



หน่วยที่ 8

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์





หัวข้อเรื่อง (Topics)

- 8.1 การควบคุมจังหวะการฉีดเชื้อเพลิง
- 8.2 การควบคุมวิธีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง
- 8.3 การควบคุมช่วงเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง
- 8.4 การควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์
- 8.5 การควบคุมการจุดระเบิดขณะสตาร์ทและหลังสตาร์ท





หัวข้อเรื่อง (Topics)

8.6 การควบคุมการปรับแก้การจุดระเบิดล่วงหน้า

8.7 การควบคุมความเร็วรอบเดินเบา

8.8 วาล์วควบคุมรอบเดินเบาแบบโรตารีโซลินอยด์

8.9 ระบบการวินิจฉัยข้อขัดข้อง

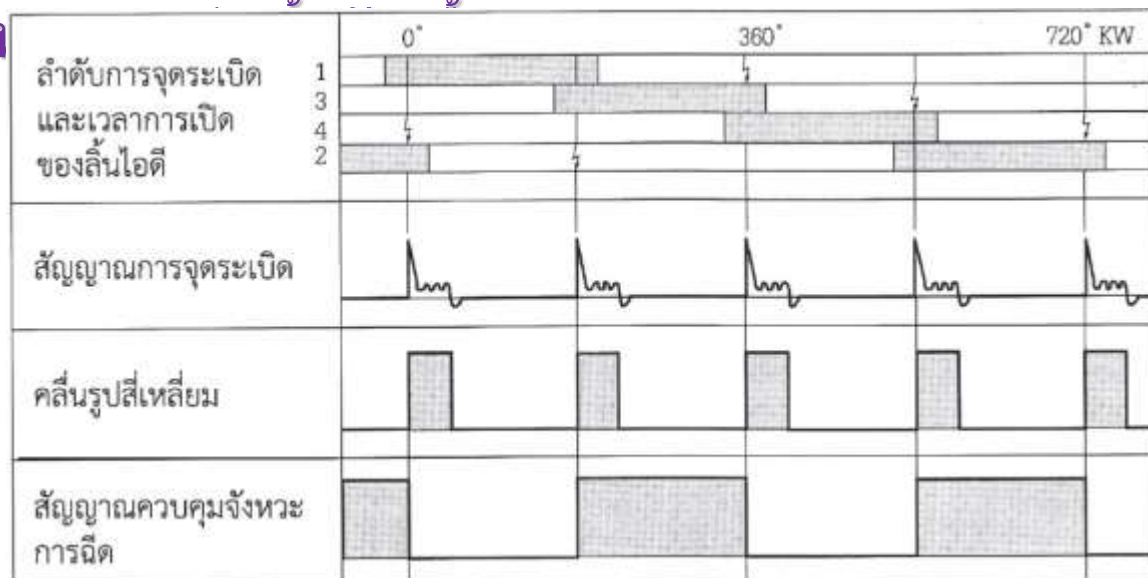




8.1 การควบคุมจังหวะการฉีดเชื้อเพลิง

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะคอยตรวจจับสัญญาณการจุดระเบิดเพื่อเป็นข้อมูลกำหนดจังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งปกติเครื่องยนต์ 4 สูบ จะมีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปผสมกับอากาศในท่อไอดี 2 ครั้ง ต่อ 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์ สัญญาณการจุดระเบิดที่ได้จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal) เกิดเป็นสัญญาณคลื่นรูปสี่เหลี่ยมใช้สำหรับควบคุม

จังหวะ



การสร้างสัญญาณควบคุมจังหวะการฉีด





8.2 การควบคุมวิธีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในรถยนต์ปัจจุบันนั้นหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์มีความสามารถควบคุมได้หลายวิธี ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

1. การฉีดแบบตามลำดับ (Sequential Injection) น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกแยกฉีดเข้าในแต่ละกระบอกสูบ จำนวนหนึ่งครั้งต่อการหมุนของเพลาช่อเหวี่ยงทุก 2 รอบ

2. การฉีดแบบเป็นกลุ่ม (Group Injection) น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปในแต่ละกลุ่มหนึ่งครั้งต่อการหมุนของเพลาช่อเหวี่ยงทุก 2 รอบ

3. การฉีดแบบพร้อมกัน (Simultaneous Injection) น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปในทุกกระบอกสูบพร้อมกัน จำนวนหนึ่งครั้งต่อการหมุนของเพลาช่อเหวี่ยงทุก 1 รอบ





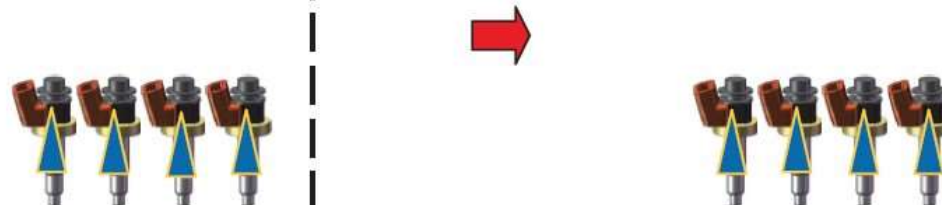
ฉีดแบบตามลำดับ



ฉีดแบบเป็นกลุ่ม



ฉีดแบบพร้อมกัน



360°

720°

วิธีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง





8.3 การควบคุมช่วงเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

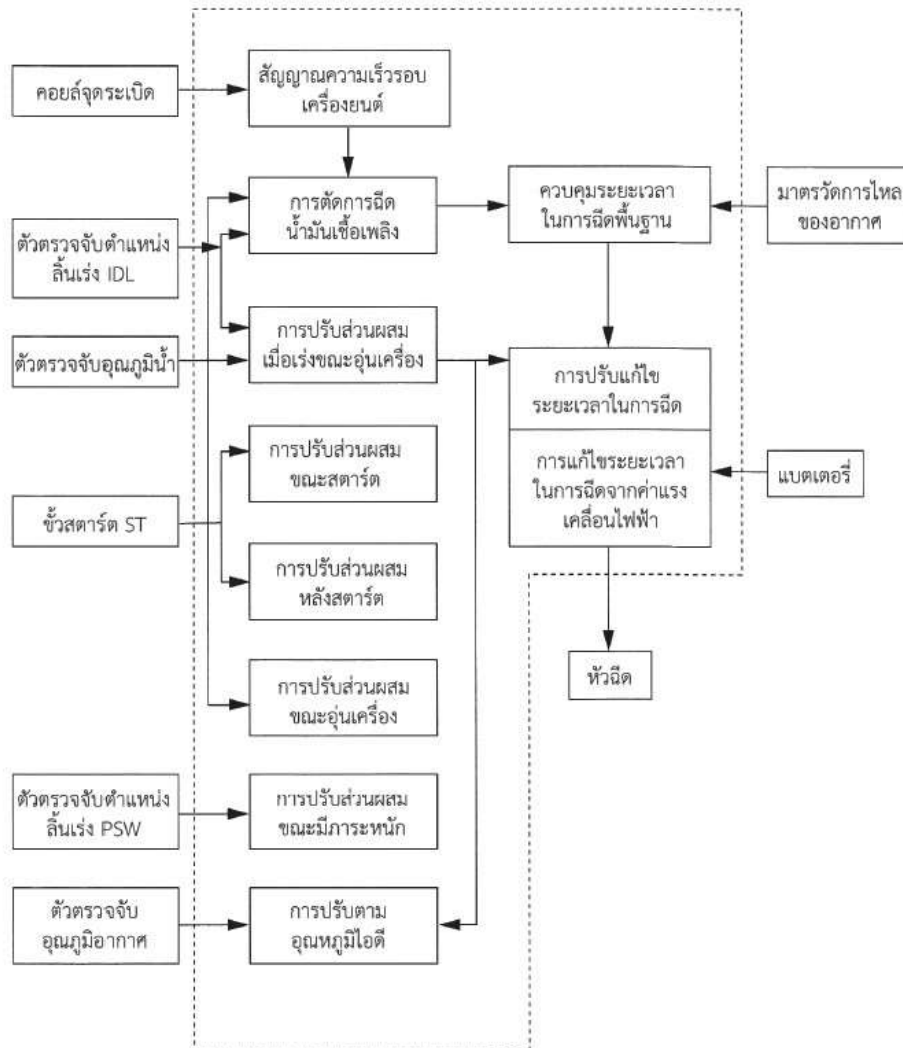
หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะควบคุมปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงโดยการเปลี่ยนช่วงเวลาการฉีดของหัวฉีด สำหรับช่วงเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่แท้จริงจะถูกกำหนดโดยองค์ประกอบ 2 อย่าง คือ

1. ช่วงเวลาการฉีดพื้นฐาน ถูกกำหนดโดยปริมาณไอดีและความเร็วรอบของเครื่องยนต์
2. ช่วงเวลาการฉีดปรับแก้ ถูกกำหนดโดยสัญญาณจากเซนเซอร์หรืออุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณต่าง ๆ





หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์



แผนผังการควบคุม ระยะเวลาการฉีดน้ำมัน เชื้อเพลิง





8.3.1 การควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงพื้นฐาน

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะทำการคำนวณหาระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานโดยใช้สัญญาณปริมาณไอดีจากมาตรวัดอากาศหรือตัวตรวจจับสัญญาณอากาศ และสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำ

$$\text{ระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน} = K \frac{\text{ปริมาณไอดี}}{\text{ความเร็วรอบของเครื่องยนต์}}$$

เมื่อ K = ค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้

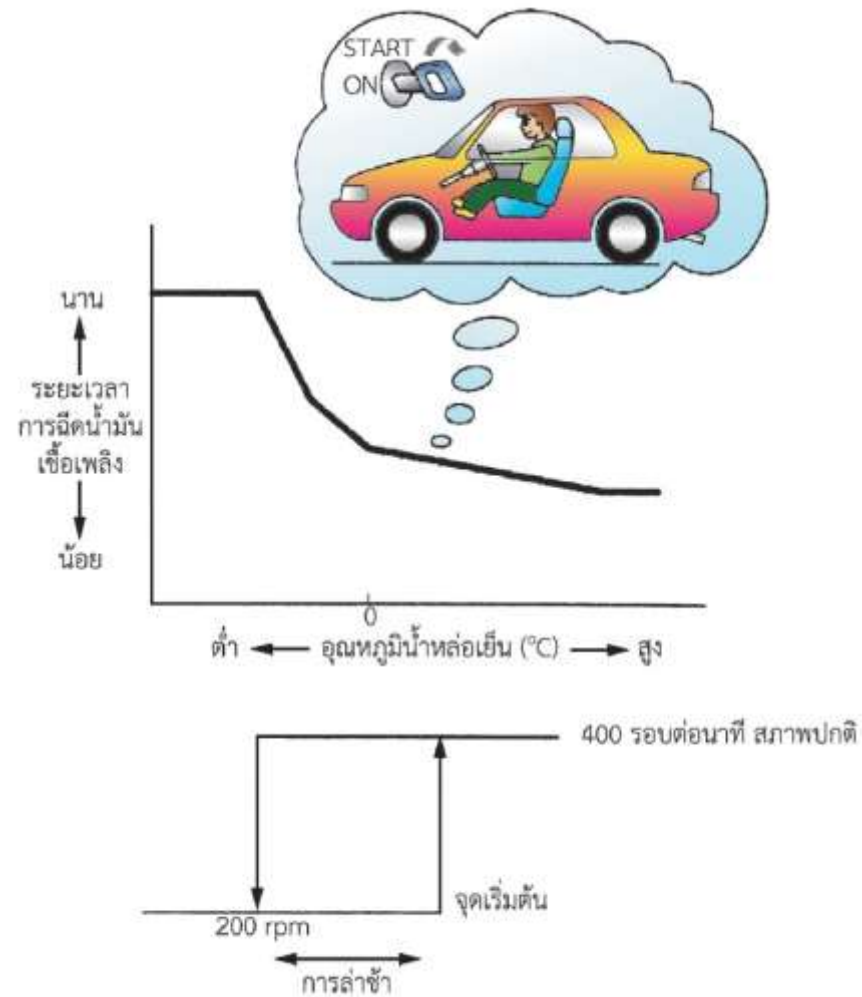
6.3.2 การควบคุมระยะเวลาการฉีดที่ปรับแก้

1. การเพิ่มความหนาส่วนผสมในระหว่างสตาร์ท

การฉีดพื้นฐานไม่สามารถคำนวณได้จากปริมาณไอดีได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากระหว่างสตาร์ทเครื่องยนต์ความเร็วรอบจะต่ำ และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไอดีจะมีมากในช่วงสตาร์ท ดังนั้นช่วงระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงระหว่างสตาร์ทจึงถูกกำหนดจาก

อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น ซึ่งตรวจจับโดยตัวตรวจจับอุณหภูมิ (Water Temperature Sensor)





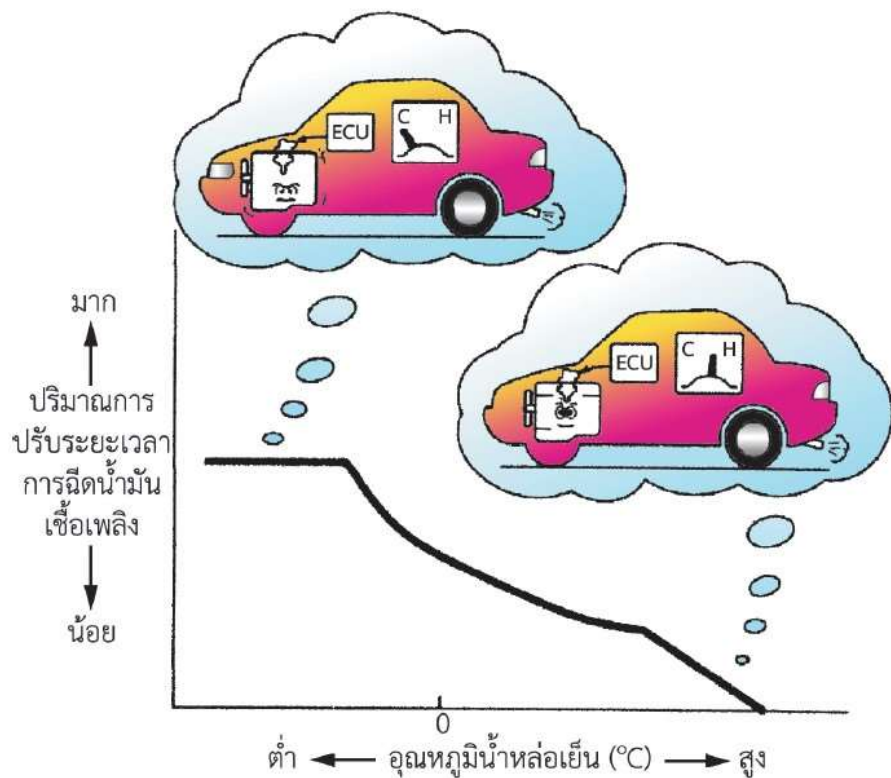
การปรับแก้ระยะเวลาในการฉีดขณะสตาร์ท





2. การเพิ่มความหนาในระหว่างอุ่นเครื่องยนต์

การปรับปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจะฉีดเพิ่มขึ้นเนื่องจากการกลายเป็นไอของน้ำมันเชื้อเพลิงจะลดลงขณะเครื่องยนต์อุณหภูมิต่ำ ขณะเครื่องยนต์ทำงานที่อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นต่ำ ช่วงเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่ม



