



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

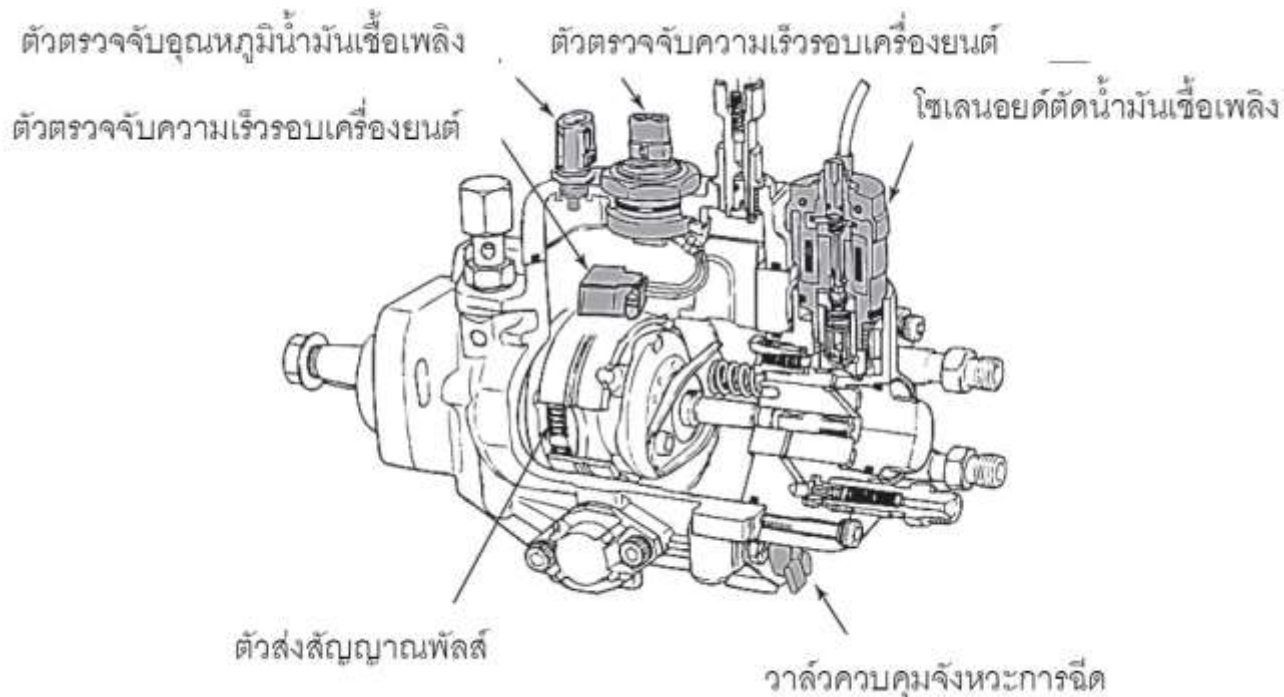
เครื่องยนต์ดีเซล มีการใช้ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากมีการกำหนดให้มีการควบคุมมลพิษจากไอเสีย (มาตรฐาน EURO) จึงทำให้ต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องยนต์ดีเซลให้มีคุณสมบัติในการปลดปล่อยมลพิษ น้อยที่สุด

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

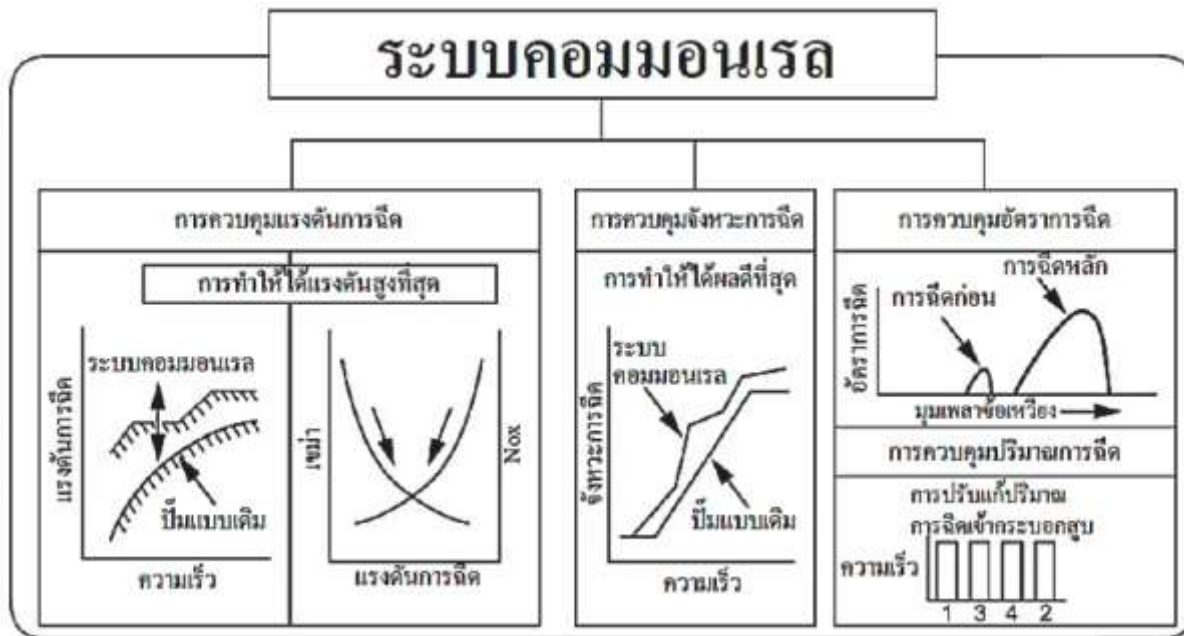
2.3 ลักษณะการควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

