระยะเวลาในการฉีด



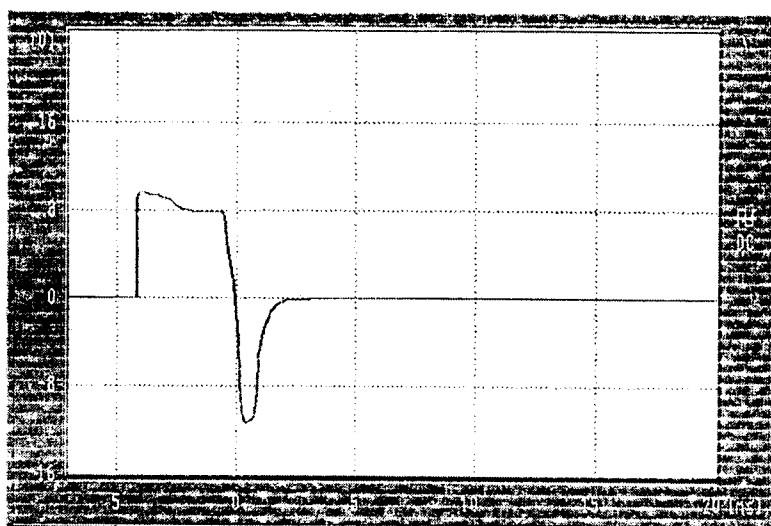
ภาพประกอบ 39 ส่วนประกอบของระบบฉีดเชื้อเพลิง D-JETRONIC



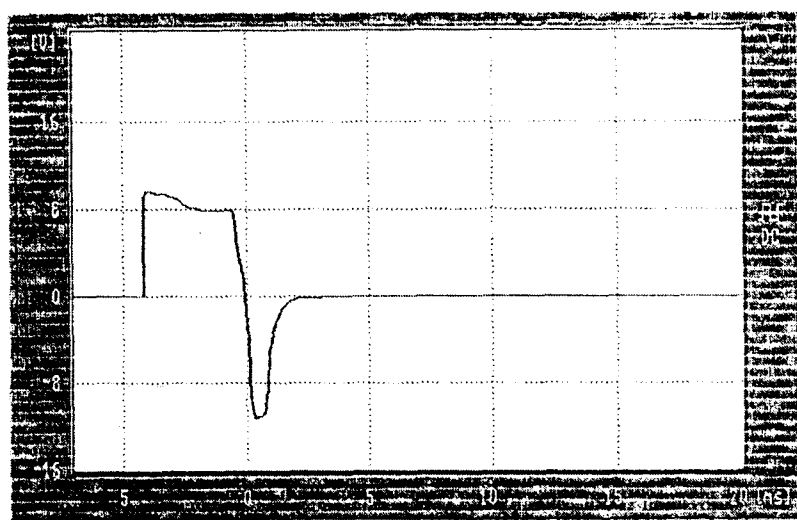
ภาพประกอบ 40 ส่วนประกอบของระบบฉีดเชื้อเพลิง L-JETRONIC



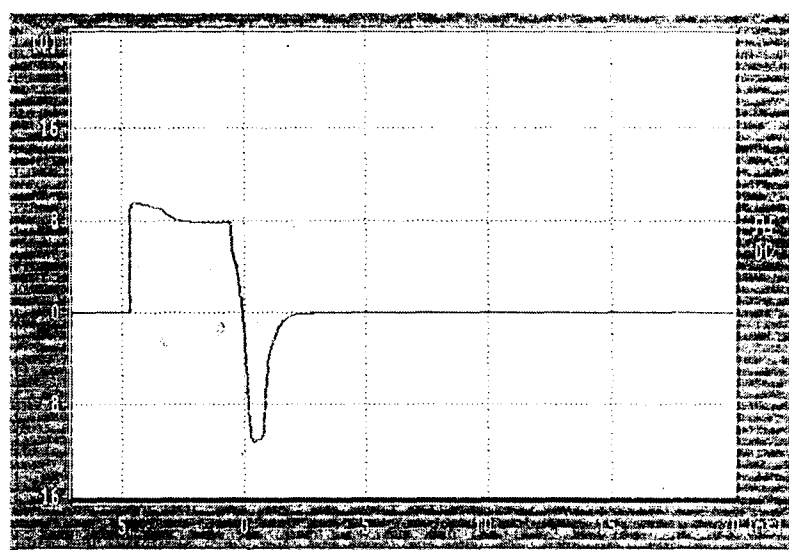
ภาพประกอบ 43 แสดงลักษณะการเทียบค่าระยะเวลาการทำงานของหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ ที่ 3.0 ms.



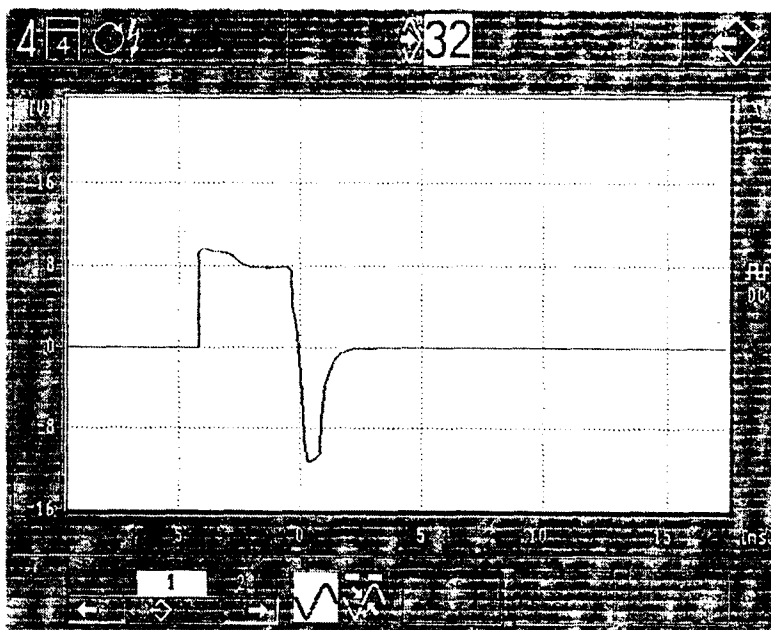
ภาพประกอบ 44 แสดงลักษณะการเทียบค่าระยะเวลาการทำงานของหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ ที่ 3.2 ms.



