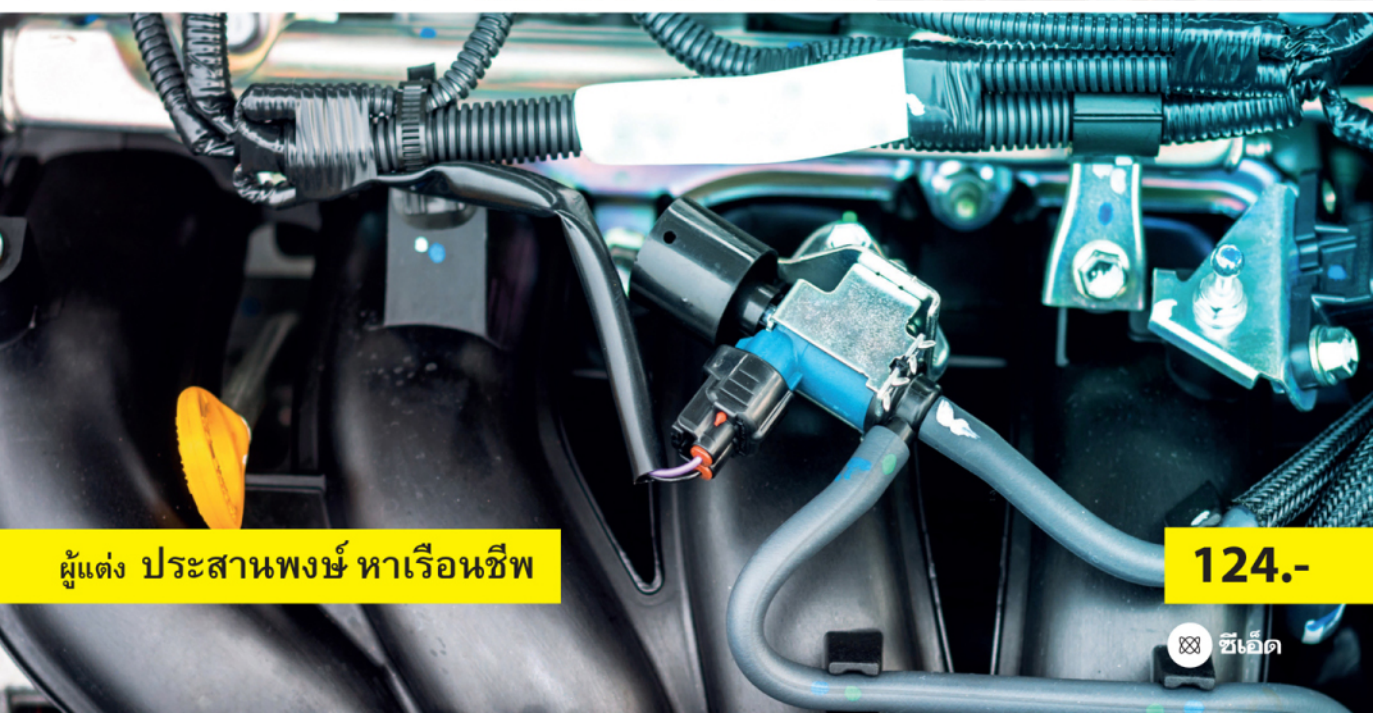
หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2562
ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

รหัสวิชา 20101-2104

(ประเภทวิชาอุตสาหกรรม)

ได้ผ่านการตรวจประเมินคุณภาพจากสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ครั้งที่ 2
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือก
ประกาศลำดับที่ 248

งานระบบฉีดเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ SE-ED



ผู้แต่ง ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ

124.-

ซีเอ็ด

งานระบบฉีดเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

โดย ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย โดย ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ © พ.ศ. 2562
ห้ามคัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ทำซ้ำ จัดพิมพ์ หรือกระทำอื่นใด โดยวิธีการใดๆ ในรูปแบบใดๆ ไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ในสื่อทุกประเภท หรือเพื่อวัตถุประสงค์ใดๆ นอกจากจะได้รับอนุญาต

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ.

งานระบบฉีดเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์.-- กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2562.

376 หน้า.

1. เครื่องยนต์-- ระบบเชื้อเพลิง.

I. ชื่อเรื่อง.

629.253

Barcode (e-book) 9786160836802

ผลิตและจัดจำหน่ายโดย

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

เลขที่ 1858/87-90 ถนนเทพรัตน แขวงบางนาใต้ เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260
โทรศัพท์ 0-2826-8000

หากมีคำแนะนำหรือติชม สามารถติดต่อได้ที่ comment@se-ed.com

20101-2104 งานระบบฉีดเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 1-6-3
(Electronic Control Fuel Injection)

วิชาบังคับก่อน : 20101–2103 งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์
2. สามารถตรวจสภาพบำรุงรักษาระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์
3. มีกิจนิสัยที่ดีในการทำงานรับผิดชอบ ประณีตรอบคอบ ตรงต่อเวลา สะอาด ปลอดภัยและรักษาสภาพแวดล้อม

SE-ED

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซล
2. ตรวจสอบข้อขัดข้อง บำรุงรักษาเครื่องยนต์ของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนและดีเซลตามคู่มือ
3. ปรับแต่งเครื่องยนต์ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนและดีเซลตามคู่มือ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซล การตรวจสภาพและบำรุงรักษาระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์

คำนำ

งานระบบฉีดเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 20101-2104 เหมาะสำหรับนักศึกษาระดับ ปวช. สาขาวิชาช่างยนต์ ภายในหนังสือเล่มนี้ได้รวบรวมเนื้อหาในด้านทฤษฎีและปฏิบัติระบบฉีดเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซล ตรงตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือก สาขางานยานยนต์ ของคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

ผู้เขียนขอขอบคุณบริษัทผู้ผลิตรถยนต์โตโยต้าเป็นอย่างยิ่งที่ได้อนุญาตให้นำข้อมูลและรูปภาพบางส่วนของบริษัทลงพิมพ์

สุดท้ายผู้เขียนขอขอบคุณ บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) ที่ได้จัดทำหนังสือเล่มนี้ออกมาเป็นรูปเล่มที่สมบูรณ์

หากหนังสือเล่มนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขออภัยมา ณ ที่นี้ และขอน้อมรับคำติชมเพื่อจะได้นำมาแก้ไขและปรับปรุงในการจัดทำครั้งต่อไป

ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ

สารบัญ

บทที่ 1 ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 1

1.1 อัตราส่วนผสมของไอดีตามทฤษฎี 3

1.2 ความแตกต่างระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์กับเครื่องยนต์ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 3

1.3 คุณลักษณะเฉพาะของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 5

1.4 ชนิดของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 6

1.5 โครงสร้างพื้นฐานของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 9

1.6 ไดอะแกรมแสดงระบบควบคุมการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (EFI) 13

1.7 สัญลักษณ์ขั้วต่อที่กล่องคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์ (4A-FE) 15

แบบฝึกหัดบทที่ 1 17

บทที่ 2 ระบบเชื้อเพลิงของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 21

2.1 ระบบเชื้อเพลิงของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 22

แบบฝึกหัดบทที่ 2 35

บทที่ 3 ระบบประจุอากาศของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 39

3.1 เรือนลิ้นเร่ง 40

3.2 สกรูปรับความเร็วรอบเดินเบา 41

3.3 ลิ้นอากาศ 42

3.4 ท่อร่วมไอดีและห้องประจุอากาศ 47

แบบฝึกหัดบทที่ 3 48

SE-ED

บทที่ 4 ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 51

4.1 มิเตอร์วัดการไหลของอากาศ **52**

4.2 เซนเซอร์วัดกำลังดันที่ท่อร่วมไอดี **58**

4.3 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น **59**

4.4 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิไอดี **61**

4.5 เซนเซอร์ตำแหน่งลิ้นเร่ง **64**

4.6 สวิตช์ควบคุมเวลาหัวฉีดสตาร์ตเย็น **66**

4.7 อุปกรณ์จุดระเบิดแบบรวม **69**

4.8 เซนเซอร์วัดมุมเพลาข้อเหวี่ยง **71**

4.9 เซนเซอร์วัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ **72**

4.10 ออกซิเจนเซนเซอร์ **73**

4.11 เซนเซอร์วัดความเร็วรถยนต์ **75**

4.12 สัญญาณการสตาร์ต **76**

4.13 สัญญาณสวิตช์สตาร์ตเกียร์ว่าง **76**

4.14 สัญญาณเครื่องปรับอากาศ **77**

แบบฝึกหัดบทที่ 4 ..... **78**

บทที่ 5 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์ในการควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง 85

5.1 หน้าที่คอมพิวเตอร์เครื่องยนต์ **86**

แบบฝึกหัดบทที่ 5 ..... **94**

บทที่ 6 การจุดระเบิดล่วงหน้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์ของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 97

6.1 ชุดช่วยจุดระเบิด **101**

6.2 การทำงานของชุดช่วยจุดระเบิด **101**

6.3 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์ในการควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์ **103**

แบบฝึกหัดบทที่ 6 ..... **107**

SE-ED

บทที่ 7 ระบบควบคุมความเร็วรอบเดินเบาของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 109

7.1 ลิ้นควบคุมความเร็วรอบเดินเบาแบบสเต็ปเปอร์มอเตอร์ **111**

7.2 ลิ้นควบคุมความเร็วรอบเดินเบาแบบโรตารีโซลีนอยด์ **113**

7.3 ลิ้นควบคุมรอบเดินเบาแบบลิ้นควบคุมอากาศ **114**

7.4 ลิ้นควบคุมรอบเดินเบาแบบลิ้นสวิตช์สุญญากาศ **114**

7.5 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์ในการควบคุมความเร็วรอบเดินเบา **115**

7.6 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์ในระบบทำงานสำรอง **116**

7.7 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์ในการป้องกันการทำงานบกพร่อง **117**

แบบฝึกหัดบทที่ 7 ..... **118**

บทที่ 8 ระบบการวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้องของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 119