1. การควบคุมแรงดันการฉีด มีความสามารถในการฉีดแรงดันสูง แม้ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำและควบคุมเขม่า และการปล่อย NOx ให้ น้อยที่สุด

2. การควบคุมจังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง สามารถควบคุมการ ปรับตั้งเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพตามสภาวะการขับขี่

3. การควบคุมอัตราการฉีด การควบคุมการฉีดน้ำร้อนจะฉีดน้ำมัน เชื้อเพลิงปริมาณเล็กน้อยก่อนการฉีดหลัก





ลักษณะเด่นของระบบคอมมอนเรล





ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบคอมมอนเรลกับระบบ

ระบบ	ปั๊ม VE แบบแถวเรียง	ระบบคอมมอนเรล
ระบบ	Q001224E	Q001225E
การควบคุมปริมาณการฉีด	ปั๊ม (แก๊ฟเวอร์เนอร์)	ECU เครื่องยนต์, หัวฉีด (TWV)* ¹
การควบคุมจังหวะการฉีด	ปั๊ม (ไทม์เมอร์)	ECU เครื่องยนต์, หัวฉีด (TWV)* ¹
การเพิ่มแรงดัน	ปั๊ม	ECU เครื่องยนต์, ปั๊มจ่ายเชื้อเพลิง
ตัวจ่าย	ปั๊ม	ECU เครื่องยนต์, ท่อคอมมอนเรล
การควบคุมแรงดันการฉีด	ขึ้นอยู่กับความเร็ว และปริมาณการฉีด	ECU เครื่องยนต์, ปั๊มจ่ายเชื้อเพลิง (SCV)* ²



