SE-ED's TEXTBOOK

ตรงตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556
ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

ระดับ ปวช. และ ปวส.

2101-2114 งานทดสอบปั๊มและหัวฉีดเครื่องยนต์
3101-2102 งานทดสอบปั๊มและหัวฉีดเครื่องยนต์

งานทดสอบปั๊ม และ หัวฉีดเครื่องยนต์

สนิท เสมียนรัมย์

ซีเอ็ด

งานทดสอบปั๊มและหัวฉีดเครื่องยนต์

โดย สนิท เสมียนรัมย์

สงวนลิขสิทธิ์ในประเทศไทยตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ © พ.ศ. 2557 โดย สนิท เสมียนรัมย์
ห้ามคัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ทำซ้ำ จัดพิมพ์ หรือกระทำอื่นใด โดยวิธีการใดๆ
ในรูปแบบใดๆ ไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ในสื่อทุกประเภท
หรือเพื่อวัตถุประสงค์ใดๆ
นอกจากจะได้รับอนุญาต

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

สนิท เสมียนรัมย์.
งานทดสอบปั๊มและหัวฉีดเครื่องยนต์. --กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2557.
1. หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง. 2. ปั๊มเชื้อเพลิง 3. เครื่องยนต์ดีเซล--ระบบเชื้อเพลิง
I. ชื่อเรื่อง.
629.253

ISBN (e-book) : 978-616-08-2003-0

ผลิตและจัดจำหน่ายโดย

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

อาคารทีซีไอเอฟ ทาวเวอร์ ชั้น 19 เลขที่ 1858/87-90 ถนนบางนา-ตราด แขวงบางนา
เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260 โทรศัพท 0-2739-8000

[หากมีคำแนะนำหรือติชม สามารถติดต่อได้ที่ comment@se-ed.com]

2101 – 2114 งานทดสอบปั๊มและหัวฉีดเครื่องยนต์

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจกระบวนการถอด ประกอบ และตรวจสภาพชิ้นส่วนปั๊มและหัวฉีด
2. เปลี่ยนชิ้นส่วน ปรับแต่งปั๊ม หัวฉีด
3. เพื่อให้มีกิจนิสัยในการทำงานที่ดี มีความประณีต รอบคอบ ปลอดภัย และมีจิตสำนึกในการรักษาสภาพแวดล้อม

มาตรฐานรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทดสอบปั๊มและหัวฉีด
2. ตรวจสภาพปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและหัวฉีด
3. ถอดประกอบปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและหัวฉีดตามคู่มือ
4. เปลี่ยนชิ้นส่วนปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและหัวฉีด
5. ปรับแต่งปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและหัวฉีดตามคู่มือ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือ เครื่องมือพิเศษ ถอดประกอบ เปลี่ยนชิ้นส่วน ปรับแต่งปั๊มหัวฉีด ตรวจสภาพ และทดสอบ

3101 – 2102 งานทดสอบปั๊มและหัวฉีด

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. ความเข้าใจหลักการทำงานและการทดสอบปั๊มและหัวฉีดของเครื่องยนต์ดีเซล
2. มีทักษะในการใช้เครื่องมือพิเศษ ตรวจสอบ ถอดประกอบ
3. เพื่อให้มีกิจนิสัยในการทำงานที่ดี ปฏิบัติงานด้วยความประณีต รอบคอบ มีวินัย ตรงต่อเวลา และตระหนักถึงความปลอดภัยในการทำงาน

มาตรฐานรายวิชา

1. เข้าใจหลักการทำงานและการทดสอบปั๊มและหัวฉีดของเครื่องยนต์ดีเซล
2. ตรวจสอบ ถอดประกอบ ปรับแต่งปั๊มเชื้อเพลิงแรงดันสูงแบบปั๊มเรียงโดยใช้เครื่องมือพิเศษ
3. ตรวจสอบ ถอดประกอบ ปรับแต่งปั๊มเชื้อเพลิงแรงดันสูงแบบจานจ่ายเรียงโดยใช้เครื่องมือพิเศษ
4. ตรวจสอบ ถอดประกอบ ปรับแต่งหัวฉีดของเครื่องยนต์ดีเซลโดยใช้เครื่องมือพิเศษ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติ การทำงาน การใช้เครื่องมือพิเศษ ตรวจสอบ ถอดประกอบ ปรับแต่ง ปั๊มเชื้อเพลิงแรงดันสูงและหัวฉีดของเครื่องยนต์ดีเซล รวมทั้งการประมาณราคาค่าบริการ