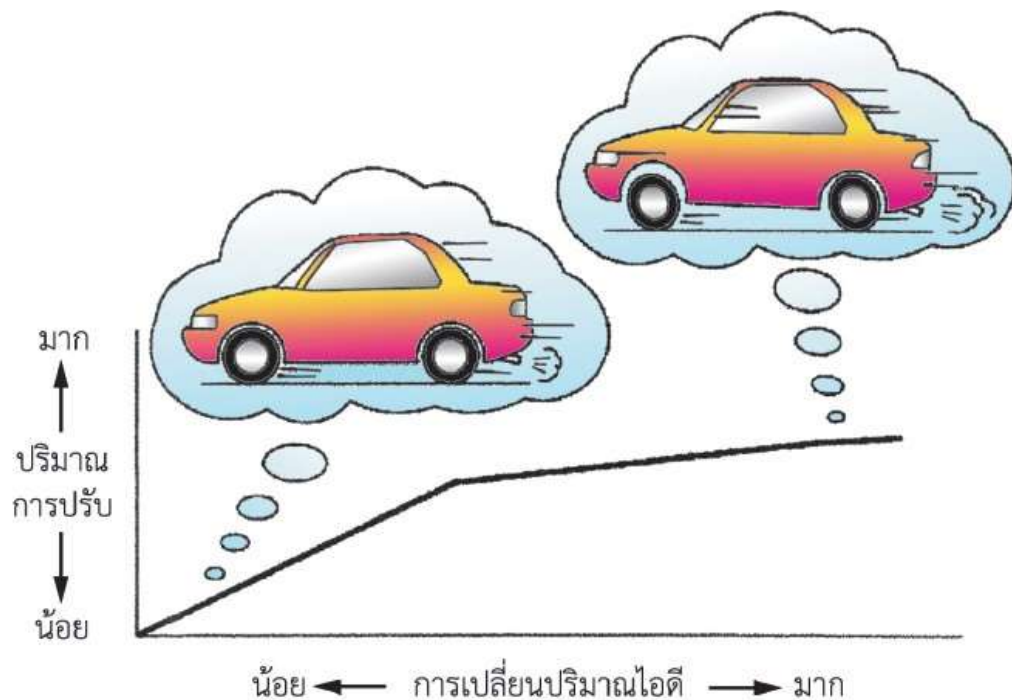
การปรับแก้ระยะเวลาในการฉีดขณะอุ่นเครื่องยนต์





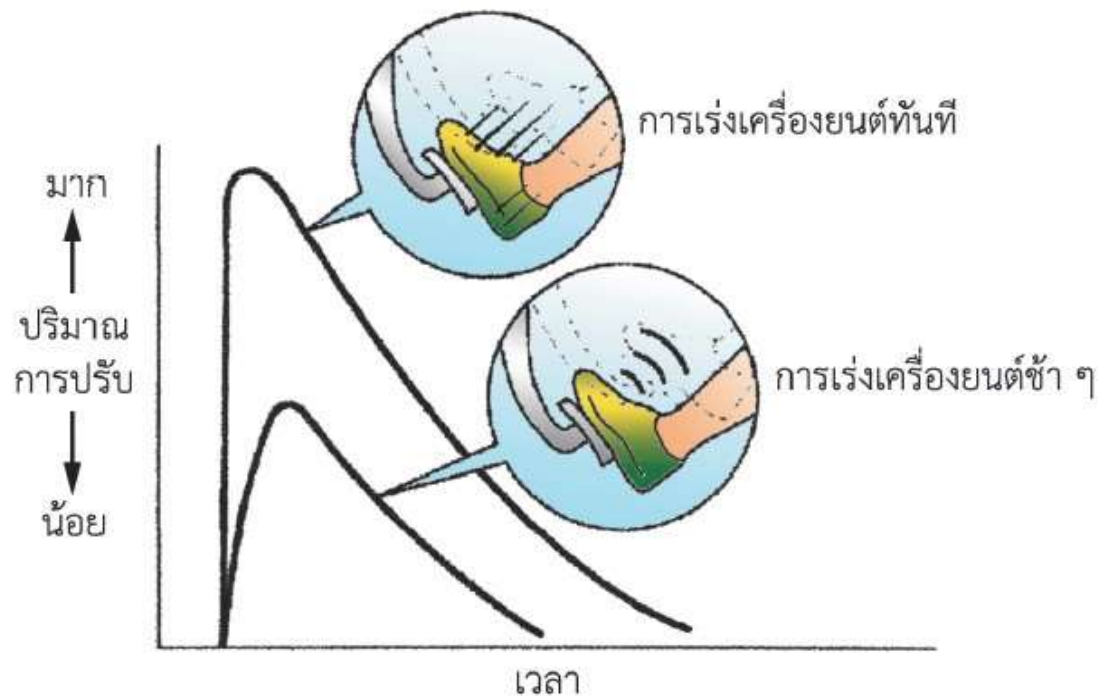
3. การเพิ่มความหนาส่วนผสมแรงเครื่องยนต์

ระยะเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจะนานขึ้นเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง ป้องกันไม่ให้ส่วนผสมอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงเบาบาง อันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของปริมาณไอดีขณะเหยียบคันเร่ง หน่วยควบคุมจะรับรู้การเร่งเครื่องยนต์ได้จากความเร็วในการเปลี่ยนแปลง



การปรับแก้ระยะเวลา
ในการฉีดขณะเร่ง
เครื่องยนต์





(ต่อ) การปรับแก้ระยะเวลาในการฉีดขณะเร่ง
เครื่องยนต์

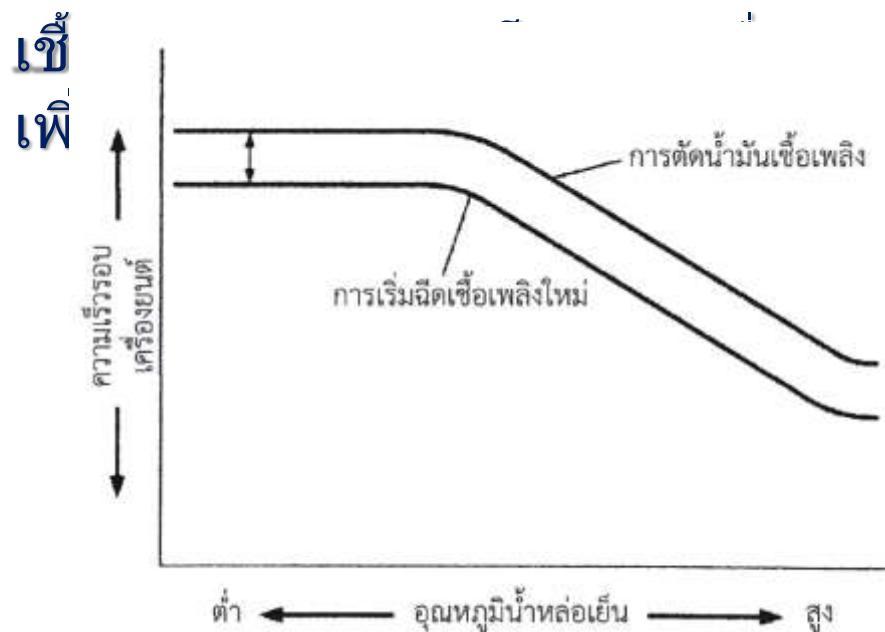




4. การตัดน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Cut-off)

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะสั่งหยุดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงทันที เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงกว่ากำหนดและลิ้นเร่งปิดอย่างรวดเร็วจากการถอนคันเร่ง ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่มีการตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและความเร็วรอบที่มีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงใหม่

นอกจากนี้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ทำให้มีการตัดการฉีดน้ำมันให้มีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงขึ้นใหม่จะ



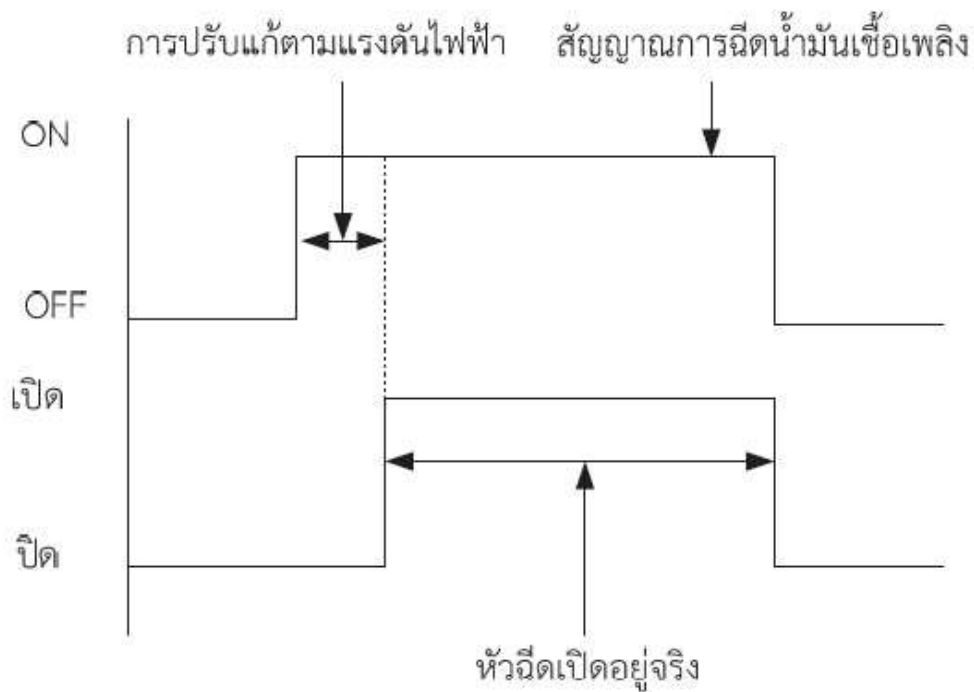
การตัดน้ำมันและการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงใหม่





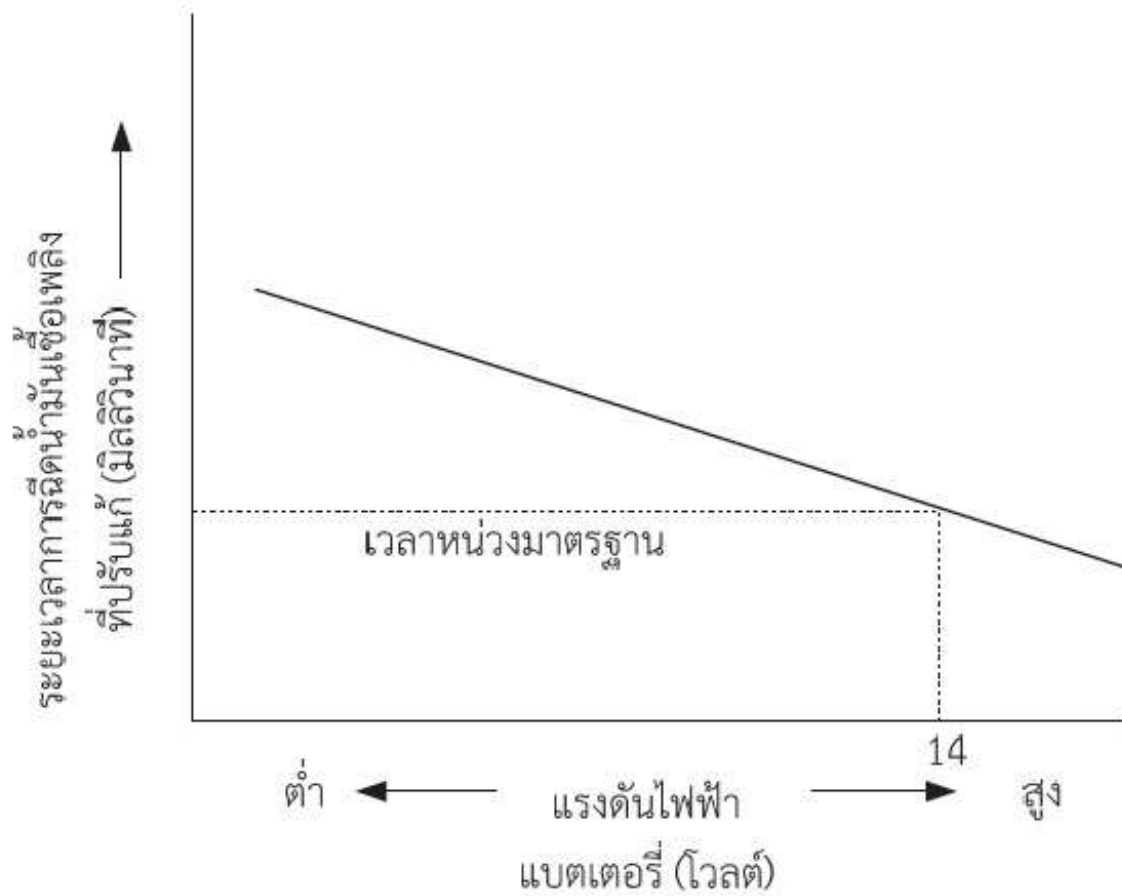
5. การปรับแก้ตามแรงดันไฟฟ้า (Voltage Correction)

ถ้าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่เกิดตกลงมากขณะที่หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) ส่งสัญญาณการฉีดไปยังหัวฉีด จะเป็นสาเหตุให้หัวฉีดมีความล่าช้าอยู่เล็กน้อยในการเริ่มฉีดเชื้อเพลิง ความล่าช้านี้จะ