8.1 โค้ดวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้องของเครื่องยนต์ **121**

แบบฝึกหัดบทที่ 8 ..... **125**

ใบงาน **127**

บทที่ 9 การตรวจสอบระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 143

9.1 การตรวจสอบระบบเชื้อเพลิง **144**

9.2 การตรวจสอบระบบประจุอากาศ **156**

9.3 การตรวจสอบระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ **160**

ใบงาน **172**

บทที่ 10 ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซลควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 229

10.1 ส่วนประกอบของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซลควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ **231**

10.2 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์ในการควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง **238**

แบบฝึกหัดบทที่ 10 ..... **247**

SE-ED

บทที่ 11 การวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้องของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซลควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 249

11.1 ระบบวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้องของเครื่องยนต์ 250

แบบฝึกหัดบทที่ 11 255

บทที่ 12 การตรวจสอบระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซลควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 271

12.1 ตรวจสอบรีเลย์หลัก EFI 274

12.2 การตรวจสอบมิเตอร์วัดปริมาตรการไหลของอากาศ 275

12.3 การตรวจสอบมอเตอร์ควบคุมลิ้นเร่ง 277

12.4 การตรวจสอบเซนเซอร์อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น 277

12.5 การตรวจสอบเซนเซอร์อุณหภูมิเชื้อเพลิง 279

12.6 การตรวจสอบเซนเซอร์วัดกำลังดันเชื้อเพลิง 279

12.7 การตรวจสอบเซนเซอร์อุณหภูมิอากาศเข้า 280

12.8 การตรวจสอบเซนเซอร์วัดกำลังดันเทอร์โบชาร์จ 281

12.9 การตรวจสอบเซนเซอร์ตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยง 281

12.10 การตรวจสอบเซนเซอร์ตำแหน่งแป้นเหยียบคันเร่ง 282

12.11 การตรวจสอบหัวฉีด 282

12.12 การตรวจสอบลิ้นควบคุมการดูดเชื้อเพลิง (SCV) 283

12.13 การตรวจสอบลิ้นระบายเชื้อเพลิง 284

12.14 การตรวจสอบลิ้นตัดต่อสุญญากาศของลิ้นควบคุมไอเสีย 285

12.15 การตรวจสอบลิ้นตัดต่อสุญญากาศของเซนเซอร์วัดกำลังดันเทอร์โบชาร์จ 285

12.16 การตรวจสอบรีเลย์หลัก ECD 286

12.17 การตรวจสอบเซนเซอร์ตำแหน่งเพลาลูกเบี้ยว 288

ใบงาน 289

บทที่ 13 การบำรุงรักษาระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซลควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 309

13.1 การบำรุงรักษาระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซลควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้กับรถยนต์ตามระยะหรือเวลาที่กำหนด 312

แบบฝึกหัดบทที่ 13 315

ใบงาน 318

บรรณานุกรม 367

SE-ED

1 ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

สาระสำคัญ

ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ เป็นเครื่องยนต์ที่พัฒนามาจากเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่จ่ายส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศด้วยคาร์บูเรเตอร์ ซึ่งบางครั้งปริมาตรส่วนผสมของไอดีอาจจะหนาหรือบางครั้งไม่เหมาะสมกับสภาวะการเปลี่ยนแปลงของเครื่องยนต์ จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดมลภาวะอากาศเป็นพิษได้มาก และปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งของเครื่องยนต์ใช้คาร์บูเรเตอร์ก็คือ ในแต่ละสูบจะได้รับส่วนผสมของไอดีที่ส่งผ่านไปในท่อร่วมไอดีไม่เท่ากัน โดยเฉพาะสูบสุดท้าย เนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงมีน้ำหนักมากกว่าอากาศ จึงไหลไปรวมตัวจับหยดน้ำมัน ทำให้ส่วนผสมหนา ดังนั้นเพื่อเป็นการควบคุมปริมาตรของแก๊สไอเสีย ประหยัดเชื้อเพลิง และจ่ายน้ำมันให้แต่ละสูบของเครื่องยนต์มีปริมาตรที่เท่ากัน ตลอดทั้งการปรับสมรรถนะให้สอดคล้องกับการขับขี่ในสภาพต่างๆ กัน ทั้งนี้การนำระบบฉีดเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้หัวฉีดและระบบอิเล็กทรอนิกส์มาใช้กับรถยนต์ถึงแม้ว่าจะมีอุปกรณ์ชดเชยต่างๆ มากมาย ทำให้ระบบการทำงานมีความยุ่งยากซับซ้อนก็ตาม แต่ระบบนี้ก็เหมาะสมที่จะนำมาใช้แก้ไขสภาวะอากาศเป็นพิษ

SE-ED

ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์มีทั้งแบบ D และแบบ L ประกอบด้วยระบบการทำงานหลักใหญ่ๆ 3 ระบบด้วยกัน ซึ่งรวมทั้งอุปกรณ์ช่วยการทำงานในระบบต่างๆ ที่สามารถแยกการทำงานไปตามหน้าที่ดังนี้ คือ

1. ระบบเชื้อเพลิง (Fuel System)
2. ระบบประจุอากาศ (Air Induction System)
3. ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control System)

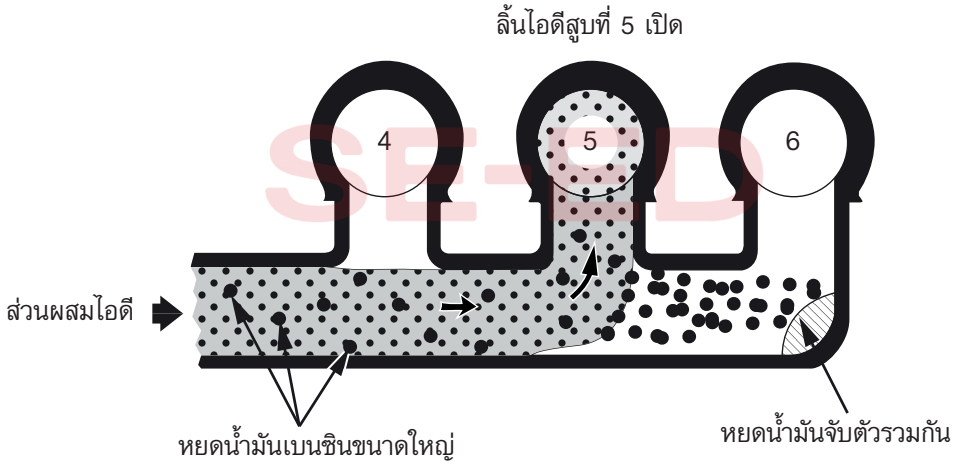
จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้ความรู้และความเข้าใจ ความแตกต่างระหว่างเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบใช้คาบูเรเตอร์กับระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์
2. เพื่อความรู้และความเข้าใจชนิดของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์
3. เพื่อความรู้และความเข้าใจโครงสร้างของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกความแตกต่างระหว่างเครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบใช้คาบูเรเตอร์กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ได้
2. บอกชนิดของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ได้
3. บอกโครงสร้างของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ได้

ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Fuel Injection System; EFI) เป็นระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงโดยการใช้หัวฉีด แทนการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยคาร์บูเรเตอร์ และควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (ในอัตราส่วนผสมของไอดีตามทฤษฎี) เข้าในช่องไอดีของเครื่องยนต์ ซึ่งรถยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์นั้นจะมีโครงสร้างการทำงานที่ง่ายต่อการวัดปริมาตรของอากาศที่จะดูดเข้าในกระบอกสูบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับมุมเปิดของลิ้นเร่งภายในคาร์บูเรเตอร์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ซึ่งบางครั้งปริมาตรส่วนผสมของไอดีอาจจะหนาหรือบางไม่เหมาะสมกับสภาวะการเปลี่ยนแปลงของเครื่องยนต์ จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดมลภาวะอากาศเป็นพิษได้มากและปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งของเครื่องยนต์ใช้คาร์บูเรเตอร์ก็คือ ในแต่ละสูบจะได้รับส่วนผสมของไอดีที่ส่งผ่านไปในท่อร่วมไอดีไม่เท่ากัน โดยเฉพาะสูบสุดท้าย เนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงมีน้ำหนักมากกว่าอากาศ จึงไหลไปรวมตัวจับหยดน้ำมัน ทำให้ส่วนผสมหนา ส่วนสูบแรกจะมีส่วนผสมของไอดีที่บาง ดังแสดงในรูปที่ 1.1

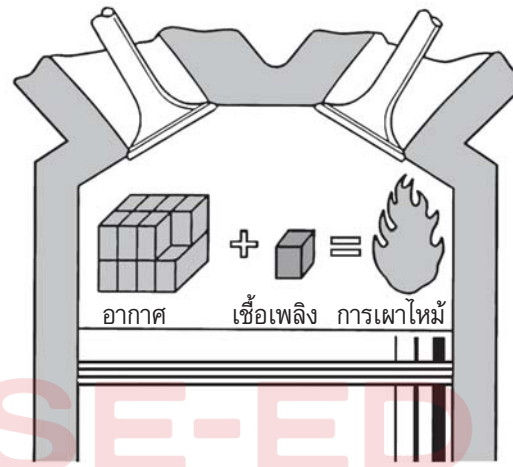


รูปที่ 1.1 การเกิดหยดน้ำมันของไอดีที่สูบสุดท้าย

ดังนั้นเพื่อเป็นการควบคุมปริมาตรของแก๊สไอเสีย ประหยัดเชื้อเพลิง และจ่ายน้ำมันให้แต่ละสูบของเครื่องยนต์มีปริมาตรที่เท่ากัน ตลอดทั้งการปรับสมรรถนะให้สอดคล้องกับการขับขี่ในสภาพต่างๆ กัน ทั้งนี้ระบบฉีดเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์มาใช้กับรถยนต์ถึงแม้ว่าจะมีอุปกรณ์ชดเชยต่างๆ มากมาย ทำให้ระบบการทำงานมีความยุ่งยากซับซ้อนก็ตาม แต่ระบบนี้ก็เหมาะสมที่จะนำมาใช้แก้ไขสภาวะอากาศเป็นพิษได้เป็นอย่างดี

