



งานระบบฉีดเชื้อเพลิง

ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

รหัสวิชา 30204-2001

โดย

อ.ประภาส พวงขึ้น



หน่วยที่ 1

หลักการพื้นฐานและโครงสร้าง ของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน



หัวข้อเรื่อง (Topics)

- 1.1 หลักการเบื้องต้นระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์
- 1.2 หลักการทำงานเบื้องต้น
- 1.3 การควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง
- 1.4 ชนิดของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แก๊สโซลีน





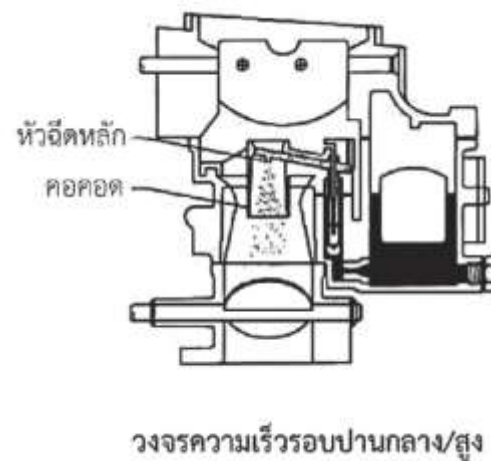
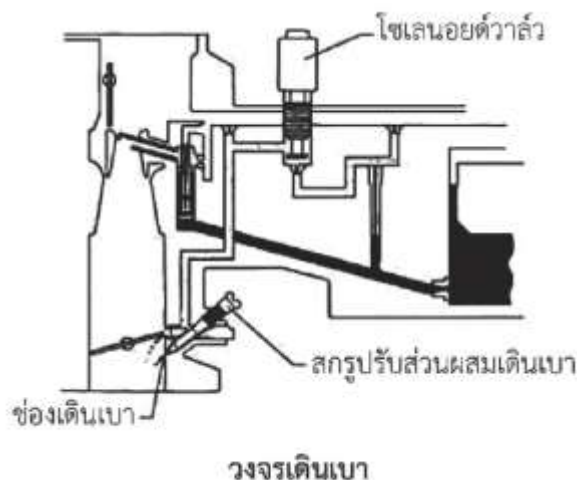
1.1

หลักการเบื้องต้นระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์

วิธีการผสมอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิง รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีนเป็นเครื่องต้นกำลังงานจะมีวิธีการผสมอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิง 2 แบบ คือ

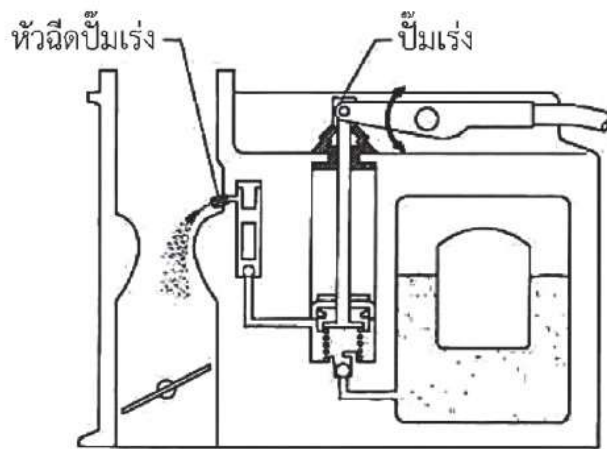
1.1.1 แบบใช้คาร์บูเรเตอร์ (Carburetor)

คาร์บูเรเตอร์เป็นอุปกรณ์สำหรับทำหน้าที่จ่ายส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงาน

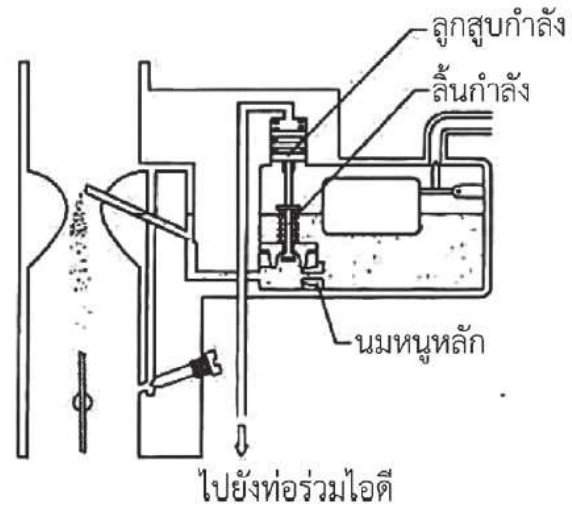


วงจรต่าง ๆ ของคาร์บูเรเตอร์





วงจรปั๊มแรง



วงจรความเร็วรอบสูง

(ต่อ) วงจรต่าง ๆ ของคาร์บูเรเตอร์





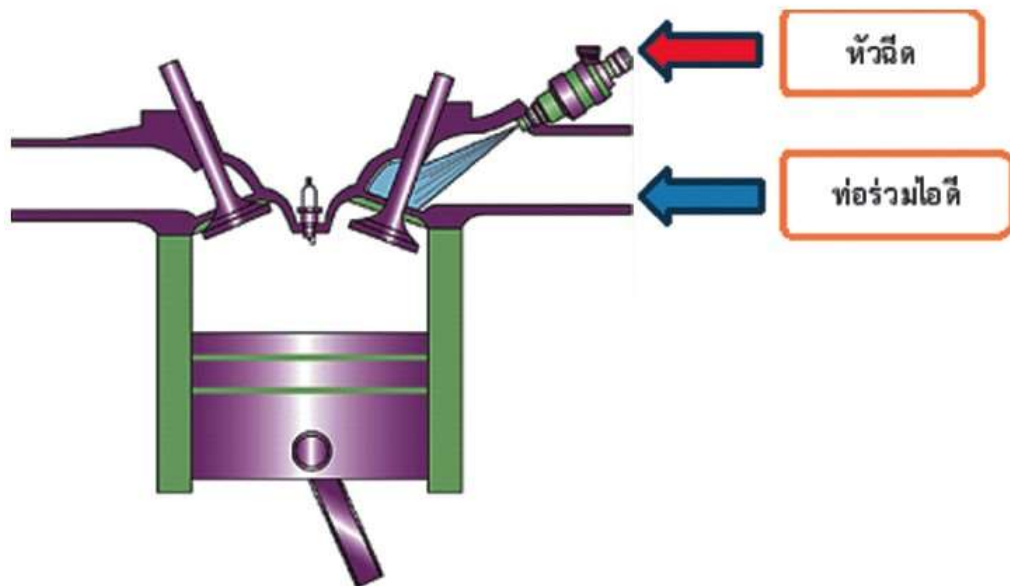
1.1.2 แบบใช้หัวฉีดควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ หรือเรียกว่า ระบบ EFI (Electronic Fuel Injection System)

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Fuel Injection System) หรือเรียกว่า ระบบ EFI คือการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์โดยใช้หัวฉีด (Injector) ที่มีการควบคุมการทำงานด้วยหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit) หรือเรียกว่า กล่อง ECU

หลักการของระบบฉีด จะใช้หัวฉีด (Injector) ทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปผสมกับอากาศในท่อร่วมไอดี (intake manifold)

เครื่องยนต์ที่ใช้ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงโดยทั่วไปจะมีหัวฉีดกระบอกสูบละ 1 ตัว (ยกเว้นเครื่องยนต์บางรุ่นที่มีการฉีดน้ำมันที่ท่อร่วมไอดี) และหัวฉีดจะทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ให้เป็นฝอยละอองเข้ากระบอกสูบของเครื่องยนต์พร้อมกันทุกสูบ





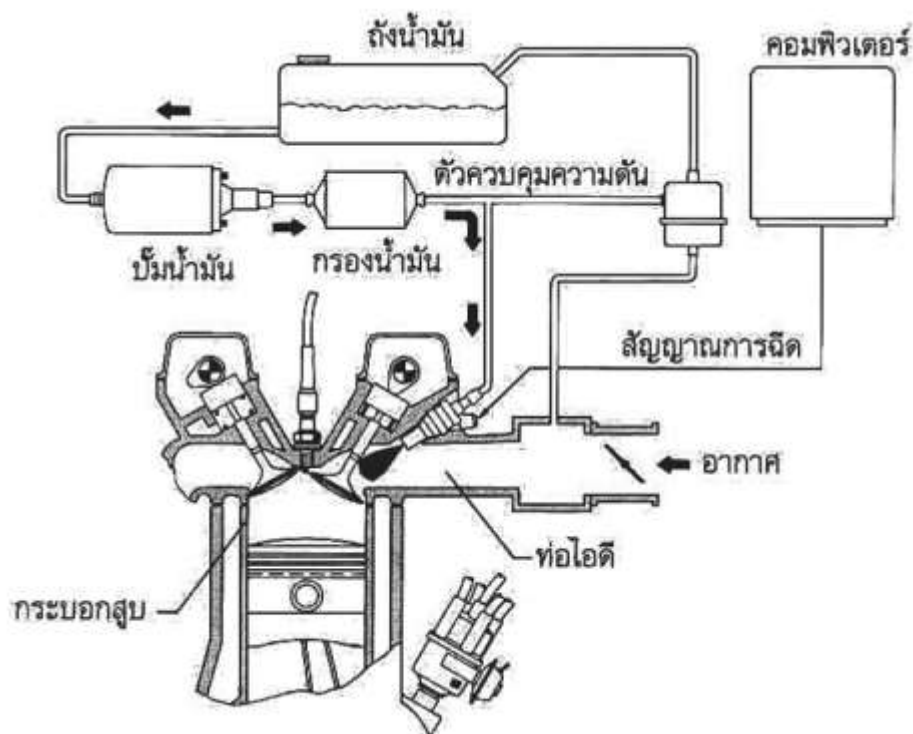
ตำแหน่งการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด



1.2

หลักการทำงานเบื้องต้น

น้ำมันเชื้อเพลิงจากถังจะถูกทำให้มีแรงดันสูงขึ้นประมาณ 2.5 Kg/cm หรือ 2.5 bar ด้วยปั๊มไฟฟ้า เมื่อสัญญาณการฉีดจากหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ป้อนไปยังหัวฉีด น้ำมันที่มีความดันจะถูกฉีดเข้าไปผสมกับอากาศ



หลักการเบื้องต้นของระบบ EFI



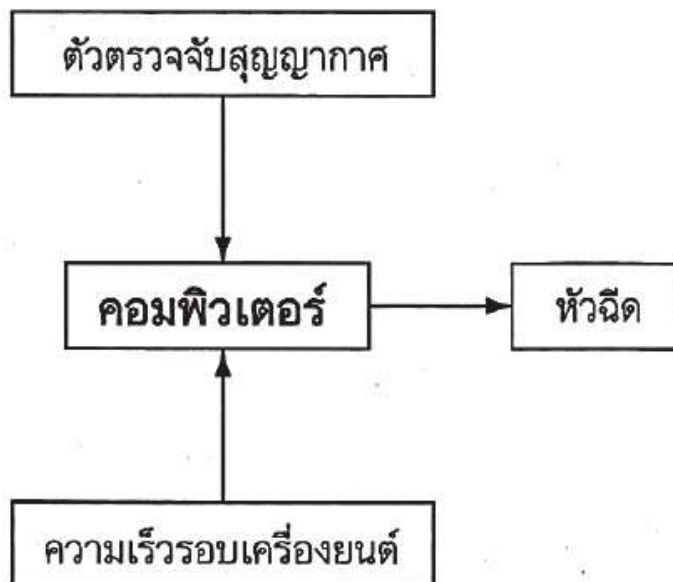
1.3 การควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

ในระบบ EFI จะมีการควบคุมระยะเวลาในการฉีดของหัวฉีด เป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือการควบคุมระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน และการเพิ่มระยะเวลาในการฉีดตามสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ โดยมีรายละเอียดของการควบคุม ดังนี้

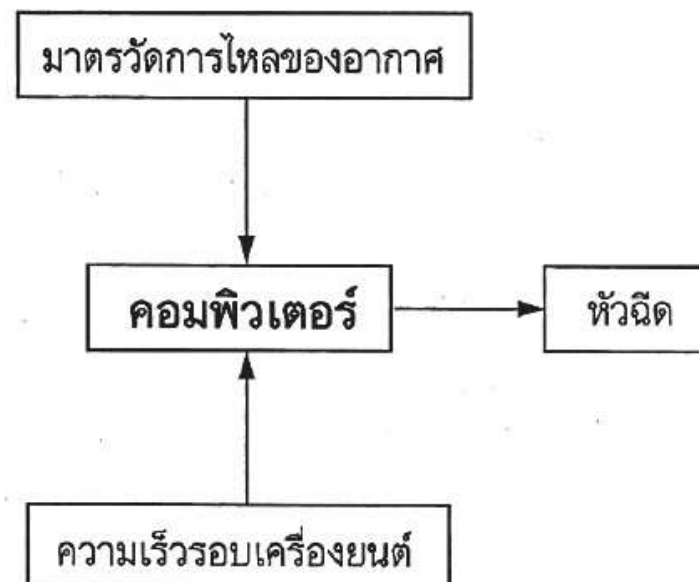
1.3.1 การควบคุมระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน

จากรูป หลักการเบื้องต้นของระบบ EFI แบบ D-Jetronic คอมพิวเตอร์จะได้รับสัญญาณไฟฟ้าจากตัวตรวจจับสัญญาณอากาศ และสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และระบบ EFI แบบ L-Jetronic คอมพิวเตอร์จะได้รับสัญญาณไฟฟ้าจากมาตรวัดการไหลของอากาศและสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์





D-Jetronic



L-Jetronic

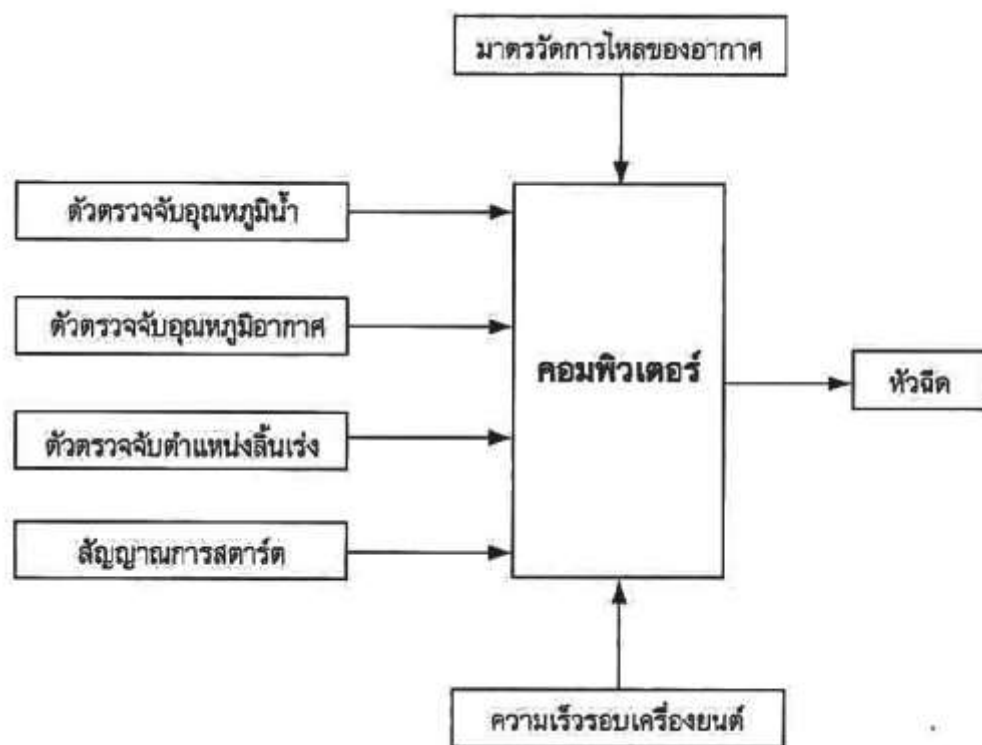
ไดอะแกรมการควบคุมระยะเวลาในการ
ฉีดพื้นฐาน





1.3.2 การเพิ่มระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

เนื่องจากเครื่องยนต์ต้องทำงานอยู่ภายใต้สภาวะต่าง ๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่จ่ายให้กับเครื่องยนต์เหล่านั้นด้วย ซึ่งทำให้อัตรา



โดยะแกรมการเพิ่ม
ระยะเวลาในการฉีด
น้ำมันเชื้อเพลิง





1.4

ชนิดของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แก๊สโซลีน

1.4.1 แบ่งตามบริษัทผู้ผลิตรายใหญ่ ได้แก่ บริษัท Robert Bosch จากประเทศเยอรมนี ดังนี้

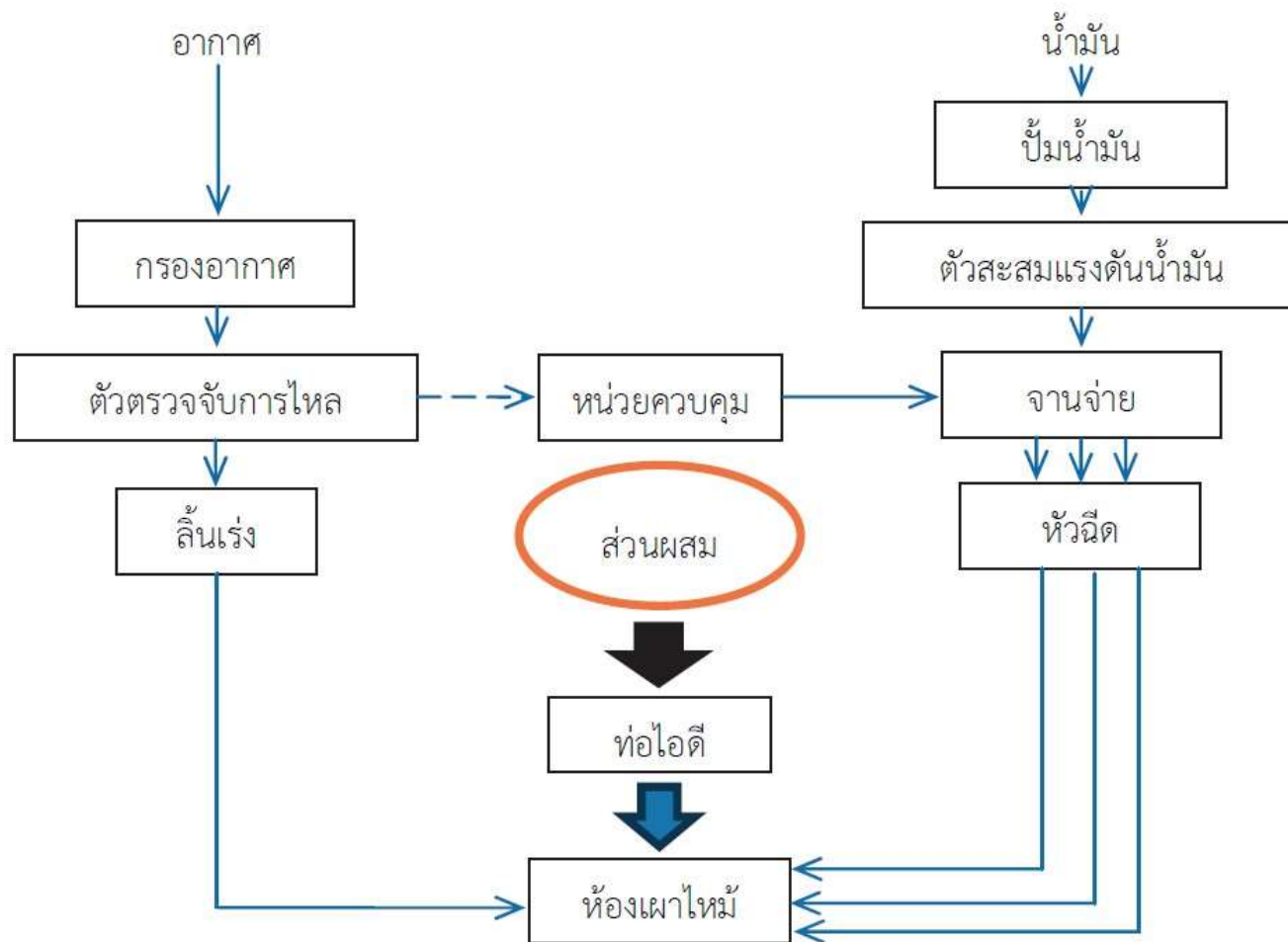
1. แบบควบคุมด้วยกลไก (K-Jetronic)

2. แบบกลไกร่วมกับแบบอิเล็กทรอนิกส์ (KE-Jetronic)

ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนแบบ K และ KE เรียกอีกอย่างว่า ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบต่อเนื่อง (Continuous Injection System : CIS) แบ่งหน้าที่การทำงานออกเป็น 3 ด้านใหญ่ ๆ ได้แก่

- (1) การวัดการไหลของอากาศ (air flow measurement)
- (2) การจ่ายเชื้อเพลิง (Fuel Supply)
- (3) การแบ่งจ่ายเชื้อเพลิง (Fuel Induction)