การปรับแก้การฉีดเชื้อเพลิงตามค่า
แรงดันไฟฟ้า





(ต่อ) การปรับแก้การฉีดเชื้อเพลิงตามค่า
แรงดันไฟฟ้า



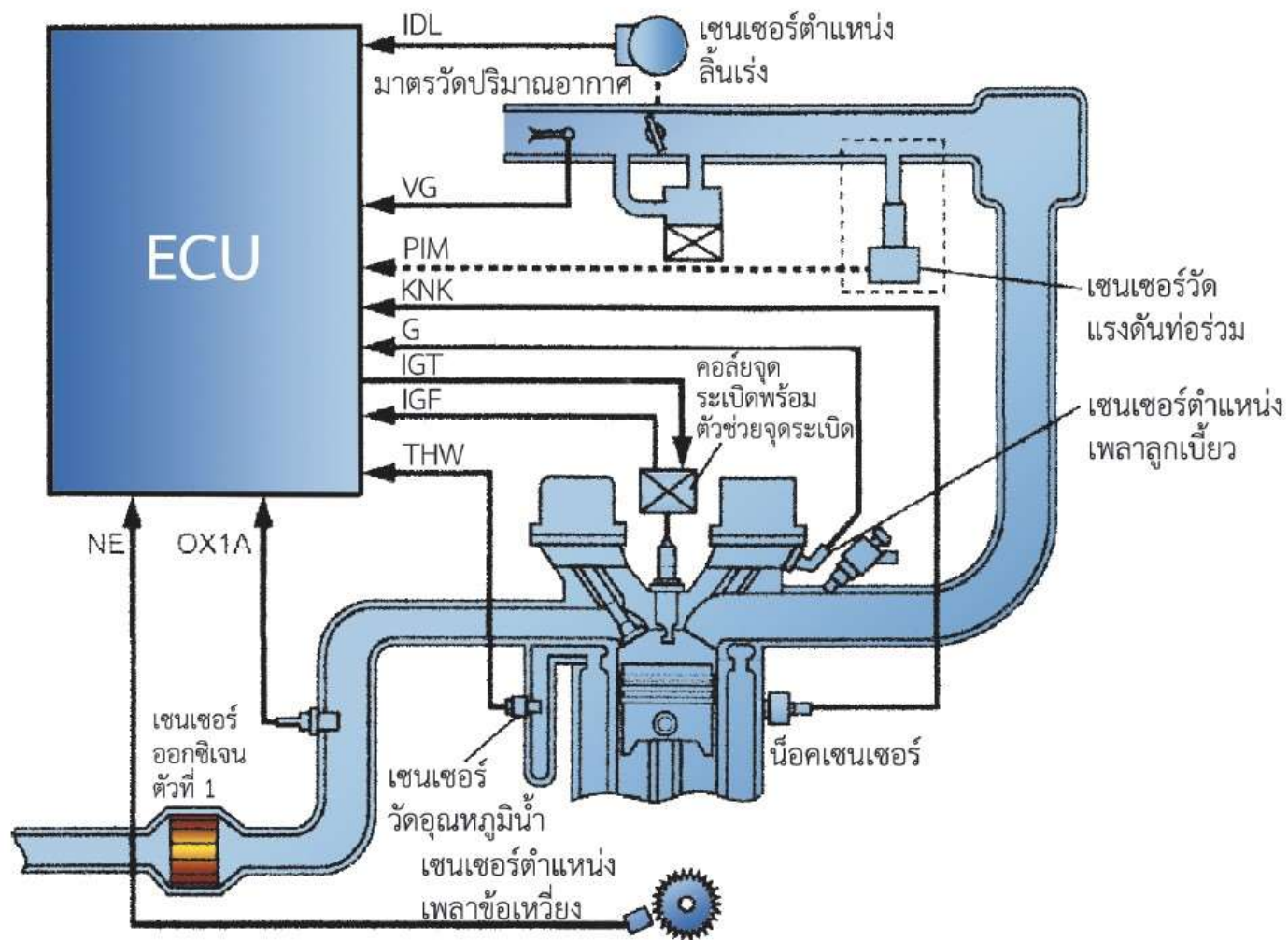


8.4 การควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์

การควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Spark Advance) หรือ ESA คือ ระบบควบคุมการจุดระเบิดที่ใช้หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมตำแหน่งของการจุดระเบิดล่วงหน้าแทนชุดควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไก (Mechanical Advance)

ระบบ ESA ประกอบด้วยตัวตรวจจับและส่งสัญญาณ (Sensor) หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) ตัวช่วยจุดระเบิด (Igniter) และหัวเทียน (Spark Plug) ระบบควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้า ESA จะได้รับข้อมูลที่จำเป็นเพื่อกำหนดองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าได้เหมาะสม



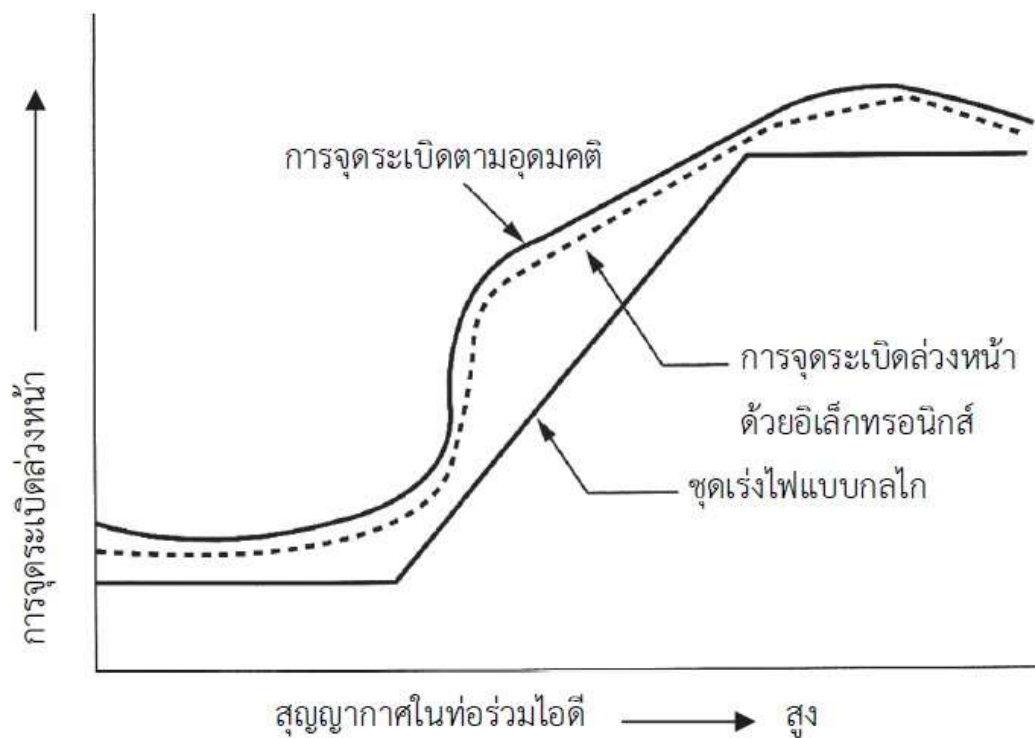


โครงสร้างของระบบควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์



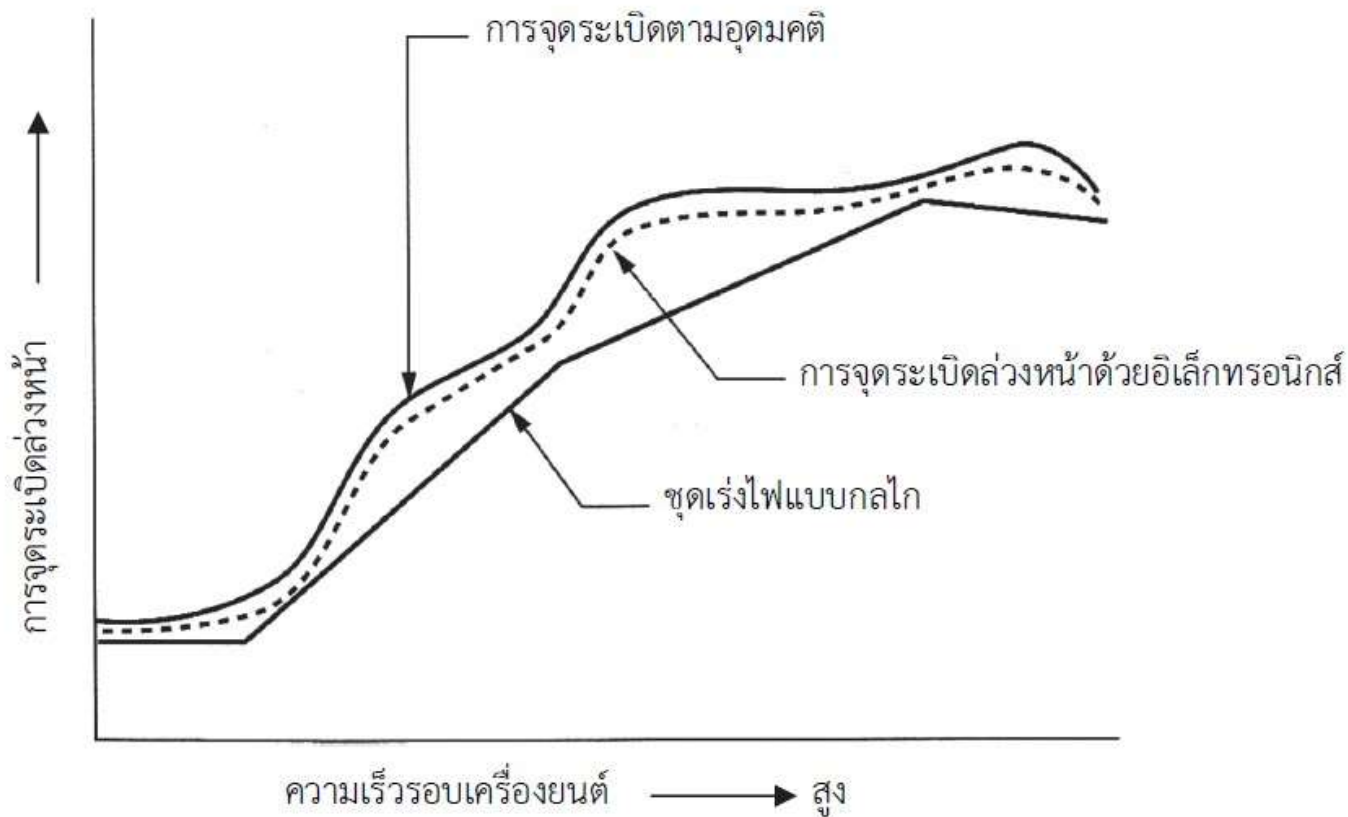


เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพกำลังงานสูงสุด อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกกำหนดจุดระเบิดที่ประมาณ 10 องศา ก่อนศูนย์ตายบน แต่ตำแหน่งการจุดระเบิดจะเปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์แล้ว



กราฟการควบคุมการจุดระเบิดตามสญญากาศ



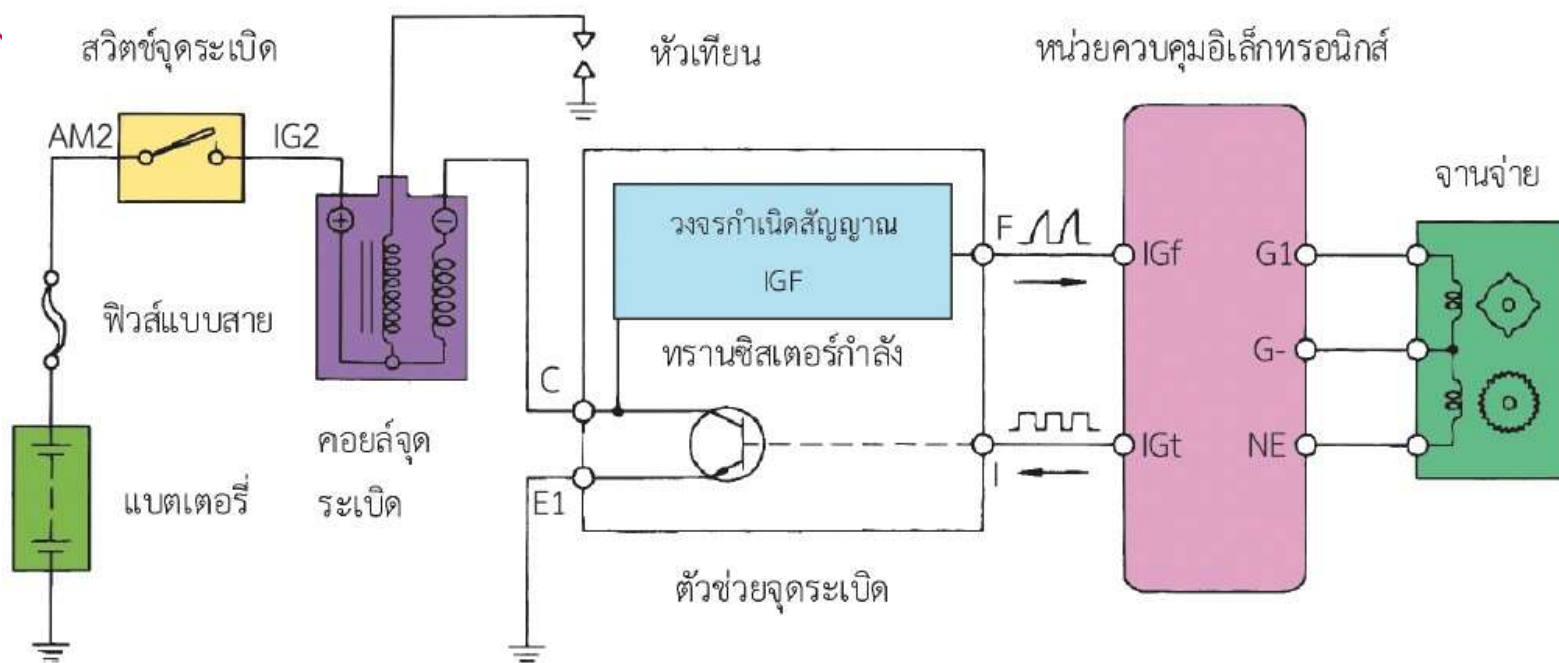


กราฟการควบคุมการจู่ดระเปิดตามความเร็วรอบเครื่องยนต์





การทำงานของระบบควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์ หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ จะกำหนดจังหวะจุดระเบิดจากหน่วยความจำที่อยู่ภายใน ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลจังหวะการจุดระเบิดที่ดีที่สุดตาม



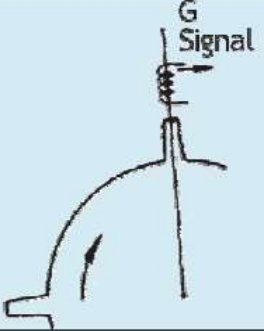
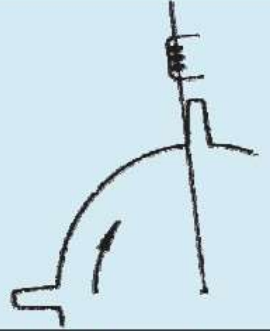
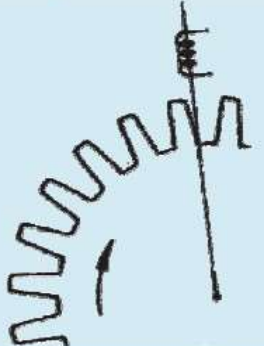
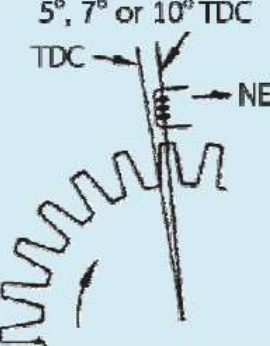
ตัวอย่างวงจรการทำงานของระบบจุดระเบิด
ล่วงหน้า ESA





8.4.1 องศาการจุดระเบิดเริ่มต้น (Initial Ignition Timing Angle)

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะกำหนดองศาการจุดระเบิดเริ่มต้นที่ 5° , 7° , 10° ก่อนศูนย์ตายบน (ขึ้นอยู่กับรุ่นเครื่องยนต์) จากสัญญาณความเร็วรอบ NE และสัญญาณมุมเฟลาข้อเหวี่ยง G ต่อจากนั้นกล่องคอมพิวเตอร์จะเลือก

ไทม์มิ่งโรเตอร์	จุด A	จุด B
ไทม์มิ่งโรเตอร์สัญญาณ G และขดลวดฟิวส์ G		
ไทม์มิ่งโรเตอร์สัญญาณ NE และขดลวดฟิวส์ NE		