1.1 อัตราส่วนผสมของไอดีตามทฤษฎี

อัตราส่วนผสมของไอดีตามทฤษฎีหมายถึง อัตราส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงโดยน้ำหนัก โดยจะต้องมีออกซิเจนบริสุทธิ์ผสมกับเชื้อเพลิงที่มีปริมาณอย่างเพียงพอ เพื่อให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 1.2 อัตราส่วนผสมของไอดีที่เหมาะสมนั้นจะอยู่ระหว่าง 14.7 ต่อ 1 หรือ 15 ต่อ 1 นั่นก็คือจะต้องมีอากาศ 15 หรือ 14.7 ส่วนต่อน้ำมัน 1 ส่วนโดยน้ำหนัก



รูปที่ 1.2 อัตราส่วนผสมของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าหากอัตราส่วนผสมของไอดีต่ำกว่าอัตราส่วนผสมของไอดีตามทฤษฎี (เป็น 12 ต่อ 1) ก็จะทำให้ส่วนผสมของไอดีนั้นหนาเกินไป มีออกซิเจนไม่เพียงพอที่จะทำให้เชื้อเพลิงเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งเรียกว่า *อัตราส่วนผสมของไอดีหนา*

ในทางตรงกันข้าม ถ้าอัตราส่วนผสมของไอดีสูงกว่าอัตราส่วนผสมของไอดีตามทฤษฎี (ประมาณ 20 ต่อ 1) ก็คือมีส่วนผสมที่บางเกินไป และทำให้มีออกซิเจนมากเกินไปสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ซึ่งเรียกว่า อัตราส่วนผสมของไอดีบาง

1.2 ความแตกต่างระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์กับเครื่องยนต์ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

แม้จุดมุ่งหมายของการทำงานโดยรวมของเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์กับเครื่องยนต์ระบบฉีดเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์จะเหมือนกัน แต่ก็ย่อมมีวิธีการจ่ายเชื้อเพลิงและวิธีตรวจวัดปริมาตรของไอดีเข้าสู่กระบอกสูบที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. การผลิตส่วนผสมของไอดี ในเครื่องยนต์ระบบฉีดเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์จะมีมิเตอร์วัดการไหลของอากาศ ซึ่งหน้าที่ตรวจวัดปริมาตรของไอดีที่ไหลเข้ากระบอกสูบและจะส่งสัญญาณไฟไปยังคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะคำนวณและส่งสัญญาณไปยังหัวฉีด เพื่อที่หัวฉีดจะฉีดปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมเข้าไปในท่อระบบไอดีของกระบอกสูบแต่ละกระบอก

สำหรับคาร์บูเรเตอร์จะจ่ายปริมาตรของไอดี จะถูกเปลี่ยนแปลงตามสุญญากาศที่เกิดขึ้นบริเวณช่วงความเร็วต่ำในขณะที่รอบเดินเบา ทำให้ปริมาตรเชื้อเพลิงที่ถูกดูดเข้าในกระบอกสูบมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นปริมาตรของไอดีที่เข้าไปภายในกระบอกสูบก็จะขึ้นอยู่กับสุญญากาศที่เกิดขึ้นบริเวณคอคอด

2. ส่วนผสมของไอดีในสภาวะของการขับขี่ต่างๆ

- *ในขณะสตาร์ต* ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์จำเป็นต้องมีส่วนผสมที่หนาขึ้น ดังนั้นสัญญาณการสตาร์ตจากมอเตอร์จึงเป็นตัวกำหนดให้หัวฉีดสตาร์ตเย็นทำงานเมื่ออุณหภูมิต่ำ เพื่อทำให้ปริมาตรการฉีดมีมากขึ้น

สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์ ลิ้นโช้กจะปิดเมื่ออุณหภูมิเครื่องยนต์ต่ำ เพื่อต้องการให้ส่วนผสมของไอดีนั้นหนาเพียงพอที่จะทำให้เครื่องยนต์สตาร์ตติดได้

- *ในขณะที่ขับขี่อุณหภูมิต่ำ* ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์จะมีเทอร์มิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นและเปลี่ยนแปลงความต้านทานของอุณหภูมิให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งไปยังกล่องคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะคำนวณและเพิ่มส่วนผสมของไอดีให้หนาขึ้น

สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์นั้นจะมีระบบโช้กที่ทำหน้าที่เมื่ออุณหภูมิต่ำได้โดยอัตโนมัติ เพื่อทำให้มีส่วนผสมของไอดีหนาขึ้น และเมื่อเครื่องยนต์มีอุณหภูมิที่สูงขึ้นขดลวดในเทอร์โมสแตติกก็จะเปิดลิ้นโช้กขึ้น ทำให้ส่วนผสมของไอดีลดลง

3. ในขณะที่เร่งเครื่องยนต์ ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ใช้วิธีฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปด้วยกำลังดันสูงในทันทีตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรไอดี ด้วยเหตุนี้จึงไม่ทำให้การจ่ายเชื้อเพลิงล่าช้า

สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์จะมีระบบปั๊มเร่งเพื่อทำหน้าที่ป้องกันส่วนผสมที่บางเกินไปในขณะเร่งเครื่องยนต์ในทันที ในขณะที่ลิ้นเร่งเปิด ปริมาตรเชื้อเพลิงบางส่วนจะถูกฉีดผ่านช่องเร่ง เพื่อชดเชยความล่าช้าในการจ่ายเชื้อเพลิงหลัก

4. ในขณะที่ใช้กำลังงานสูง ในระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์จะมีเซนเซอร์ตรวจตำแหน่งมุมเปิดของลิ้นเร่ง และถ่ายทอดสัญญาณไฟฟ้าไปยังคอมพิวเตอร์ เมื่อมุมเปิดของลิ้นเร่งเพิ่มขึ้น ยังผลให้ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงจะมากขึ้นตาม

SE-ED

สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์ การจ่ายเชื้อเพลิงจะเพิ่มมากขึ้นได้นั้น ก็ขึ้นอยู่กับสุญญากาศที่เพิ่มขึ้นในท่อไอดี และเมื่อสุญญากาศลดลง ลิ้นกำลังจะถูกเปิดขึ้น จะทำให้ส่วนผสมของไอดีที่หนาขึ้นถูกจ่ายออกไป

1.3 คุณลักษณะเฉพาะของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

ข้อดีของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์เมื่อได้นำมาเปรียบเทียบกับระบบการทำงานของคาร์บูเรเตอร์มีรายละเอียดดังนี้

1. จ่ายส่วนผสมของไอดีให้แต่ละสูบของเครื่องยนต์ได้ปริมาตรที่เท่ากัน เนื่องจากแต่ละสูบจะติดตั้งหัวฉีดโดยเฉพาะ และปริมาตรการฉีดจะถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์ให้เป็นไปอย่างถูกต้องแม่นยำตามสภาวะการเปลี่ยนแปลงของความเร็วรอบและโหลดของเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นไปได้ที่หัวฉีดของแต่ละสูบจะจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้แต่ละสูบเท่าๆ กัน สำหรับส่วนผสมของไอดียังถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์โดยการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาการทำงานของหัวฉีด จากข้อดีทั้ง 2 ประการของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ จึงช่วยลดปริมาตรของแก๊สไอเสีย และเป็นการควบคุมมลภาวะอากาศเป็นพิษ อีกทั้งยังเพิ่มสมรรถนะกำลังงานของเครื่องยนต์ให้สูงขึ้น

SE-ED

2. จ่ายไอดีอย่างแม่นยำทุกๆ ระดับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ หัวฉีดหลักของคาร์บูเรเตอร์ไม่สามารถควบคุมอัตราส่วนผสมของไอดีที่จ่ายให้กับเครื่องยนต์ได้ในทุกระดับความเร็ว จึงต้องแบ่งออกเป็น 2 ระบบด้วยกันคือ ระบบความเร็วสูงช่วงที่ 1 และระบบความเร็วสูงช่วงที่ 2 ซึ่งจะมีผลทำให้ส่วนผสมของไอดีหนามากในขณะที่เปลี่ยนระบบความเร็วสูงจากระบบหนึ่งไปยังระบบความเร็วสูงอีกระบบหนึ่ง ด้วยเหตุนี้จึงไม่สามารถควบคุมส่วนผสมของไอดีให้หนาเพียงเล็กน้อยได้ตลอดไป จึงทำให้ส่วนผสมของไอดีแต่ละสูบไม่เท่ากัน ดังนั้นเพื่อเป็นการรักษาให้ส่วนผสมของไอดีหนาเพียงเล็กน้อยอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง ด้วยการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะจ่ายไอดีได้อย่างแม่นยำที่ทุกๆ ความเร็วและโหลดของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลงไป จากข้อดีนี้จึงสามารถควบคุมมลภาวะอากาศเป็นพิษและประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง

3. ปรับส่วนผสมของไอดีได้อย่างถูกต้องในขณะที่เครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ การสตาร์ตเครื่องยนต์ในขณะเครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำจะถูกปรับให้ทำงานได้ดีขึ้นด้วยละอองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดด้วยหัวฉีดสตาร์ตเย็นในขณะสตาร์ตเครื่องยนต์ และจะทำให้สมรรถนะในการขับขี่ดีภายหลังจากเครื่องยนต์ติดแล้ว เนื่องจากอากาศถูกดูดผ่านลิ้นอากาศได้อย่างเพียงพอ

4. ตัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้ทันทีในขณะที่ลดความเร็วเครื่องยนต์ ขณะที่ผู้ขับขี่รถยนต์ถอนคันเร่งเพื่อลดความเร็ว เครื่องยนต์ยังคงทำงานด้วยความเร็วรอบที่สูงอยู่แม้ว่าลิ้นเร่งจะปิดแล้วก็ตาม ปริมาตรของไอดีที่ไหลเข้ากระบอกสูบจะลดลง แต่สุญญากาศในท่อร่วมไอดียังมีสูงขึ้น ในเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์นั้นภายในท่อร่วมไอดีจะมีน้ำมันเชื้อเพลิงเกาะอยู่ตามผนังของท่อร่วมไอดี และจะกลายเป็นไอเข้าไปในกระบอกสูบ เกิดสุญญากาศที่ท่อร่วมไอดี ไอดีจะหนาเกินไป การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ปริมาตรแก๊สไฮโดรคาร์บอนจึงมีมากในแก๊สไอเสีย

สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ หัวฉีดจะหยุดการทำงานทันทีเมื่อลิ้นเร่งปิดสนิท และเครื่องยนต์ก็หมุนที่ความเร็วรอบที่จุดหนึ่งเท่านั้น ด้วยเหตุนี้ปริมาตรความเข้มข้นของแก๊สไฮโดรคาร์บอนในแก๊สไอเสียที่ขับออกมาจากเครื่องยนต์จะลดลงและสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลง

5. มีประสิทธิภาพในการประจุส่วนผสมของไอดี ในเครื่องยนต์ใช้คาร์บูเรเตอร์ คอคอดทำหน้าที่ควบคุมการไหลของอากาศ ดังนั้นสุญญากาศที่เกิดได้มากนั้น ขึ้นอยู่กับการเพิ่มความเร็วในการไหลของอากาศที่ผ่านคอคอดซึ่งจะทำให้ส่วนผสมของไอดีถูกดูดเข้าไปในกระบอกสูบในจังหวะดูด แต่ยังมีข้อจำกัดในการที่ไอดีไหลเข้ากระบอกสูบโดยคอคอด ซึ่งไม่เป็นผลดีสำหรับเครื่องยนต์ ส่วนเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์จะมีกำลังดันน้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 2 ถึง 3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (24.8 ถึง 42.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ในการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นฝอยละอองที่หัวฉีดจึงไม่จำเป็นต้องมีคอคอดเช่นเดียวกับคาร์บูเรเตอร์ จึงทำให้สามารถเพิ่มขนาดของท่อร่วมไอดีเพื่อประจุไอดีให้ได้มากๆ

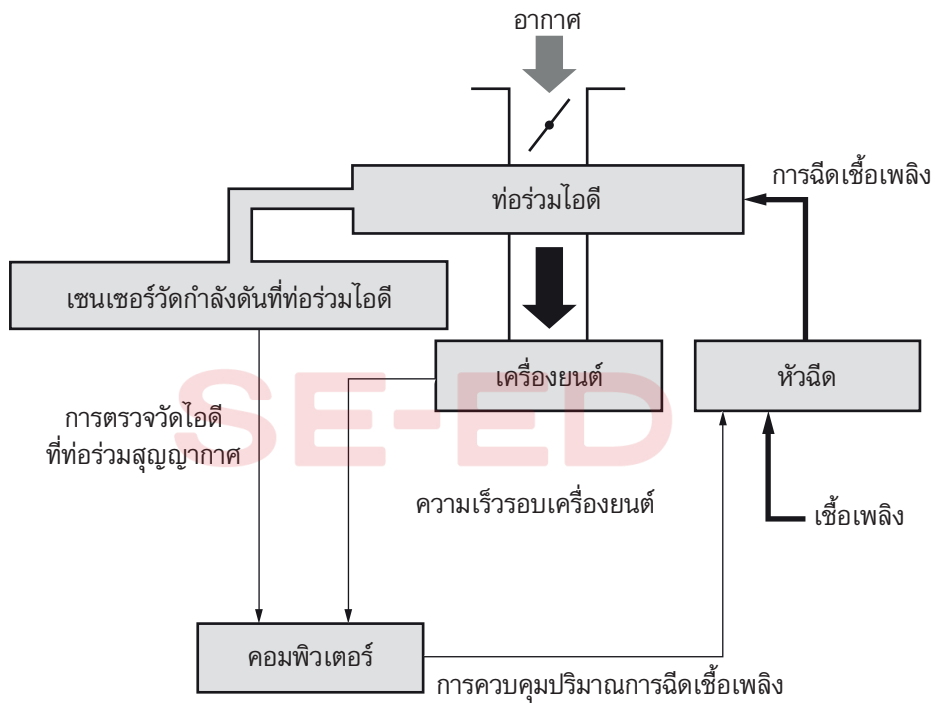
6. ความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงของลิ้นเร่งได้ดี ในเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์จะเกิดความล่าช้าในการประจุไอดีเข้ากระบอกสูบ เนื่องจากมีอุปกรณ์ในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ไกลกระบอกสูบมากเกินไป สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ หัวฉีดจะติดตั้งอยู่ใกล้กระบอกสูบ และด้วยกำลังดันของน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีกำลังดันประมาณ 2 ถึง 3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร น้ำมันเชื้อเพลิงจะแตกเป็นฝอยกระจายผสมกันกับอากาศได้ง่าย และปริมาตรของไอดีจะเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งของลิ้นเร่งเพื่อตอบสนองการทำงานของคันเร่งได้อย่างทันทีทันใด

1.4 ชนิดของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์เป็นระบบที่ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้กับรถยนต์นั่งโดยบริษัทบอชแห่งประเทศเยอรมนี ซึ่งได้แบ่งประเภทของเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ตามวิธีการส่งสัญญาณตรวจวัดปริมาตรการไหลของไอดีได้เป็น 3 แบบใหญ่ๆ ด้วยกันคือ

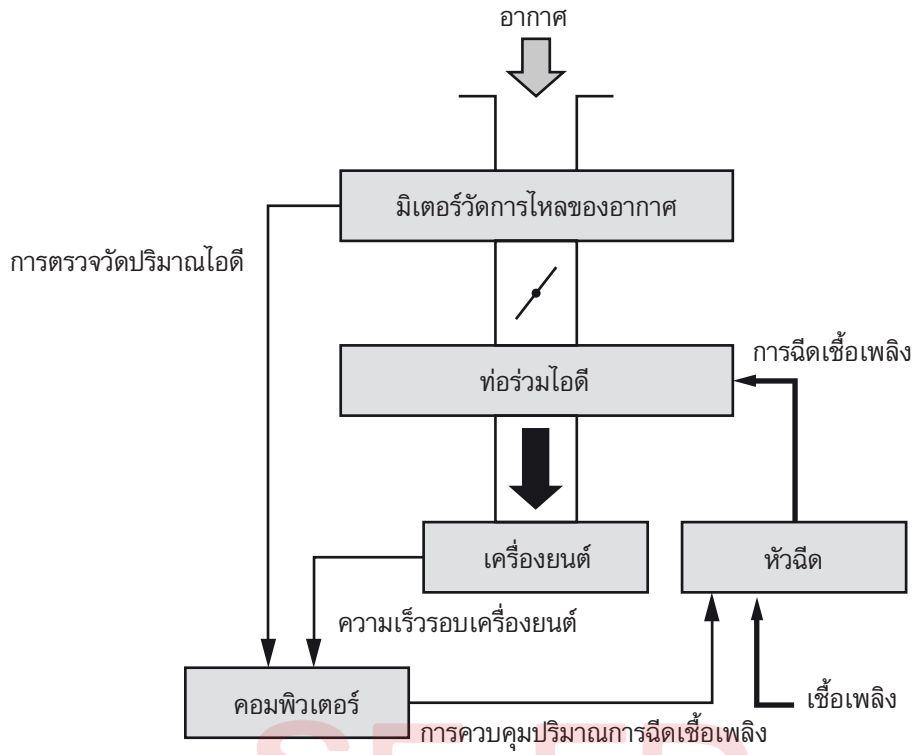
SE-ED

1. ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ D หรือ D-jetronic (แบบควบคุมกำลังดันที่ท่อร่วมไอดี) เป็นแบบที่มีเซนเซอร์วัดสุญญากาศอยู่ภายในท่อร่วมไอดีและส่งสัญญาณวัดปริมาตรความหนาแน่นของอากาศผ่านคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์เพื่อกำหนดปริมาตรการฉีดเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์ (D ย่อมาจากคำว่า Druk ซึ่งเป็นภาษาเยอรมนีหมายถึงกำลังดัน) ในรูปที่ 1.3 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนอิเล็กทรอนิกส์แบบควบคุมกำลังดันที่ท่อร่วมไอดีหรือแบบ D



รูปที่ 1.3 ขั้นตอนการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบควบคุมกำลังดันที่ท่อร่วมไอดีหรือแบบ D

2. ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ L หรือ L-jetronic (แบบควบคุมปริมาตรการไหลของอากาศ) อาศัยหลักการส่งสัญญาณการไหลของอากาศที่ผ่านท่อร่วมไอดีด้วยมิเตอร์วัดการไหลของอากาศ อัตราส่วนผสมของไอดีจะถูกรักษาให้ถูกต้องอยู่เสมอ แม้ว่าภายในท่อร่วมไอดีจะเกิดสุญญากาศไม่คงที่ (L ย่อมาจากคำว่า Luft ซึ่งเป็นภาษาเยอรมัน หมายถึงอากาศ) ในรูปที่ 1.4 แสดงขั้นตอนการทำงานของรระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบควบคุมปริมาณการไหลของอากาศหรือแบบ L



รูปที่ 1.4 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบควบคุมปริมาตรการไหลของอากาศหรือแบบ L