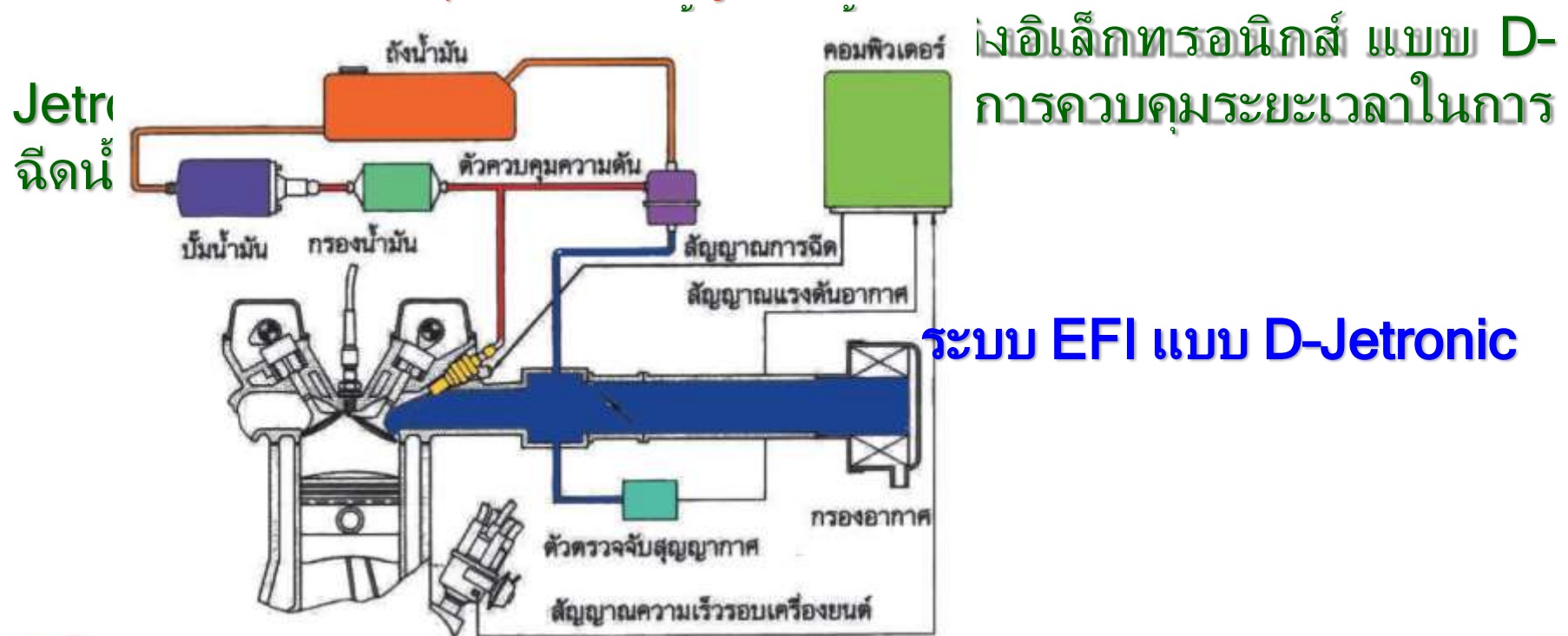
ไดอะแกรมหลักการทำงานพื้นฐานแบบควบคุมด้วยกลไก (K-Jetronic)





3. แบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (D-Jetronic, L-Jetronic & Motronic)

สำหรับ ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้กันมาก
ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนใน ปัจจุบัน จะมีความแตกต่างกันตามวิธีตรวจจับ
ปริมาณอากาศที่บรรจุเข้ากระบอกสูบ คือ





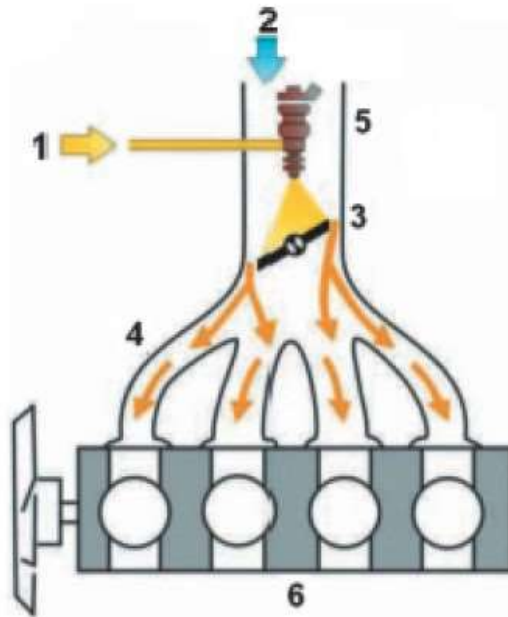


(3) ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ แบบ Motronic หรือเรียกว่าระบบควบคุมเครื่องยนต์ โดยใช้กล่องควบคุม หรือ กล่อง ECU ทำหน้าที่ในการควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

1.4.2 แบ่งตามลักษณะการฉีดเชื้อเพลิงได้ 3 แบบ

1. การฉีดเชื้อเพลิงแบบจุดเดียว (Throttle Body Fuel Injection : TBI) นี้ ขึ้นอยู่กับการ

สองหัวก็ได้



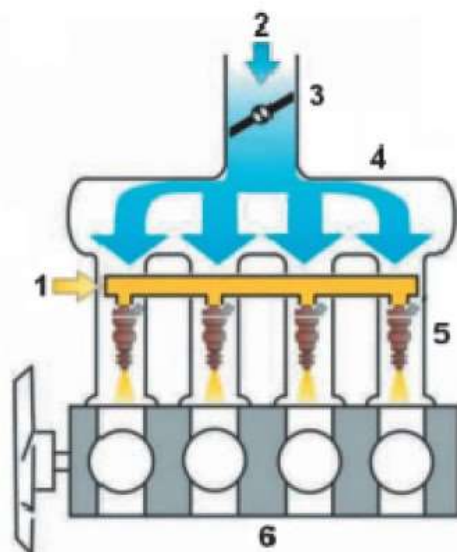
1. น้ำมันเชื้อเพลิงเข้า
2. อากาศเข้า
3. ลิ้นเร่ง
4. ท่อร่วมไอดี
5. หัวฉีด
6. เครื่องยนต์

การฉีดเชื้อเพลิงแบบจุดเดียว





2. การฉีดเชื้อเพลิงแบบติดตั้งที่ท่อไอดี (Port Fuel Injection : PFI) หัวฉีดจะถูกติดตั้งอยู่ที่หน้าลิ้นไอดีหรือช่องไอดี



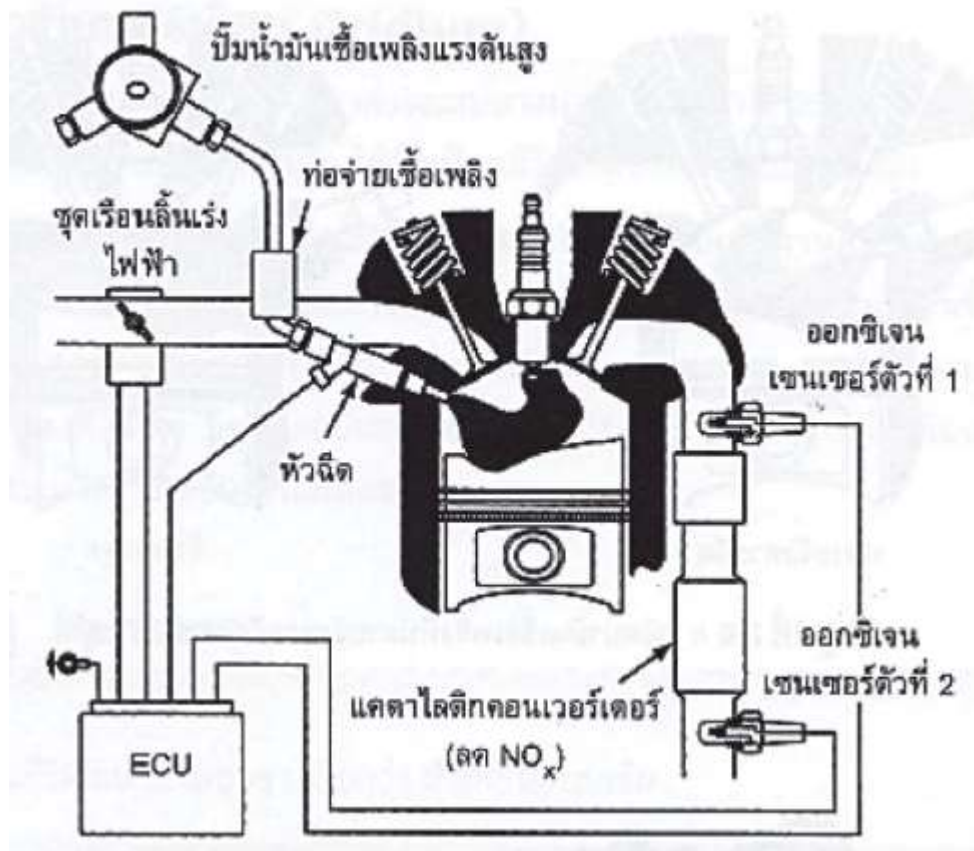
1. น้ำมันเชื้อเพลิงเข้า
2. อากาศเข้า
3. ลิ้นเร่ง
4. ท่อร่วมไอดี
5. หัวฉีด
6. เครื่องยนต์

การฉีดเชื้อเพลิงแบบติดตั้งที่ท่อไอดี





3. แบบติดตั้งอยู่ที่ฝาสูบ หรือ การฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้โดยตรง (Gasoline Direct Injection : GDI)

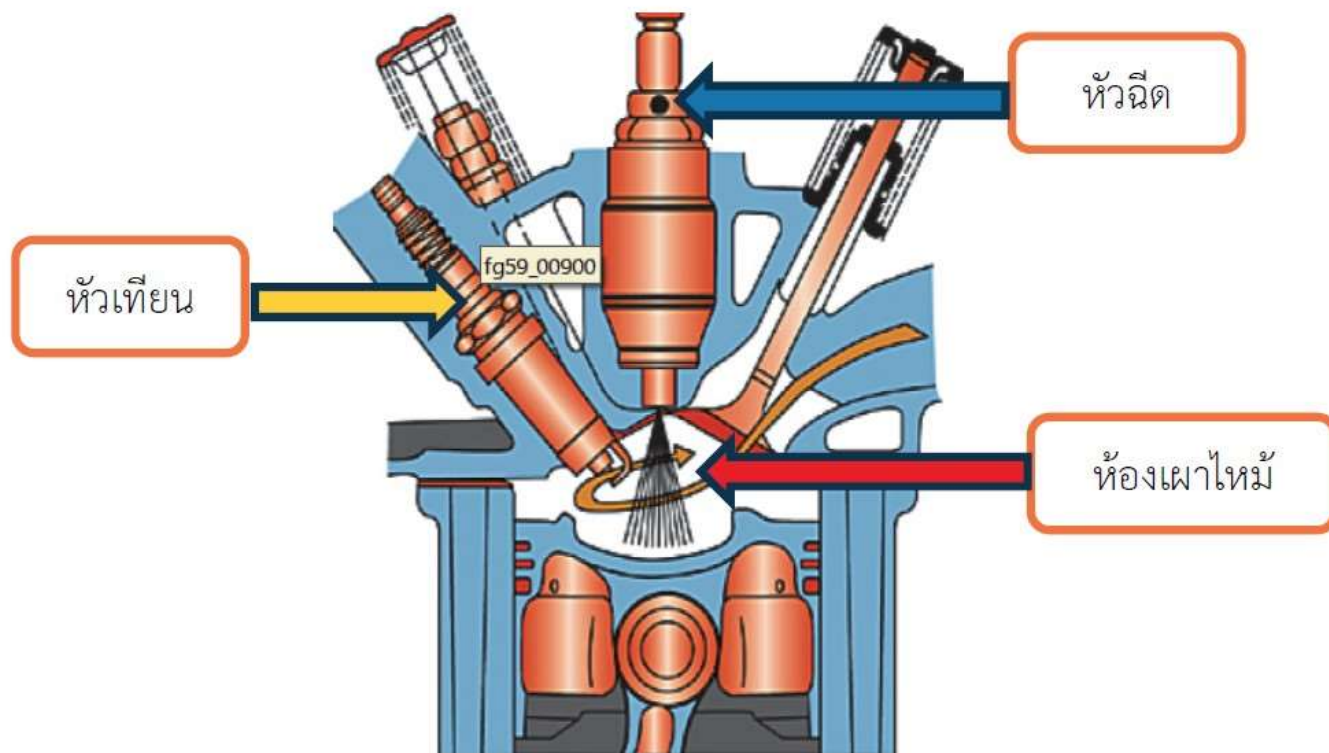


การฉีดเชื้อเพลิงแบบติดตั้งที่ฝาสูบ หรือการ
ฉีดตรง





จุดเด่น ของการฉีดตรง ได้แก่ การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้น ลดมลพิษ และประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจาก ระบบนี้จะใช้แรงดันในการฉีดเชื้อเพลิง



การฉีดตรง





ระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ ทั้งแบบ D-Jetronic และแบบ L-Jetronic จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่แตกต่างกันไม่มากนัก เมื่อแบ่งแยกอุปกรณ์ตามหน้าที่การทำงานแล้ว จะแบ่งออกได้เป็น 3 ระบบ คือ

1. ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel System)
2. ระบบบรรจุก๊าซ (Air Induction System)



em)

เครื่องมือ งานตรวจสอบวงจรจ่ายกระแสไฟให้
กล่อง ECU





3



4



5



6



(ต่อ) เครื่องมือ งานตรวจสอบวงจรจ่ายกระแสไฟ
ให้กล่อง ECU





เครื่องมืองานตรวจสอบวงจรจ่ายกระแสไฟให้กล่อง ECU

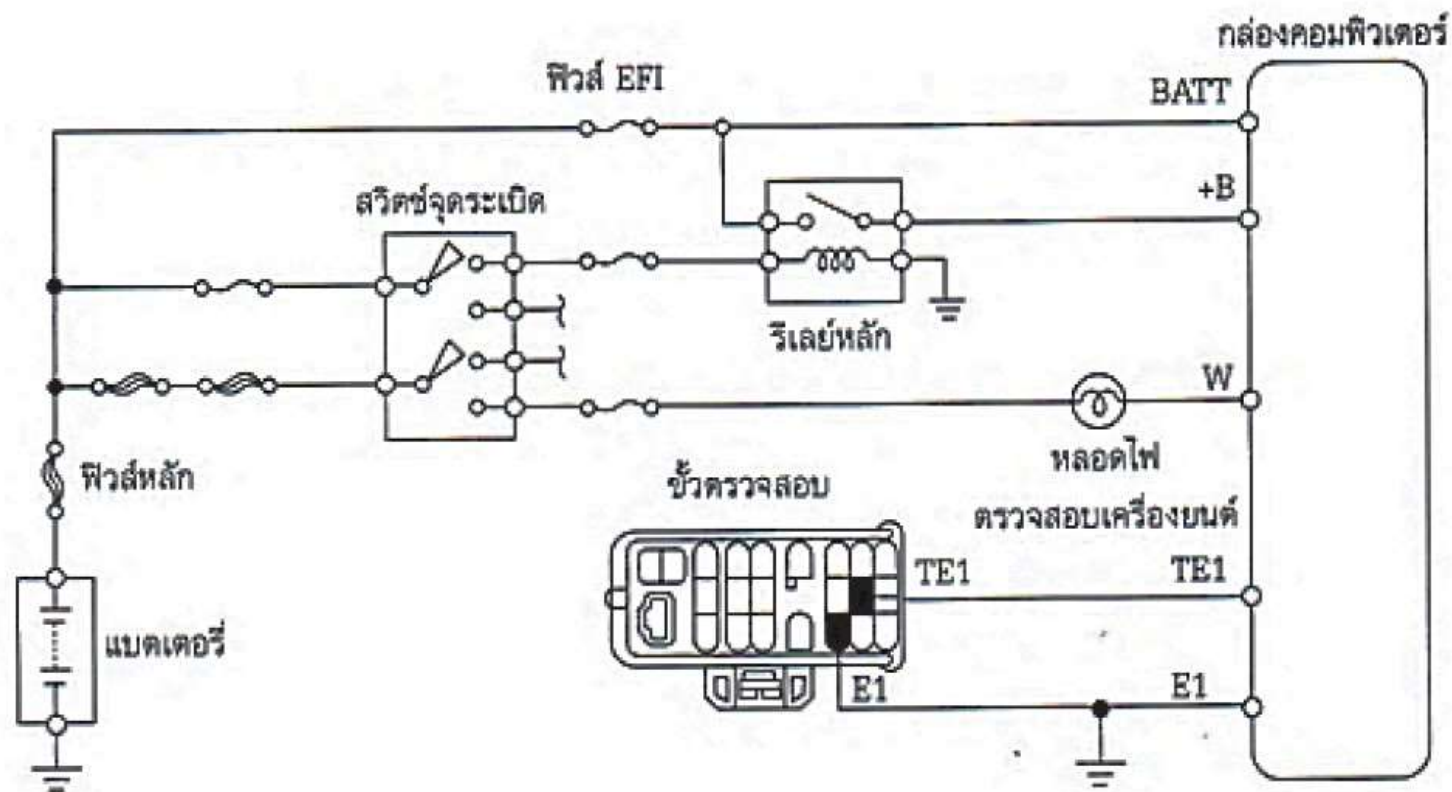
1. แผงฝึก ระบบ EFI แบบ D - Jetronic 2. กล่อง ECU
เครื่องยนต์

3. มัลติมิเตอร์ แบบ ดิจิตอล 4. แบตเตอรี่
5. อุปกรณ์จ่ายไฟ (Power Supply) 6. สายไฟต่อวงจร

**วงจรจ่ายกระแสไฟให้กล่อง ECU (กล่องคอมพิวเตอร์) หรือ วงจร
กำลัง**

วงจรกำลังเป็นวงจรที่มีความสำคัญมากวงจรหนึ่ง ถ้าไม่มีวงจรนี้ระบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกล่องคอมพิวเตอร์จะไม่ทำงาน เครื่องยนต์ไม่สามารถติดได้ อีกทั้งวงจรนี้ยังทำหน้าที่ส่งสัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้า 12 โวลต์ ไปยังกล่องคอมพิวเตอร์ด้วย





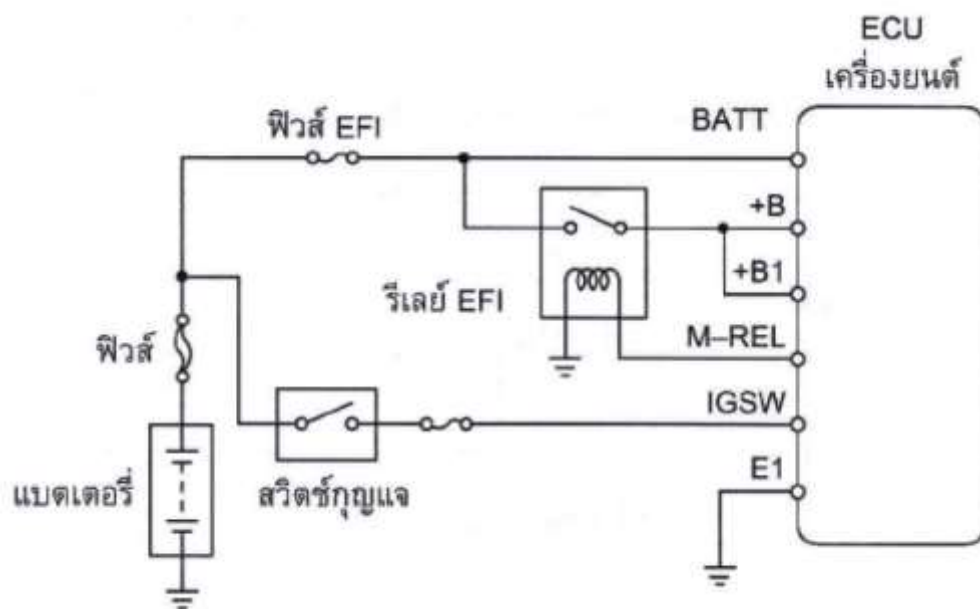
วงจรจ่ายกระแสไฟให้กล่อง ECU





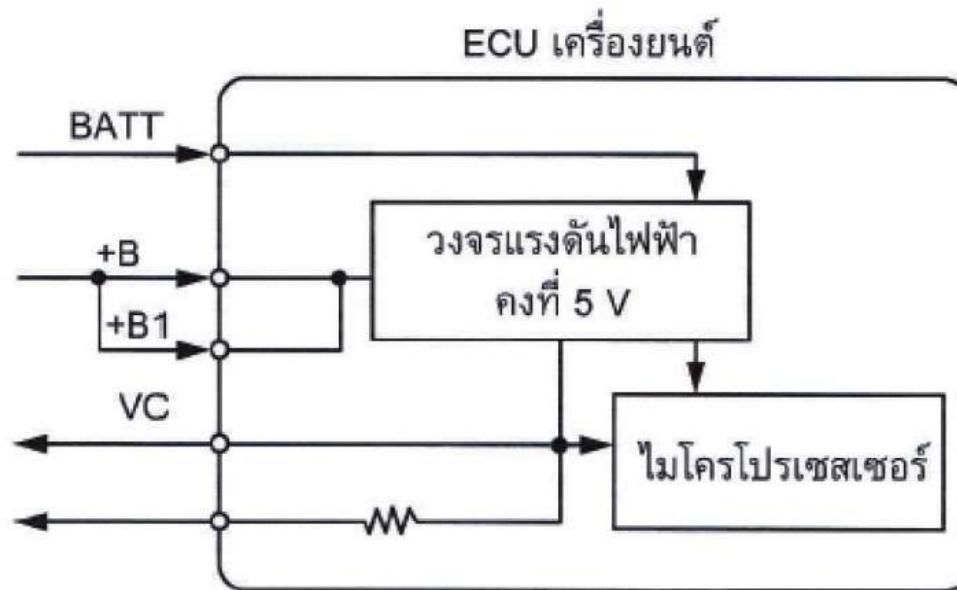
การทำงาน

เมื่อบิดสวิทช์จุดระเบิดไปตำแหน่ง ON กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ จะไหลผ่านสวิทช์จุดระเบิดไปยังขดลวดของรีเลย์หลักแล้วลงกราวด์ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก ดึงหน้าคอนแทคของรีเลย์หลักต่อกันกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จึงไหลไปเลี้ยงกล่อง ECU ที่ขั้ว +B และ +B1 ได้ ส่วนที่ขั้ว BATT นั้นจะรีตาร์ดเวลา



วงจรจ่ายกระแสไฟให้กล่อง ECU อีก
แบบหนึ่ง

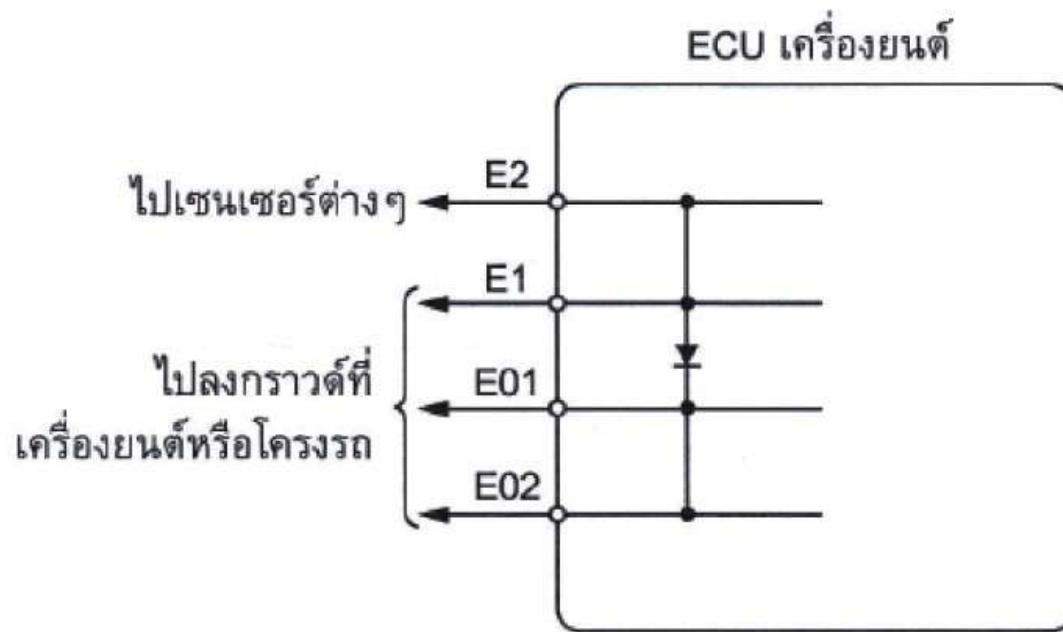




วงจรแรงดันไฟฟ้าคงที่ หรือวงจร ไฟเลี้ยงตัว ไอซี

ภายในกล่อง ECU จะมีแรงดันไฟฟ้าคงที่ประมาณ 5 V เนื่องจากตัวไอซีหรือเซนเซอร์ต่าง ๆ จะยอมให้แรงดันไฟฟ้าผ่านได้ไม่เกิน 5 V ถ้าเกินกว่านี้จะทำให้อุปกรณ์เสียหาย ดังนั้นจึงต้องมีวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้า 12 V จากแบตเตอรี่ (ขั้ว BATT, +B และ +B1) ให้เหลือเพียง 5 V