2.4

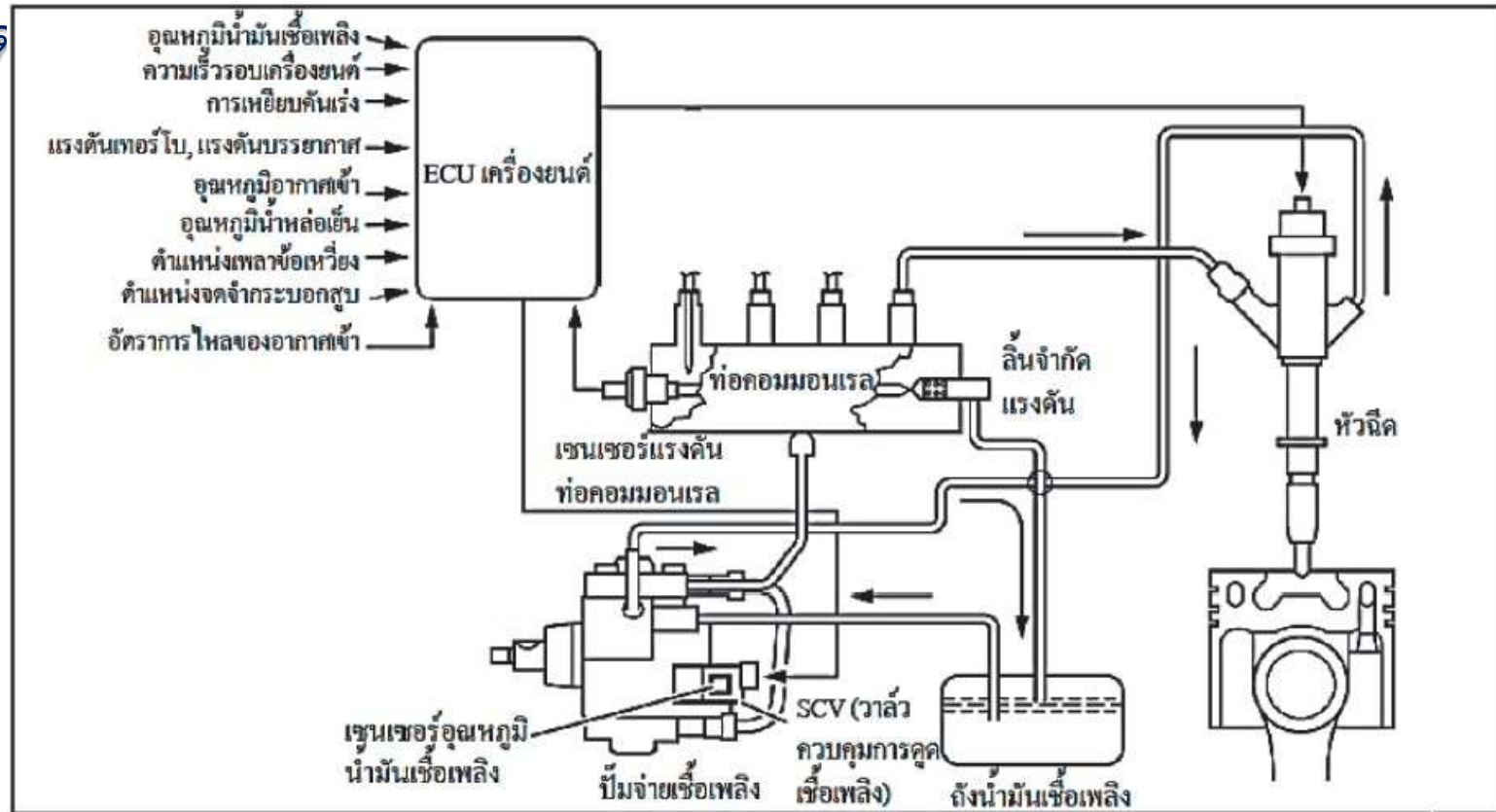


2.5

ส่วนประกอบของระบบคอมมอนเรล

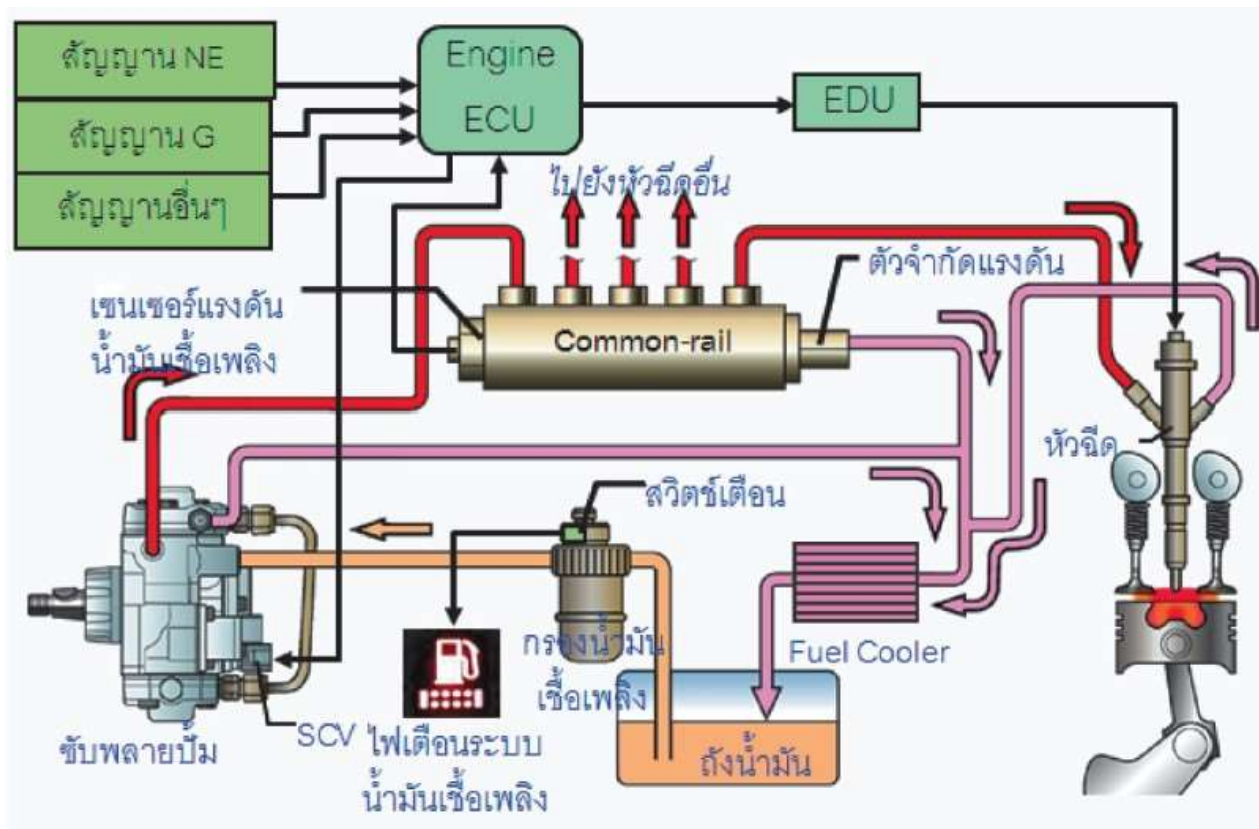
ระบบคอมมอนเรล ประกอบด้วย ปั๊มจ่ายเชื้อเพลิง ท่อคอมมอนเรล หัวฉีด