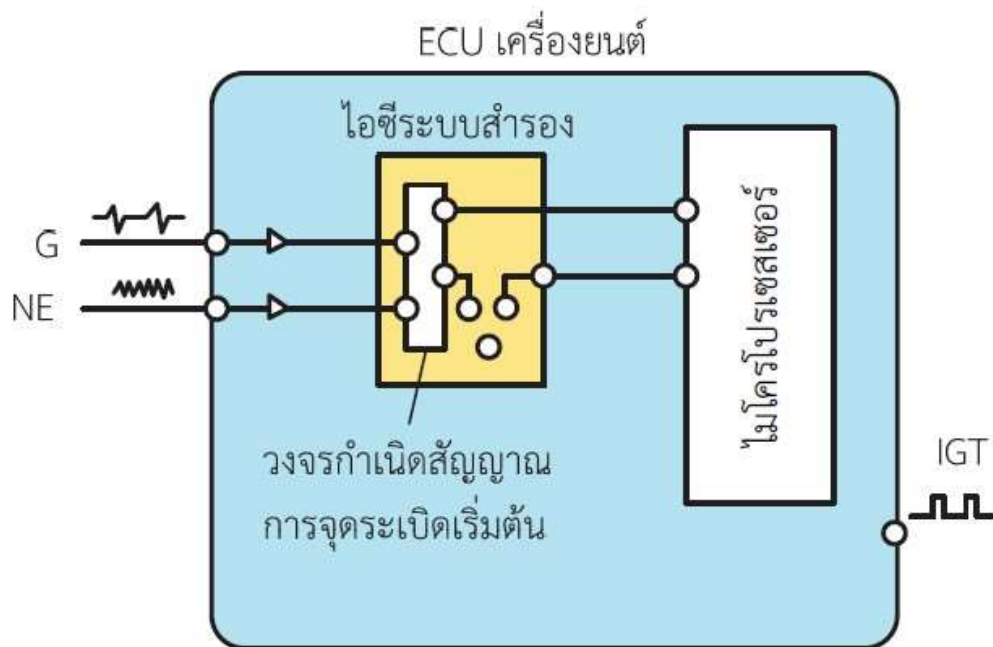
การกำหนดองศาการ
จุดระเบิดเริ่มต้น





8.4.2 สัญญาณจังหวะการจุดระเบิด IGT (Ignition Timing Signal)

ECU เครื่องยนต์จะคำนวณจังหวะจุดระเบิดที่เหมาะสมที่สุด จากตัวตรวจจับสัญญาณ (Sensor) ต่าง ๆ และส่งสัญญาณจังหวะการจุดระเบิด IGT ไปยังตัวช่วยจุดระเบิด สัญญาณ IGT จะเปิดทันทีก่อนที่จังหวะการจุดระเบิดจะถูกคำนวณ

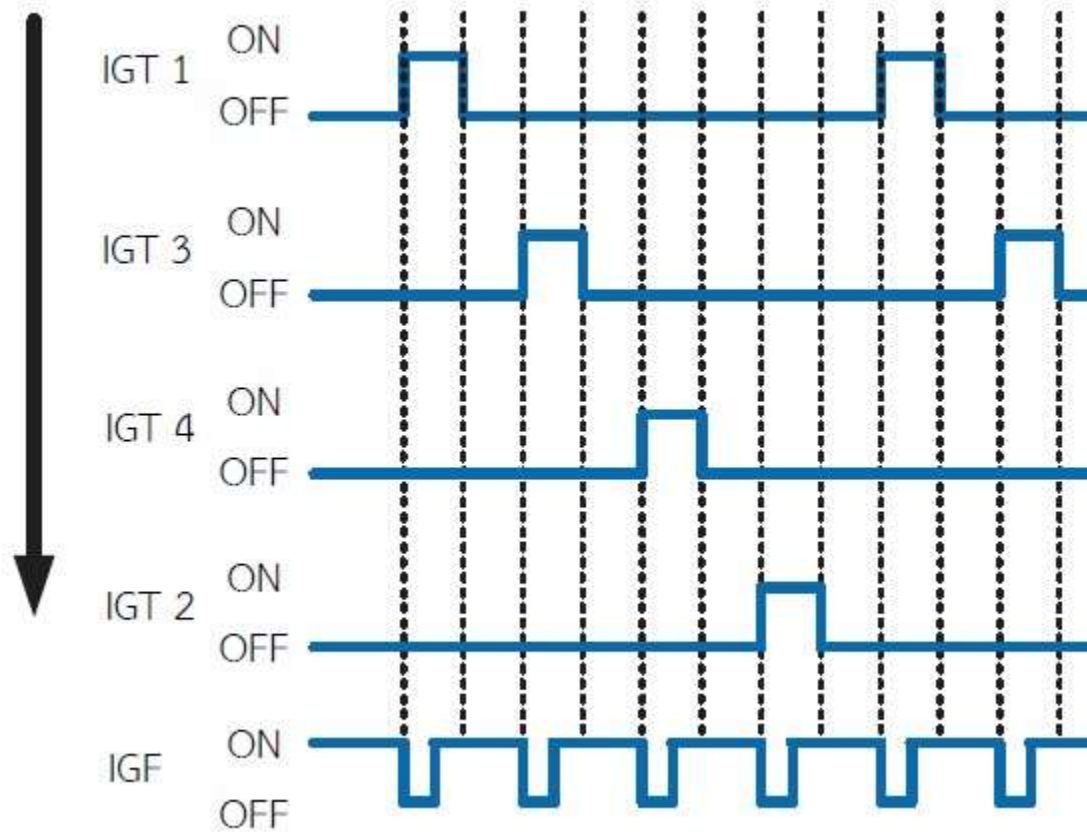


ลักษณะสัญญาณ IGT





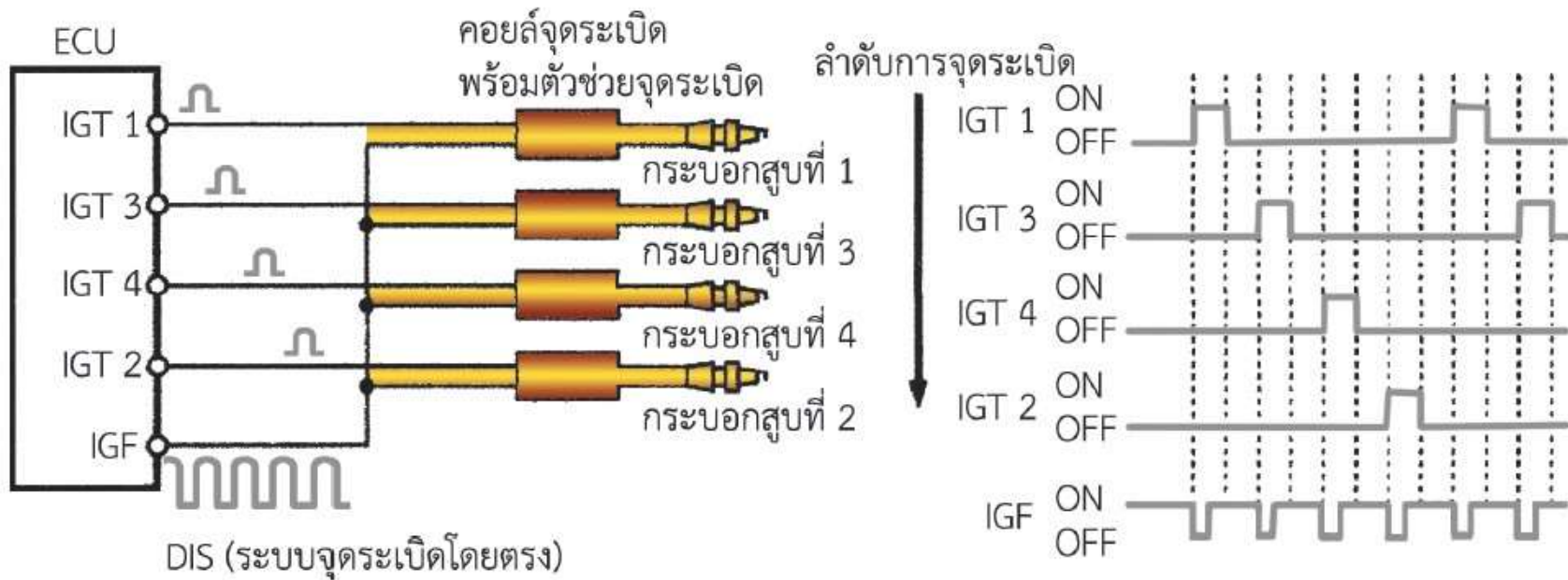
ลำดับการจุดระเบิด



(ต่อ) ลักษณะสัญญาณ IGT







(ต่อ) ความสัมพันธ์ของสัญญาณ IGT และ IGF



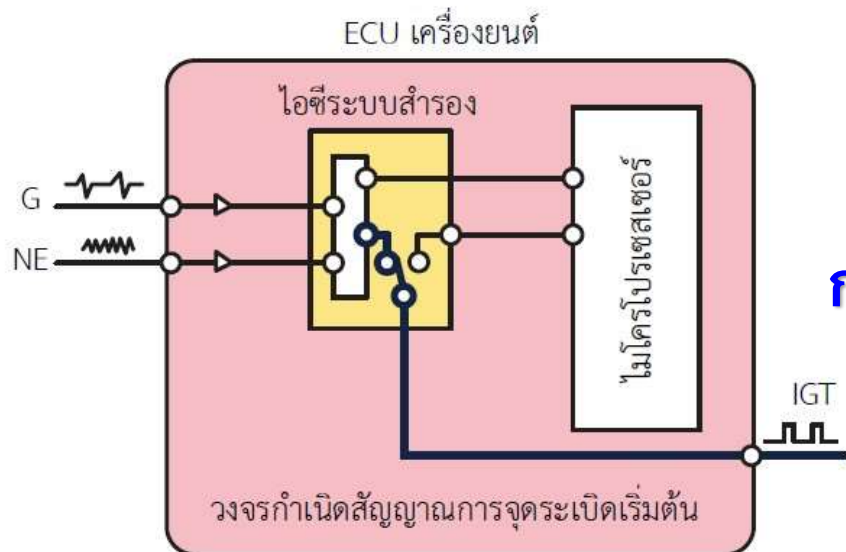


8.5 การควบคุมการจุดระเบิดขณะสตาร์ทและหลังสตาร์ท

การควบคุมจังหวะการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ประกอบด้วยการควบคุมจังหวะการจุดระเบิดพื้นฐาน 2 อย่าง คือ

8.5.1 การควบคุมการจุดระเบิดขณะสตาร์ท

ขณะทำการสตาร์ทเมื่อเครื่องยนต์เริ่มหมุน ความเร็วรอบเครื่องยนต์จะต่ำและการไหลของไอดีไม่สม่ำเสมอจึงไม่สามารถใช้สัญญาณ PIM หรือ VC



การควบคุมการจุดระเบิดขณะสตาร์ท





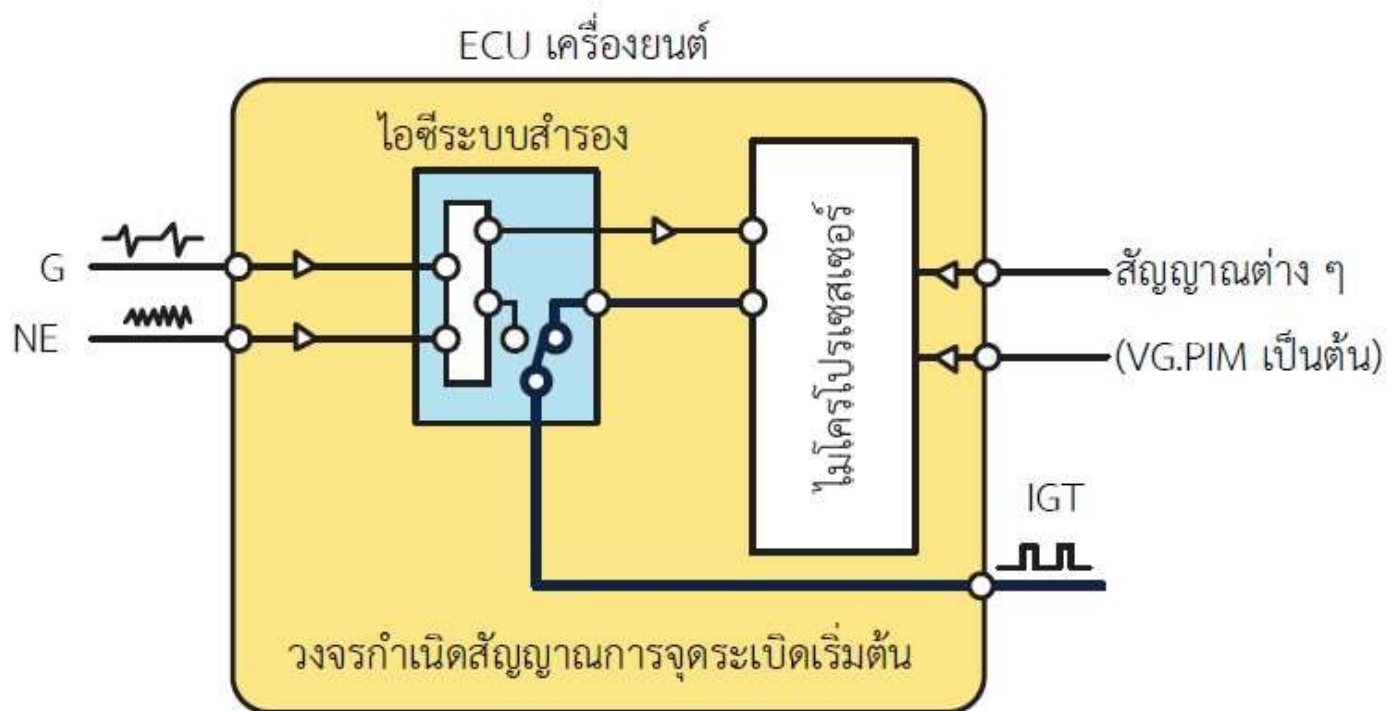
8.5.2 การควบคุมการจุดระเบิดหลังการสตาร์ท

การควบคุมการจุดระเบิดหลังการสตาร์ท คือ การควบคุมที่เกิดขึ้นขณะเครื่องยนต์กำลังทำงานหลังการสตาร์ทแล้ว โดยมีการปรับแก้องศาจังหวะจุดระเบิดเริ่มต้นและองศาจุดระเบิดล่วงหน้าพื้นฐาน ดังนี้

$$\text{จังหวะการจุดระเบิด} = \text{องศาการจุดระเบิดเริ่มต้น} + \text{องศาการจุดระเบิดล่วงหน้า} + \text{องศาปรับแก้การจุดระเบิดล่วงหน้า}$$

เมื่อการควบคุมการจุดระเบิดหลังการสตาร์ทเริ่มทำงานสัญญาณจุดระเบิดจะถูกคำนวณจากไมโครโปรเซสเซอร์ และส่งสัญญาณการจุดระเบิดผ่านไอซีระบบสำรอง