วงจรลงกราวด์

วงจรลงกราวด์ นี่ถือว่าเป็นจุดที่สำคัญอีกจุดหนึ่ง เนื่องจากว่า ถ้าหาก
ส ล ส ย ย ก ร ว ว ร ด ไ ไม่ ม แ เน น น
อาจทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ทำงานไม่สมบรูณ์ เพราะกระแสไฟฟ้าไหลไม่
สะดวก





หน่วยที่ 2

หลักการพื้นฐานและโครงสร้างของระบบ
ฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ดีเซล



หัวข้อเรื่อง (Topics)

- 2.1 หลักการเบื้องต้นของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ดีเซล
- 2.2 ลักษณะพิเศษของระบบคอมมอนเรล
- 2.3 ลักษณะการควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง
- 2.4 โครงสร้างของระบบคอมมอนเรล
- 2.5 ส่วนประกอบของระบบคอมมอนเรล





หัวข้อเรื่อง (Topics)

- 2.6 การทำงานเบื้องต้นของระบบคอมมอนเรล
- 2.7 หลักการควบคุมปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง
- 2.8 การควบคุมจังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง
- 2.9 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้ากล่องคอมพิวเตอร์
- 2.10 ขั้นตอนการตรวจสอบ



2.1 หลักการเบื้องต้นของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ดีเซล

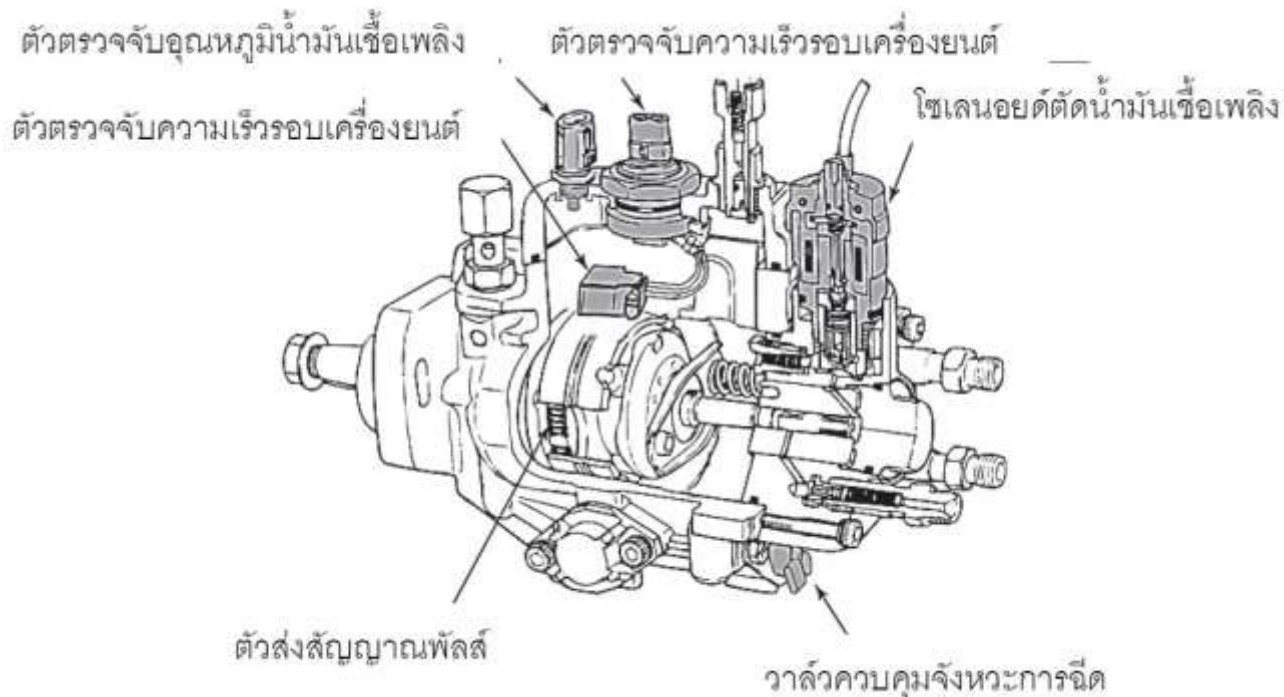
เครื่องยนต์ดีเซล มีการใช้ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากมีการกำหนดให้มีการควบคุมมลพิษจากไอเสีย (มาตรฐาน EURO) จึงทำให้ต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องยนต์ดีเซลให้มีคุณสมบัติในการปลดปล่อยมลพิษ น้อยที่สุด

ตารางที่ 1 (EURO)

Standard levels (g/km)	Euro1 1992	Euro2 1996		Euro3 2000	Euro 4 2005	Euro 5 2010
Motorisation	Diesel	IDI Diesel	DI Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
HC+NOx	0.97	0.7	0.9	0.56	0.3	0.23
CO	2.72	1		0.64	0.5	0.5
PM	0.14	0.08	0.1	0.05	0.025	0.005
NOx	No standard	No standard		0.5	0.25	0.18

2.1.1 ระบบ ECD (Electronic Control Distribution)

ใช้ปั๊มดีเซล แบบ VE พร้อมชุด AMPLIFIER CONTROL หรือใช้ปั๊มดีเซล แบบ VE พร้อมชุด TIMING CONTROL แรงดันในการฉีดเชื้อเพลิง ประมาณ 100-1,000 bar



ระบบ ECD ใช้ปั๊มดีเซล แบบ VE

2.1.2 ระบบรางร่วม หรือ CRS (COMMONRAIL SYSTEM)

ใช้ปั๊มแรงดันสูง ส่งน้ำมันไปสะสมไว้ที่รางร่วม จากนั้นจะใช้ ECU ในการสั่งการให้หัวฉีดทำงาน แรงดันในการฉีดเชื้อเพลิง แบ่งออกเป็น 4 ระดับตามการพัฒนา เริ่มตั้งแต่ 1,350 bar, 1600 bar, 1,800 bar และ 2,000





2.2 ลักษณะพิเศษของระบบคอมมอนเรล

ระบบคอมมอนเรลจะใช้แบบห้องสะสมที่เรียกว่าท่อคอมมอนเรลเพื่อเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงแรงดันสูงไว้และหัวฉีดซึ่งจะมีโซเลนอยด์วาล์วควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์เพื่อฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแรงดันสูงเข้าไปในกระบอกสูบ

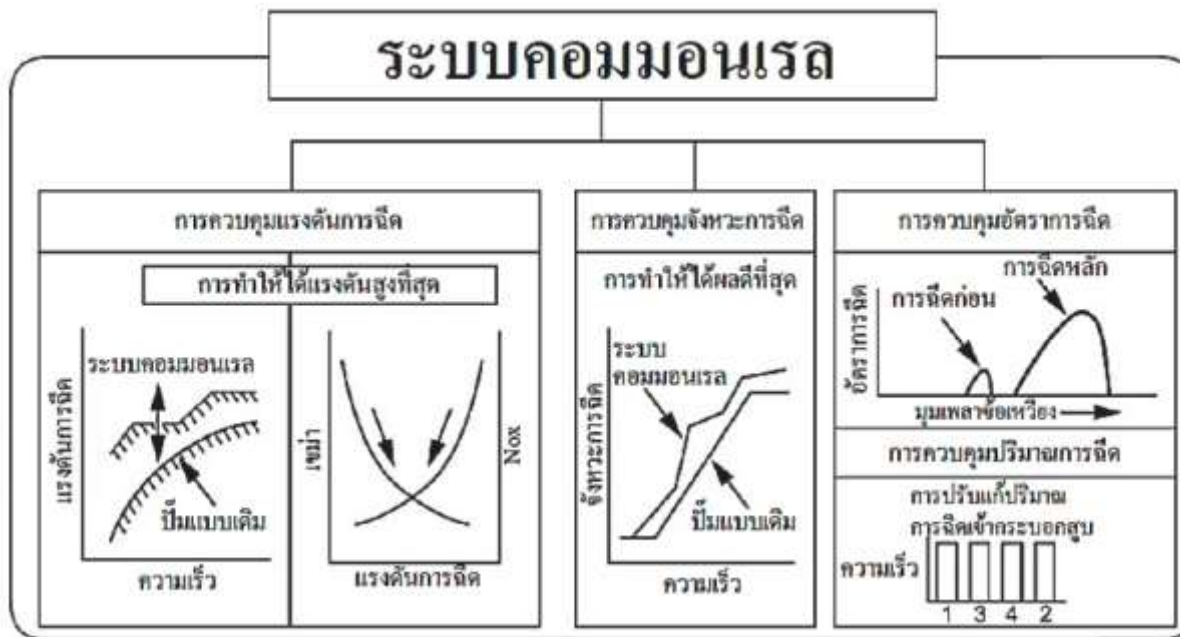
2.3 ลักษณะการควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

1. การควบคุมแรงดันการฉีด มีความสามารถในการฉีดแรงดันสูง แม้ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำและควบคุมเขม่า และการปล่อย NOx ให้ น้อยที่สุด

2. การควบคุมจังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง สามารถควบคุมการ ปรับตั้งเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพตามสภาวะการขับขี่

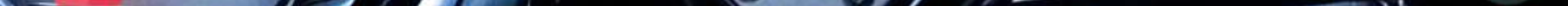
3. การควบคุมอัตราการฉีด การควบคุมการฉีดน้ำร้อนจะฉีดน้ำมัน เชื้อเพลิงปริมาณเล็กน้อยก่อนการฉีดหลัก





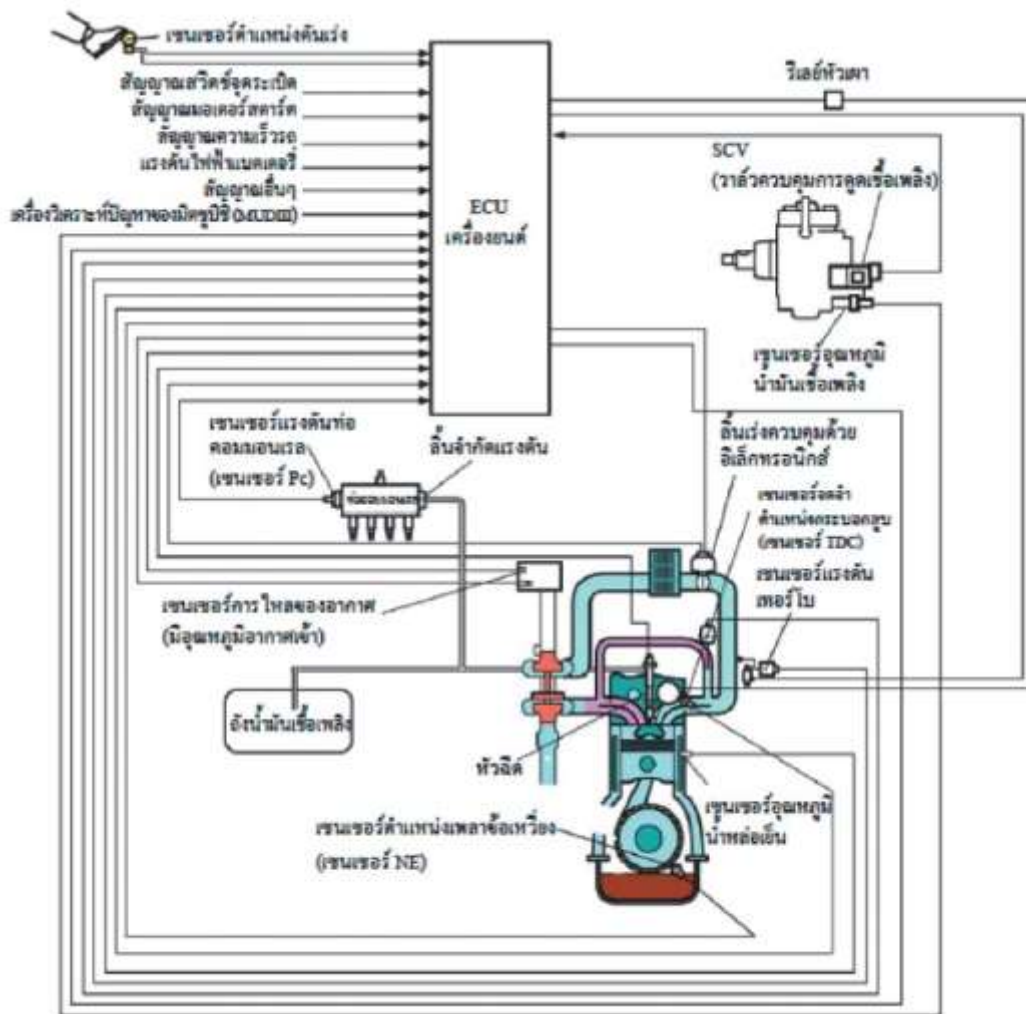
ลักษณะเด่นของระบบคอมมอนเรล





2.4

โครงสร้างของระบบคอมมอนเรล



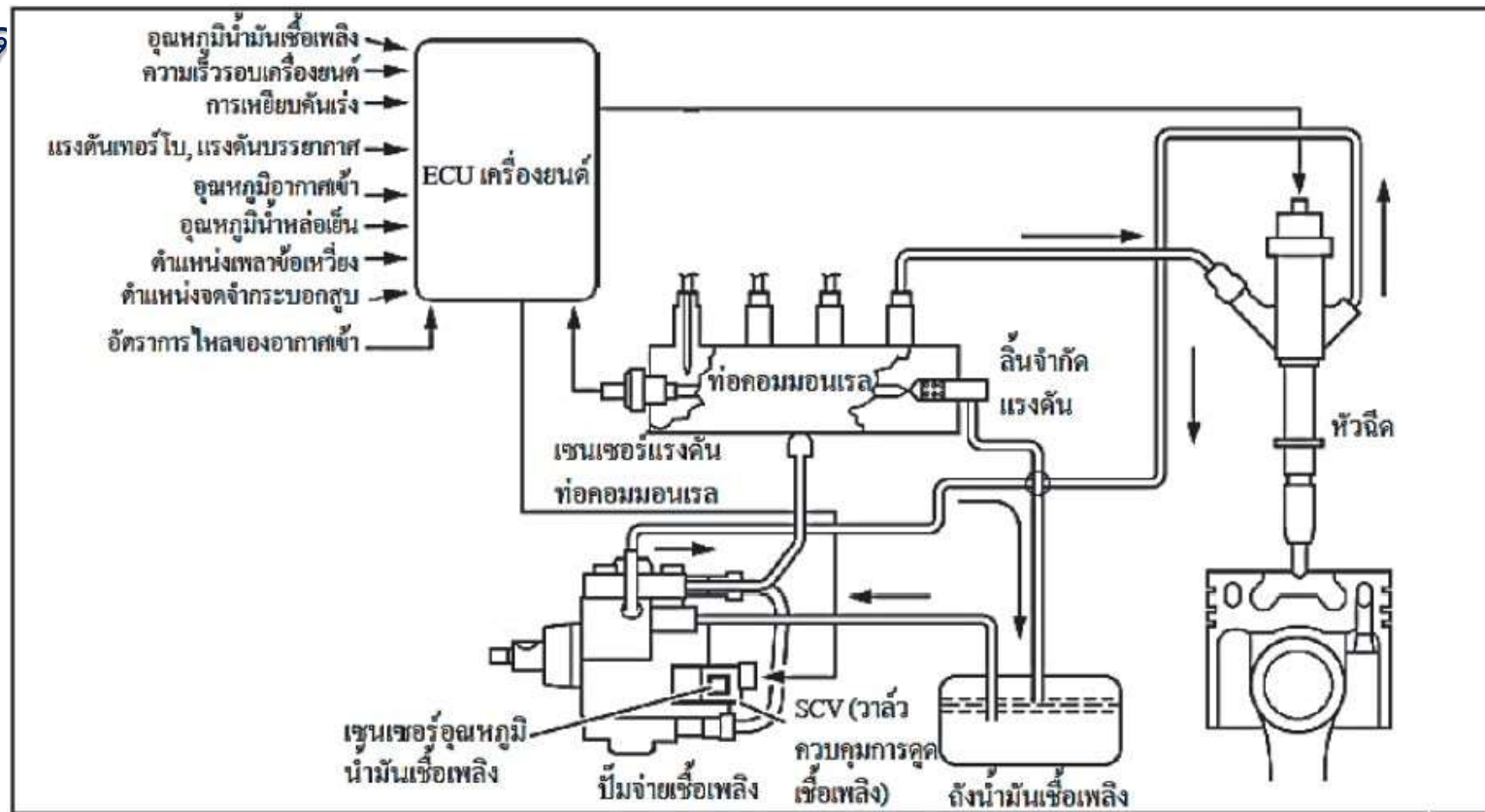
โครงสร้างของระบบคอมมอนเรล เครื่องยนต์ 4D-56

2.5

ส่วนประกอบของระบบคอมมอนเรล

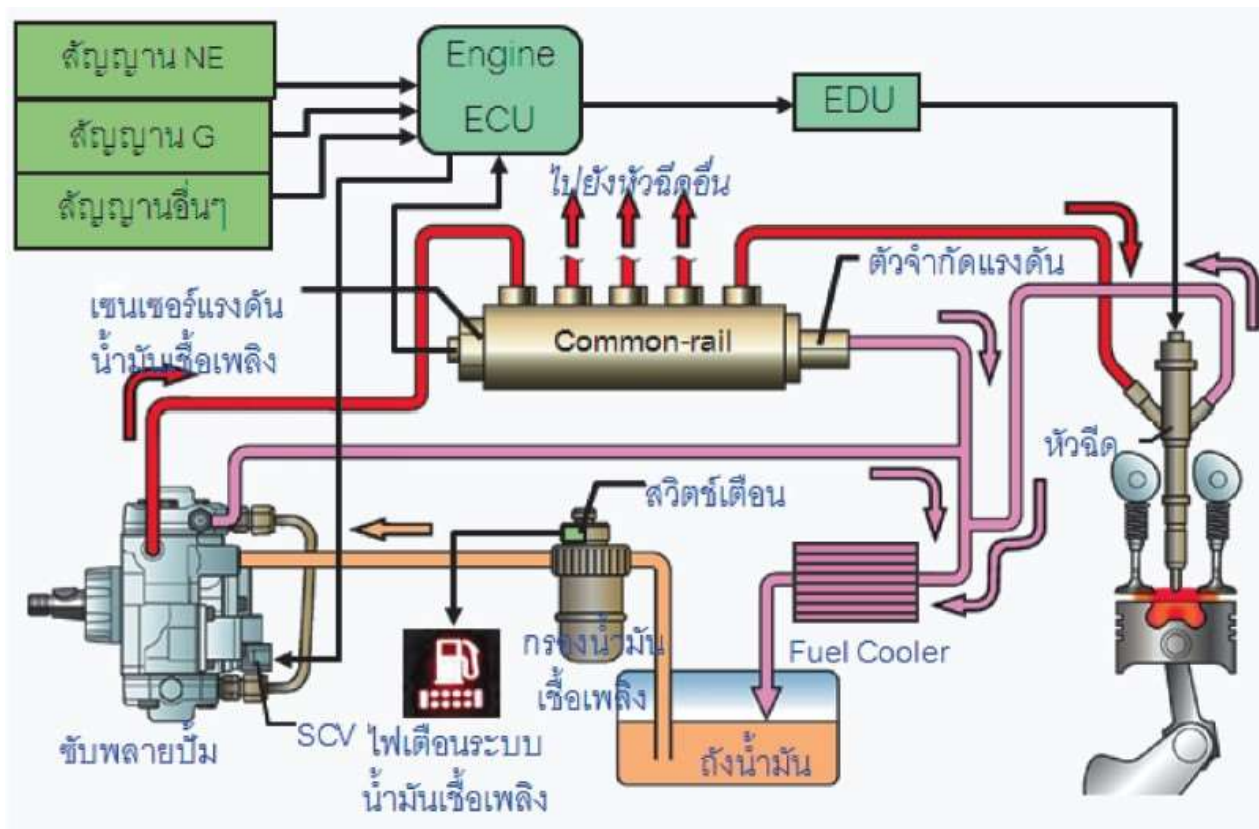
ระบบคอมมอนเรล ประกอบด้วย ปั๊มจ่ายเชื้อเพลิง ท่อคอมมอนเรล หัวฉีด

หัวฉีด



ส่วนประกอบของระบบคอมมอนเรล

เครื่องยนต์ 4D-56



ส่วนประกอบของระบบคอมมอนเรล เครื่องยนต์ 1KD-FTV





2.6 การทำงานเบื้องต้นของระบบคอมมอนเรล

2.6.1 ปั๊มจ่ายเชื้อเพลิง (HP3)

ปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงจะดูดน้ำมันเชื้อเพลิงจากถังน้ำมันเชื้อเพลิง และปัมน้ำมันเชื้อเพลิงแรงดันสูงไปที่ท่อคอมมอนเรล ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่จ่ายจากปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงจะควบคุมแรงดันในท่อคอมมอนเรล

2.6.2 ท่อคอมมอนเรล

ท่อคอมมอนเรลจะติดตั้งอยู่ระหว่างปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงกับหัวฉีด และทำหน้าที่เก็บรักษาน้ำมันเชื้อเพลิงแรงดันสูงไว้

2.6.3 หัวฉีด (ชนิด G2)

หัวฉีดนี้จะใช้แทนหัวฉีดแบบเดิม และทำให้การฉีดเหมาะสมที่สุดโดยมีผลกับการควบคุมตามสัญญาณต่าง ๆ จาก ECU เครื่องยนต์ ซึ่งสัญญาณต่าง ๆ จาก ECU เครื่องยนต์จะกำหนดระยะเวลา