หัวฉีด



ส่วนประกอบของระบบคอมมอนเรล

เครื่องยนต์ 4D-56



ส่วนประกอบของระบบคอมมอนเรล เครื่องยนต์ 1KD-FTV





2.6 การทำงานเบื้องต้นของระบบคอมมอนเรล

2.6.1 ปัมจ่ายเชื้อเพลิง (HP3)

ปัมจ่ายเชื้อเพลิงจะดูดน้ำมันเชื้อเพลิงจากถังน้ำมันเชื้อเพลิง และปัมน้ำมันเชื้อเพลิงแรงดันสูงไปที่ท่อคอมมอนเรล ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่จ่ายจากปัมจ่ายเชื้อเพลิงจะควบคุมแรงดันในท่อคอมมอนเรล

2.6.2 ท่อคอมมอนเรล

ท่อคอมมอนเรลจะติดตั้งอยู่ระหว่างปัมจ่ายเชื้อเพลิงกับหัวฉีด 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

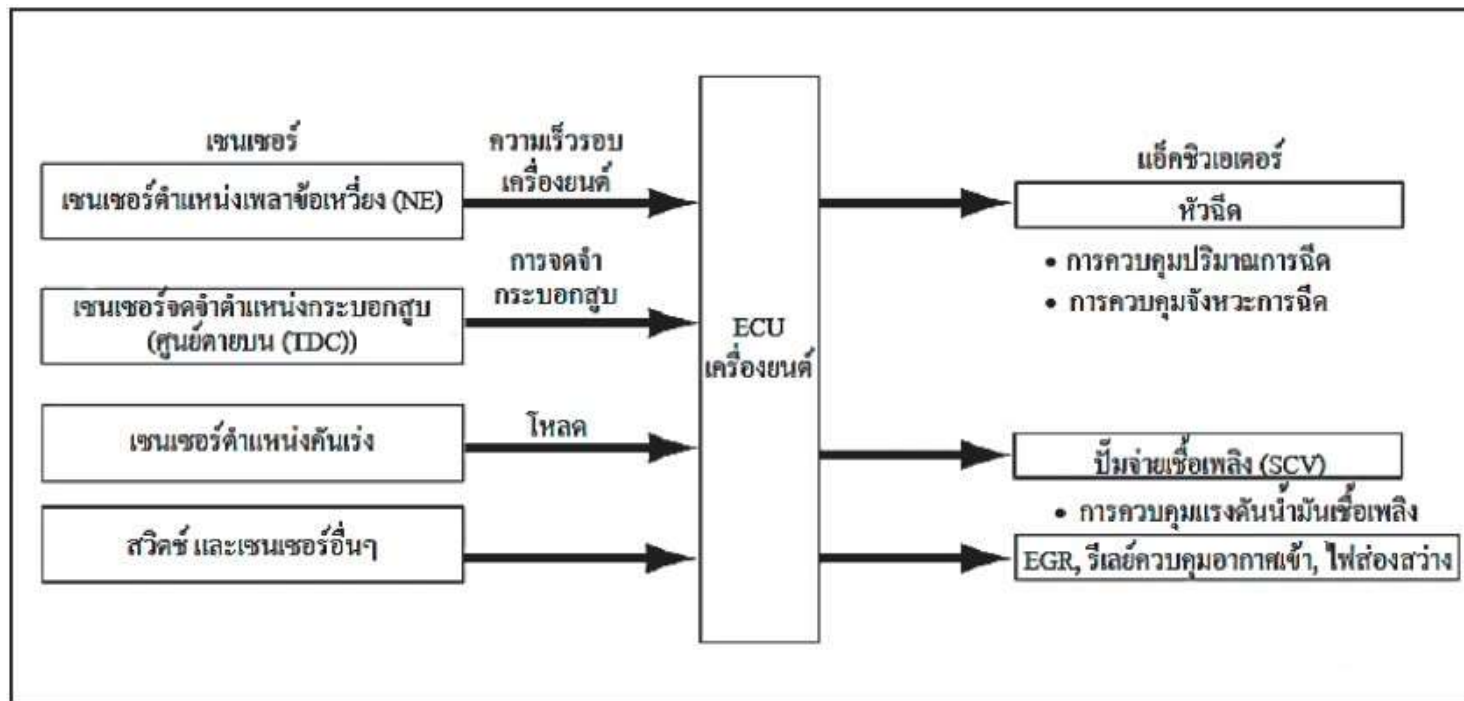
2.6.6 ระบบควบคุม

ในระบบนี้ ECU เครื่องยนต์จะควบคุมระบบการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงตามสัญญาณที่ได้รับจากเซนเซอร์ต่าง ๆ ชิ้นส่วนประกอบของระบบนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดกว้าง ๆ ดังนี้