การควบคุมการจุดระเบิดหลังการสตาร์ท

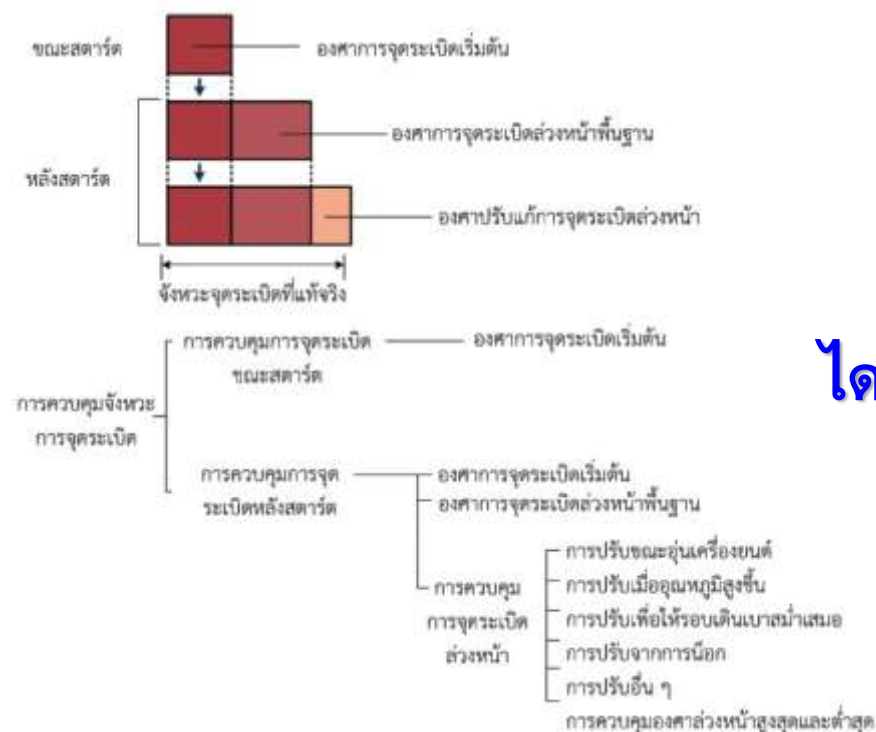




8.6

การควบคุมการปรับแก้การจุดระเบิดล่วงหน้า

การควบคุมการปรับแก้การจุดระเบิดล่วงหน้าเป็นองค์ประกอบหนึ่งของการควบคุมจังหวะจุดระเบิดหลังการสตาร์ทในระบบ ESA จะควบคุมองศาการจุดระเบิดล่วงหน้าจากการปรับแก้ตามสภาวะการทำงานของ



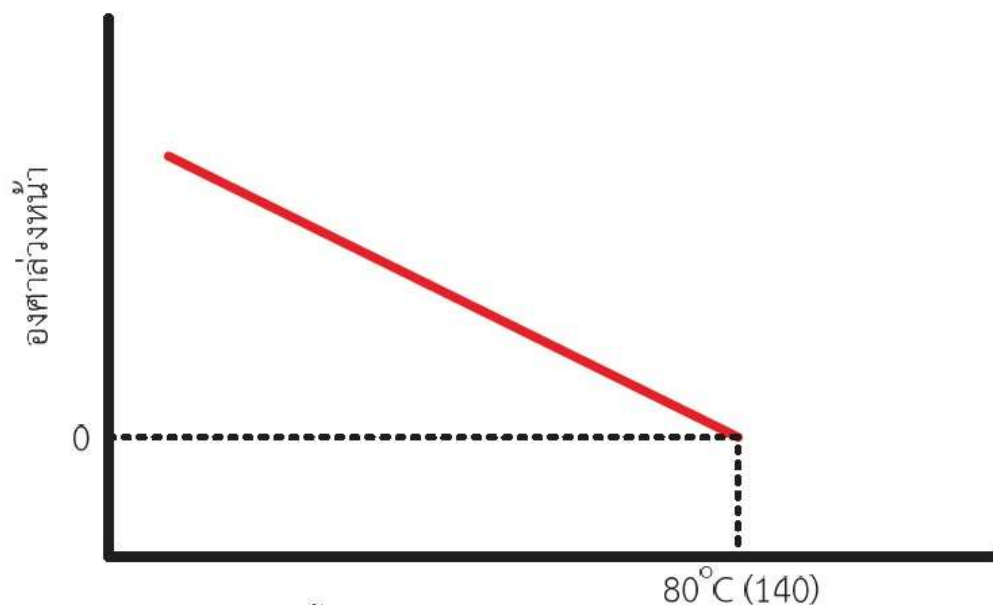
ไดอะแกรมการควบคุมจังหวะการจุดระเบิด





8.6.1 การปรับแก้ขณะอุ่นเครื่องยนต์

จังหวะการจุดระเบิดจะเร็วขึ้นกว่าปกติประมาณ 15° เมื่ออุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นต่ำมากเพื่อเพิ่มสมรรถนะของเครื่องยนต์



* อุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น 0-C (0-F)
ขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่องยนต์

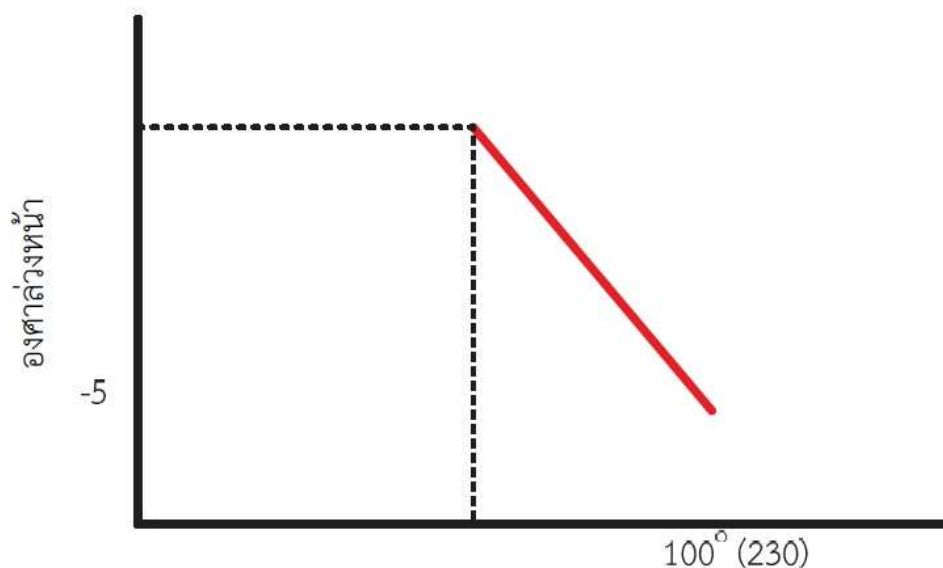
การรับแก้การจุดระเบิดล่วงหน้าขณะอุ่น
เครื่องยนต์





8.6.2 การปรับแก้เมื่ออุณหภูมิสูงเกินไป

ขณะเครื่องยนต์ทำงานและมีอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูงมาก จังหวะการจุดระเบิดจะถูกหน่วงลงเพื่อป้องกันการน็อกหรือความร้อนสูงเกินไป โดยจังหวะจุดระเบิด



* อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น 0-C (0-F)
ขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่องยนต์

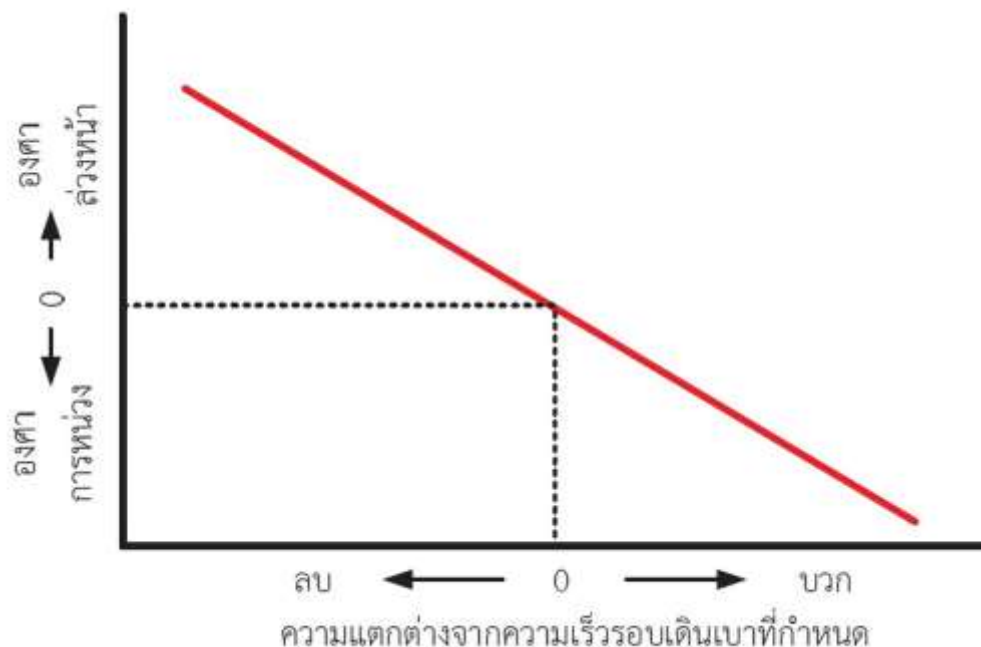
การปรับแก้การจุดระเบิดล่วงหน้าเมื่ออุณหภูมิ
สูงเกินไป





8.6.3 การปรับแก้รอบเดินเบาให้สม่ำเสมอ

ถ้าความเร็วรอบเครื่องยนต์เปลี่ยนไปจากความเร็วรอบเดินเบาที่กำหนดไว้ขณะที่อยู่ที่รอบเดินเบา หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) ของเครื่องยนต์ จะควบคุมจังหวะจุดระเบิดเพื่อรักษาความเร็วรอบเดินเบาให้สม่ำเสมอ



การปรับแก้การจุดระเบิดล่วงหน้าเพื่อรักษา
รอบเดินเบา



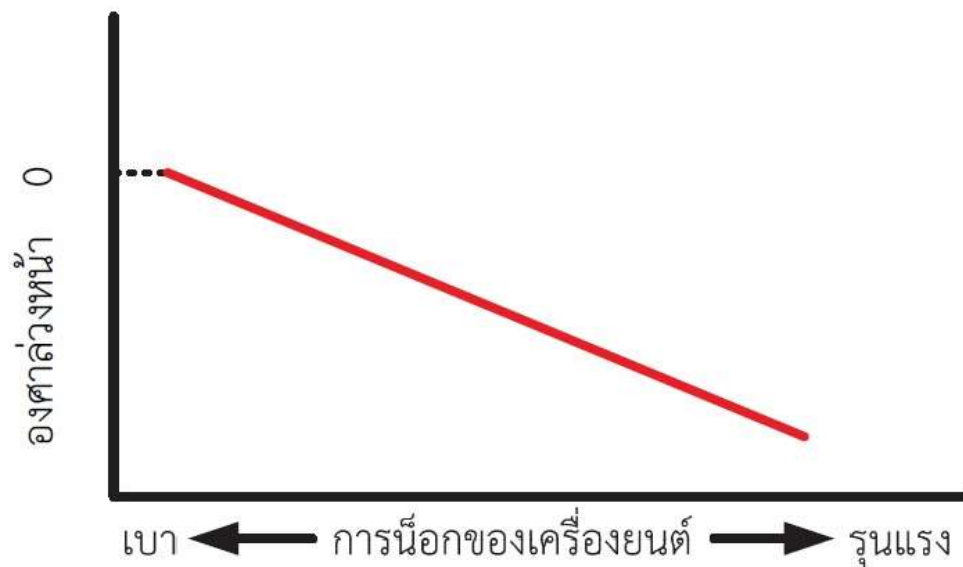


8.6.4 การปรับแก้จากการน็อก

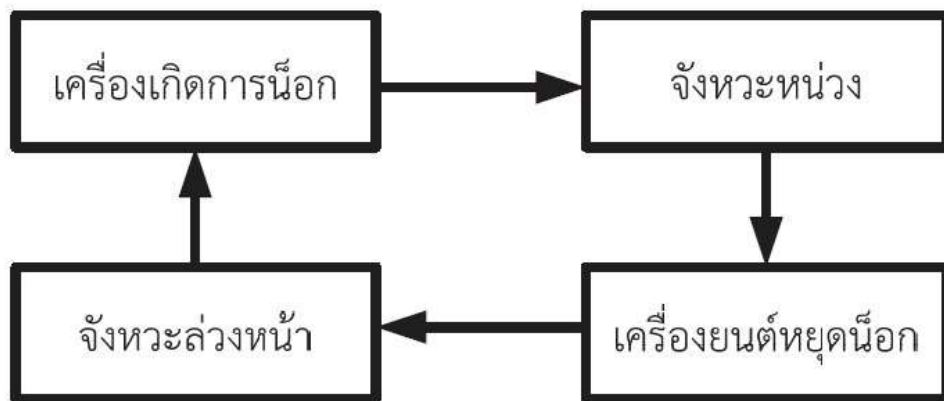
ถ้าเครื่องยนต์มีการน็อกเกิดขึ้น สัญญาณการน็อกจะเปลี่ยนแปลงการสันตะเทียนที่เกิดจากการน็อกเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า (สัญญาณ **KNK**) และส่งสัญญาณนี้ไปยัง ECU เครื่องยนต์ ECU เครื่องยนต์จะพิจารณาว่าการน็อกอยู่ในระดับที่รุนแรงปานกลางหรือเบา

เมื่อเครื่องยนต์หยุดน็อก ECU เครื่องยนต์จะหยุดหน่วงจังหวะจุดระเบิดและปรับให้เร็วขึ้นเล็กน้อย การปรับจังหวะการจุดระเบิดให้เร็วขึ้นนี้จะทำจนกว่าจะเกิดการน็อกขึ้นอีก ถ้าเครื่องยนต์มีการน็อกเกิดขึ้นอีก





การปรับแก้จังหวะจุด
ระเบิดล่วงหน้าจากการ
น็อก





8.6.5 การปรับแก้อื่น ๆ

เครื่องยนต์บางรุ่นมีการเพิ่มเติมการปรับแก้อื่น ๆ เข้ากับระบบควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมจังหวะการจุดระเบิดที่ถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น คือ

1. การปรับแก้จาก EGR (การหมุนเวียนก๊าซไอเสีย)
2. การปรับแก้ตามการป้อนกลับอัตราส่วนผสมอากาศกับน้ำมัน

เชื้อเพลิง

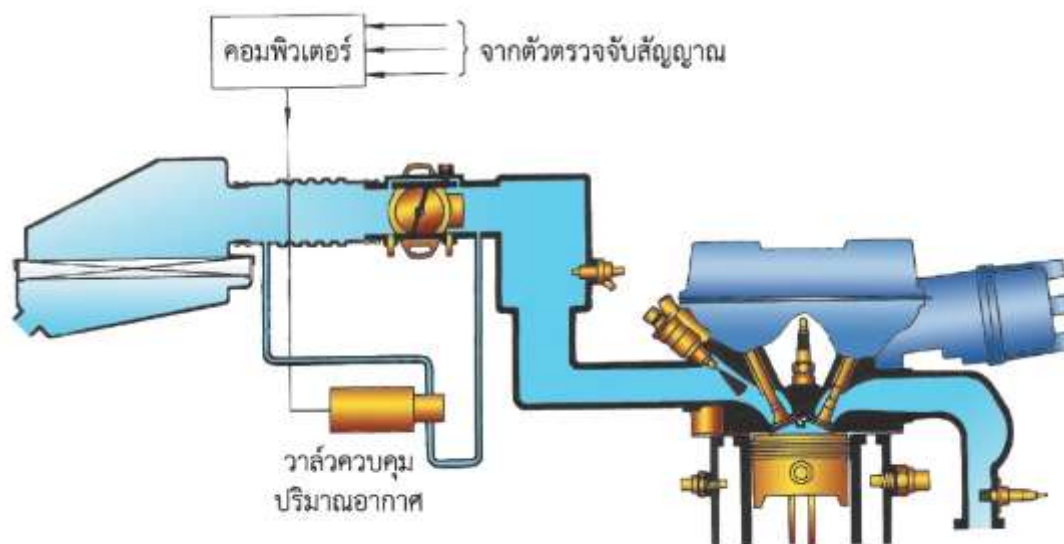
3. การปรับแก้จากการควบคุมแรงบิดสำหรับรถที่ติดตั้ง
4. การปรับแก้จากการเปลี่ยนความเร็ว
5. การปรับแก้จากการควบคุมความเร็วคงที่
6. การปรับแก้จากการป้องกันล้นหมุนฟรี