2.6.4 ECU เครื่องยนต์

ECU เครื่องยนต์จะคำนวณข้อมูลที่ได้รับจากเซนเซอร์ต่างๆ เพื่อสรุปการควบคุมปริมาณการฉีด จังหวะ และแรงดันเช่นเดียวกับ EGR (การหมุนเวียนก๊าซไอเสีย)



2.6.5 ระบบเชื้อเพลิง

ระบบนี้ประกอบด้วยเส้นทางการไหลของน้ำมันดีเซลจากถังน้ำมันเชื้อเพลิงผ่านท่อคอมมอนเรลไปยังปั๊มจ่ายเชื้อเพลิงและถูกฉีดผ่านทางหัวฉีด

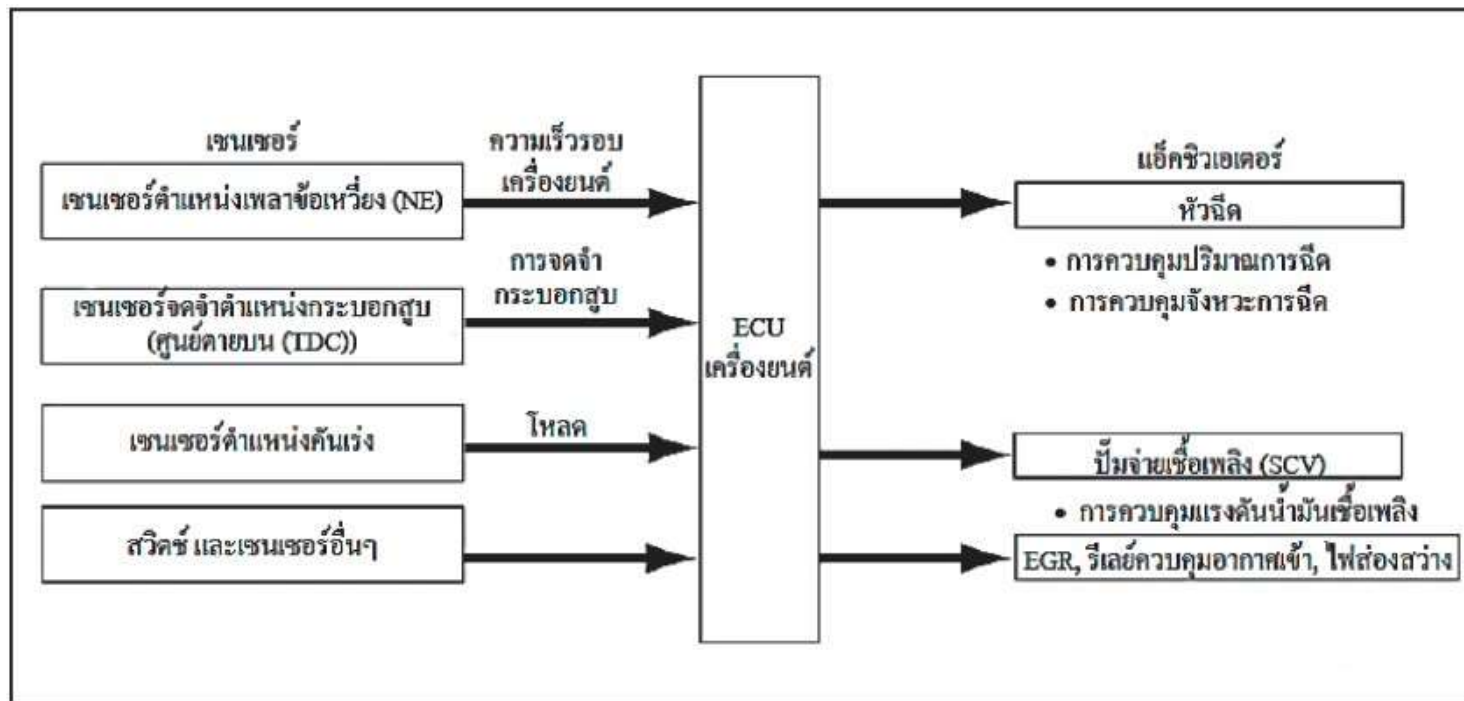
2.6.6 ระบบควบคุม

ในระบบนี้ ECU เครื่องยนต์จะควบคุมระบบการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงตามสัญญาณที่ได้รับจากเซนเซอร์ต่าง ๆ ชิ้นส่วนประกอบของระบบนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดกว้าง ๆ ดังนี้

1. เซนเซอร์ ทำหน้าที่ตรวจจับสภาวะการขับเคลื่อนและเครื่องยนต์ แล้วแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า

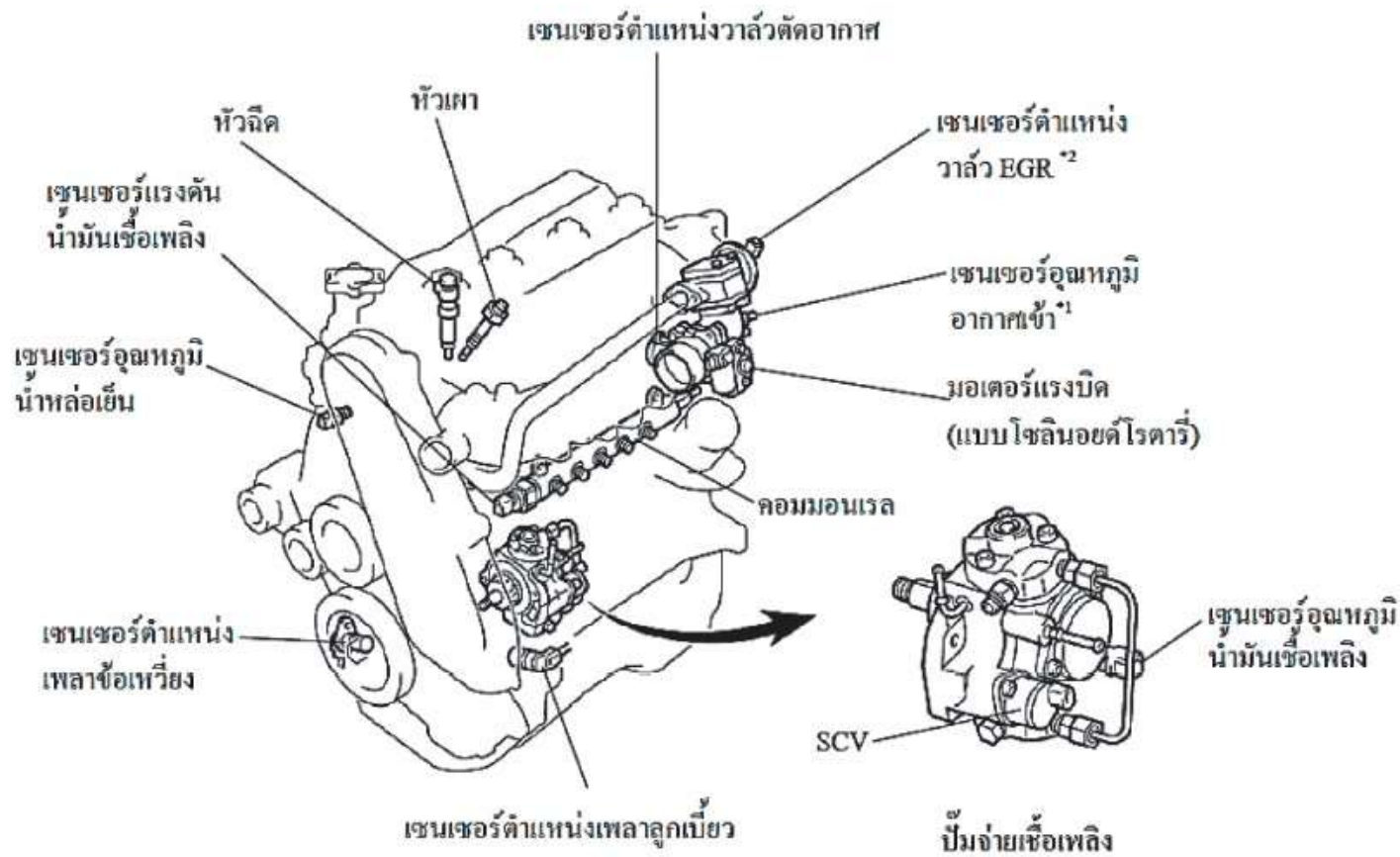
2. ECU เครื่องยนต์ ทำการคำนวณตามสัญญาณไฟฟ้าที่รับจากเซนเซอร์ต่าง ๆ และส่งไปอุปกรณ์ปฏิบัติการ (Actuator) ในการทำงานเพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมที่สุด

3. อุปกรณ์ปฏิบัติการหรือตัวกระตุ้น (Actuator) ทำงานตามสัญญาณไฟฟ้าที่ได้รับจาก ECU ซึ่งการควบคุมระบบการฉีดจะทำงานโดยทำการควบคุมอุปกรณ์ปฏิบัติการ ด้วยอิเล็กทรอนิกส์ปริมาณและจังหวะการฉีดจะถูกกำหนดโดยการคำนวณระยะเวลา



ส่วนประกอบของระบบควบคุม เครื่องยนต์ 4D-56





ส่วนประกอบของระบบควบคุม เครื่องยนต์ 4D-56





2.7

หลักการควบคุมปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

ระบบนี้จะมีผลต่อการควบคุมปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงกับจังหวะการฉีดที่เหมาะสมมากกว่าไทม์เมอร์ หรือกัฟเวอร์เนอร์ควบคุมด้วยกลไกที่ใช้ในปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงทั่วไป ECU เครื่องยนต์จะทำการคำนวณความจำเป็นตามเซนเซอร์ต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้

1. ฟังก์ชันควบคุมอัตราการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง การควบคุมการฉีดน้ำมันจะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงปริมาณเล็กน้อยก่อนการฉีดหลัก

2. ฟังก์ชันควบคุมปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เปลี่ยนจากฟังก์ชันกัฟเวอร์เนอร์ทั่วไปเป็นฟังก์ชันควบคุมปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

3. ฟังก์ชันควบคุมจังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เปลี่ยนจากฟังก์ชันไทม์เมอร์ทั่วไปเป็นฟังก์ชันควบคุมจังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

4. ฟังก์ชันควบคุมแรงดันการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (ฟังก์ชันควบคุมแรงดันท่อคอมมอนเรล) ฟังก์ชันควบคุมแรงดันการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (ฟังก์ชันควบคุมแรงดันท่อคอมมอนเรล)





2.8

การควบคุมจังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

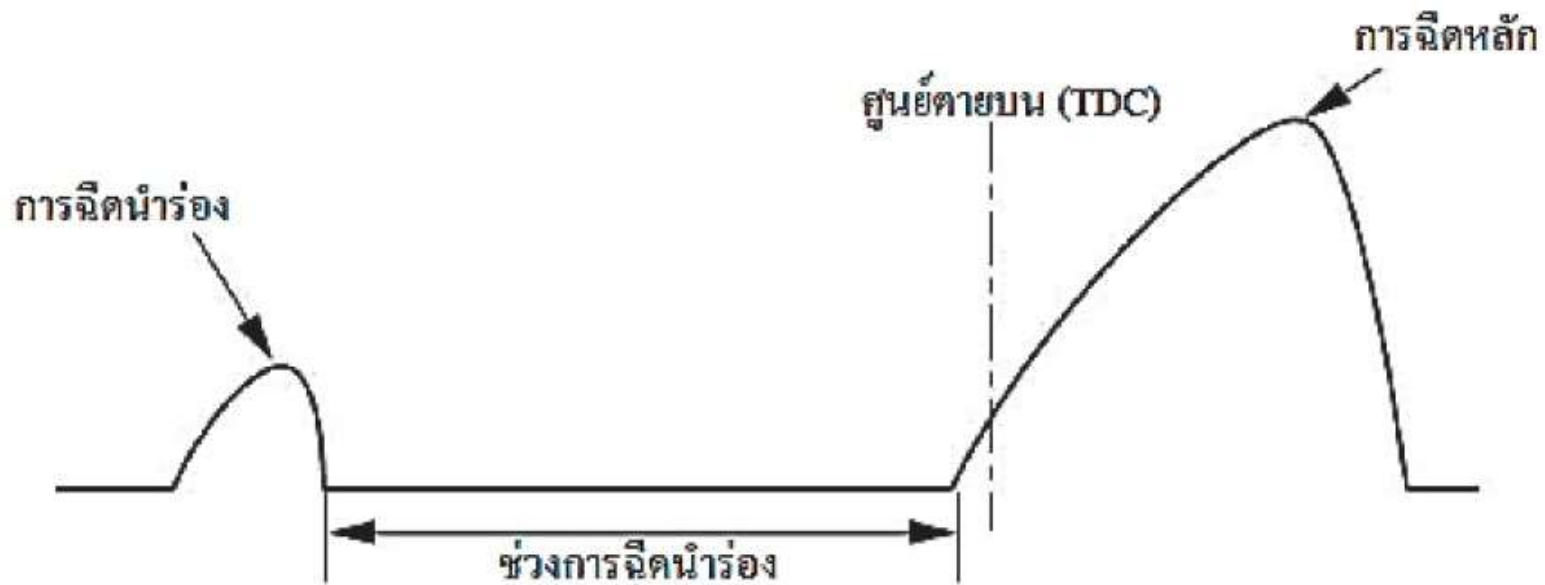
จังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกควบคุมโดยการเปลี่ยนแปลง
จังหวะซึ่งจ่ายกระแสไฟฟ้าไปที่หัวฉีด

2.8.1 การควบคุมจังหวะการฉีดนําร่องและการฉีดหลัก

1. **จังหวะการฉีดหลัก** ECU เครื่องยนต์จะคำนวณจังหวะการฉีด
พื้นฐานตามความเร็วรอบเครื่องยนต์และปริมาณการฉีดครั้งสุดท้าย และเพิ่ม
ชนิดการปรับแก้ต่าง ๆ

2. **จังหวะการฉีดนําร่อง (ช่วงการฉีดนําร่อง) (Pilot Injection Timing)** จะถูกควบคุมโดยทำการเพิ่มช่วงการฉีดนําร่องจนถึงจังหวะการฉีด
หลักช่วงการฉีดนําร่องจะถูกคำนวณตามปริมาณการฉีดครั้งสุดท้าย, ความเร็ว
รอบเครื่องยนต์, อุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น





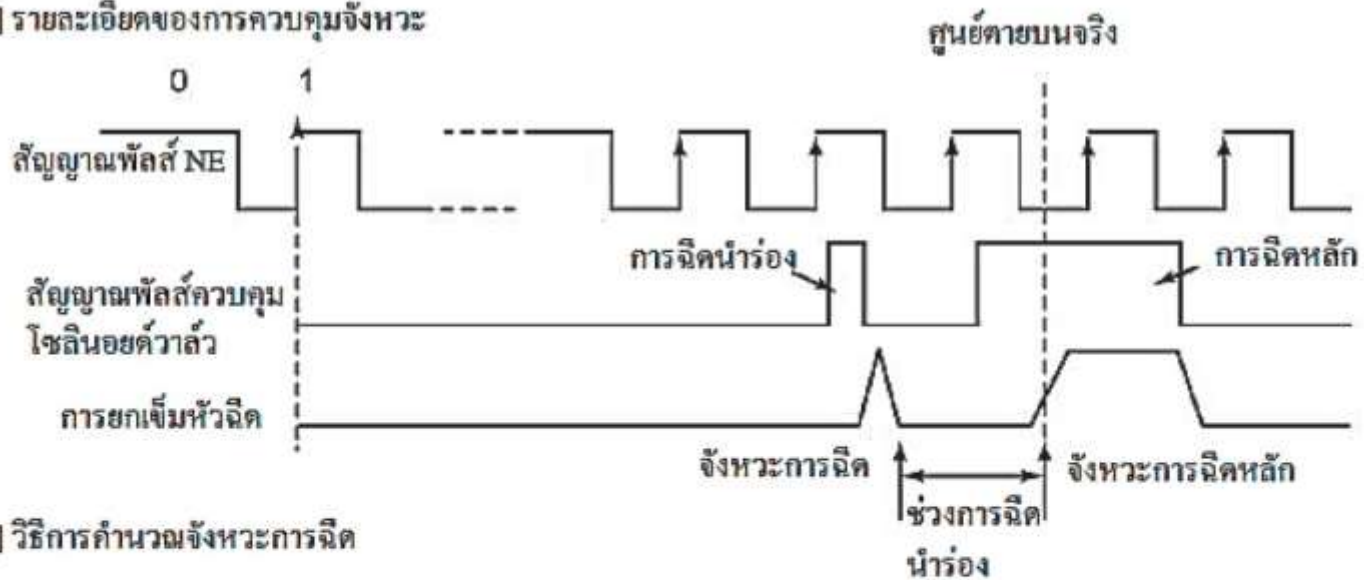
จังหวะการฉีดนำร่อง (Pilot Injection Timing)





3. วิธีการคำนวณจังหวะการฉีด

[1] รายละเอียดของการควบคุมจังหวะ



[2] วิธีการคำนวณจังหวะการฉีด



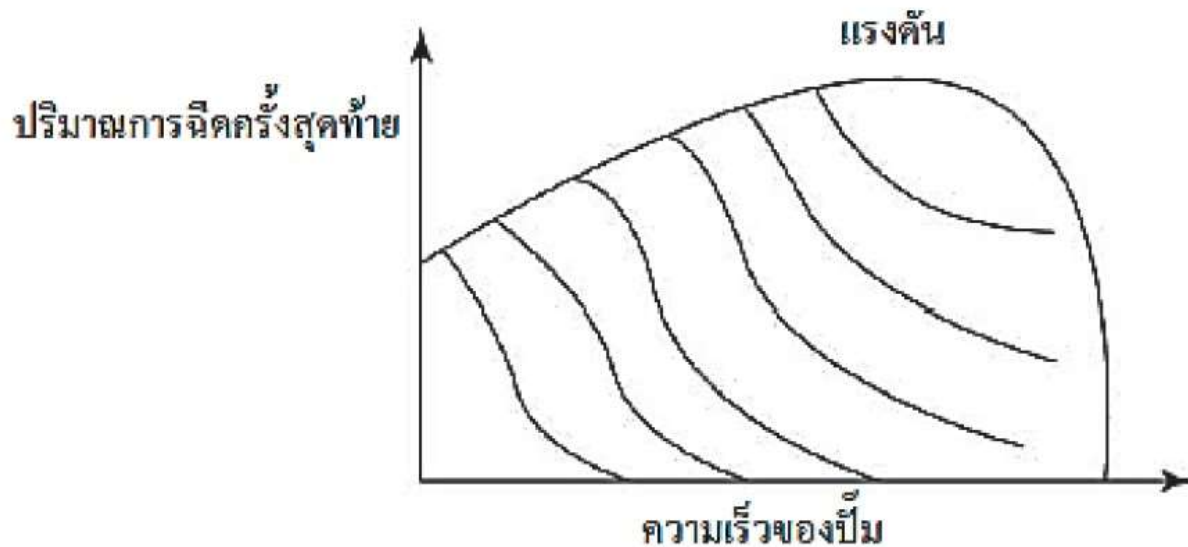
วิธีการคำนวณจังหวะการฉีด





2.8.2 แรงดันการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

ECU เครื่องยนต์จะกำหนดแรงดันการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับปริมาณการฉีดครั้งสุดท้ายและความเร็วรอบเครื่องยนต์แรงดันการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ณ เวลาที่สตาร์ทเครื่องยนต์จะถูกคำนวณจากอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น และความเร็



การควบคุมแรงดันการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง [1]





1



2



3



4



5



เครื่องมือ/วัสดุ/อุปกรณ์ ตรวจสอบวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้ากล่อง
คอมพิวเตอร์





เครื่องมืองานวัดแรงดันไฟฟ้าวงจรจ่ายกระแสไฟให้กล่อง ECU

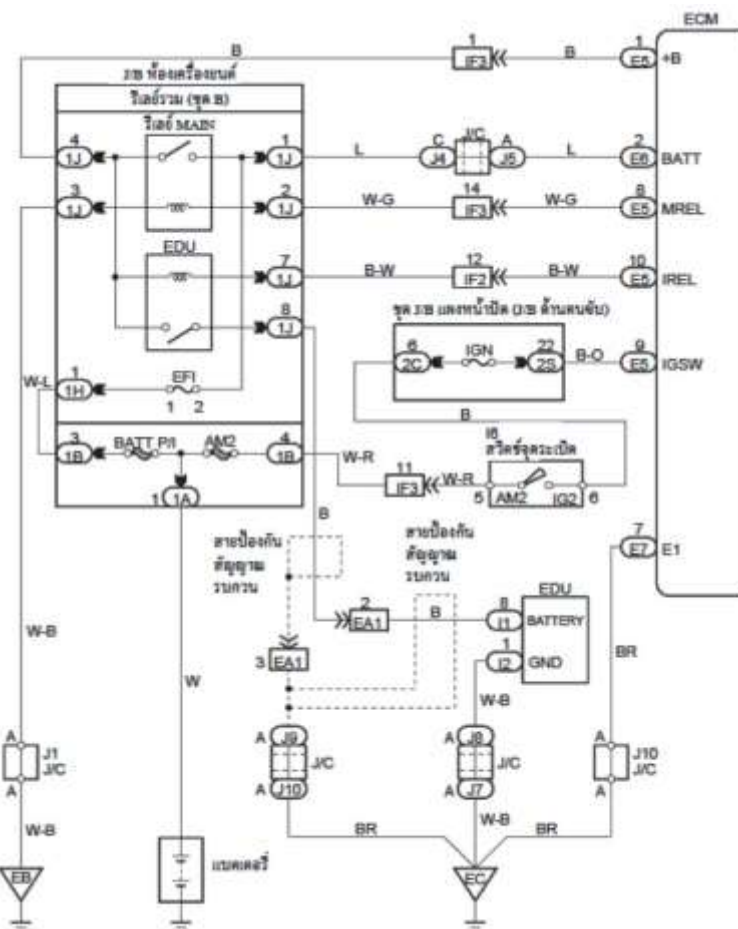
1. แผงฝึก ระบบการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล แบบ Commonrail
2. กล่อง ECU เครื่องยนต์ดีเซล
3. มัลติมิเตอร์ แบบ ดิจิตอล
4. แบตเตอรี่
5. เครื่องยนต์ดีเซล 2KD-FTV