1. เซนเซอร์ ทำหน้าที่ตรวจจับสภาวะการขับเคลื่อนและเครื่องยนต์ แล้วแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า

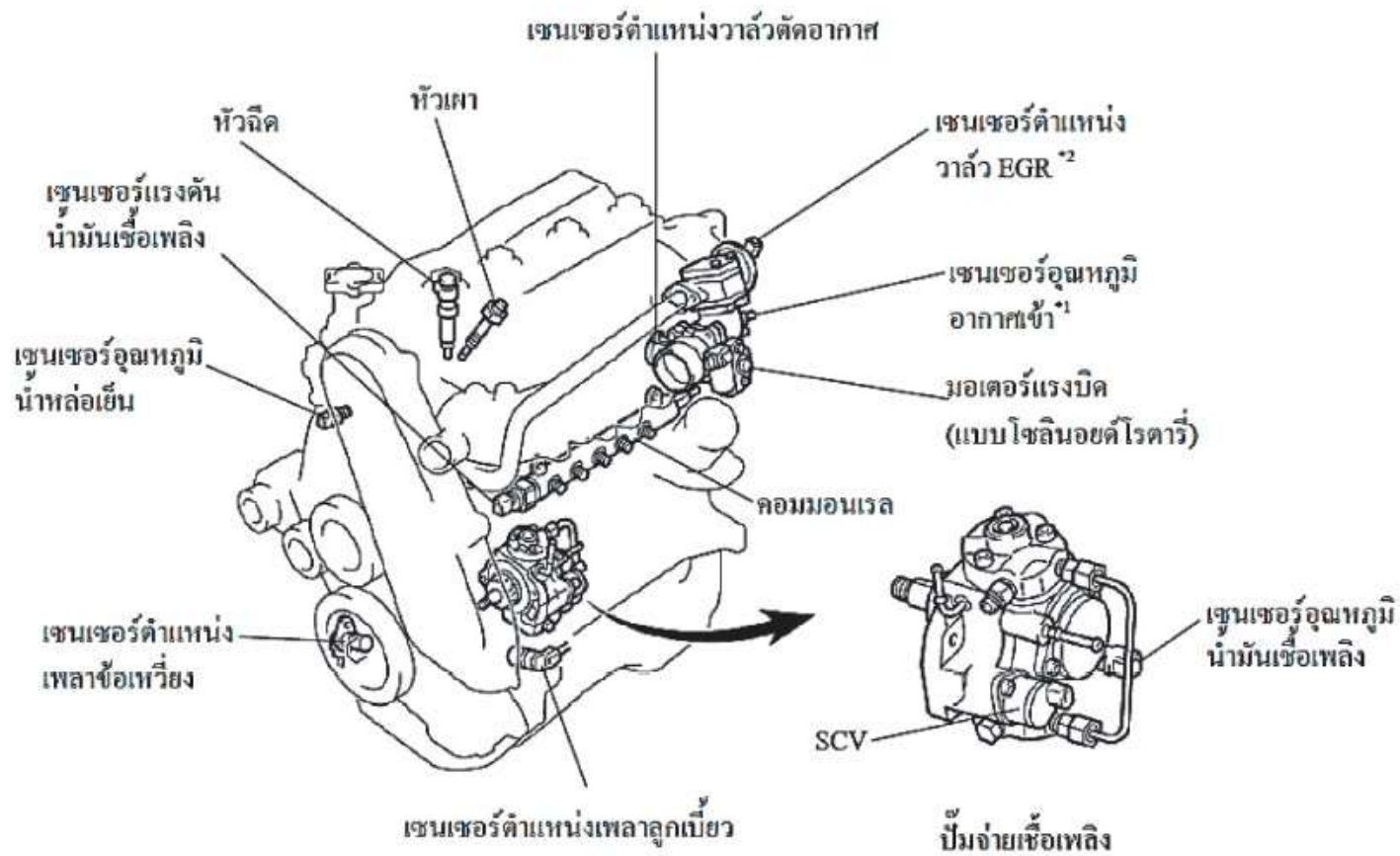
2. ECU เครื่องยนต์ ทำการคำนวณตามสัญญาณไฟฟ้าที่รับจากเซนเซอร์ต่าง ๆ และส่งไปอุปกรณ์ปฏิบัติการ (Actuator) ในการทำงานเพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมที่สุด