8.7

การควบคุมความเร็วรอบเดินเบา

การควบคุมความเร็วรอบเดินเบา (Idle Speed Control : ISC) ของเครื่องยนต์ คือการควบคุมปริมาณอากาศที่จะเข้าสู่เครื่องยนต์ในขณะลื่นเร่งปิดสวิตช์ โดยหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) จะส่งสัญญาณไฟฟ้าไปควบคุมวาล์วควบคุมความเร็วรอบเดินเบา (Idle Speed Control Valve : ISCV) ให้เปิด



หลักการของระบบควบคุมความเร็วรอบเดินเบา



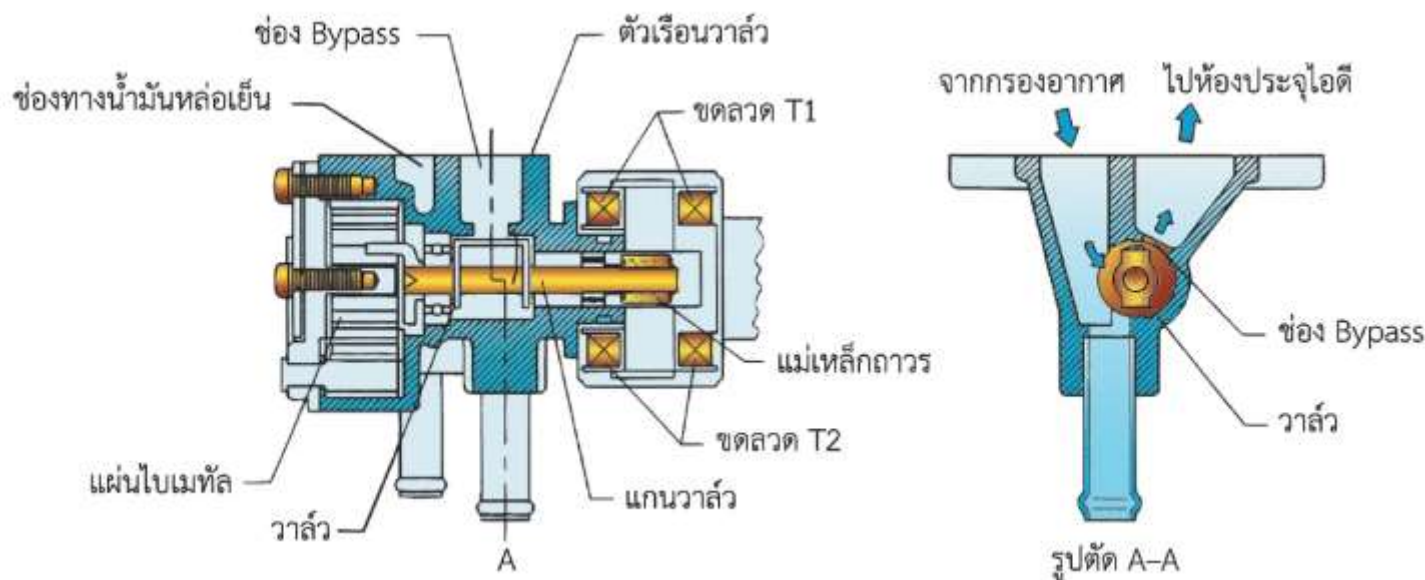
ระบบควบคุมรอบเดินเบาจะทำงานในขณะภาระของเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลงไปหรือมีการส่งสัญญาณจากเซนเซอร์ต่าง ๆ ให้หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เช่น สัญญาณแจ้งว่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นต่ำ สัญญาณการเปิดเครื่องปรับอากาศ สัญญาณภาระทางไฟฟ้า เป็นต้น

วาล์วควบคุมความเร็วรอบเดินเบา (ISCV) จะใช้สัญญาณจาก ECU ที่ส่งมาเพื่อควบคุมเครื่องยนต์ให้มีความเร็วรอบเดินเบาคงที่เหมาะสมตลอดเวลา แบ่งออกเป็น 4 แบบ

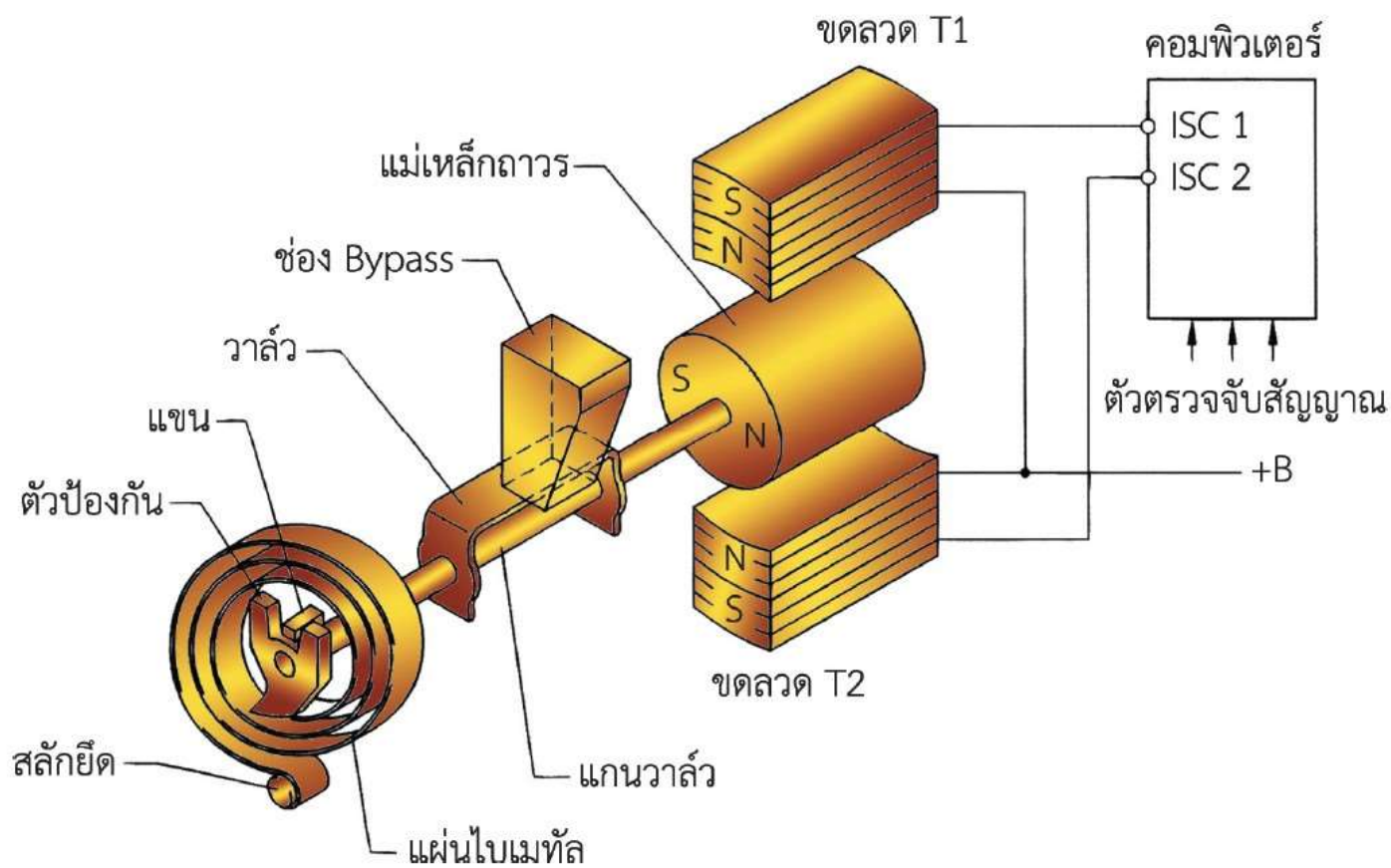
1. แบบโรตารีโซลินอยด์
2. แบบลิ้นควบคุมอากาศ
3. แบบลิ้นเปิด ปิดสัญญาณอากาศ
4. แบบสเตปเปอร์มอเตอร์



วาล์วแบบโรตารีโซลินอยด์อาศัยหลักการหมุนของวาล์วเพื่อเปิด ปิด ช่องทางบายพาสประกอบด้วย ชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ แม่เหล็กถาวร ขดลวด T1 และ T2 วาล์วเปิด ปิดช่องทางบายพาส การหมุนวาล์วใช้ สัญญาณ Duty Ratio จากกล่อง ECU เครื่องยนต์ควบคุมทิศทางการไหล ของการ



วาล์วแบบโรตารีโซลินอยด์



ส่วนประกอบของวาล์วแบบโรตารีโซลินอยด์



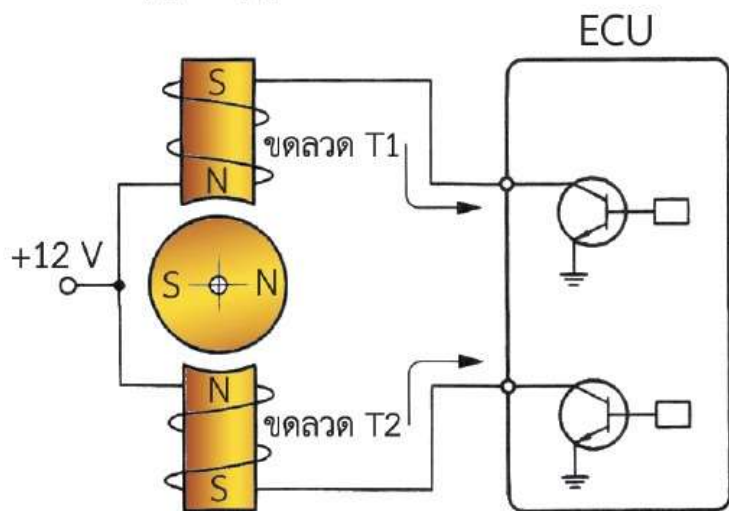


การทำงานของวาล์วควบคุมรอบเดินเบาแบบโรตารีโซลินอยด์ : ISCV

ในการทำงานของวาล์วแบบโรตารีโซลินอยด์อาศัยหลักการผลักและดูดของแม่เหล็กถาวรกับแม่เหล็กไฟฟ้าที่ขดลวด T1 และ T2 หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

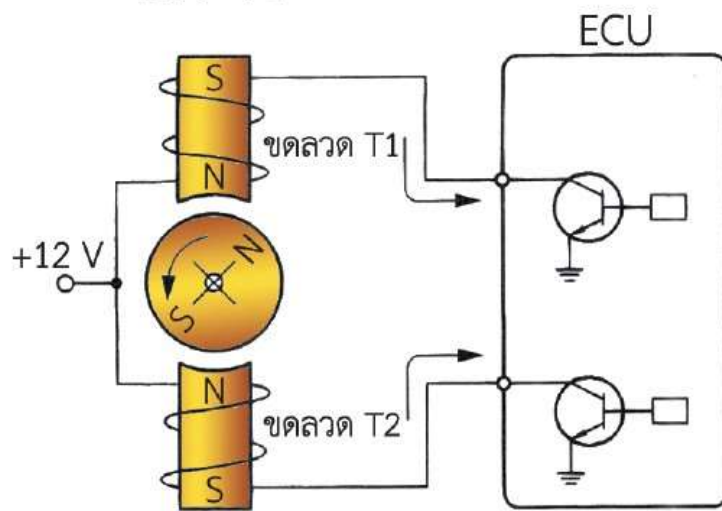
ความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็ก

$$T1 = T2$$



ความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็ก

$$T2 > T1$$



T2
เดิน

การควบคุมรอบเดินเบาแบบใช้โรตารี
โซลินอยด์





หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะคำนวณอัตราส่วนการทำงานที่เรียกว่า สัญญาณ Duty Ratio ส่งไปควบคุมความเข้มของเส้นแท่งแม่เหล็กที่ขดลวด T1 และ T2 เมื่ออัตราส่วนการทำงานสูง ไอซีจะเลื่อนวาล์วให้เปิด และเมื่ออัตราส่วนการทำงานต่ำ ไอซีจะเลื่อนวาล์วให้ปิด

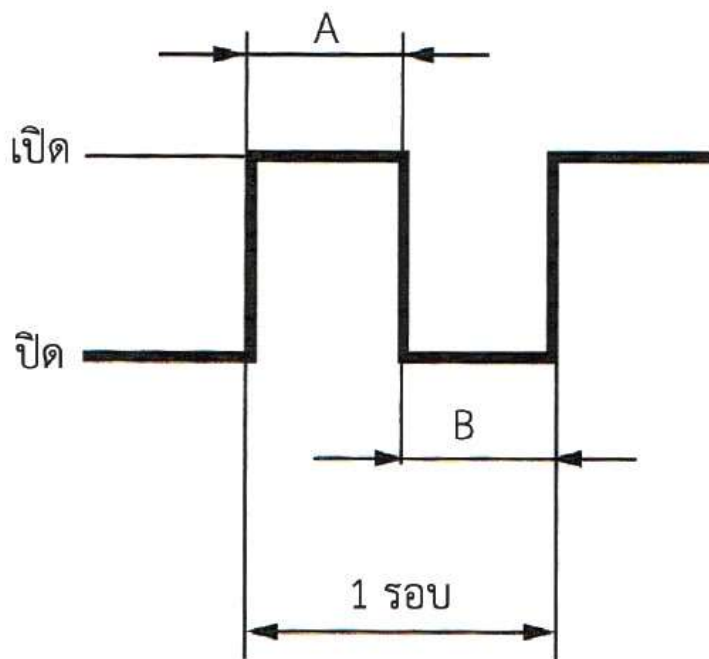
อัตราส่วนการทำงานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วนการทำงาน 50 เปอร์เซ็นต์ ช่วงเวลาการปิดและเปิดของวาล์วจะเท่ากัน T1 และ T2 จะมีความเข้มจากเส้น

$$\text{อัตราส่วนการทำงาน (Duty Ratio)} = \frac{A}{B} \times 100 (\%)$$

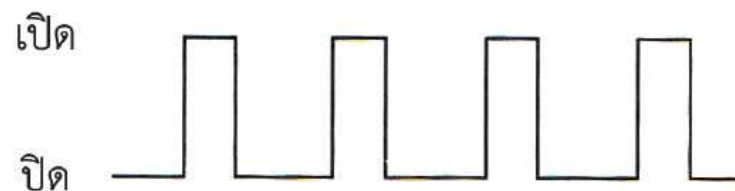
เลื่อนไปครึ่งหนึ่ง

ถ้าอัตราส่วนการทำงานมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ช่วงเวลาการเปิดของวาล์วจะมาก ความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ขดลวด T2 จะมากกว่า T1 แท่งแม่เหล็กถาวรจะถูกผลักและดึงให้หมุนไปในทิศทางที่เปิดช่องอากาศมากขึ้น