2.9

วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้ากล่องคอมพิวเตอร์

เมื่อบิดสวิทช์จุดระเบิด ON แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่จะถูกจ่ายไปที่ขั้ว IGSW ของ ECM สัญญาณออก MREL ของ ECM ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลไปที่ขดลวด ปิดหน้าคอนแทคของรีเลย์ EFI แล้วจึงส่งกระแสไฟฟ้าไปยังขั้ว +B ของ ECM



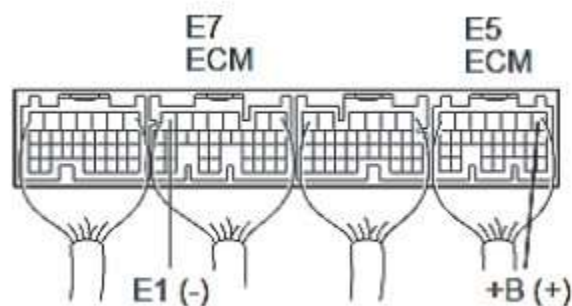
วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้ากล่องคอมพิวเตอร์

2.10

ขั้นตอนการตรวจสอบ

2.10.1 ตรวจ ECM (แรงดันไฟฟ้า +B)

1. บิดสวิทช์จุดระเบิดไปที่ตำแหน่ง ON
2. วัดแรงดันไฟฟ้าของขั้วต่อ ECM ระหว่างขั้ว +B - E1

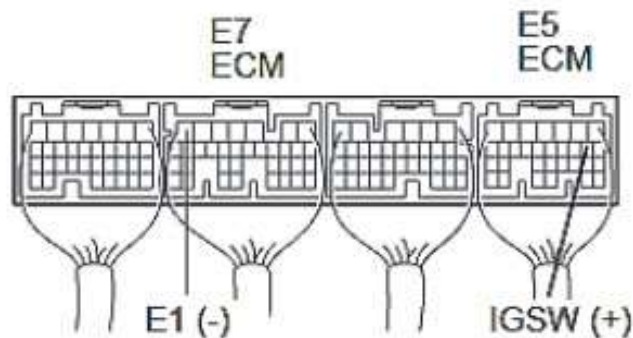


วัดแรงดันไฟฟ้าของขั้วต่อ ECM ระหว่าง
ขั้ว +B - E1



2.10.2 ตรวจ ECM (แรงดันไฟฟ้า IGSW)

1. บิดสวิทช์จุดระเบิดไปที่ตำแหน่ง ON
2. วัดแรงดันไฟฟ้าของขั้วต่อ ECM ระหว่างขั้ว IGSW - E1



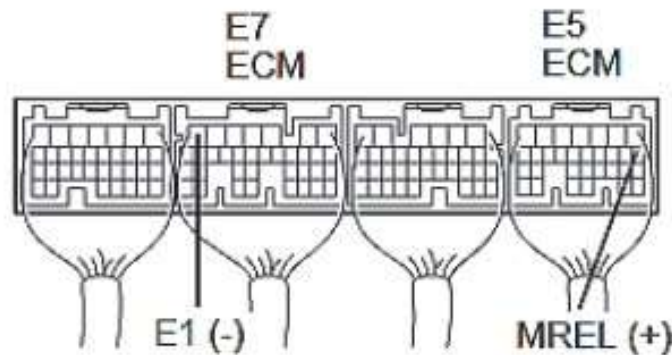
วัดแรงดันไฟฟ้าของขั้วต่อ ECM ระหว่างขั้ว
IGSW - E1





2.10.3 ตรวจ ECM (แรงดันไฟฟ้า MREL)

1. บิดสวิทช์จุดระเบิดไปที่ตำแหน่ง ON
2. วัดแรงดันไฟฟ้าของขั้วต่อ ECM ระหว่างขั้ว MREL - E1



วัดแรงดันไฟฟ้าของขั้วต่อ ECM ระหว่างขั้ว
MREL - E1





หน่วยที่ 3

ความต้องการน้ำมันเชื้อเพลิง ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน



หัวข้อเรื่อง (Topics)

3.1 อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิง

3.2 อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงขณะเครื่องยนต์ทำงาน

3.3 กำลังงานกับความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

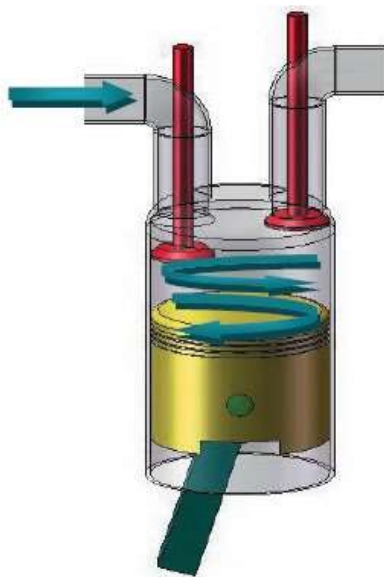
3.4 ข้อจำกัดในการทำงานของคาร์บูเรเตอร์



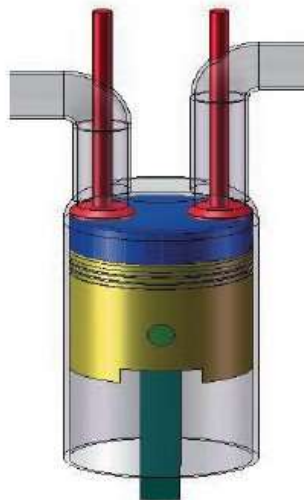
3.1

อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิง

เพื่อประสิทธิภาพในการผลิตกำลังงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน จึงต้องควบคุมการสร้างส่วนผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงและจังหวะการจุดระเบิดให้ถูกต้อง อัตราส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นสิ่งสำคัญที่



ส่วนผสมดี



กำลังอัดดี



จุดประกายไฟดี

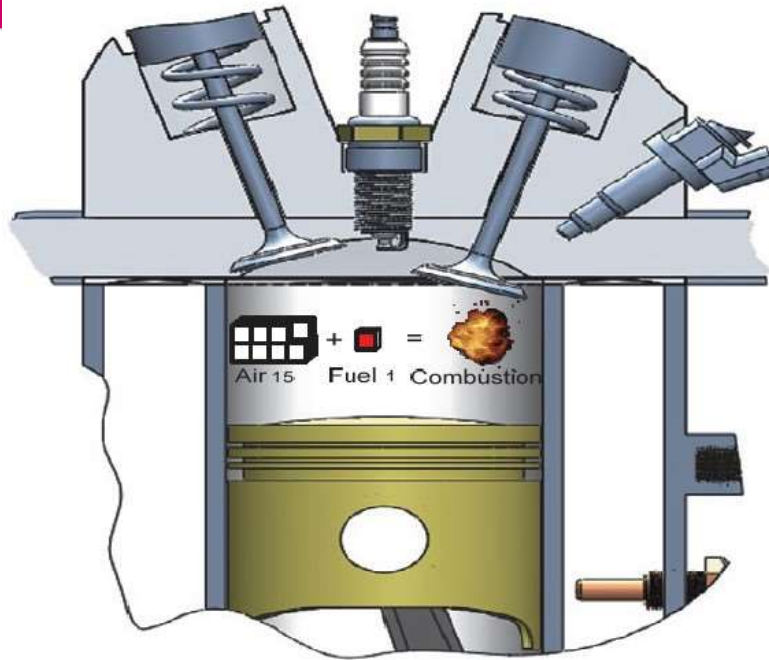
องค์ประกอบหลัก 3 ส่วนที่มีผลต่อเครื่องยนต์
แก๊สโซลีน





3.1.1 อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี

อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี (Theoretical Air-Fuel Ratio) หมายถึง อัตราส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่จำเป็นสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 14.7 : 1 หรือประมาณ



อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิง
ตามทฤษฎี





3.1.2 อัตราส่วนผสมบาง

อัตราส่วนผสมบาง (Lean Mixture) หมายถึง อัตราส่วนผสมที่ใช้
อากาศมากกว่าอัตราส่วน
ผสมทางทฤษฎี (มากกว่า $14.7 : 1$) เช่น อัตราส่วนผสม $16 : 1$, $18 : 1$ ซึ่ง
เรียกว่า ส่วนผสมบาง (Lean Mixture)

3.1.3 อัตราส่วนผสมหนา

อัตราส่วนผสมหนา (Rich Mixture) หมายถึง อัตราส่วนผสมที่น้อย
กว่า $14.7 : 1$ เช่น อัตราส่วนผสม $10 : 1$, $8 : 1$ ซึ่งใช้ปริมาณอากาศน้อย
กว่าทางทฤษฎี (น้อยกว่า $14.7 : 1$) เรียกว่า ส่วนผสมหนา (Rich Mixture)





3.2

อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงขณะเครื่องยนต์ทำงาน

อัตราส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์แก๊สโซลีนต้องการในสภาวะการทำงานต่าง ๆ นั้นไม่เหมือนกัน เพื่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ จะต้องควบคุมอัตราส่วนผสมให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ดังนี้

3.2.1 ขณะสตาร์ท

เครื่องยนต์ต้องการส่วนผสมของเชื้อเพลิงค่อนข้างหนามาก เนื่องจากขณะเริ่มสตาร์ทความเร็วรอบของเครื่องยนต์จะต่ำ (ประมาณ 500-700 รอบต่อนาที) จึงทำให้อากาศไหลผ่านคอคอดของคาร์บูเรเตอร์มีความเร็วต่ำ เป็นผลให้น้ำมันเชื้อเพลิงไม่สามารถเป็นฝอยละเอียดดี

3.2.2 ขณะเดินเบา

ขณะเดินเบาซึ่งเป็นสภาวะความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถทำงานโดยไม่เกิดการสะดุดหรือดับ เครื่องยนต์จะต้องการส่วนผสมที่หนาประมาณ 10 : 1





3.2.3 ขณะอุณหภูมิต่ำ

ขณะอุณหภูมิต่ำมีผลทำให้ฝอยละอองของน้ำมันเชื้อเพลิงบางส่วนกลั่นตัวเป็นลักษณะละอองหยดน้ำเกาะตามผนังท่อไอดีและผนังกระบอกสูบ เครื่องยนต์ต้องการอัตราส่วนผสมที่หนา ประมาณ 9 : 1 ถึง 10 : 1

3.2.4 ขณะเครื่องยนต์รับภาระปานกลางใช้ความเร็วสม่ำเสมอ

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 2,000-2,500 รอบต่อนาที อัตราส่วนผสมที่ใช้จะอยู่ประมาณ 15 : 1 - 16 : 1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมที่ประหยัดและใกล้เคียงกับอัตราส่วนผสมทางทฤษฎี

3.2.5 ขณะเร่งเครื่องเครื่องยนต์

อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์ต้องการจะหนากว่าปกติเพื่อให้ได้กำลังงาน สำหรับสภาวะเพิ่มความเร็วรอบได้อย่างทันทีทันใด

3.2.6 ขณะความเร็วสูงหรือภาระงานหนัก

ขณะความเร็วสูงหรือภาระงานหนัก เช่น ขณะมีการบรรทุกของหนัก หรือการขึ้นทางลาดชันเครื่องยนต์ต้องการส่วนผสมที่หนาประมาณ 12 : 1 - 13 : 1 เพื่อให้ได้กำลังงานสูงสุด





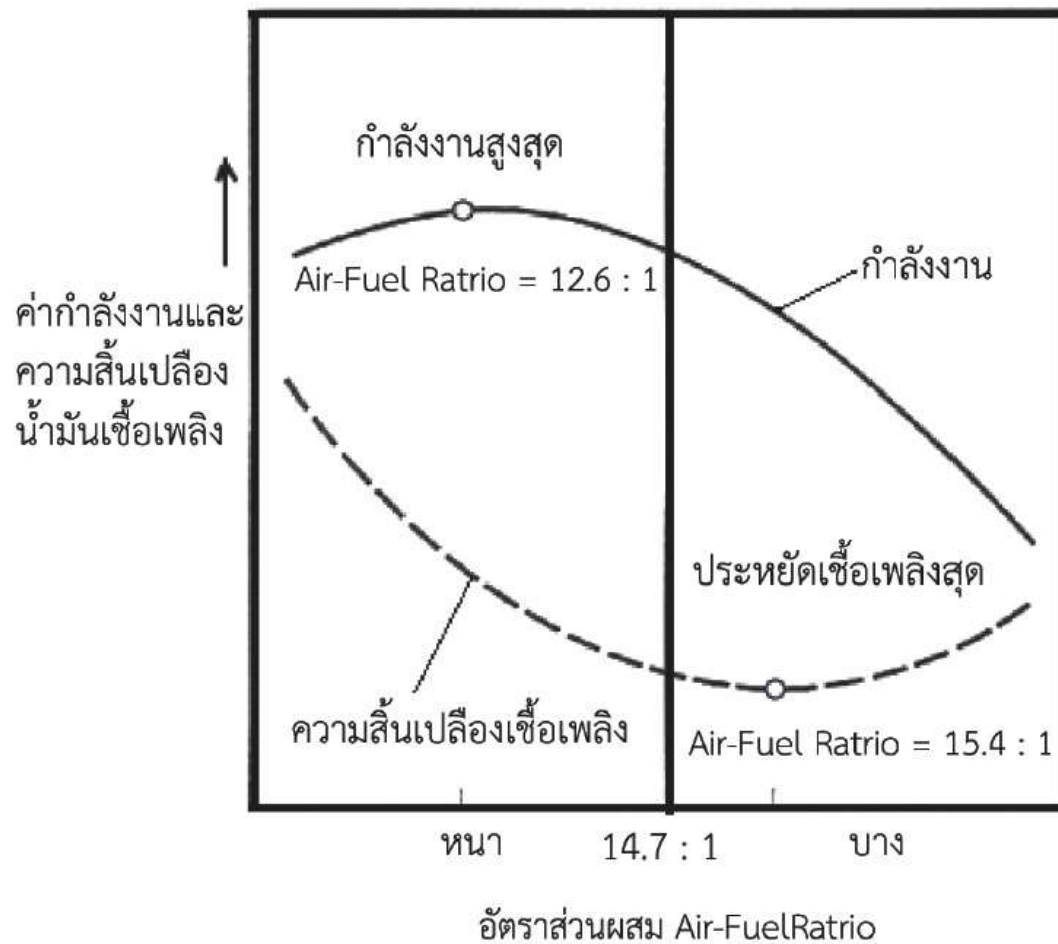
3.3

กำลังงานกับความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนด้วยเหตุผลก็คือผลิตกำลังงานเครื่องยนต์ให้ได้มากที่สุด แต่การผลิตกำลังงานของเครื่องยนต์ไม่ได้อยู่ที่การจ่ายเชื้อเพลิงมากเพียงอย่างเดียว

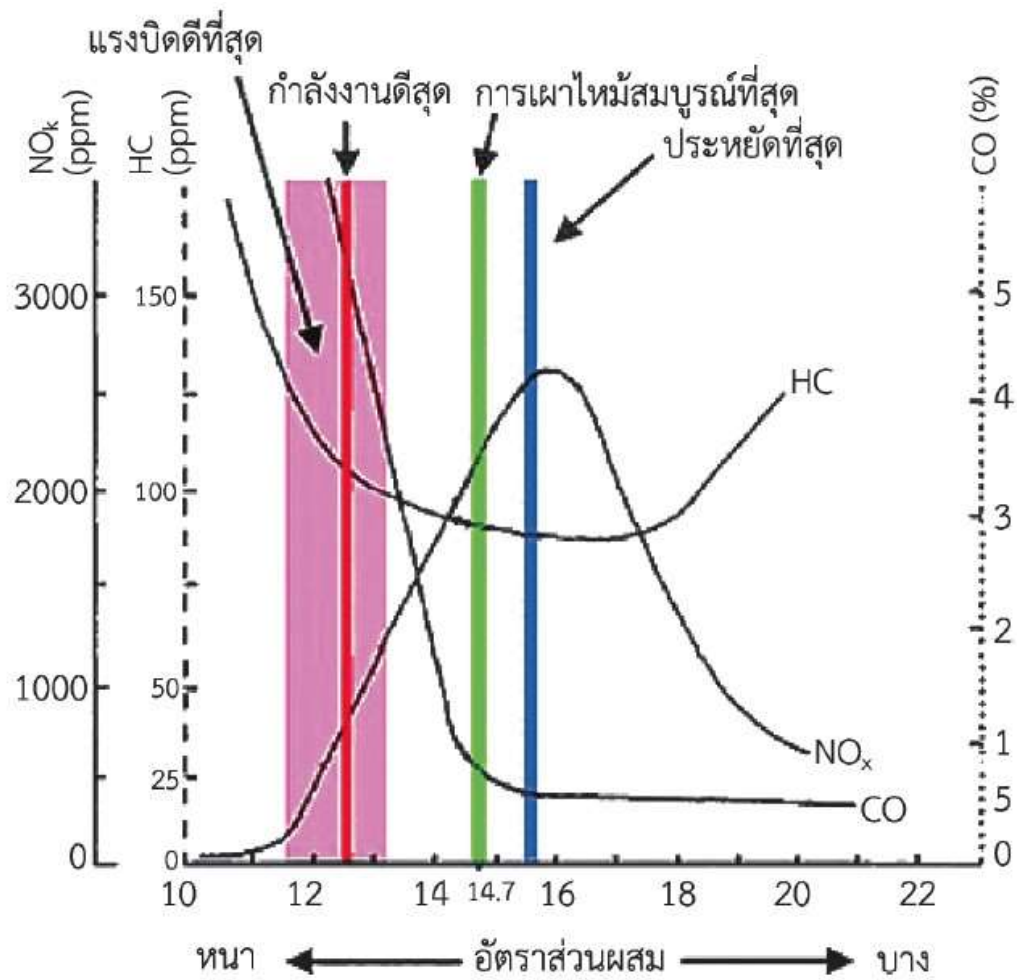
ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานของเครื่องยนต์กับอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงที่แสดงในกราฟจะพบว่ากำลังงานของเครื่องยนต์จะสูงสุด ที่อัตราส่วนผสม 12.6 : 1 ถ้าเครื่องยนต์ได้รับส่วนผสมที่หนากว่านี้ เช่น 11 : 1 หรือ 10 : 1 จะทำให้กำลังงานลดลงแต่ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้น





กราฟอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิง กำลังงาน และความสิ้นเปลือง
น้ำมันเชื้อเพลิง





ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงกับการ
เกิดมลพิษ





3.4

ข้อจำกัดในการทำงานของคาร์บูเรเตอร์

เนื่องจากเครื่องยนต์มีความต้องการอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงในสภาวะการทำงานต่าง ๆ ที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นเพื่อให้มั่นใจว่าการจ่ายอัตราส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงได้ตามสภาพการขับขี่ของรถยนต์ เนื่องจากยังมีข้อจำกัดในการทำงานหลายประการ คือ

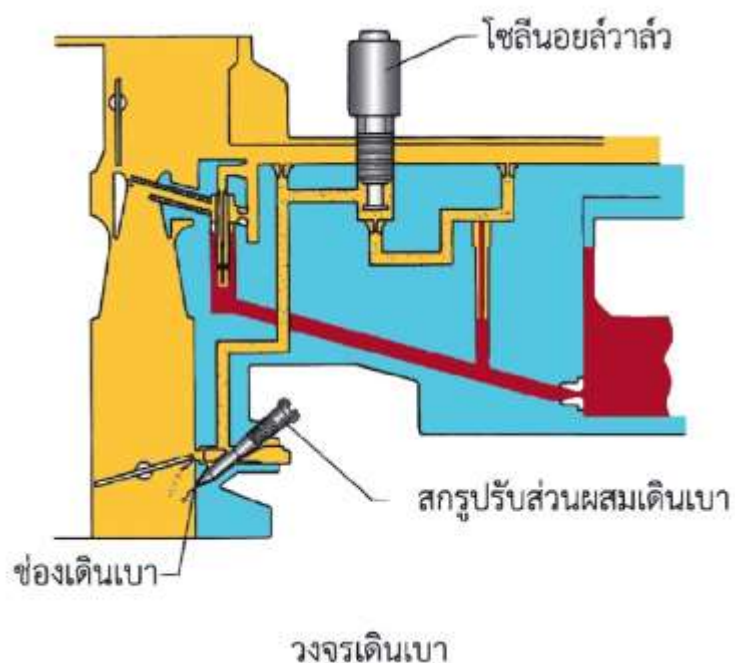
1. ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เป็นกลไกจำนวนมาก เกิดความล่าช้าในการจ่ายส่วนผสมส่งผลให้การตอบสนองการเร่งเครื่องยนต์ไม่ดีเท่าที่ควร
2. วงจรการจ่ายส่วนผสมมีหลายวงจร เช่น วงจรความเร็วรอบเดินเบา วงจรความเร็วรอบปกติ วงจรปัมเร่ง วงจรความเร็วรอบสูง ฯลฯ
3. กรณีเครื่องยนต์มีคาร์บูเรเตอร์ตัวเดียว ความยาวของท่อไอดีแต่ละกระบอกสูบที่ไม่เท่ากันทำให้ส่วนผสมที่บรรจุเข้าไปในแต่ละกระบอกสูบไม่เท่ากัน ซึ่งมีผลต่อกำลังเครื่องยนต์
4. ประสิทธิภาพส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงบริเวณคอคอต (Venturi) ของคาร์บูเรเตอร์ขณะความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำจะไม่ค่อยดีทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง



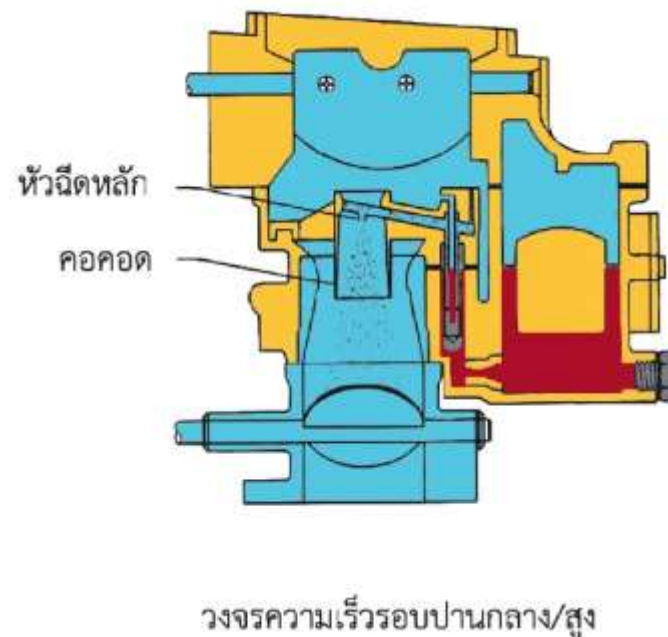


5. ขณะถอนคันเร่งอย่างทันทีทันใด ซึ่งเป็นสภาวะเครื่องยนต์ไม่
 ตัดต่อองกการนั้นมา ม៉ันนเอ เช็ชอเพพลิง
 แต่เครื่องยนต์ยังคงได้รับน้ำมันเชื้อเพลิงจากวงจรความเร็วรอบเดินเบา จึงทำ
 ให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