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

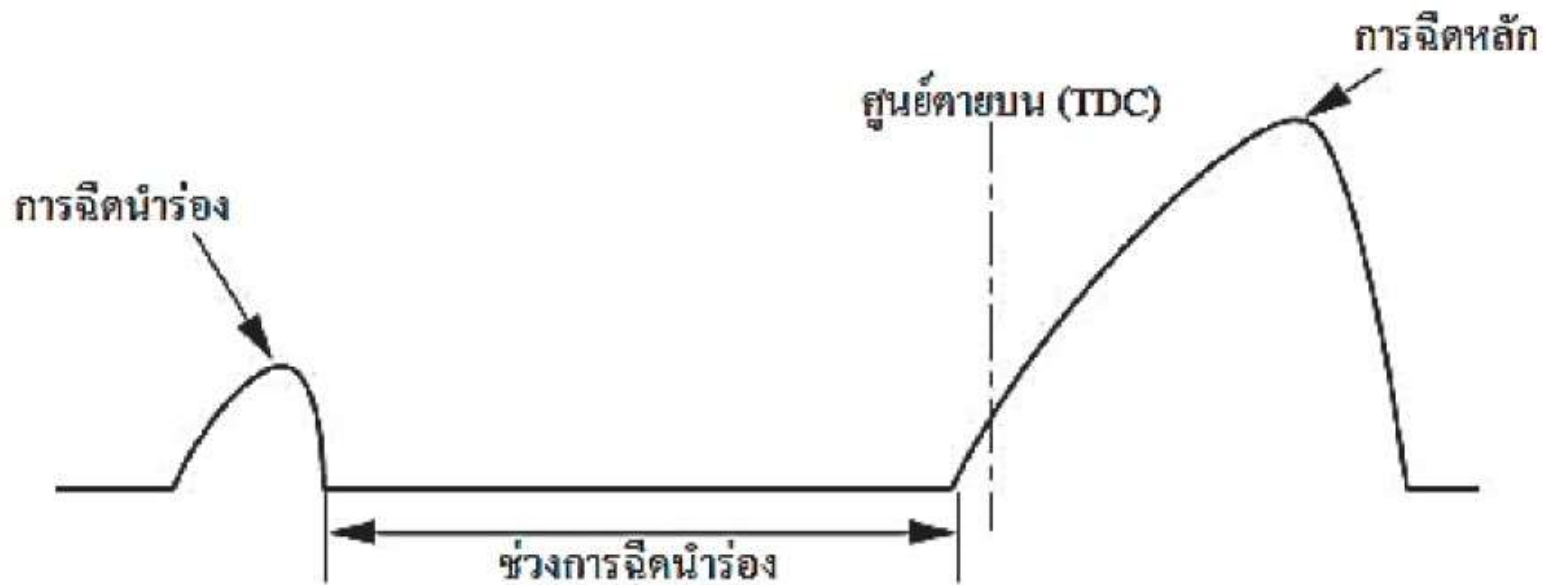
จังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกควบคุมโดยการเปลี่ยนแปลง
จังหวะซึ่งจ่ายกระแสไฟฟ้าไปที่หัวฉีด

2.8.1 การควบคุมจังหวะการฉีดนําร่องและการฉีดหลัก

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

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





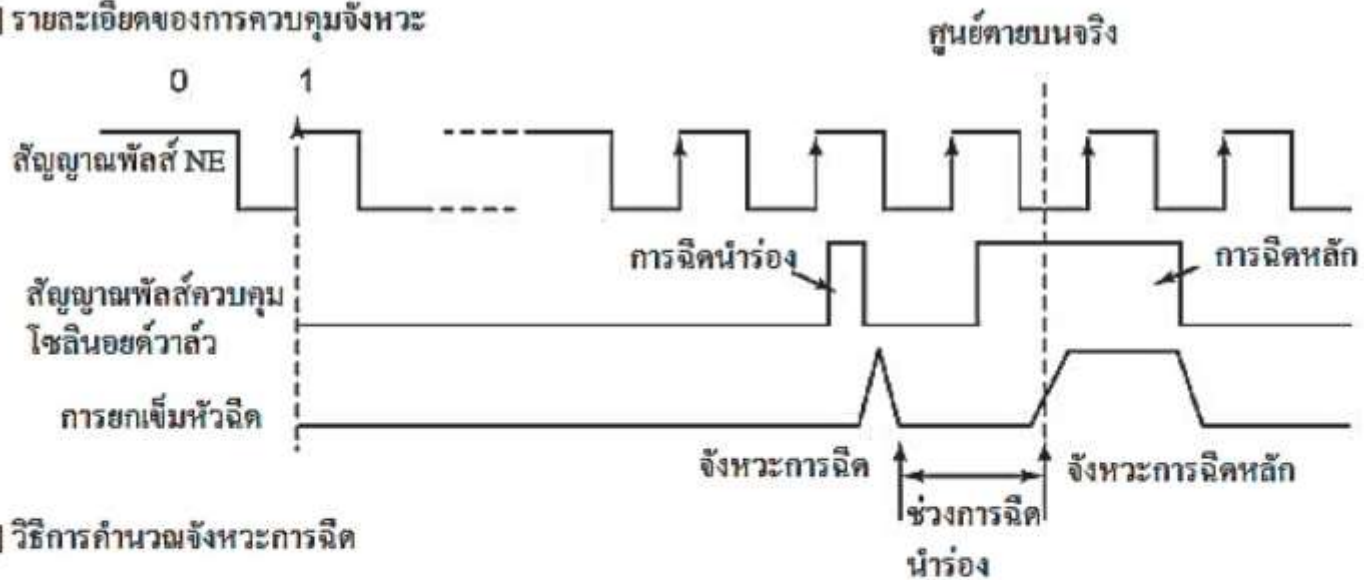
จังหวะการฉีดนำร่อง (Pilot Injection Timing)