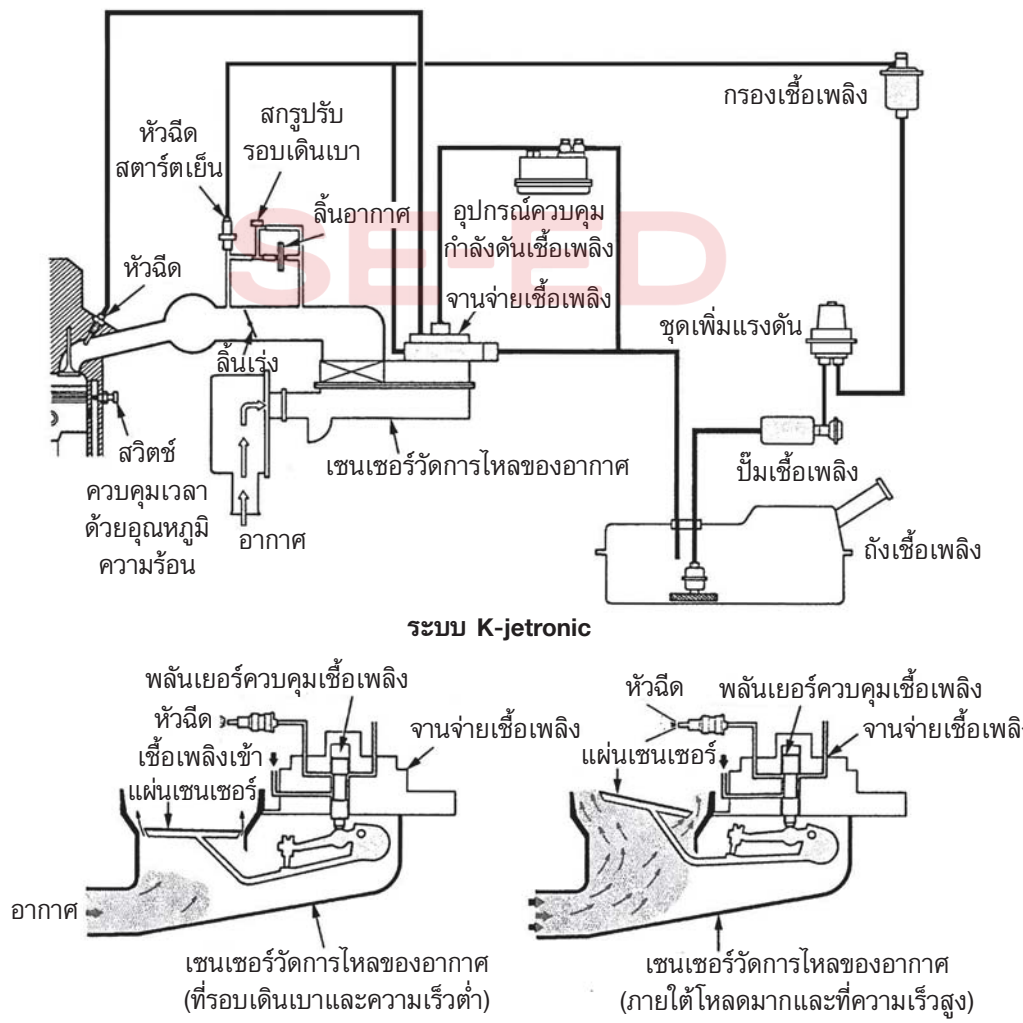
หมายเหตุ : ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ทั้ง 2 แบบมีความแตกต่างกันเมื่อนำมาเปรียบเทียบกันคือ ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ D จะใช้เซนเซอร์วัดแรงดันในท่อร่วมไอดี ส่วนระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ L จะใช้มิเตอร์วัดปริมาตรการไหลของอากาศทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาตรของอากาศที่เข้าเครื่องยนต์

3. ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ K หรือ K-jetronic (แบบฉีดเชื้อเพลิงด้วยกลไก) เป็นระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบควบคุมปริมาตรการไหลของอากาศอีกแบบหนึ่ง แต่จะแตกต่างจากระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ L โดยจะมีลักษณะการทำงานที่ควบคุมส่วนผสมของไอดีด้วยกลไกและฉีดเชื้อเพลิงอย่างต่อเนื่อง หรือบางทีเรียกว่า ระบบฉีดเชื้อเพลิงต่อเนื่องแบบกลไก (Fuel Continuous Injection System; CIS) ซึ่งระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบนี้เป็นที่นิยมใช้กับรถนั่งกันอย่างแพร่หลายในยุโรป ในรูปที่ 1.5 แสดงโครงสร้างของระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบ K

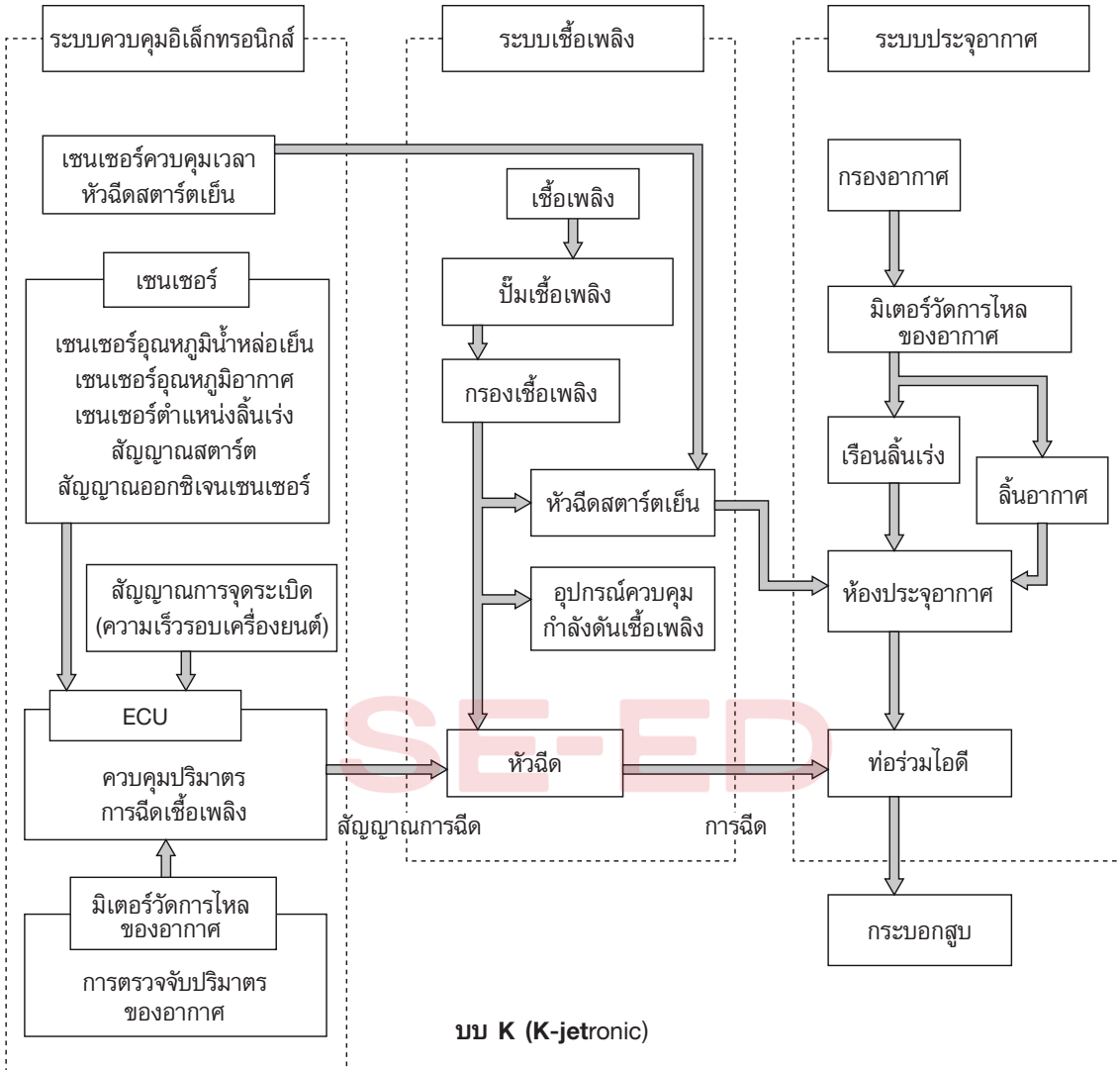
1.5 โครงสร้างพื้นฐานของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ทั้งแบบ D และแบบ L ประกอบด้วยระบบการทำงานหลักใหญ่ๆ 3 ระบบด้วยกัน ซึ่งรวมทั้งอุปกรณ์ช่วยการทำงานในระบบต่างๆ ที่สามารถแยกการทำงานไปตามหน้าที่ดังนี้คือ (ดูรูปที่ 1.5)

1. ระบบเชื้อเพลิง (Fuel System)
2. ระบบประจุอากาศ (Air Induction System)
3. ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control System)

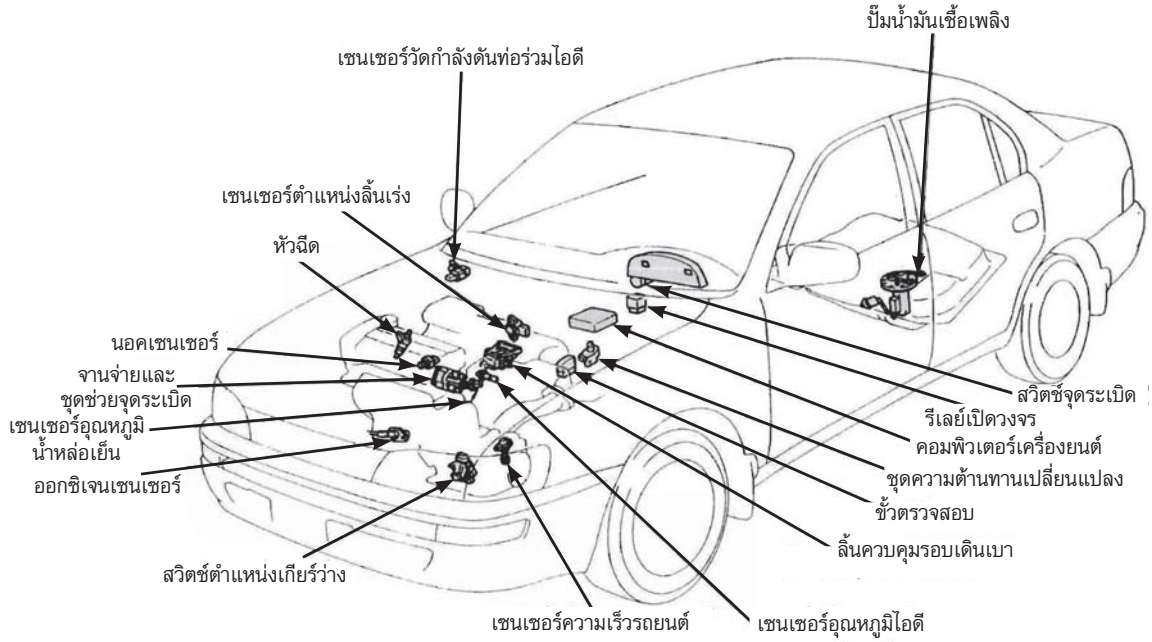


รูปที่ 1.5 โครงสร้างและการทำงานของแระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 1.6 โครงสร้างระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