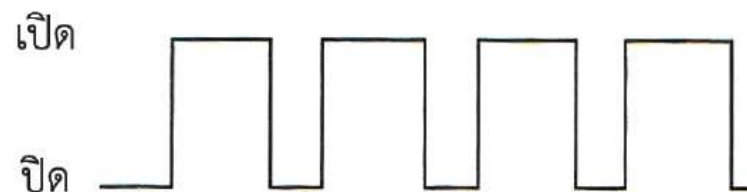




อัตราส่วนการทำงานต่ำ



อัตราส่วนการทำงานสูง



สัญญาณอัตราส่วนการทำงาน Duty
ratio ต่ำและสูง





อัตราส่วนการทำงาน 50%

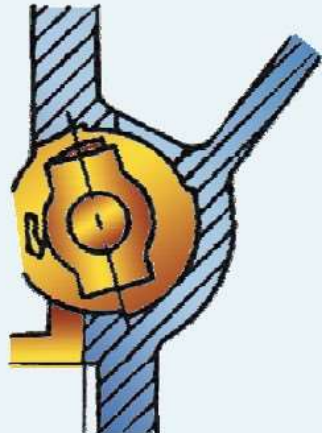
ช่วงระยะเวลา ปิด-เปิด	ความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็ก	ตำแหน่งวาล์ว
ON OFF ขดลวด T1		
ON OFF ขดลวด T2		

การทำงานของวาล์วเมื่อสัญญาณ Duty Ratio มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์





อัตราส่วนการทำงานมากกว่า 50%

ช่วงระยะเวลา ปิด-เปิด	ความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็ก	ตำแหน่งวาล์ว
ON OFF ขดลวด T1		
ON OFF ขดลวด T2		

(ต่อ) การทำงานของวาล์วเมื่อสัญญาณ Duty Ratio มากกว่า 50 เปอร์เซนต์



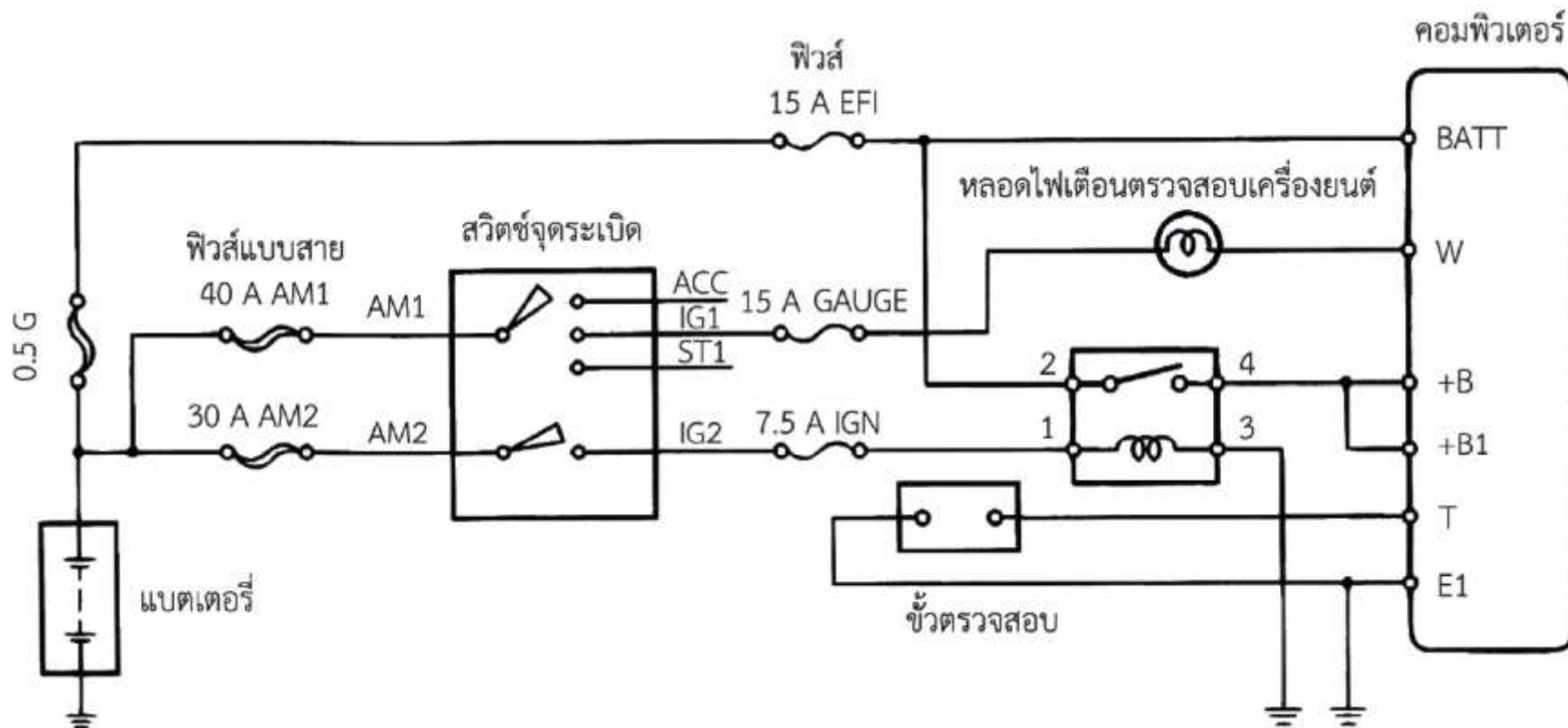
ระบบวินิจฉัยข้อขัดข้อง (Diagnosis System) จะถูกโปรแกรมไว้ในหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่ในการตรวจสอบความบกพร่องของตัวตรวจจับสัญญาณ (Sensor) รวมถึงวงจรไฟฟ้าของตัวตรวจจับสัญญาณ



ไฟตรวจสอบเครื่องยนต์ที่มาตรวัดรวม



ความผิดปกติที่ระบบวินิจฉัยข้อขัดข้องตรวจพบจะถูกบันทึกไว้ในหน่วยความจำสำรอง จนกว่าความบกพร่องจะได้รับการแก้ไข และมีการลบ



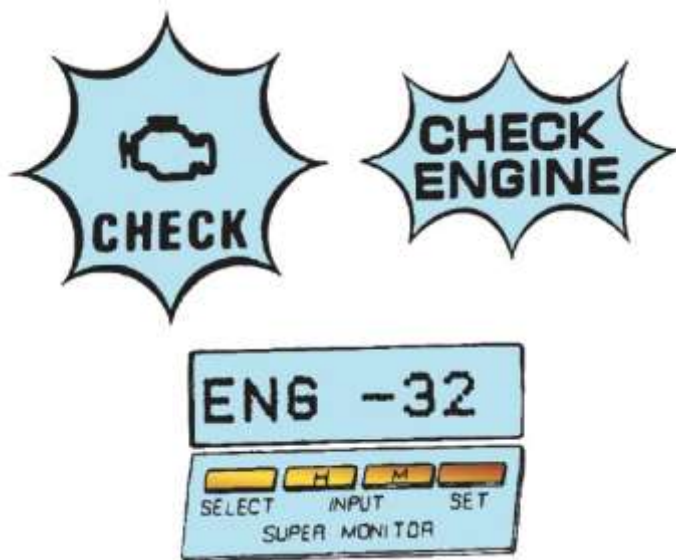
วงจรไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ระบบการ
วินิจฉัยข้อขัดข้อง



8.9.1 รหัสข้อขัดข้อง (Diagnostic Code)

ในสภาวะปกติที่ไม่มีข้อขัดข้องเกิดขึ้นกับระบบควบคุม เมื่อเปิดสวิตช์จุดระเบิด ON หลอดไฟตรวจสอบเครื่องยนต์จะติดสว่างขึ้น แล้วจะดับลงเมื่อเครื่องยนต์ทำงาน แต่ถ้าหลอดไฟตรวจสอบเครื่องยนต์ไม่ดับแสดงว่ามีข้อขัดข้องเกิดขึ้นขณะเครื่องยนต์ทำงาน

รหัสข้อขัดข้องเป็นสัญญาณการกระพริบของหลอดไฟตรวจสอบเครื่องยนต์ซึ่งแสดงให้ทราบขณะเครื่องยนต์หยุดทำงานโดยสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งที่ขั้ว T และ E1 ของหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์



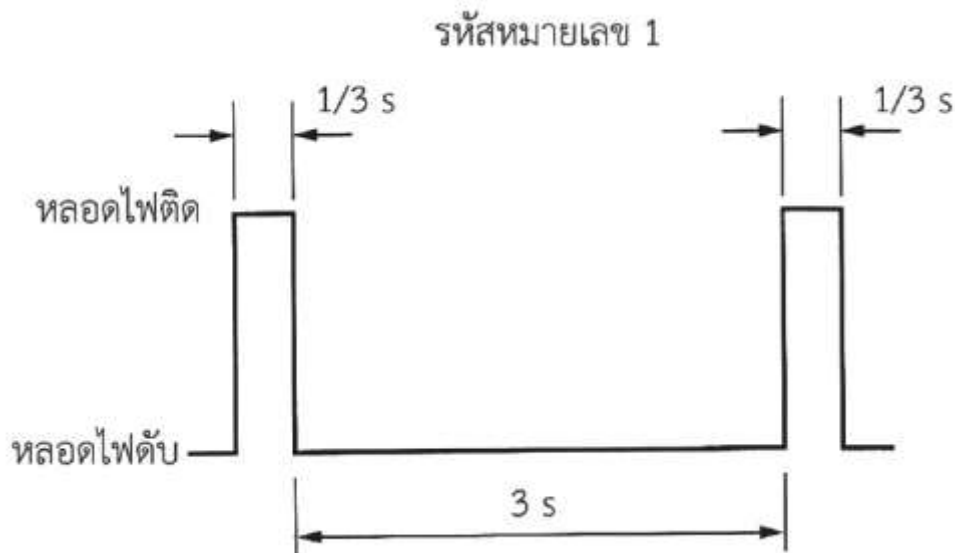
ตัวอย่างลักษณะการแสดง
รหัสไฟตรวจสอบ
เครื่องยนต์บางรุ่น



รหัสแสดงข้อขัดข้องของรถยนต์อาจแตกต่างกันตามบริษัทผู้ผลิต สำหรับรหัสข้อขัดข้องที่ใช้ในระบบวินิจฉัยข้อขัดข้องของโตโยต้า มี 2 แบบ คือ แบบรหัส 1 ตัวเลข และแบบรหัส 2 ตัวเลข

1. รหัสแบบ 1 ตัวเลข

แสดงรหัสข้อขัดข้องโดยการกระพริบของหลอดไฟ 1 ครั้ง แทนรหัส หมายเลข 1 หลอดไฟจะติด
ๆ หลอดไฟจะดับ



การกระพริบของหลอดไฟตรวจสอบแสดงรหัส

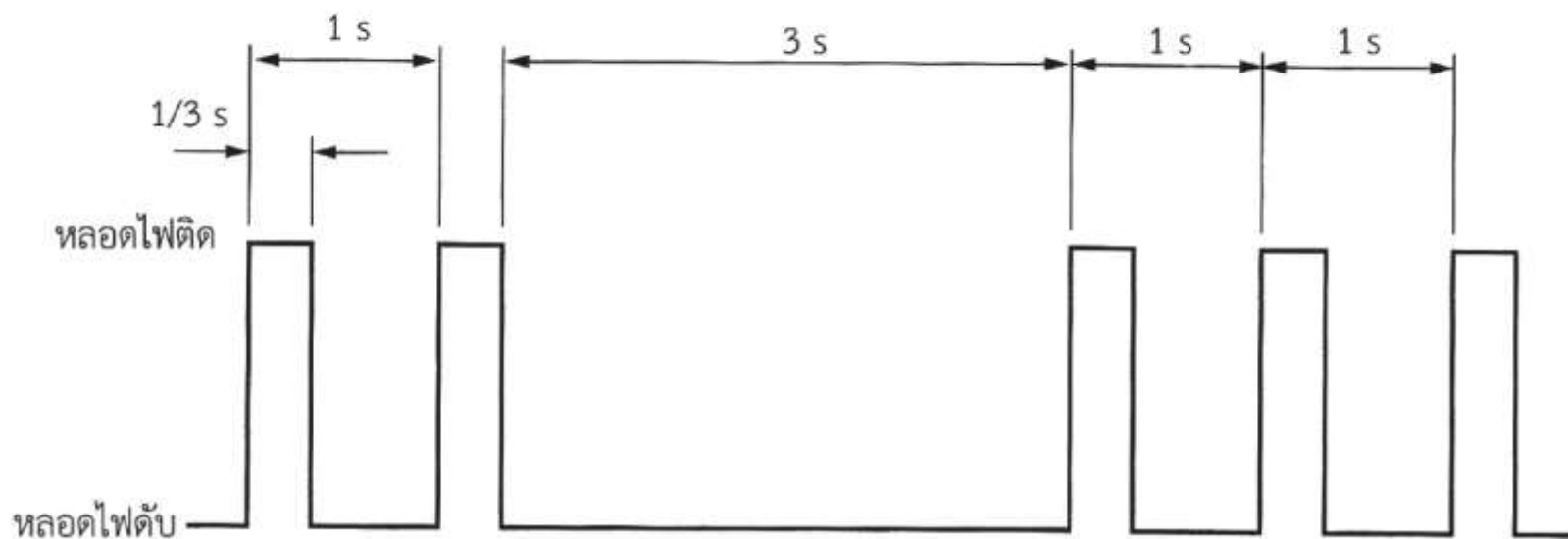
หมายเลข 1





กรณีมีรหัสข้อขัดข้องมากกว่า 1 รหัส คอมพิวเตอร์จะแสดงรหัส
ข้อขัดข้องเรียงจากรหัสหมายเลขน้อยไปหารหัสที่มีหมายเลขมาก