คาร์โบ
ไฮเดรต

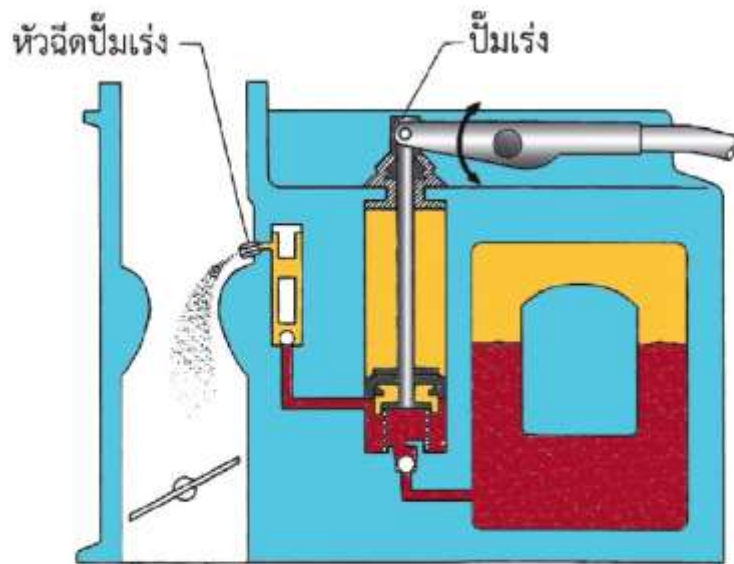


ของ
ภาคที่

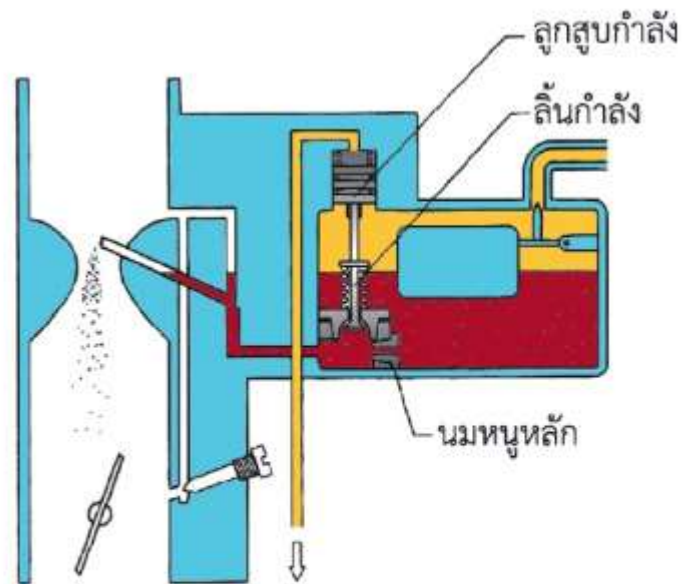


วงจรรจ่ายส่วนผลสมของคาร์บูเรเตอร์





วงจรปัมเร่ง



วงจรความเร็วรอบสูง

(ต่อ) วงจรจ่ายส่วนผสมของคาร์บูเรเตอร์





หน่วยที่ 4

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน



หัวข้อเรื่อง (Topics)

- 4.1 การพัฒนาระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน
- 4.2 ข้อดีของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน
- 4.3 หลักพื้นฐานระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน
- 4.4 โครงสร้างของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน
- 4.5 ชนิดของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน





หัวข้อเรื่อง (Topics)

4.6 ระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ D-Jetronic

4.7 ระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ L-Jetronic





4.1

การพัฒนาระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน (Electronic Fuel Injection System : EFI) มีการพัฒนามาตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2455 โดยบริษัทบอช (BOSCH) ประเทศเยอรมนี โดยเครื่องยนต์ระบบฉีดเชื้อเพลิงรุ่นแรก ๆ จะเป็นแบบควบคุมการฉีดด้วยกลไก ลำดับการพัฒนาเป็นดังนี้ คือ

พ.ศ. 2455 บริษัท BOSCH เริ่มทดลองเครื่องยนต์ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

พ.ศ. 2475 ทดลองใช้เครื่องยนต์ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนในเครื่องบิน

พ.ศ. 2493 บริษัท DAIMLER BENZ สร้างรถแข่งระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

พ.ศ. 2495 บริษัท BOSCH จำหน่ายรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

พ.ศ. 2514 บริษัท NISSAN จำหน่ายรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

พ.ศ. 2522 บริษัท TOYOTA จำหน่ายรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ระบบ



(ก) ระบบคาร์บูเรเตอร์



(ข) ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน



(ค) ระบบควบคุมเครื่องยนต์ด้วยอิเล็กทรอนิกส์

การพัฒนาระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน





4.2

ข้อดีของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

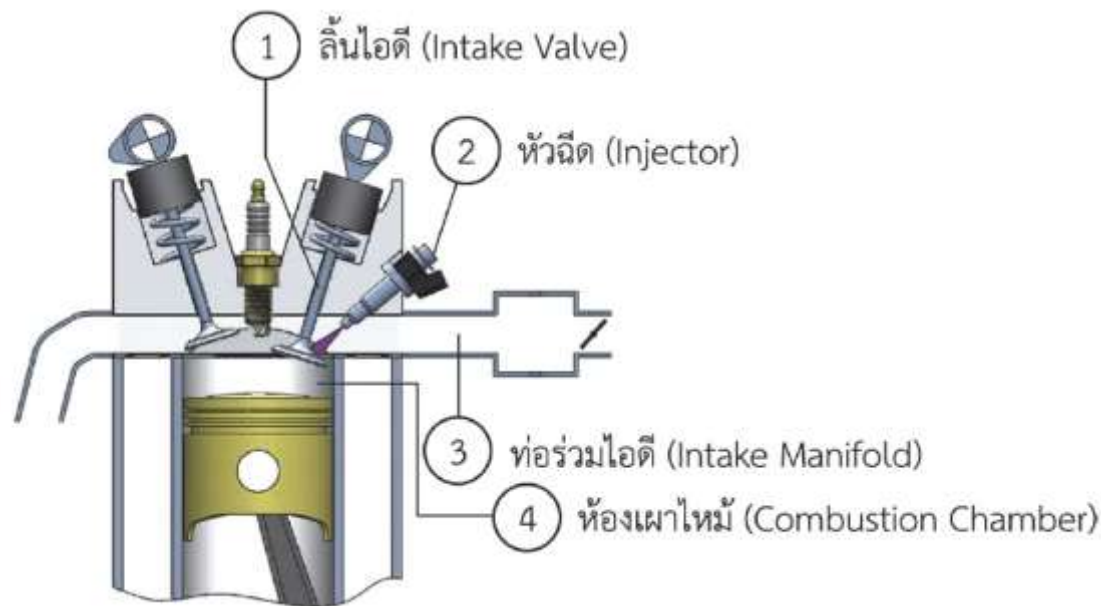
1. ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ท่อร่วมไอดีจะไม่มีคอขวด (Venturi) มาขัดขวางการไหลของอากาศทำให้อากาศไหลเข้าห้องเผาไหม้ได้เต็มที่ ส่งผลให้เครื่องยนต์มีกำลังสูง
2. การจ่ายปริมาณเชื้อเพลิงเป็นไปอย่างต่อเนื่องและแน่นอนทุกช่วงความเร็วรอบของเครื่องยนต์
3. มีการตอบสนองขณะเร่งเครื่องยนต์ได้
4. ความลาดเอียงของถนนไม่มีผลต่อการจ่ายส่วนผสมเชื้อเพลิง
5. ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง



4.3

หลักพื้นฐานระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ได้รับการคิดค้นและพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดการทำงานของคาร์บูเรเตอร์ โดยระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงนี้จะไม่มีการจ่ายส่วนผสมหลายวงจรเหมือนคาร์บูเรเตอร์หลักการของระบบจะใช้หัวฉีด (Injector) ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่แรงดันเข้าไปผสมกับอากาศใน



ตำแหน่งการฉีดน้ำมันของหัวฉีด

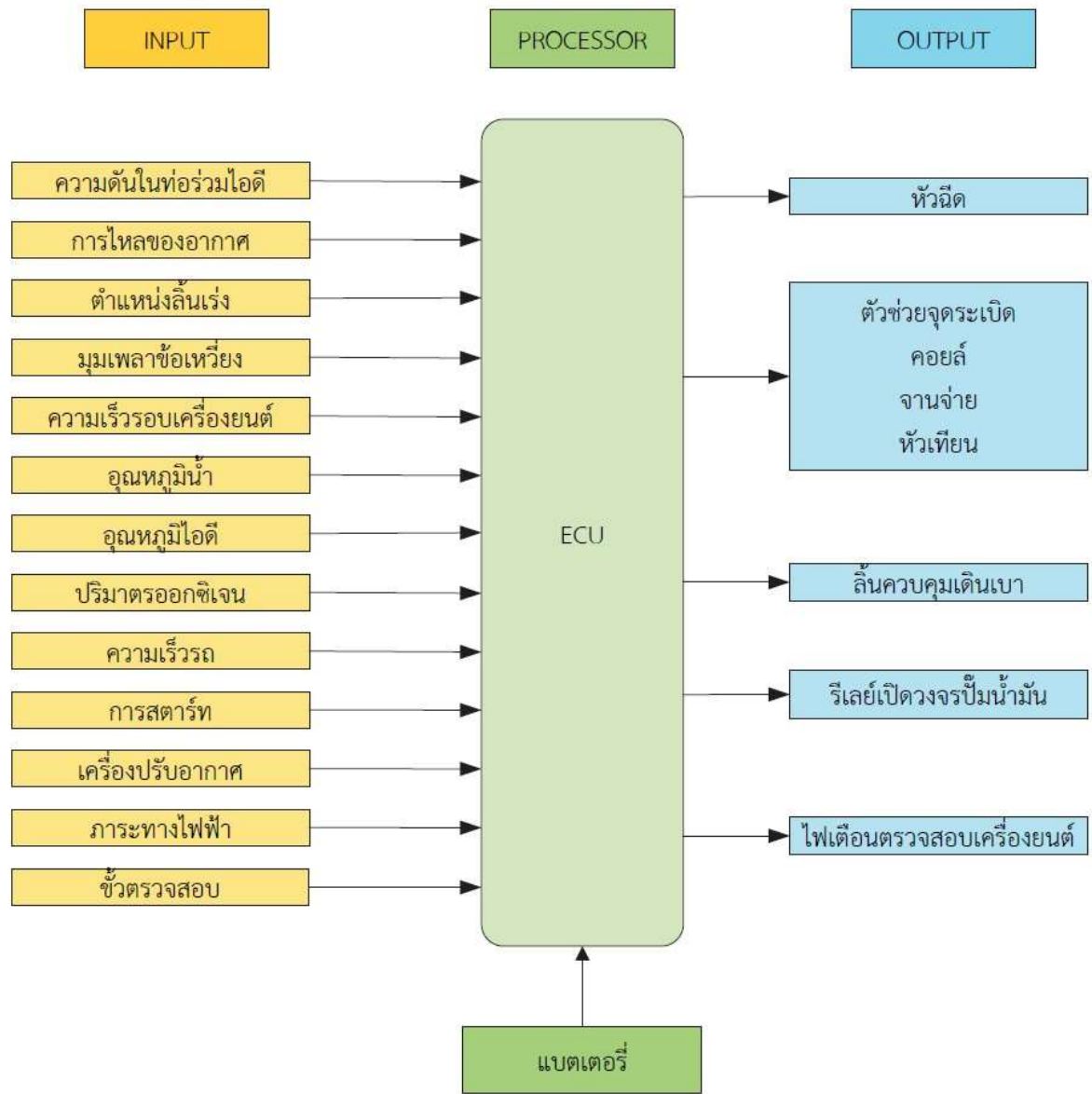




4.4 โครงสร้างของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

โครงสร้างของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนจะมีลักษณะการทำงานคล้ายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ คือ ประกอบด้วยสัญญาณด้านอินพุต (Input) ซึ่งได้แก่ตัวตรวจจับสัญญาณต่าง ๆ เช่น ตัวตรวจจับอุณหภูมิ น้ำ ตรวจจับอุณหภูมิ ไรต์ ตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง เป็นต้น





ไดอะแกรมโครงสร้างระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน





4.5

ชนิดของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนที่ใช้ในรถยนต์มี 3 แบบ คือ

1. ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบควบคุมด้วยกลไก มีชื่อเรียกว่า K-Jetronic
2. ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบควบคุมด้วยกลไกร่วมกับอิเล็กทรอนิกส์มีชื่อเรียกว่า KE-Jetronic
3. ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Fuel Injection) มีชื่อเรียกว่า ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบ D-Jetronic และแบบ L-Jetronic

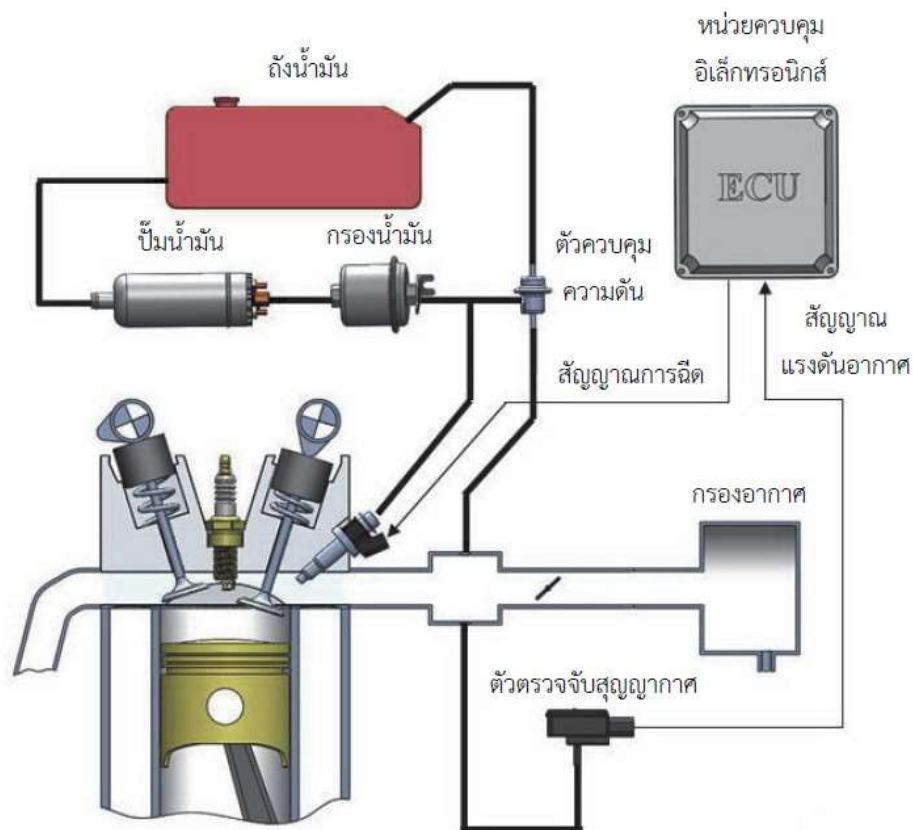
ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 3 แบบถูกคิดค้นโดยบริษัท BOSCH ประเทศเยอรมนีเริ่มแรกมีการควบคุมการฉีดด้วยกลไก (K-Jetronic) ต่อมาได้พัฒนาให้ควบคุมด้วยกลไกร่วมกับอิเล็กทรอนิกส์ (KE-Jetronic) แต่ปัจจุบันไม่ได้รับความนิยม



4.6

ระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ D-Jetronic

D-Jetronic เป็นคำรวมจากภาษาเยอรมันว่า Druck หมายถึง “ความดัน” และ Jetronic ซึ่งมีความหมายว่า “หัวฉีด”



โครงสร้างของระบบ
ฉีดเชื้อเพลิงแบบ D-
Jetronic

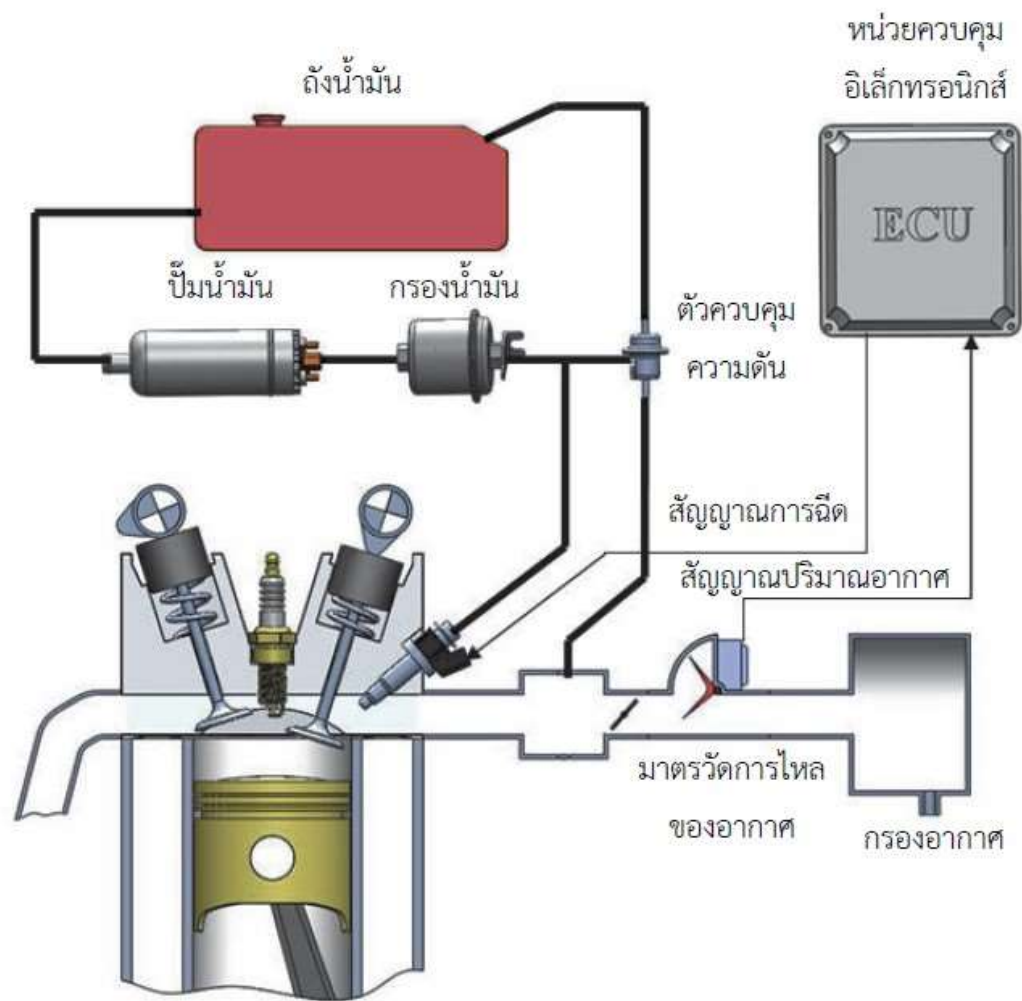


4.7

ระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์แบบ L-Jetronic

L-Jetronic มาจากภาษาเยอรมันว่า “Luft” หมายถึง “อากาศ” เป็นระบบที่พัฒนามาจาก EFI แบบ D-Jetronic มีการควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยการวัดปริมาณอากาศที่ไหลเข้ากระบอกสูบ โดยใช้มาตรวัดการไหลของอากาศ (Air Flow Meter) ส่งสัญญาณแรงดันไฟฟ้าไปยังกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อกำหนดระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสม





โครงสร้างของ EFI แบบ L-Jetronic





หน่วยที่ 5

ระบบเชื้อเพลิง





หัวข้อเรื่อง (Topics)

- 5.1 ส่วนประกอบของระบบเชื้อเพลิง
- 5.2 ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง
- 5.3 การควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง
- 5.4 กรองน้ำมันเชื้อเพลิง
- 5.5 ท่อจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง





หัวข้อเรื่อง (Topics)

5.6

ตัวควบคุมแรงดันเชื้อเพลิง

5.7

หัวฉีด

5.8

หัวฉีดสตาร์ทเย็น

5.9

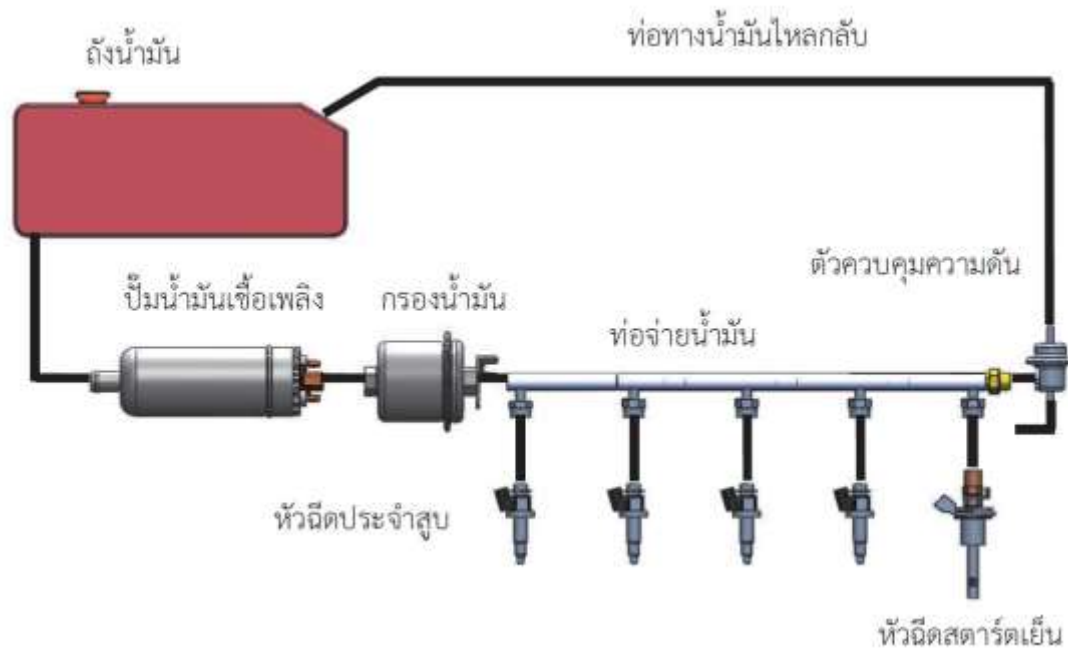
ตัวป้องกันการกระเพื่อมของน้ำมันเชื้อเพลิง