โครงสร้างพื้นฐานหลักที่ได้ถูกแบ่งออกเป็น 3 ระบบใหญ่ๆ แล้วนั้น โครงสร้างพื้นฐานของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (EFI) ทั้ง 3 ระบบก็ยังสามารถที่จะแยกหน้าที่การทำงานออกเป็น 2 แบบคือ อุปกรณ์ฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐานและอุปกรณ์แก้ไขข้อบกพร่อง ดังแสดงในรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 ส่วนประกอบของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (EFI)

SE-ED

1.5.1 อุปกรณ์ฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐาน

อุปกรณ์ฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐาน (Basic Injection Control) ทำหน้าที่ควบคุมอัตราส่วนของไอดีที่ถูกดูดเข้าในกระบอกสูบให้ถูกต้องตามทฤษฎีเสมอไม่ว่าปริมาตรการประจุอากาศจะมีเพิ่มขึ้นหรือลดลง นั่นก็คือ ปริมาตรการการฉีดเชื้อเพลิงจะต้องได้ส่วนเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามปริมาตรการประจุอากาศ ซึ่งอุปกรณ์ฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐานจะประกอบด้วย (ดูรูปที่ 1.8 ประกอบ)

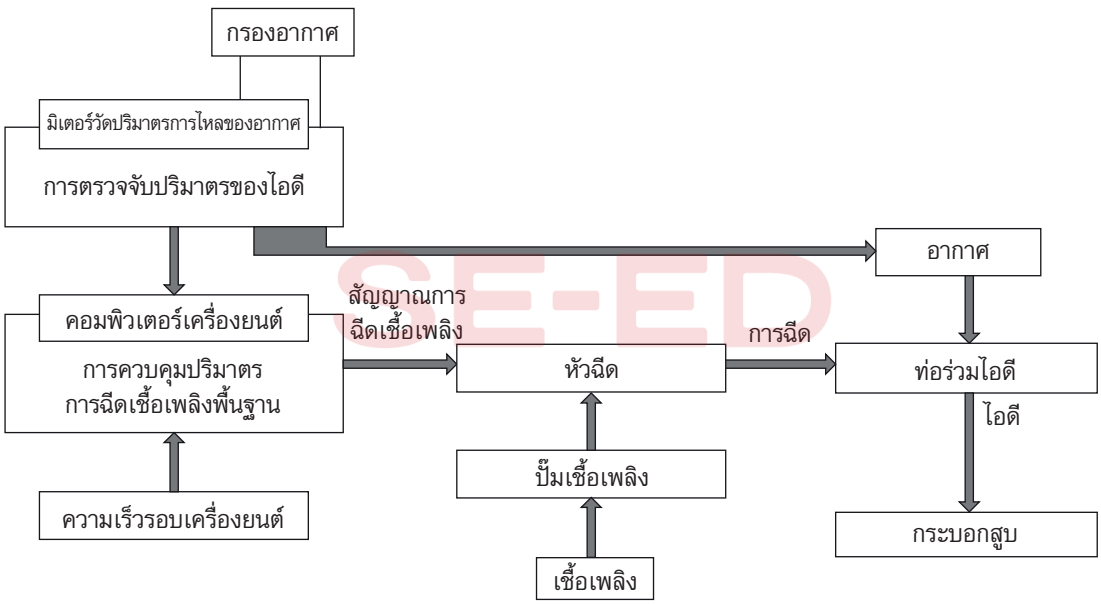
1. ลิ้นเร่งและมิเตอร์วัดการไหลของอากาศ ทำหน้าที่ควบคุมและวัดปริมาตรของอากาศและส่งสัญญาณผ่านไปยังคอมพิวเตอร์ จากระดับการเปิดของแผ่นวัด

2. ปั๊มเชื้อเพลิง อุปกรณ์ควบคุมกำลังดันเชื้อเพลิง และหัวฉีด ทำหน้าที่รักษากำลังดันและปริมาตรการฉีดเชื้อเพลิงให้เปลี่ยนแปลงไปตามโหลด

ดังนั้นเมื่อมีปริมาตรของอากาศเข้าน้อย ช่วงระยะเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงก็จะสั้น และถ้ามีปริมาตรอากาศเข้ามาก ช่วงระยะเวลาในการฉีดก็จะยาวขึ้น

3. คอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่รับสัญญาณการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากการวัดปริมาตรของอากาศจากมิเตอร์วัดการไหลของอากาศ และสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์จากคอยล์จุดระเบิด จากนั้นคอมพิวเตอร์ก็จะคำนวณปริมาตรเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับอากาศ และส่งสัญญาณระยะเวลาการเปิดลิ้นโซลีนอยด์ของหัวฉีดแต่ละตัวเพื่อที่หัวฉีดจะเปิดให้เชื้อเพลิงฉีดเข้าไปยังท่อร่วมไอดีในแต่ละสูบ

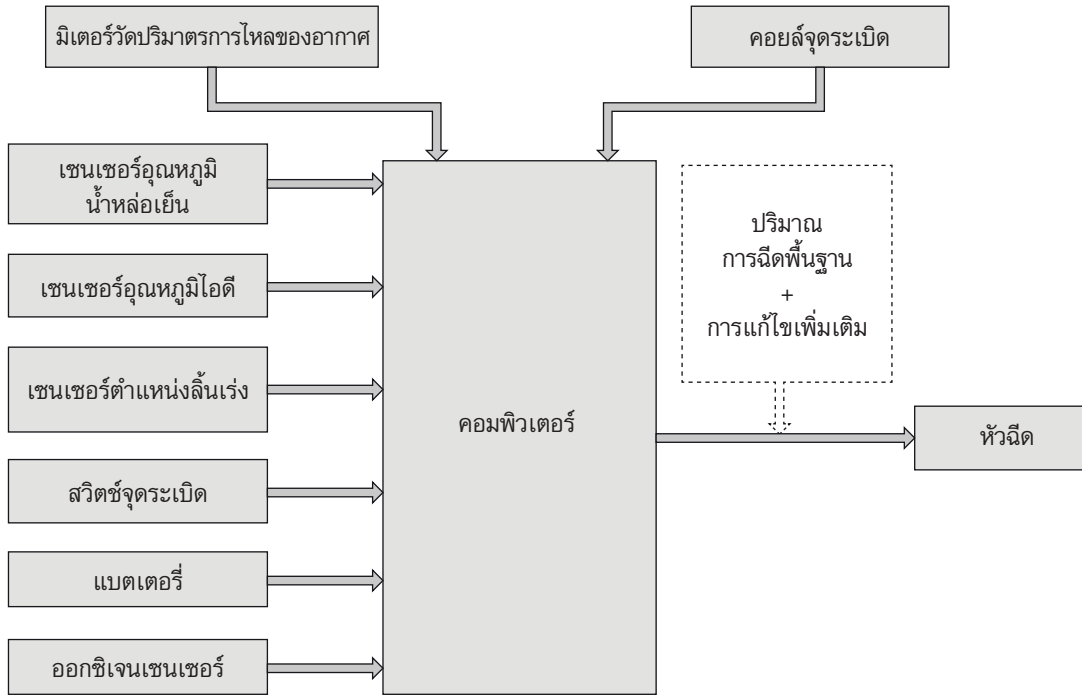
4. สัญญาณจากคอยล์จุดระเบิด เป็นตัวกำหนดให้หัวฉีดทั้งหมดฉีดเชื้อเพลิงให้โหลดกับรอบการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง (เพลาข้อเหวี่ยงหมุน 2 รอบ) ดังนั้นหัวฉีดจึงต้องมีการฉีดเชื้อเพลิงถึง 2 ครั้งเพื่อให้ปริมาตรการฉีดเชื้อเพลิงถูกต้อง



รูปที่ 1.8 ไดอะแกรมการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐาน

1.5.2 อุปกรณ์ควบคุมแก้ไขข้อบกพร่อง

ความจำเป็นที่จะต้องมีอุปกรณ์ควบคุมแก้ไขข้อบกพร่อง (Correction Control) ก็เนื่องมาจากอุปกรณ์ฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐานสามารถทำงานได้ดีเฉพาะการฉีดพื้นฐานเท่านั้น แต่ไม่สามารถทำงานภายใต้สภาวะการทำงานที่เปลี่ยนแปลงได้ อุปกรณ์ควบคุมแก้ไขข้อบกพร่องจึงทำหน้าที่ปรับอัตราส่วนผสมของไอดีให้เหมาะสมเป็นไปตามสภาพที่เปลี่ยนแปลงภายใต้โหลดที่หนักหรือเมื่อเครื่องยนต์ยังเย็นอยู่