รหัสหมายเลข 2 และ 3



รหัสข้อขัดข้องแบบ 1 ตัวเลขที่เกิดขึ้น
หลายรหัส

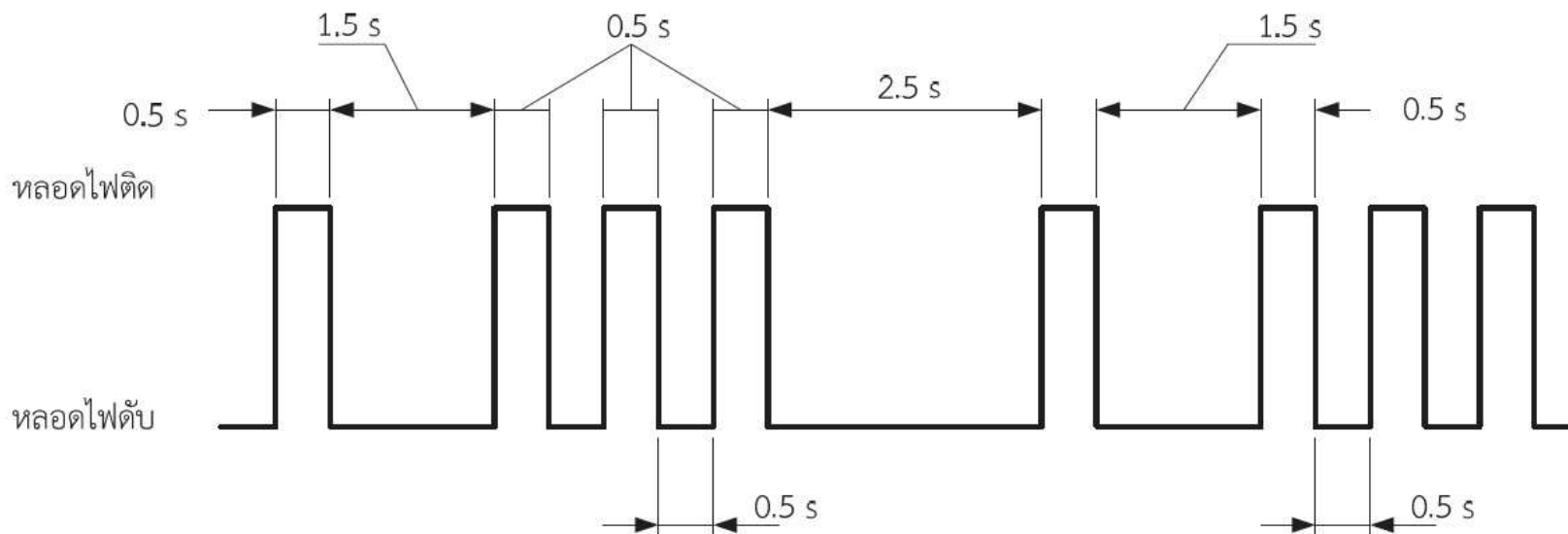




2. รหัสแบบ 2 ตัวเลข

แสดงรหัสข้อขัดข้อง 1 รหัสด้วยตัวเลข 2 ตัว เช่น รหัส 13
หลอดไฟตรวจสอบเครื่องยนต์กระพริบ

รหัสหมายเลข 13

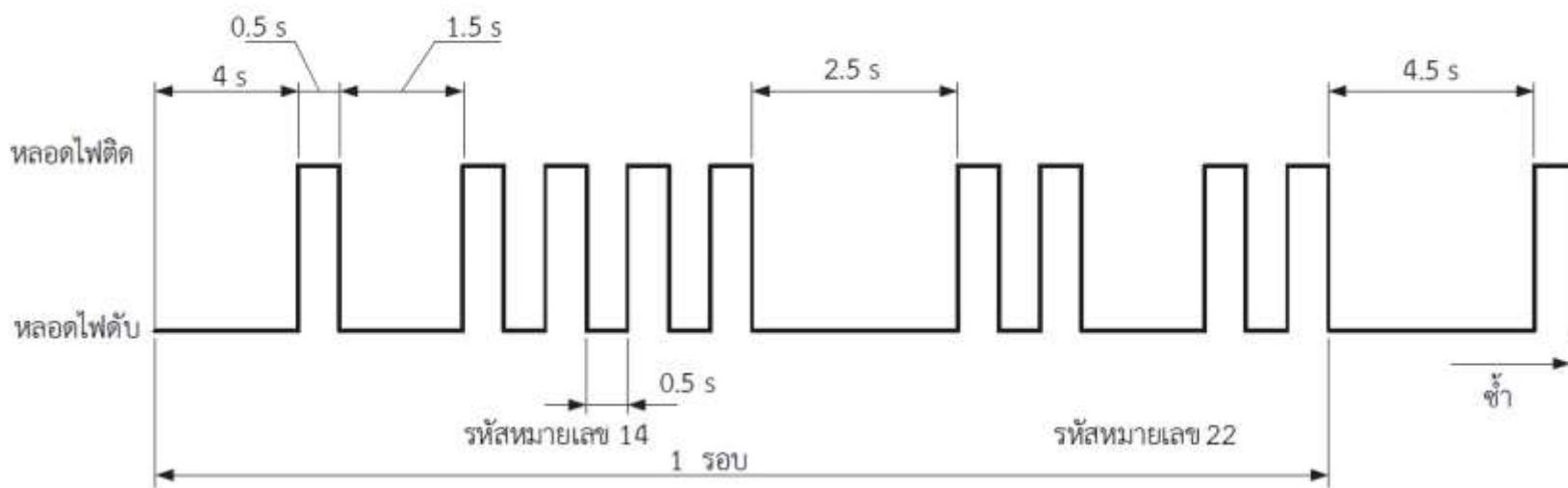


รหัสแบบ 2 ตัวเลข รหัสหมายเลข 13





สำหรับกรณีที่มีรหัสข้อขัดข้องเกิดขึ้นมากกว่า 1 รหัส หลอดไฟ
ตรวจสอบเครื่องยนต์จะกระพริบแสดงรหัสข้อขัดข้องที่มีตัวเลขน้อยไปหา
รหัสหมายเลข 14 และ 22



การแสดงรหัสข้อขัดข้องแบบ 2 ตัวเลข ที่เกิดรหัส
มากกว่า 1 รหัส





8.9.2 ความหมายของรหัสการวินิจฉัยข้อขัดข้อง แบบ 1 ตัวเลข **ตารางที่ 8.1** ความหมายรหัสวินิจฉัยข้อขัดข้อง แบบ 1 รหัส

รหัส หมายเลข	จำนวนการกระพริบของ หลอดไฟตรวจสอบ เครื่องยนต์	ระบบ	การวินิจฉัยข้อขัดข้อง
1		สภาพปกติ	_____
2		– สัญญาณแรงดันอากาศหรือ – สัญญาณมาตรวัดการไหลของอากาศ	– สัญญาณแรงดันอากาศมีการขาดวงจรหรือลัดวงจร – สัญญาณมาตรวัดการไหลของอากาศมีการขาดวงจรหรือลัดวงจร
3		– สัญญาณการจุดระเบิด	– ไม่มีสัญญาณยืนยันการจุดระเบิด (IGf) ป้อนเข้า ECU 4 ครั้งติดต่อกัน
4		– สัญญาณตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ	– สัญญาณอุณหภูมิน้ำมีการขาดวงจรหรือลัดวงจร





ตารางที่ 8.1 (ต่อ) ความหมายรหัสวินิจฉัยข้อขัดข้อง แบบ 1 รหัส

รหัส หมายเลข	จำนวนการกระพริบของ หลอดไฟตรวจสอบ เครื่องยนต์	ระบบ	การวินิจฉัยข้อขัดข้อง
5		- สัญญาณตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน (ตัวตรวจจับส่วนผสมบาง - ตัวอุ่นตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน (ตัวอุ่นตัวตรวจจับส่วนผสมบาง)	- สัญญาณปริมาณออกซิเจนขาดวงจรหรือลัดวงจร - การตรวจจับของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนเสื่อมลง - มีการขาดวงจรหรือลัดวงจรในตัวอุ่นปริมาณออกซิเจน
6		- สัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์	- ไม่มีสัญญาณ G หรือ NE ไปยัง ECU หลังจากเครื่องยนต์หมุนไปนาน 2 วินาทีหรือมากกว่า - ไม่มีสัญญาณ NE ไปยัง ECU นาน 50 ms. ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์มากกว่า 1000 รอบ/นาที





ตารางที่ 8.1 (ต่อ) ความหมายรหัสวินิจฉัยข้อขัดข้อง แบบ 1 รหัส

รหัส หมายเลข	จำนวนการกระพริบของ หลอดไฟตรวจสอบ เครื่องยนต์	ระบบ	การวินิจฉัยข้อขัดข้อง
7		- สัญญาณตัวตรวจจับ ตำแหน่งลิ้นเร่ง	- มีการขาดวงจรหรือลัดวงจรในสัญญาณ ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง
8		- สัญญาณตัวตรวจจับ อุณหภูมิอากาศ	- สัญญาณอุณหภูมิอากาศมีการขาด วงจรหรือลัดวงจร
9		- สัญญาณตัวตรวจจับ ความเร็วรถยนต์	- สัญญาณจากตัวตรวจจับความเร็ว รถยนต์มีค่าเป็น 0 km/h หลายวินาที เมื่อ ความเร็วเครื่องยนต์มากกว่า 2800 rpm และสัญญาณแรงดันอากาศมากกว่าค่า กำหนด
10		- สัญญาณการสตาร์ท	- ไม่มีสัญญาณการสตาร์ท (STA) จนกระทั่งเครื่องยนต์มีความเร็วรอบเกิน กว่า 800 rpm ที่ความเร็วรถยนต์ 0 km/h





ตารางที่ 8.1 (ต่อ) ความหมายรหัสวินิจฉัยข้อขัดข้อง แบบ 1 รหัส

รหัส หมายเลข	จำนวนการกระพริบของ หลอดไฟตรวจสอบ เครื่องยนต์	ระบบ	การวินิจฉัยข้อขัดข้อง
11		- สัญญาณสวิตช์	- สวิตช์เครื่องปรับอากาศเปิด (ON) หรือ หน้าสัมผัสสัญญาณเดินเบา (IDL) ของ ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งปิด (OFF) (ไม่มีการบันทึกลงในหน่วยความจำ)
12		- สัญญาณตัวตรวจจับ การน็อก	- สัญญาณตัวตรวจจับการน็อกมีการขาด วงจรหรือลัดวงจร
13		- สัญญาณควบคุมการ น็อกใน ECU	- การควบคุมการน็อกใน ECU บกพร่อง
14		- สัญญาณความดัน เทอร์โบชาร์จ	- ความดันเทอร์โบชาร์จผิดปกติ





8.9.3 ความหมายของรหัสการวินิจฉัยข้อขัดข้อง แบบรหัส 2 ตัวเลข

ตารางที่ 8.2 ความหมายของรหัสวินิจฉัยข้อขัดข้อง แบบ 2 ตัวเลข

รหัส หมายเลข	จำนวนการกระพริบของ หลอดไฟตรวจสอบ เครื่องยนต์	ระบบ	การวินิจฉัยข้อขัดข้อง
		- สภาพปกติ	_____
11		- ECU ขั้ว +B	- การจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังกล่อง ECU เกิดการหยุดชะงักชั่วคราว
12		- สัญญาณความเร็วรอบ เครื่องยนต์	- ไม่มีสัญญาณ G หรือ NE ไปยัง ECU หลังจากเครื่องยนต์หมุนไปนาน 2 วินาที หรือมากกว่า





ตารางที่ 8.2 (ต่อ) ความหมายของรหัสวินิจฉัยข้อขัดข้องแบบ 2 ตัวเลข

รหัส หมายเลข	จำนวนการกระพริบของ หลอดไฟตรวจสอบ เครื่องยนต์	ระบบ	การวินิจฉัยข้อขัดข้อง
13		- สัญญาณความเร็วรอบ เครื่องยนต์	- ไม่มีสัญญาณ NE ไปยัง ECU นาน 50 ms. ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์มากกว่า 1000 รอบ/นาที
14		- สัญญาณการจุดระเบิด	- ไม่มีสัญญาณยืนยันการจุดระเบิด (IGf) ป้อนเข้า ECU 4 ครั้งติดต่อกัน
21		- สัญญาณตัวตรวจจับ ปริมาณออกซิเจน (ตัว ตรวจจับส่วนผสมบาง) - ตัวอุ่นตัวตรวจจับ ปริมาณออกซิเจน (ตัวอุ่น ตัวตรวจจับส่วนผสมบาง)	- สัญญาณปริมาณออกซิเจนขาดวงจร หรือลัดวงจรการตรวจจับของตัวตรวจจับ ปริมาณออกซิเจนเสื่อมลง - มีการขาดวงจรหรือลัดวงจรในตัวอุ่น ปริมาณออกซิเจน
22		- สัญญาณตัวตรวจจับ อุณหภูมิน้ำ	- สัญญาณอุณหภูมิน้ำมีการขาดวงจร หรือลัดวงจร





ตารางที่ 8.2 (ต่อ) ความหมายของรหัสวินิจฉัยข้อขัดข้องแบบ 2 ตัวเลข

รหัส หมายเลข	จำนวนการกระพริบของ หลอดไฟตรวจสอบ เครื่องยนต์	ระบบ	การวินิจฉัยข้อขัดข้อง
24		– สัญญาณตัวตรวจจับ อุณหภูมิอากาศ	– สัญญาณอุณหภูมิอากาศมีการขาด วงจรหรือลัดวงจร
25		– อัตราส่วนผสมของ เชื้อเพลิงบางเกินไป	– สัญญาณส่วนผสมบางจากตัวตรวจจับ ปริมาณออกซิเจน (แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 0.45 V) ถูกส่งเป็นเวลานานกว่า 90 วินาทีหรือ 120 วินาที
26		– อัตราส่วนผสมของ เชื้อเพลิงหนาเกินไป	– สัญญาณส่วนผสมหนาจากตัวตรวจจับ ปริมาณออกซิเจน (แรงดันไฟฟ้าสูงกว่า 0.45 V) ถูกส่งเป็นเวลานานกว่า 90 วินาทีหรือ 120 วินาที
27		– สัญญาณตัวตรวจจับ ปริมาณออกซิเจนช่วยหรือ ตัวอุ่นตัวตรวจจับปริมาณ ออกซิเจนช่วย	– มีการขาดวงจรหรือลัดวงจรในตัว ตรวจจับปริมาณออกซิเจนช่วย





ตารางที่ 8.2 (ต่อ) ความหมายของรหัสวินิจฉัยข้อขัดข้องแบบ 2 ตัวเลข

รหัส หมายเลข	จำนวนการกระพริบของ หลอดไฟตรวจสอบ เครื่องยนต์	ระบบ	การวินิจฉัยข้อขัดข้อง
43		– สัญญาณการสตาร์ท	– ไม่มีสัญญาณการสตาร์ท (STA) จนกระทั่งเครื่องยนต์มีความเร็วรอบเกิน กว่า 800 rpm ที่มีความเร็วรถยนต์ 0 km/h
51		– สัญญาณสวิตช์	– สวิตช์เครื่องปรับอากาศเปิด (ON) หรือ หน้าสัมผัสสัญญาณเดินเบา (IDL) ของ ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งปิด (OFF)
52		– สัญญาณตัวตรวจจับ การน็อก	– สัญญาณตัวตรวจจับการน็อกมีการขาด วงจรหรือลัดวงจร





ตารางที่ 8.2 (ต่อ) ความหมายของรหัสวินิจฉัยข้อขัดข้องแบบ 2 ตัวเลข

รหัส หมายเลข	จำนวนการกระพริบของ หลอดไฟตรวจสอบ เครื่องยนต์	ระบบ	การวินิจฉัยข้อขัดข้อง
53		– สัญญาณการควบคุม การน็อกใน ECU	– การควบคุมการน็อกใน ECU บกพร่อง
54		– สัญญาณลดอุณหภูมิ ไอดีของ ECU	– ระดับน้ำหล่อเย็นสำหรับลดอุณหภูมิไอดี ต่ำกว่ามาตรฐาน – มอเตอร์ปั๊มน้ำสำหรับลดอุณหภูมิไอดี ถูกบล็อกหรือขาดวงจร
71		– ระบบหมุนเวียนไอเสีย (EGR) ทำงานผิดปกติ	– อุณหภูมิแก๊สไอเสีย (EGR) ต่ำกว่าค่าที่ กำหนดขณะมีการควบคุม
72		– สัญญาณรีเลย์ คอมเพรสเซอร์ เครื่องปรับอากาศ (ACR)	– วงจรรีเลย์คอมเพรสเซอร์ เครื่องปรับอากาศขาดหรือลัดวงจร