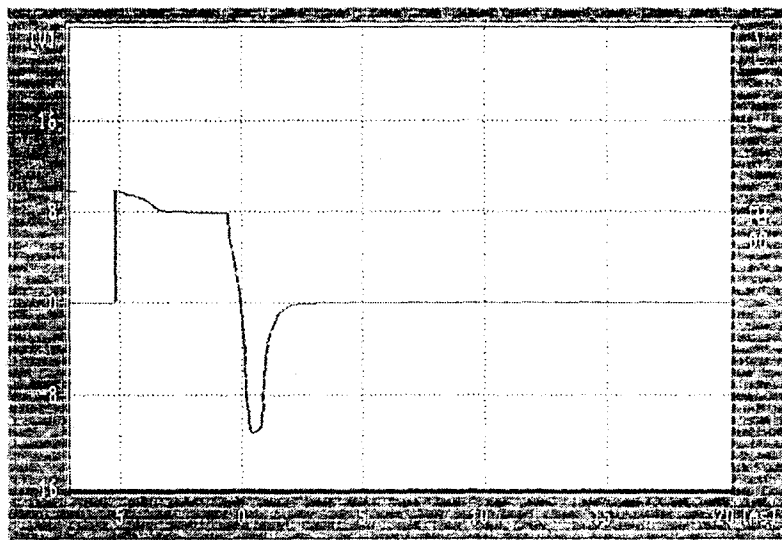
ภาพประกอบ 45 แสดงลักษณะการเทียบค่าระยะเวลาการทำงานของหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ ที่ 3.8 ms.



ภาพประกอบ 46 แสดงลักษณะการเทียบค่าระยะเวลาการทำงานของหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ ที่ 4.0 ms.



ภาพประกอบ 47 แสดงลักษณะการเทียบค่าระยะเวลาการทำงานของหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ ที่ 4.2 ms.

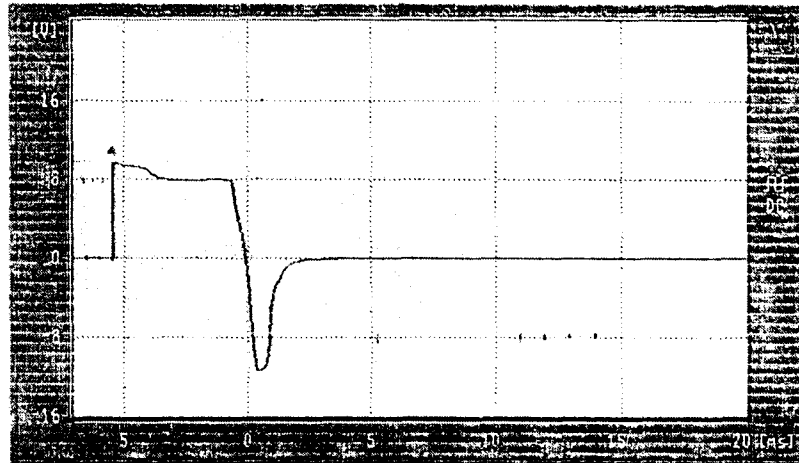


ภาพประกอบ 48 แสดงลักษณะการเทียบค่าระยะเวลาการทำงานของหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ ที่ 4.8 ms.

Oscilloscope

Standard

(16)



ภาพประกอบ 49 แสดงลักษณะการเทียบค่าระยะเวลาการทำงานของหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ ที่ 5.0 ms.

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นายบุญชัย เจียรวัฒนานุกุล
วันเดือนปีเกิด	12 ตุลาคม 2507
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	18/33 หมู่บ้านกัญญาเหาะส์ (ซ.17) ซอยวัดด่านสำโรง ต. สำโรงเหนือ อ.เมือง จ. สมุทรปราการ 10270 โทร 01 7001130
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	เจ้าหน้าที่บริหารผลิตภัณฑ์เครื่องวิเคราะห์สภาพรถยนต์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัทโรเบิร์ต บ็อบ จำกัด 287 อาคารลิเบอร์ตีสแควร์ ชั้น11 ถ.สีลม บางรัก กรุงเทพฯ 10500
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2527	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาช่างยนต์ จากโรงเรียนเทคโนโลยีสยาม
พ.ศ.2532	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาเทคนิคยานยนต์ จากวิทยาลัยช่างกลปทุมวัน
พ.ศ.2538	ประกาศนียบัตรเทคนิคครูชั้นสูง (ปทส.) สาขาครูศาสตร์อุตสาหกรรมเครื่องกล จากวิทยาลัยช่างกลปทุมวัน
พ.ศ.2548	การศึกษามหาบัณฑิต (กศม.) วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา จากมหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