3. วิธีการคำนวณจังหวะการฉีด

[1] รายละเอียดของการควบคุมจังหวะ



[2] วิธีการคำนวณจังหวะการฉีด



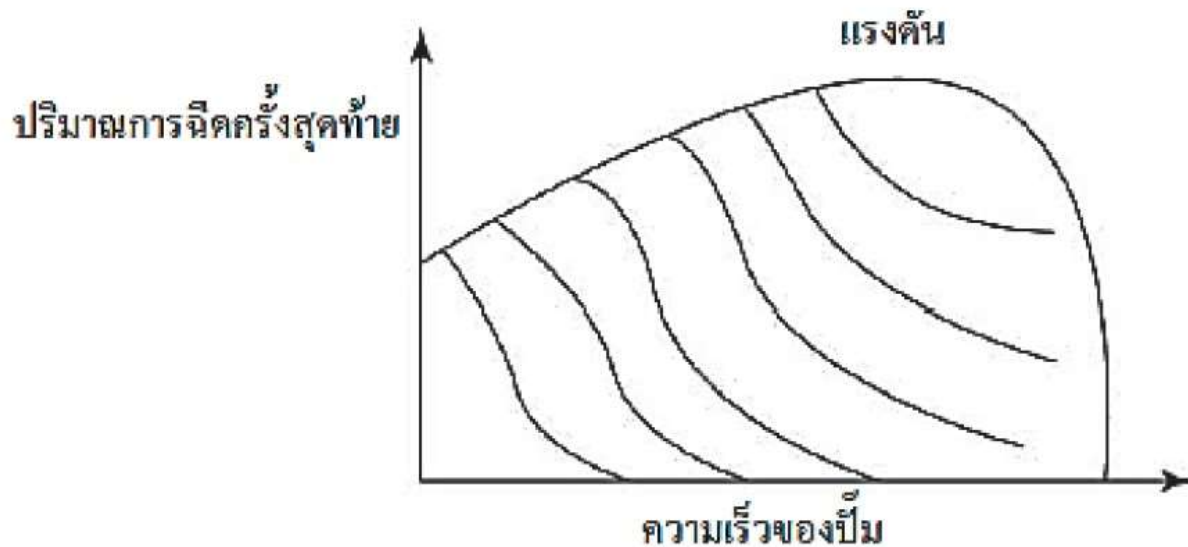
วิธีการคำนวณจังหวะการฉีด





2.8.2 แรงดันการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

ECU เครื่องยนต์จะกำหนดแรงดันการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับปริมาณการฉีดครั้งสุดท้ายและความเร็วรอบเครื่องยนต์แรงดันการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ณ เวลาที่สตาร์ทเครื่องยนต์จะถูกคำนวณจากอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น และความเร็



การควบคุมแรงดันการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง [1]





1



2



3



4



5



เครื่องมือ/วัสดุ/อุปกรณ์ ตรวจสอบวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้ากล่อง
คอมพิวเตอร์