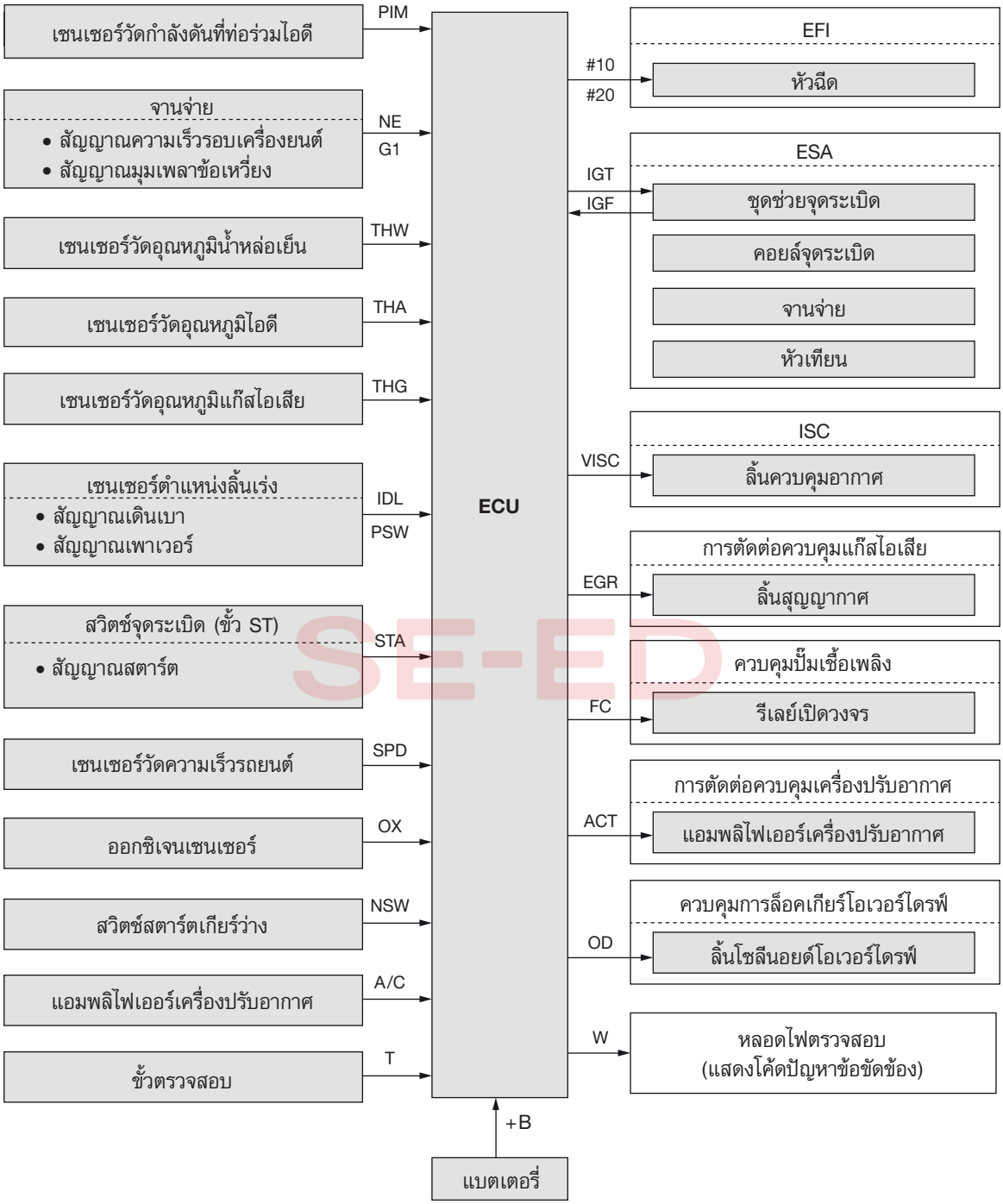
รูปที่ 1.9 ไดอะแกรมควบคุมการเพิ่มหรือลดปริมาตรการฉีดเชื้อเพลิงของคอมพิวเตอร์จากการได้รับสัญญาณจากเซนเซอร์ต่างๆ

SF-ED

ด้วยเหตุนี้คอมพิวเตอร์จึงทำหน้าที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์จากเซนเซอร์ต่างๆ นอกเหนือจากข้อมูลปริมาตรการไหลของอากาศจากมิเตอร์วัดการไหลของอากาศและความเร็วรอบเครื่องยนต์จากคอยล์จุดระเบิด คอมพิวเตอร์จะคำนวณและเพิ่มหรือลดปริมาตรของการฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐานให้เป็นไปตามสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 1.9

1.6 ไดอะแกรมแสดงระบบควบคุมการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (EFI)

ในรูปที่ 1.10 เป็นไดอะแกรมแสดงระบบควมคุมการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (EFI)



รูปที่ 1.10 ไดอะแกรมแสดงระบบควบคุมการทำงานของระบบฉีดเชื้อเพลิง
เครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (EFI)

1.7 สัญลักษณ์ขั้วต่อที่กล่องคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์ (4A-FE)

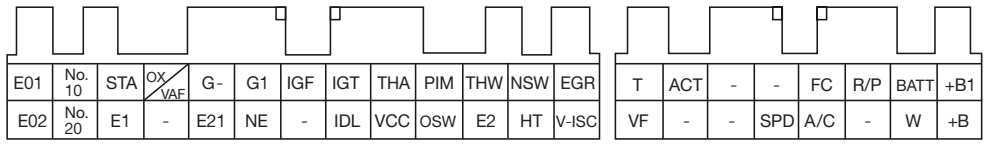
ในตารางที่ 1.1 แสดงสัญลักษณ์ทั้งขั้วที่กล่องคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์

ตารางที่ 1.1 สัญลักษณ์ขั้วต่อที่กล่องคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์ (4A-FE)

E01	จุดลงกราวด์เครื่องยนต์
E02	จุดลงกราวด์เครื่องยนต์
No.10	หัวฉีด
No.20	หัวฉีด
STA	สวิตช์สตาร์ต
E1	จุดลงกราวด์คอมพิวเตอร์เครื่องยนต์
*1OX	ออกซิเจนเซนเซอร์
*2VAF	ความต้านทานปรับค่าได้
G-	จานจ่าย
E21	จุดลงกราวด์ของเซนเซอร์
G1	จานจ่าย
NE	จานจ่าย
IGF	จุดลงกราวด์ของเซนเซอร์
IGT	ตัวช่วยจุดระเบิด
IDL	ตัวช่วยจุดระเบิด
THA	เซนเซอร์ตำแหน่งลิ้นเร่ง
VCC	แรงดันไฟฟ้าคงที่
PIM	เซนเซอร์สุญญากาศ

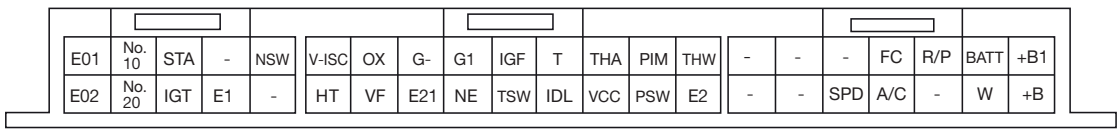
PSW	เซนเซอร์ตำแหน่งลิ้นเร่ง
THW	เซนเซอร์วัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น
E2	จุดลงกราวด์ของเซนเซอร์
*3NSW	สวิตช์นิรภัย
*1HT	ออกซิเจนเซนเซอร์
EGR	สวิตช์สุญญากาศ (EGR)
V-ISC	สวิตช์สุญญากาศ (ลิ้น ISC)
T	ขั้วตรวจสอบ
VF	ขั้วตรวจสอบ
ACT	แอมพลิไฟร์เครื่องปรับอากาศ
SPD	เซนเซอร์ความเร็วรถยนต์
FC	รีเลย์การเปิดวงจร
A/C	คอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ
R/P	สวิตช์ควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง
BATT	แบตเตอรี่
W	หลอดไฟเตือน
+B1	รีเลย์หลัก
+B	รีเลย์หลัก

SE-ED



E01	No. 10	STA	OX / VAF	G-	G1	IGF	IGT	THA	PIM	THW	NSW	EGR
E02	No. 20	E1	-	E21	NE	-	IDL	VCC	OSW	E2	HT	V-ISC

T	ACT	-	-	FC	R/P	BATT	+B1
VF	-	-	SPD	A/C	-	W	+B



E01	No. 10	STA	-	NSW	V-ISC	OX	G-	G1	IGF	T	THA	PIM	THW	-	-	-	FC	R/P	BATT	+B1
E02	No. 20	IGT	E1	-	HT	VF	E21	NE	TSW	IDL	VCC	PSW	E2	-	-	SPD	A/C	-	W	+B

SE-ED

แบบฝึกหัดบทที่ 1

จงเขียนเครื่องหมายวงกลมลงในข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์หมายถึงระบบอะไร

ก. ระบบประจุไอดีด้วยอิเล็กทรอนิกส์

ข. ระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

ค. ระบบฉีดเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

ง. ระบบประจุไอดีด้วยอิเล็กทรอนิกส์และระบบฉีดเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

2. อะไรคือสาเหตุที่เรานำระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์มาใช้แทนคาร์บูเรเตอร์

SE-ED

ก. ความประหยัดในการสิ้นเปลือง

ข. ปรับปรุงสมรรถนะในการขับขี่

ค. จ่ายอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงที่ถูกต้อง

ง. ความประหยัดในการสิ้นเปลืองและจ่ายอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงที่ถูกต้อง

3. อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงทางทฤษฎีมีค่าอัตราส่วนประมาณเท่าใด

ก. 12 ถึง 13 ต่อ 1

ข. 13.7 ถึง 14.7 ต่อ 1

ค. 18 ถึง 20 ต่อ 1

ง. ข้อ 12 และ 20 ต่อ 1

4. อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงที่สูงกว่าทางทฤษฎีอัตราส่วนประมาณเท่าใด

ก. 12 ถึง 13 ต่อ 1

ข. 13.7 ถึง 14.7 ต่อ 1

ค. 18 ถึง 20 ต่อ 1

ง. ข้อ 12 และ 20 ต่อ 1

5. เครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์ การจ่ายเชื้อเพลิงให้มีปริมาตรที่เพิ่มมากขึ้นได้นั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลักที่สำคัญคืออะไร