5.1

ส่วนประกอบของระบบเชื้อเพลิง

ส่วนประกอบของระบบเชื้อเพลิงประกอบด้วย ถังน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Tank) ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Pump) กรองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Filter) ท่อจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง (Delivery Pipe) ตัวควบคุมความดัน (Pressure Regulator) ตัวป้องกันการกระเพื่อมของน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel and Start Injector) และหัวฉีด

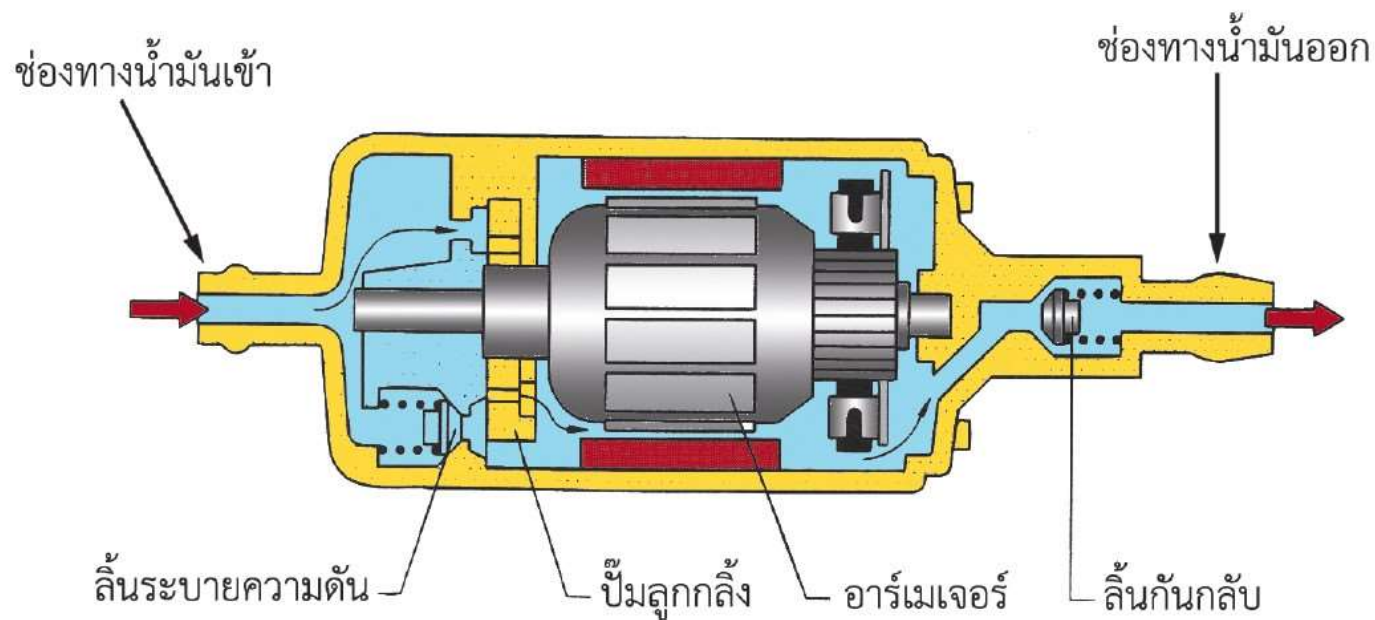


ส่วนประกอบของระบบเชื้อเพลิง

ปั๊มน้ำมันเป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจากถังเก็บให้มีแรงดันสูงขึ้นเพื่อส่งไปยังหัวฉีดให้เพียงพอต่อความต้องการขณะเครื่องยนต์ทำงาน ปั๊มน้ำมันในระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนแบ่งได้ 2 แบบ คือ แบบติดตั้งนอกถังน้ำมันและแบบติดตั้งภายในถังน้ำมัน

5.2.1 ปั๊มน้ำมันติดตั้งนอกถังแบบโรลเลอร์เซลล์ (Roller Cell Pump)

ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดนี้ติดตั้งตัวปั๊มไว้ภายนอกถังน้ำมัน ประกอบด้วยโรเตอร์ (Rotor) ซึ่งสวมอยู่ลักษณะเยื้องศูนย์กลางกับตัวเสื้อปั๊ม (Pump Spacer) มีลูกกลิ้งหรือโรลเลอร์ (Roller) ทำหน้าที่กวาดน้ำมันเชื้อเพลิงไปตามช่องว่างระหว่างโรเตอร์กับเสื้อปั๊ม



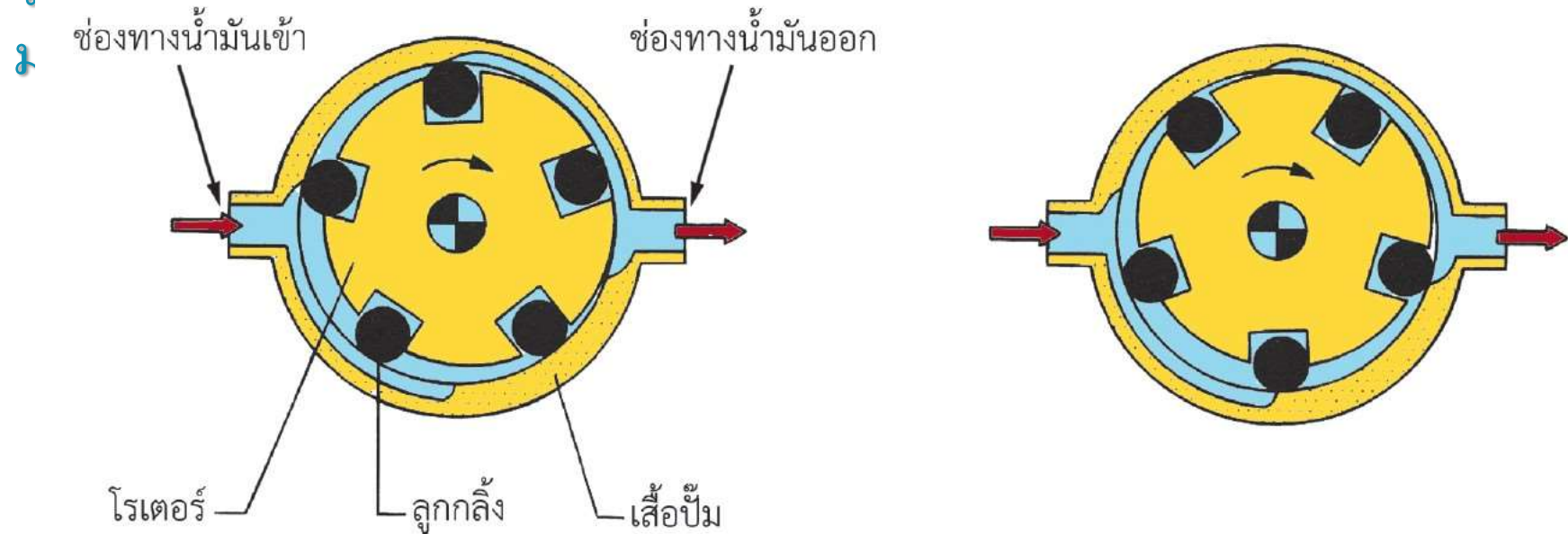
ปั๊มแบบติดตั้งนอกถังน้ำมันชนิดโรลเลอร์เซลล์





การทำงานของปั๊มแบบโรลเลอร์เซลล์

เมื่อมอเตอร์ของปั๊มทำงานจะทำให้แผ่นโรเตอร์หมุน เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางทำให้ลูกกลิ้งเคลื่อนตัวออกมาสัมผัสกับผนังด้านในของเสื้อปั๊มตลอดเวลา การเปลี่ยนแปลงขนาดของช่องว่างระหว่างโรเตอร์กับเสื้อปั๊มทำให้อัตราการเคลื่อนที่ของของเหลวเข้าและออกได้เป็นสองเท่า จึงมีประสิทธิภาพ



การทำงานของปั๊มแบบโรลเลอร์เซลล์





5.2.2 ปั๊มน้ำมันติดตั้งในถังแบบใบพัด (Turbine Pump)

ปั๊มน้ำมันติดตั้งในถังแบบใบพัดประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ

1. **ลิ้นก้นกลับ (Check Valve)** ทำหน้าที่รักษาแรงดันให้ค้างอยู่ในท่อจ่ายเชื้อเพลิงเมื่อดับเครื่องยนต์ เพื่อให้การสตาร์ทเครื่องยนต์ครั้งใหม่สตาร์ทติดง่าย

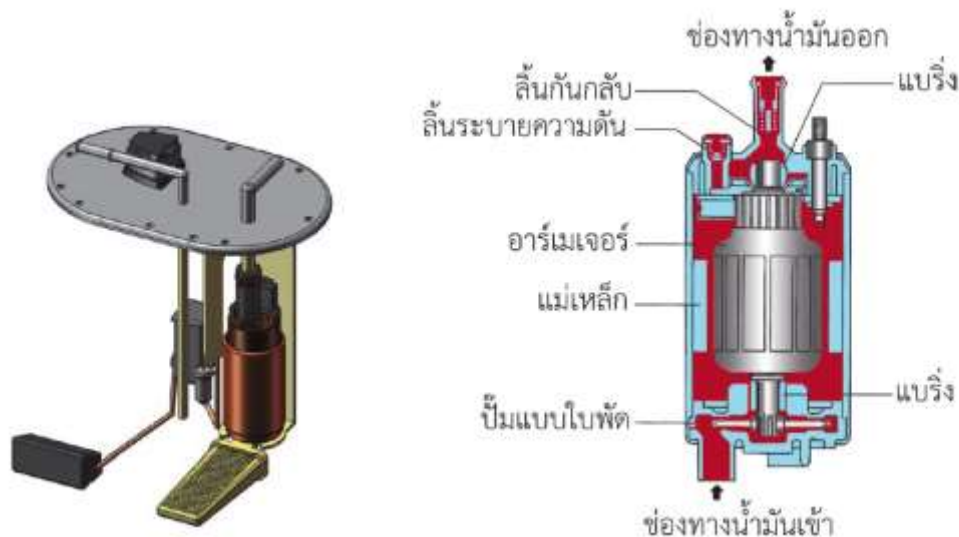
2. **ลิ้นระบายความดัน (Pressure Relief Valve)** ทำหน้าที่ป้องกันความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงไม่ให้สูงเกินไป

3. **มอเตอร์ (Motor)** ทำหน้าที่หมุนใบพัดของปั๊ม

4. **ใบพัด (Blade)** ทำหน้าที่สร้างการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง

5. **กรอง (Filter)** ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกที่อาจปนมากับน้ำมันเชื้อเพลิง





ส่วนประกอบของ ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง แบบใบพัด

การทำงานของปั๊มเชื้อเพลิงแบบใบพัด

ปั๊มแบบใบพัดนิยมใช้ในรถยนต์หัวฉีดรุ่นใหม่ เนื่องจากตัวใบพัดทำจากพลาสติกและหมุนอยู่ภายในเสื้อโดยไม่สัมผัสกับเสื้อปั๊ม จึงทำให้ไม่เกิดการสึกหรอที่ใบพัดหรือเสื้อปั๊ม ยืดอายุการใช้งานให้สูงขึ้น



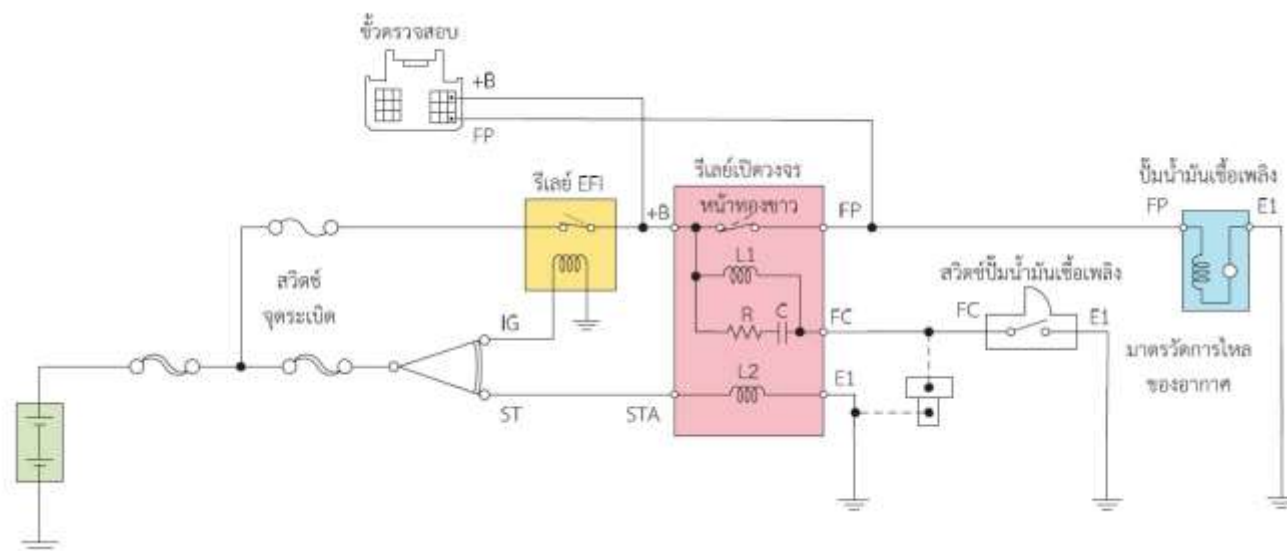


5.3

การควบคุมการทำงานของปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง

การทำงานของปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกควบคุมผ่านรีเลย์ปั้มให้มอเตอร์ของปั้มทำงานเฉพาะช่วงที่เครื่องยนต์ทำงานเท่านั้น เพื่อลดการสึกหรอของปั้มและตัดระบบการทำงานเมื่อมีอุบัติเหตุ

5.3.1 วงจรควบคุมการทำงานของปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงแบบแอล-เจ็ททรอนิกส์ (L-Jetro



วงจรควบคุมปั้มเชื้อเพลิงแบบ แอล-เจ็ท
ทรอนิกส์





ขณะสวิตช์จุดระเบิดเปิดตำแหน่ง IG

กระแสไฟฟ้าไหลจากขั้ว IG ของสวิตช์จุดระเบิด ผ่านขดลวดของรีเลย์ EFI ลงกราวด์ครบวงจรทำให้รีเลย์ EFI ทำงาน กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหน้าสัมผัสรีเลย์ EFI ไปยังขั้ว +B ของรีเลย์เปิดวงจร (Circuit Opening Relay) และขั้วตรวจสอบ ขณะนี้ปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงยังไม่ทำงานเพราะกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวด L1 ยังไม่ลงกราวด์ครบวงจร

ขณะสตาร์ทเครื่องยนต์

เมื่อเปิดสวิตช์จุดระเบิดไปยังตำแหน่งสตาร์ท (ST) กระแสไฟฟ้าจากขั้ว ST จะผ่านขดลวด L2 ของรีเลย์เปิดวงจรลงกราวด์ขั้ว E1 ทำให้รีเลย์เปิดวงจรทำงาน กระแสไฟฟ้าจากขั้ว +B จึงผ่านหน้าสัมผัสขั้ว FP รีเลย์เปิดวงจรไปที่ขั้ว FP ของปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงลงกราวด์ E1 ครบวงจร ทำให้มอเตอร์ของปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงทำงานทันที





ขณะเครื่องยนต์ทำงาน

เมื่อเครื่องยนต์สตาร์ทติดแล้ว และปล่อยมือเพื่อให้สวิตช์จุดระเบิดคืนกลับไปตำแหน่ง IG กระแสไฟฟ้าจากขั้ว ST ที่เคยจ่ายให้กับขดลวด L2 จะถูกตัด ขดลวด L2 จึงไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านแต่เนื่องจากขณะนี้เครื่องยนต์ทำงานแล้ว จึงทำให้สวิตช์ปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง (FC กับ E1) ที่อยู่ในมาตรวัดอากาศ (Air Flow Meter)

ขณะเครื่องยนต์ดับแต่สวิตช์จุดระเบิดอยู่ตำแหน่ง IG

กรณีเครื่องยนต์หยุดทำงาน แผ่นวัดอากาศในตัวมาตรวัดอากาศจะปิดลงเนื่องจากไม่มีอากาศไหลผ่าน และสวิตช์ปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง FC กับ E1 จะเปิดวงจร (หน้าสัมผัสแยกจากกัน) มีผลทำให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวด L1 ไม่สามารถลงกราวด์ได้ ทำให้รีเลย์ยังเปิดวงจรและปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงหยุดการจ่ายเชื้อเพลิง

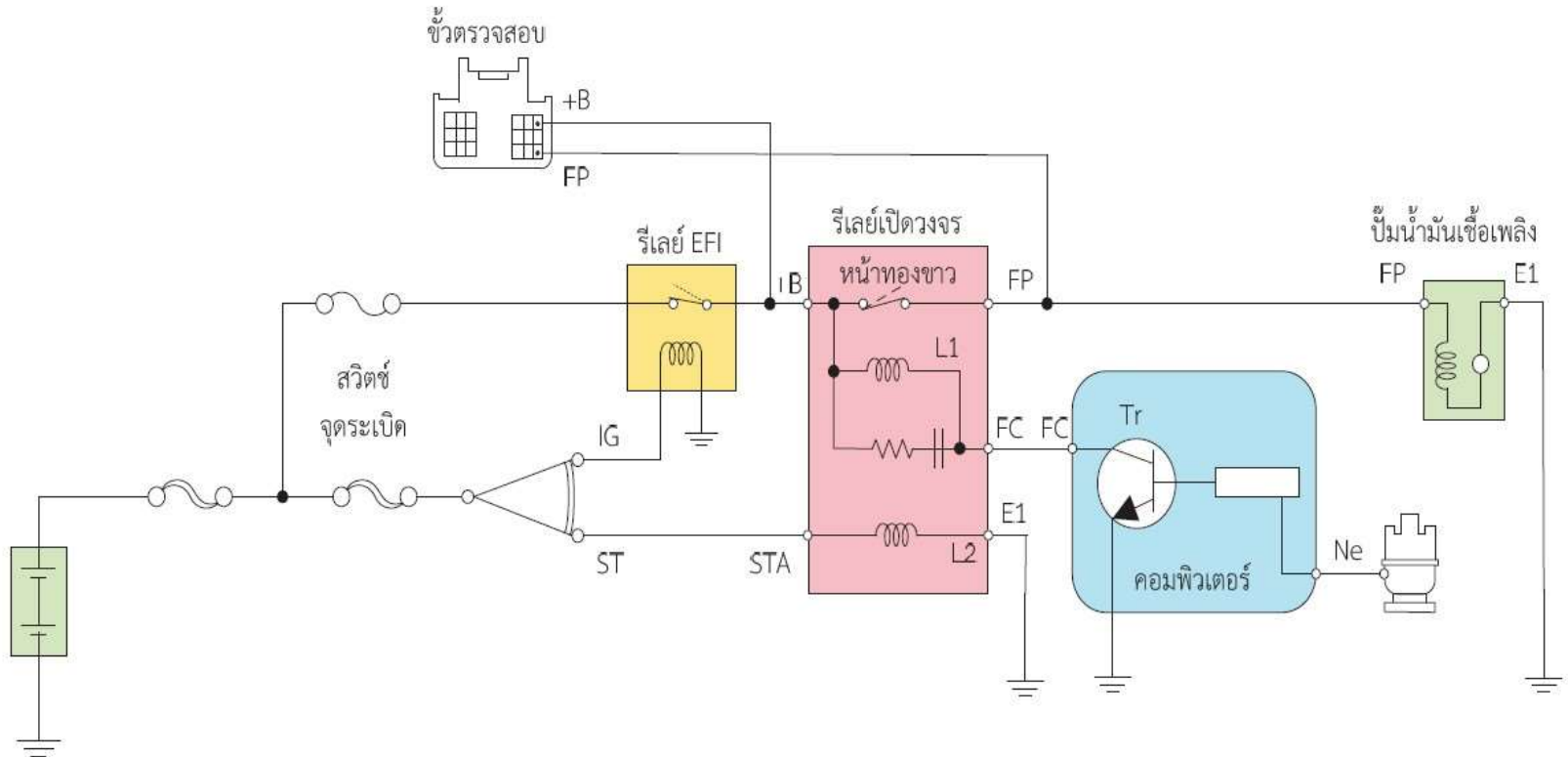
ขณะปิดสวิตช์จุดระเบิดเพื่อดับเครื่องยนต์

กระแสไฟฟ้าจากเบตเตอร์จะไม่ส่งไปยังรีเลย์ EFI และรีเลย์เปิดวงจร จึงทำให้ปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงหยุดการทำงาน





5.3.2 วงจรควบคุมการทำงานของปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงแบบดี-เจ็ททรอนิกส์ (D-Jetronic Fuel Pump Control)



วงจรควบคุมปั้มเชื้อเพลิงแบบดี-เจ็ททรอนิกส์

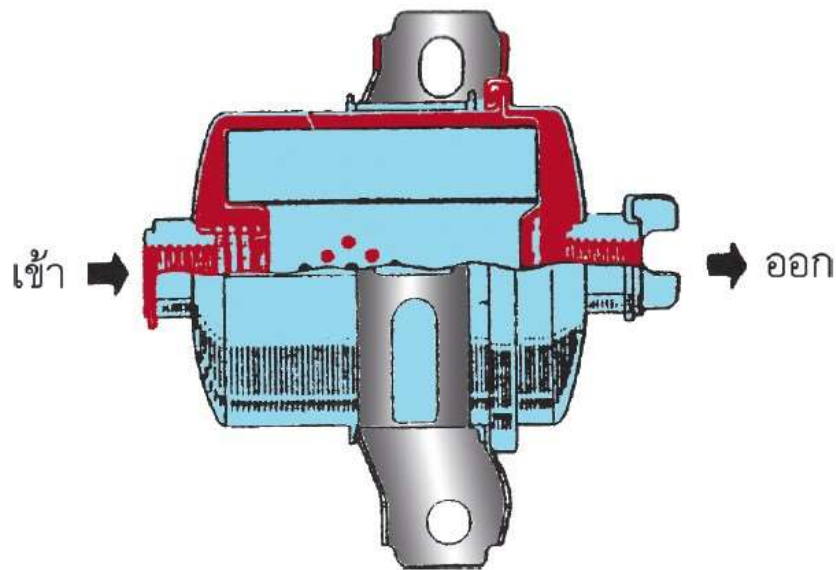


5.4

กรองน้ำมันเชื้อเพลิง

กรองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Filter) ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกแปลกปลอมและฝุ่นผงที่อาจปะปนมากับน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนส่งไปยังหัวฉีด กรองน้ำมันเชื้อเพลิงติดตั้งอยู่ทางด้านแรงดันสูงที่ส่งออกมาจากปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง

หัวฉีดจะลดลง



กรองน้ำมันเชื้อเพลิง



5.5

ท่อจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง

ท่อจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง (Delivery Pipe) ทำจากอะลูมิเนียมหรือพลาสติกชนิดแข็ง ทำหน้าที่สะสมแรงดันและปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อจ่ายให้กับหัวฉีดประจำสูบ แรงดันน้ำมันเชื้อเพลิงภายในท่อจะได้รับการควบคุมในปริมาณ

ท่อสูญญากาศ



ท่อจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง

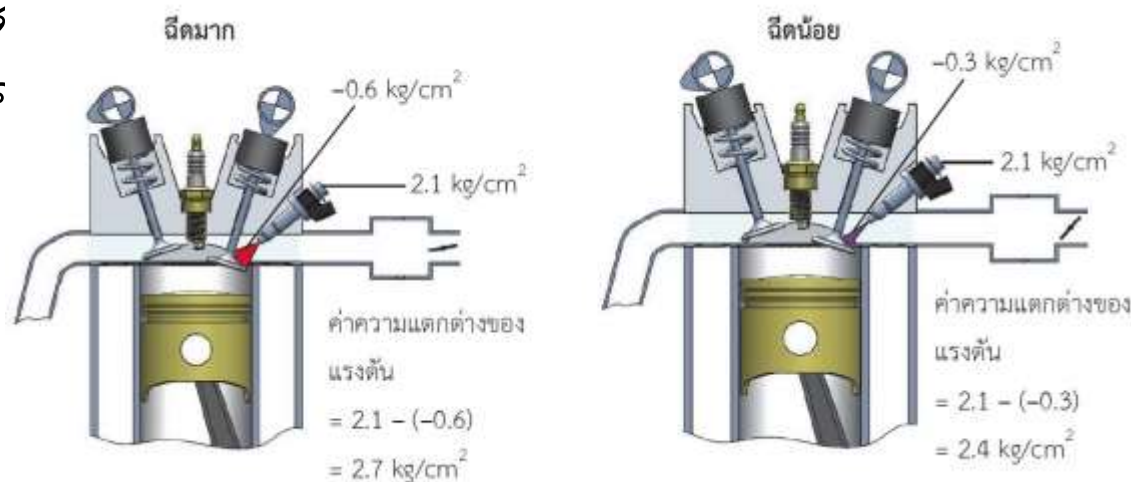


5.6

ตัวควบคุมแรงดันเชื้อเพลิง

ตัวควบคุมแรงดันน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Pressure Regulator)

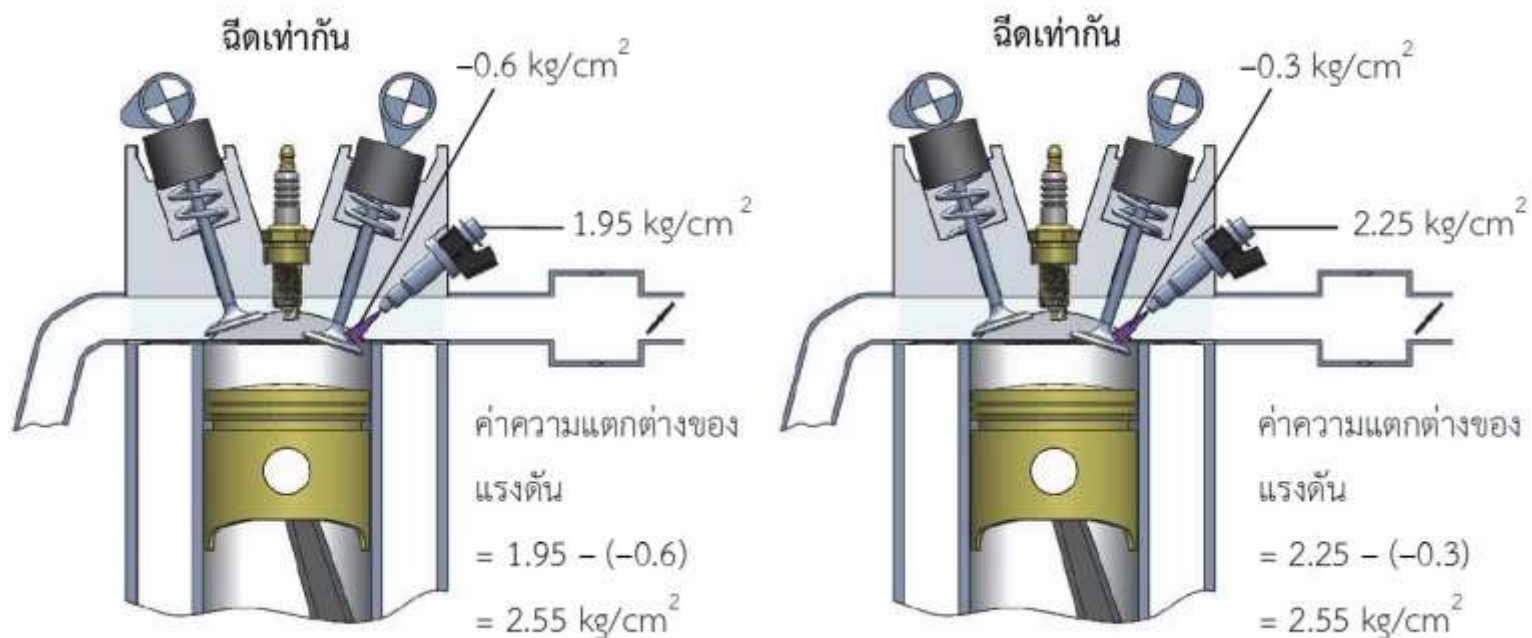
ทำหน้าที่ควบคุมความแตกต่างระหว่างแรงดันของน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบกับค่าแรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดีให้คงที่เนื่องจากค่าแรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดีมีการเปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ดังนั้น ถ้าแรงดันของน้ำมันเชื้อเพลิงถูกควบคุมให้มีค่าคงที่เพียงค่าเดียว จะมีผลทำให้ค่าความแตกต่างของอากาศใน



น้ำมันเชื้อเพลิงที่ฉีดไปผสมกับอากาศมีปริมาณ
ไม่เที่ยงตรง



ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการควบคุมค่าความแตกต่างระหว่างแรงดันน้ำมันเชื้อเพลิงและแรงดันอากาศในห้องรวมไอดีให้คงที่ตลอดเวลา เพื่อกำหนดให้ปริมาณการฉีดน้ำมันต่อหนึ่งหน่วยเวลาเท่ากัน ถึงแม้ว่าแรงดันอากาศในห้องรวม



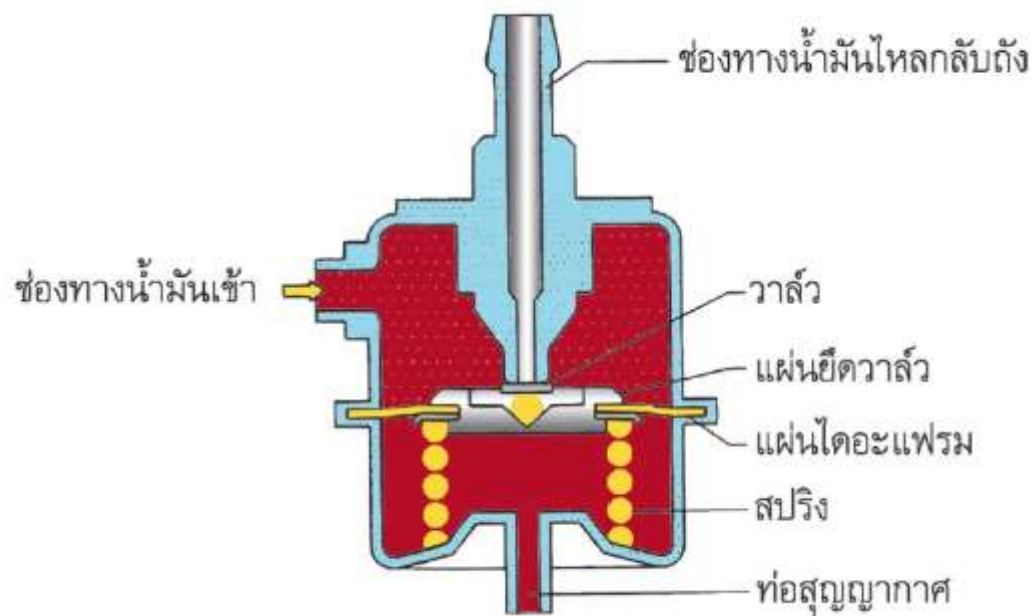
ค่าความแตกต่างความดันเท่ากัน ปริมาณการฉีดต่อหน่วยเวลาจะเท่ากัน





การทำงานของตัวควบคุมแรงดันน้ำมันเชื้อเพลิง

กรณีแรงดันน้ำมันเชื้อเพลิงในท่อจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงสูงเกินกว่าค่าที่กำหนด น้ำมันจากท่อจ่ายน้ำมันจะไปดัน ไดอะเฟรมและสปริงเพื่อเปิดวาล์วให้น้ำมันเชื้อเพลิงส่วนเกิน ไหลกลับถึงน้ำมันโดยผ่านท่อทางน้ำมัน ไหลกลับ



ส่วนประกอบตัวควบคุมแรงดันน้ำมันเชื้อเพลิง

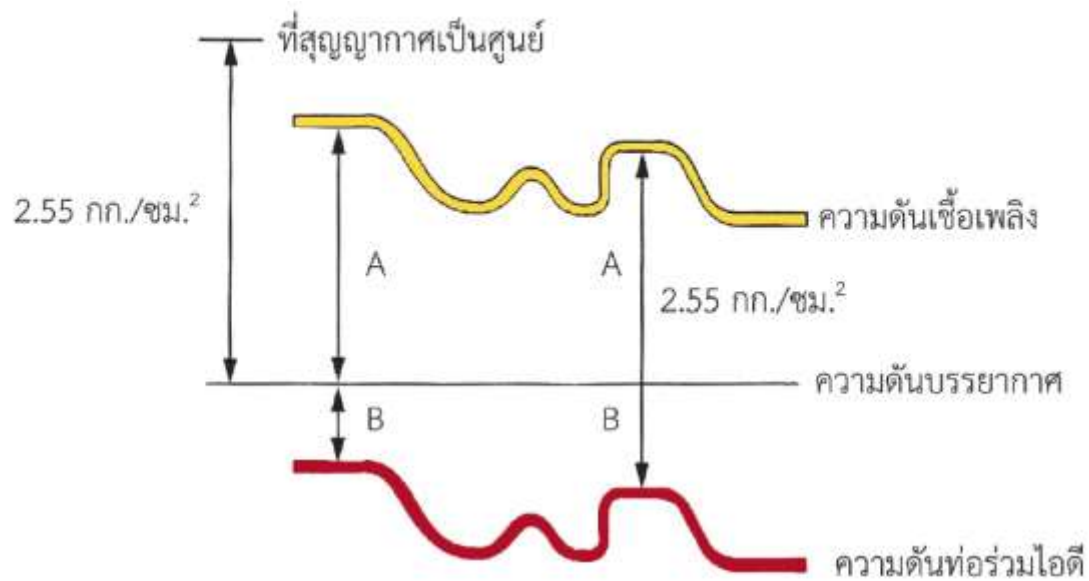




ขณะดับเครื่องยนต์ แรงดันของอากาศในท่อร่วมไอดีจะเท่ากับแรงดัน
บรรยากาศ เมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่สภาวะรอบเดินเบา แรงดันของอากาศภายในท่อร่วมไอดี
เครื่องยนต์จะลดต่ำลง (เกิดสุญญากาศเพิ่มขึ้น) สปริงไดอะเฟรมถูก
สุญญากาศทำให้ยุบตัว

ถ้ามีการเร่งเครื่องยนต์ (ลิ้นเร่งเปิดกว้าง) แรงดันของอากาศในท่อร่วม
ไอดีจะเพิ่มขึ้น (สุญญากาศลดลง) สปริงไดอะเฟรมยกตัวขึ้นจนแรงดันน้ำมัน
ได้กดลิ้นปรับระดับกลับคืนมา แรงดันในท่อร่วมไอดียกขึ้นถึงระดับที่แรงดันน้ำมันจะ
ควบคุมความดันน้ำมันไว้ที่ 2.55 kg/cm





ความดันเชื้อเพลิง	ต่ำ	สูง
สูญญากาศในท่อร่วมไอดี	สูง	ต่ำ
ปริมาณการฉีด	 ฉีดเท่ากัน	 ฉีดเท่ากัน

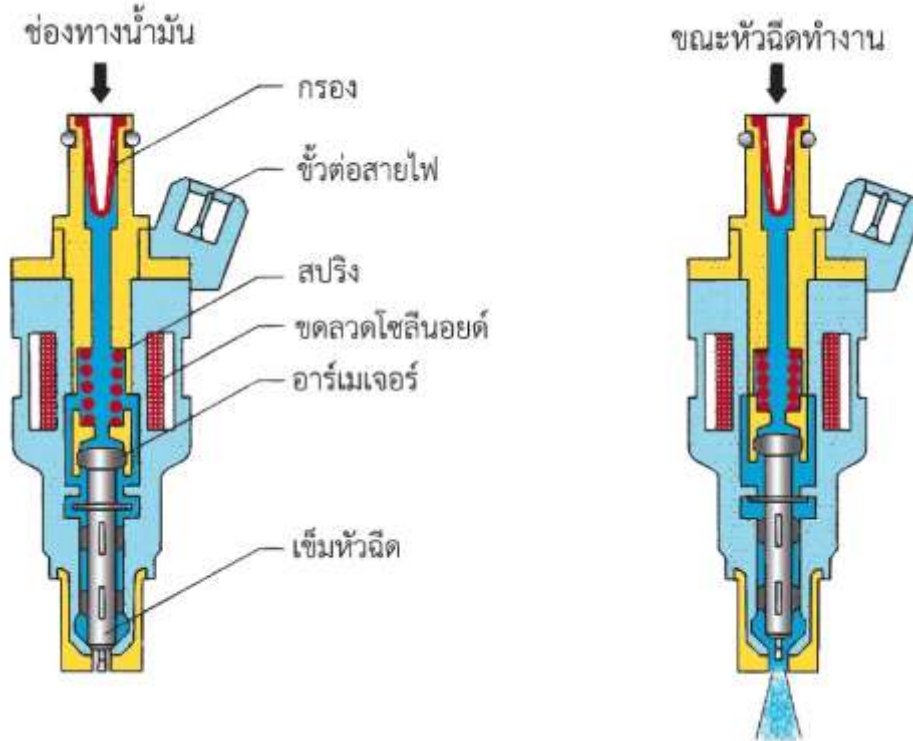
การควบคุมความดันน้ำมันเชื้อเพลิง



5.7

หัวฉีด

หัวฉีด (Injector) ของเครื่องยนต์ปัจจุบันทั่วไปจะมีการติดตั้งประจำ
 สิบละ 1 หัว ในตำแหน่งใกล้กับลิ้นไอดีทำหน้าที่ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นฝอย
 ละอองเข้าผสมกับอากาศในท่อร่วมไอดี แต่เครื่องยนต์บางรุ่นมีการออกแบบโดย
 ใช้



โครงสร้างและ
 ส่วนประกอบของ
 หัวฉีด



การทำงานของหัวฉีด

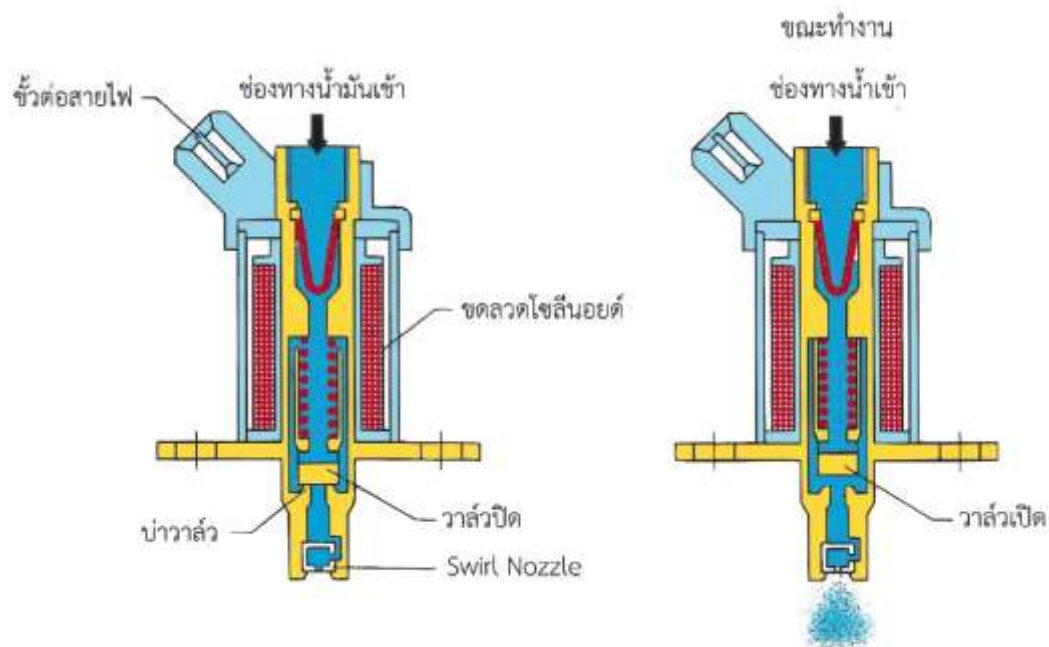
น้ำมันจากท่อจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง (Delivery Pipe) จะเข้าไปรอยังหัวฉีดทุกหัวแต่ไม่สามารถฉีดออกไปได้เนื่องจากปลายเข็มหัวฉีดยังปิดสนิทอยู่ เมื่อหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) ส่งสัญญาณไฟฟ้าเข้าชุดลวดโซลินอยด์หัวฉีดครบวงจร จะเกิดอำนาจแม่เหล็กดูดปลั๊นเยอร์ (Plunger) ให้ยกขึ้น เข็มหัวฉีดจึงเปิดให้น้ำมันเชื้อเพลิงถูกฉีดออกไป ในการเปิดและปิดของเข็มหัวฉีดจะมีความไวสูงมาก อีกทั้งมีความเที่ยงตรงและแม่นยำสูง



5.8

หัวฉีดสตาร์ทเย็น

การสตาร์ทเครื่องยนต์ขณะอุณหภูมิเครื่องยนต์ต่ำ เครื่องยนต์จะต้องการส่วนผสมเชื้อเพลิงที่หนากว่าสภาวะการทำงานปกติ เครื่องยนต์บางรุ่นจึงติดตั้งหัวฉีดอีกหนึ่งตัวเพื่อทำการฉีดน้ำมันเพิ่มเข้าไปในท่อร่วมไอดี การทำงานของหัวฉีดสตาร์ทเย็นถูกควบคุมด้วยสวิทช์ควบคุมหัวฉีดสตาร์ทเย็น

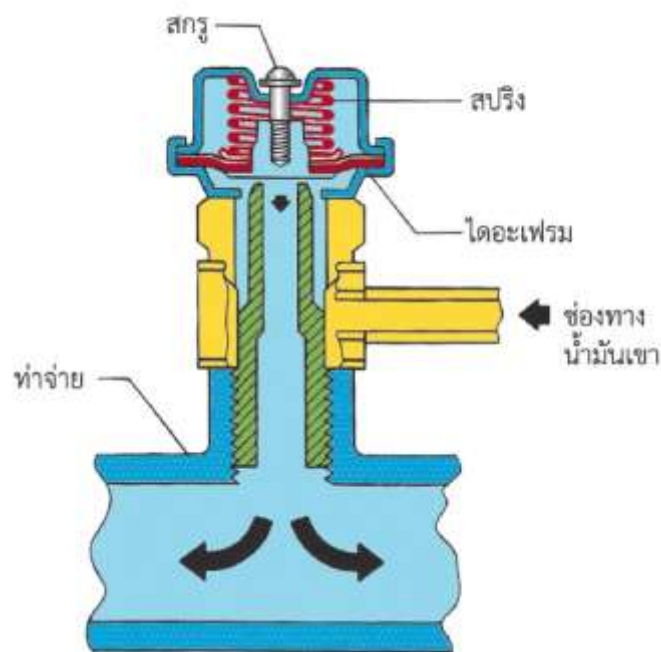


โครงสร้างของหัวฉีด
สตาร์ทเย็น

5.9

ตัวป้องกันการกระเพื่อมของน้ำมันเชื้อเพลิง

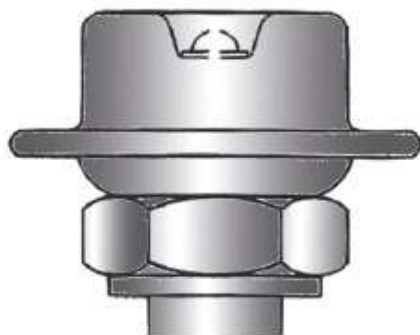
ตัวป้องกันการกระเพื่อมของน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Pulsation Damper) มีใช้ในรถยนต์บางรุ่นเท่านั้น วัตถุประสงค์การติดตั้งเพื่อแก้ปัญหาคความดันน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงขณะหัวฉีดทำงานพร้อมกัน ซึ่งมีผลให้ความดันขจัดลงเป็นช่วง ๆ ตามจังหวะการฉีด



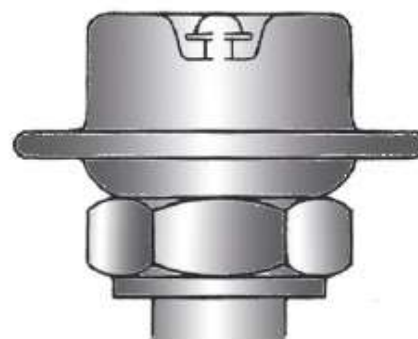
โครงสร้างของตัวป้องกันการกระเพื่อมน้ำมันเชื้อเพลิง



ไม่มีแรงดันน้ำมัน



มีแรงดันน้ำมัน



(ต่อ) โครงสร้างของตัวป้องกันการกระเพื่อมน้ำมันเชื้อเพลิง

การทำงาน

เมื่อมีการปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงน้ำมันที่ถูกส่งมายังท่อจ่ายจนถึงค่ากำหนด (2.5 kg/cm) แผ่นไดอะแฟรมของตัวป้องกันการกระเพื่อมน้ำมันจะถูกยกตัวให้สูงขึ้นตามค่าความดันน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อหัวฉีดฉีดน้ำมันปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงในท่อจ่ายจะลดลง ทำให้ความดันน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงด้วย