เครื่องมืองานวัดแรงดันไฟฟ้าวงจรจ่ายกระแสไฟให้กล่อง ECU

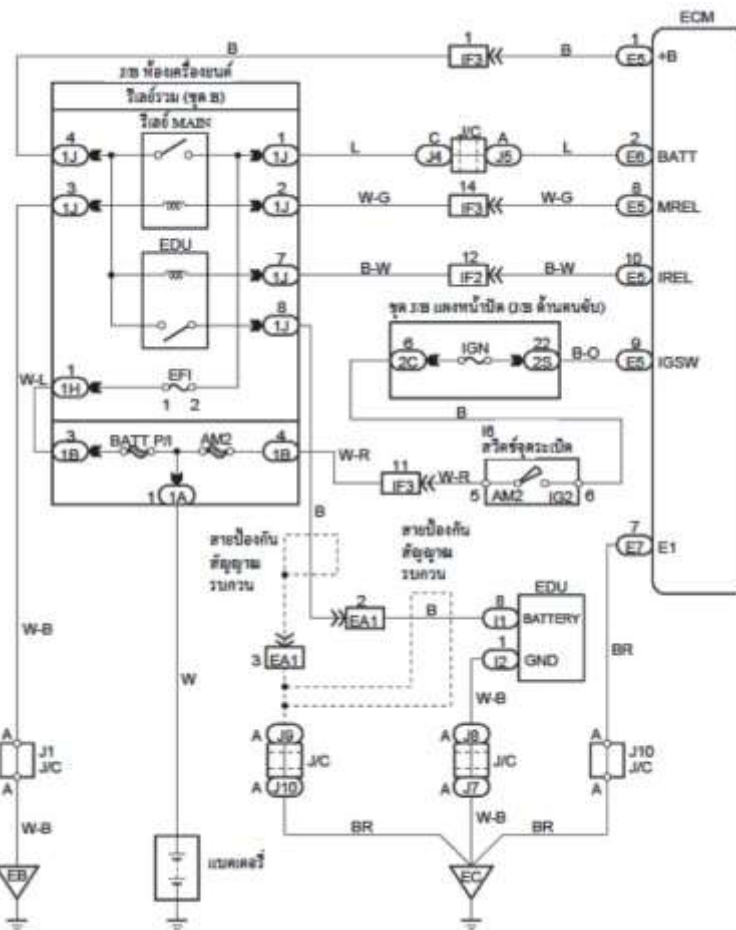
1. แผงฝึก ระบบการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล แบบ Commonrail
2. กล่อง ECU เครื่องยนต์ดีเซล
3. มัลติมิเตอร์ แบบ ดิจิตอล
4. แบตเตอรี่
5. เครื่องยนต์ดีเซล 2KD-FTV



2.9

วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้ากล่องคอมพิวเตอร์

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



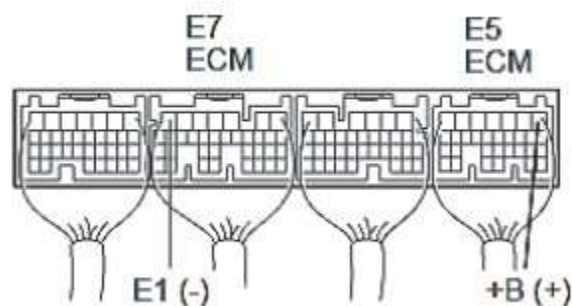
วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้ากล่องคอมพิวเตอร์

2.10

ขั้นตอนการตรวจสอบ

2.10.1 ตรวจ ECM (แรงดันไฟฟ้า +B)

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

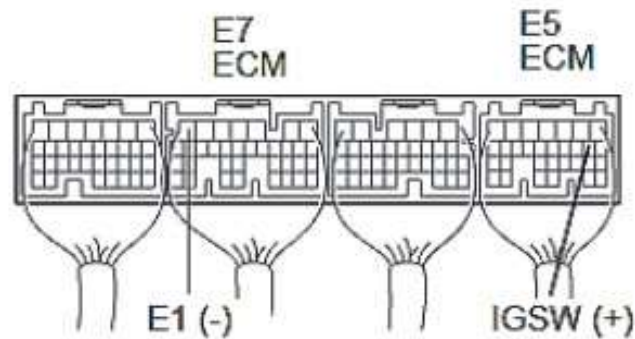


วัดแรงดันไฟฟ้าของขั้วต่อ ECM ระหว่าง
ขั้ว +B - E1



2.10.2 ตรวจ ECM (แรงดันไฟฟ้า IGSW)

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



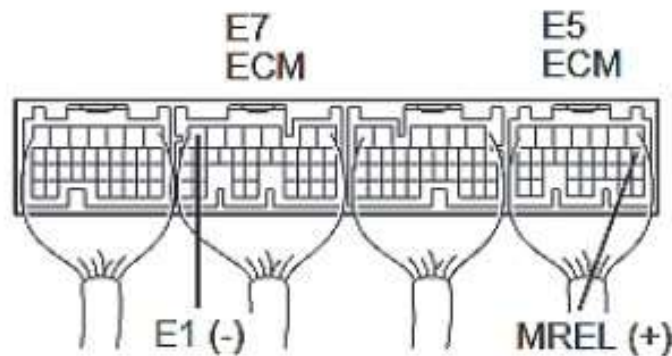
วัดแรงดันไฟฟ้าของขั้วต่อ ECM ระหว่างขั้ว
IGSW - E1





2.10.3 ตรวจ ECM (แรงดันไฟฟ้า MREL)

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



วัดแรงดันไฟฟ้าของขั้วต่อ ECM ระหว่างขั้ว
MREL - E1