ก. ลิ้นเร่งเปิดมากขึ้น

ข. ลิ้นเร่งเปิดน้อย

ค. สุญญากาศในท่อร่วมไอดีมาก

ง. ลิ้นเร่งเปิดมากขึ้นและสุญญากาศในท่อร่วมไอดีมาก

6. ข้อดีของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์คืออะไร

ก. ช่วยให้ส่วนผสมของไอดีในแต่ละสูบได้ปริมาตรที่เท่ากัน

ข. จ่ายไอดีอย่างแม่นยำทุกความเร็วรอบของเครื่องยนต์

ค. ตัดน้ำมันเชื้อเพลิงในทันทีเมื่อลดความเร็วเครื่องยนต์

ง. ช่วยให้ส่วนผสมของไอดีในแต่ละสูบได้ปริมาตรที่เท่ากันและตัดน้ำมันเชื้อเพลิงในทันทีเมื่อลดความเร็วเครื่องยนต์

7. ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ D หมายถึงเครื่องยนต์แบบใด

ก. แบบควบคุมความหนาแน่นในทุกความเร็วของอากาศ

ข. แบบควบคุมส่วนผสมของอากาศ

ค. แบบควบคุมปริมาตรการไหลของอากาศ

ง. แบบควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงอย่างต่อเนื่อง

8. ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ L หมายถึงเครื่องยนต์แบบใด

SE-ED

ก. แบบควบคุมความหนาแน่นในทุกความเร็วของอากาศ

ข. แบบควบคุมส่วนผสมของอากาศ

ค. แบบควบคุมปริมาตรการไหลของอากาศ

ง. แบบควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงอย่างต่อเนื่อง

9. ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ K หมายถึงเครื่องยนต์ฉีดเชื้อเพลิงแบบใด

ก. แบบควบคุมความหนาแน่นในทุกความเร็วของอากาศ

ข. แบบควบคุมส่วนผสมของอากาศ

ค. แบบควบคุมปริมาตรการไหลของอากาศ

ง. แบบควบคุมการฉีดเชื้อเพลิงอย่างต่อเนื่อง

10. จุดเด่นของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์คืออะไร

ก. ให้ส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงแต่ละสูบได้เท่ากัน

ข. มีการตอบสนองสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของคันเร่งได้ดี

ค. รักษาอัตราส่วนของอากาศกับเชื้อเพลิงได้แน่นอนตลอดทุกย่านความเร็ว

ง. ให้ส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงแต่ละสูบได้เท่ากันและมีการตอบสนองสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของคันเร่งได้ดี

11. ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์สามารถแบ่งระบบการทำงานใหญ่ๆ ได้เป็น

ก. ระบบเชื้อเพลิง ระบบประจุไอดี และระบบแก้ไขข้อขัดข้อง

ข. ระบบเชื้อเพลิง ระบบประจุไอดี และระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

ค. ระบบเชื้อเพลิง ระบบประจุไอดี และระบบคอมพิวเตอร์

ง. ระบบประจุไอดี ระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์และระบบแก้ไขข้อขัดข้อง

12. อุปกรณ์ฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐานของระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่อย่างไร

ก. ดูดซับการกระเพื่อมของแรงดันน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการฉีดเชื้อเพลิง

ข. ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าภายในห้องประจุไอดีเพื่อให้เครื่องยนต์สตาร์ตติดง่าย

ค. ควบคุมอัตราส่วนไอดีที่ถูกดูดเข้าในกระบอกสูบ

ง. รับสัญญาณการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าจากการวัดปริมาตรของอากาศจากมิเตอร์วัดการไหลของอากาศ

SE-ED

13. อุปกรณ์การฉีดเชื้อเพลิงพื้นฐานประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญคือข้อใด

ก. ปั๊มเชื้อเพลิง

ข. ลิ้นเร่งและมิเตอร์วัดการไหลของอากาศ

ค. คอมพิวเตอร์เครื่องยนต์หรือ ECU

ง. ปั๊มเชื้อเพลิงและคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์หรือ ECU

14. สัญลักษณ์ E01 ที่กล่องคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์คือข้อใด

ก. จุดลงกราวด์ ข. สวิตช์สตาร์ต

ค. จานจ่าย ง. ตัวช่วยจุดระเบิด

15. สัญลักษณ์ STA ที่กล่องคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์คือข้อใด

ก. จุดลงกราวด์ ข. สวิตช์สตาร์ต

ค. จานจ่าย ง. ตัวช่วยจุดระเบิด

16. สัญลักษณ์ IGF ที่กล่องคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์คือข้อใด

ก. จุดลงกราวด์ ข. สวิตช์สตาร์ต

ค. จานจ่าย ง. ตัวช่วยจุดระเบิด

17. สัญลักษณ์ PIM ที่กล่องคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์คือข้อใด

ก. เซนเซอร์สุญญากาศ
ข. เซนเซอร์อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น
ค. เซนเซอร์ตำแหน่งลิ้นเร่ง
ง. เซนเซอร์อุณหภูมิไอดี

18. สัญลักษณ์ THW ที่กล่องคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์คือข้อใด

ก. เซนเซอร์สุญญากาศ
ข. เซนเซอร์อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น
ค. เซนเซอร์ตำแหน่งลิ้นเร่ง
ง. เซนเซอร์อุณหภูมิไอดี

19. สัญลักษณ์ PSW ที่กล่องคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์คือข้อใด

ก. เซนเซอร์สุญญากาศ
ข. เซนเซอร์อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น
ค. เซนเซอร์ตำแหน่งลิ้นเร่ง
ง. เซนเซอร์อุณหภูมิไอดี

20. สัญลักษณ์ THA ที่กล่องคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์คือข้อใด

ก. เซนเซอร์สุญญากาศ
ข. เซนเซอร์อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น
ค. เซนเซอร์ตำแหน่งลิ้นเร่ง
ง. เซนเซอร์อุณหภูมิไอดี

21. สัญลักษณ์ +B1 ที่กล่องคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์คือข้อใด

ก. รีเลย์หลัก
ข. คอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ
ค. แบตเตอรี่
ง. ขั้วตรวจสอบ

22. สัญลักษณ์ A/C ที่กล่องคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์คือข้อใด

ก. รีเลย์หลัก
ข. คอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ
ค. แบตเตอรี่
ง. ขั้วตรวจสอบ

23. สัญลักษณ์ BATT ที่กล่องคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์คือข้อใด

ก. รีเลย์หลัก
ข. คอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ
ค. แบตเตอรี่
ง. ขั้วตรวจสอบ

24. สัญลักษณ์ VF และ T ที่กล่องคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์คือข้อใด

ก. รีเลย์หลัก
ข. คอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ
ค. แบตเตอรี่
ง. ขั้วตรวจสอบ

25. สัญลักษณ์ SPD ที่กล่องคอมพิวเตอร์เครื่องยนต์คือข้อใด

ก. รีเลย์หลัก
ข. คอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ
ค. เซนเซอร์วัดความเร็วรถยนต์
ง. ขั้วตรวจสอบ

SE-ED

SE-ED

หนังสือ **งานระบบฉีดเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 20101-2104** ตรงตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือก สาขาวิชาช่างยนต์ มีเนื้อหาที่พร้อมให้ศึกษา และปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของของระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซล การตรวจสภาพและบำรุงรักษาระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ ตรงตามคำอธิบายรายวิชาของกลุ่มวิชาช่างยนต์ที่ควรรู้

ประวัติผู้เขียน **ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ**

- เคยดำรงตำแหน่งอาจารย์ 3 ระดับ 8 ประจำแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา เป็นอาจารย์ผู้สอนวิชาไฟฟ้ารถยนต์ และวิชาไฟฟ้ายานยนต์
- จบการศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- เข้ารับการฝึกอบรมเรื่องระบบเทคโนโลยีชั้นสูงของรถยนต์ NISSAN ที่บริษัท สยามนิสสัน จำกัด
- เข้ารับการฝึกอบรมเรื่องระบบไฟฟ้าตัวถังรถยนต์และถุงลมนิรภัยของรถยนต์ TOYOTA ที่บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด
- เข้ารับการฝึกอบรมเรื่องอิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์ชั้นสูงของรถยนต์ TOYOTA ที่บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด
- เข้ารับการฝึกอบรมเรื่องเทคโนโลยีใหม่ของรถยนต์ TOYOTA (เครื่องยนต์ดีเซล EFI ระบบคอมมอนเรล) ที่วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา
- เข้ารับการฝึกอบรมเรื่องการใช้ TECH2 และ TIS 2000 ในการตรวจสอบรถยนต์เชฟโรเลต ที่บริษัท เชฟโรเลต (ประเทศไทย) จำกัด
- เข้ารับการฝึกอบรมเรื่องการออกแบบซอฟต์แวร์สมองกลฝังตัว ที่สถาบันพัฒนาครูอาชีวศึกษา
- เข้ารับการฝึกอบรมเรื่องเทคโนโลยีรถยนต์ไฮบริด ที่วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา
- เข้ารับการฝึกอบรมผู้ตรวจสอบและทดสอบรถยนต์ติดตั้งแก๊ส NGV/CNG ที่กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน
- อบรมช่างซ่อมสีรถยนต์ ระดับ 1 (สีโซลิด) ณ ศูนย์ฝึกอบรม บริษัท โตโยต้า (ประเทศไทย) จำกัด
- อบรมช่างซ่อมสีรถยนต์ ระดับ 2 (สีเมทาลิก) ณ ศูนย์ฝึกอบรม บริษัท โตโยต้า (ประเทศไทย) จำกัด

SE-ED

หนังสือ	☑ 1 สี	จำนวน	367	หน้า
	☐ 2 สี	จำนวน		หน้า
	☐ 4 สี	จำนวน		หน้า
กระดาษ	☑ ปอนด์			
ความหนา	กระดาษปก		230	แกรม
	กระดาษเนื้อใน		70	แกรม

ISBN 978-616-08-2969-9

9 786160 829699

124 บาท

คู่มือเรียน-สอบ/อาชีวศึกษา-ช่างยนต์

www.se-ed.com

sbc.fans