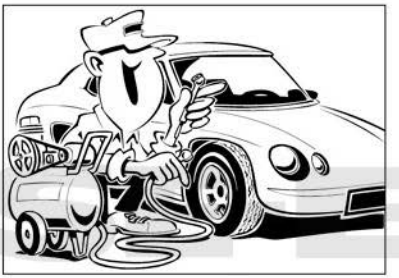
คำนำ

ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงและหัวฉีดเชื้อเพลิงเป็นอุปกรณ์สำคัญซึ่งอยู่ในระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล รายละเอียดเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับปั๊มฉีดเชื้อเพลิงและหัวฉีดเชื้อเพลิงมีอยู่ค่อนข้างมาก ผู้เขียนจึงได้เขียนแยกออกมาจากระบบเชื้อเพลิง เพื่อให้ตรงกับรายวิชาที่ใช้ในการเรียนการสอนของนักเรียนนักศึกษา คือรายวิชาช่างทดสอบปั๊มและหัวฉีดเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งใช้เรียนทั้งในระดับ ปวช. และ ปวส. นอกจากนี้ยังเหมาะสำหรับผู้ที่สนใจทั่วไป เพราะได้รวบรวมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติไว้ในเล่มเดียวกัน

เนื้อหาภายในเล่ม นอกจากจะกล่าวถึงปั๊มหัวฉีดเชื้อเพลิงและหัวฉีดเชื้อเพลิงแล้ว ยังประกอบไปด้วยเครื่องควบคุมความเร็ว การจัดห้องทดสอบปั๊มและหัวฉีด พร้อมทั้งเครื่องมือพิเศษแบบต่างๆ ที่ใช้ในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการทดสอบปั๊มและหัวฉีด

อนึ่ง หากหนังสือเล่มนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย และขอน้อมรับคำติชมเพื่อเป็นแนวทางแก้ไขและปรับปรุงในการจัดทำครั้งต่อไป

สนิท เสมียนรัมย์



สารบัญ

บทที่ 1 หน้าที่ของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง 11

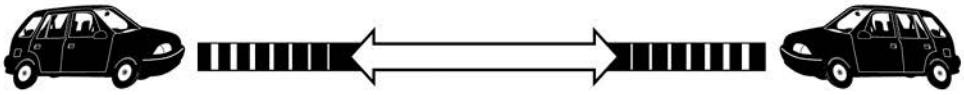
1.1 การจำกัดหรือแบ่งจำนวนปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง 11
1.2 การจัดเวลาเริ่มฉีด 16
1.3 อัตราการฉีด 39
1.4 การฉีดเชื้อเพลิงให้เป็นฝอยละออง (Atomization) 40
1.5 การกระจายของน้ำมันเชื้อเพลิง (Distribution) 40
1.6 การเริ่มฉีดและสิ้นสุดการฉีดต้องรวดเร็ว 41
แบบฝึกหัด 42

บทที่ 2 หัวฉีดเชื้อเพลิงดีเซล 43

2.1 โครงสร้างส่วนประกอบของหัวฉีด 44
2.2 การทำงานของหัวฉีด 48
2.3 การถอดประกอบและบริการหัวฉีดแบบเดือย 50
2.4 การถอดประกอบและบริการหัวฉีดแบบหลายรู 56
2.5 การทดสอบหัวฉีด 62

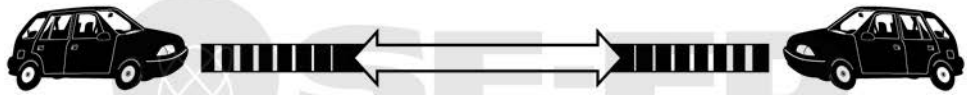
SE-ED

2.6 หัวฉีดแบบรูชนิดสองสปริง 65
2.7 การแก้ไขปัญหาข้อขัดข้องของหัวฉีด 83
แบบฝึกหัด 85



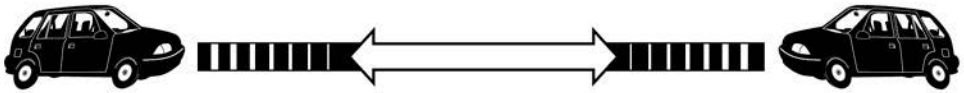
บทที่ 3 ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงกำลังดันสูงแบบสูบเรียง 88

3.1 ปั๊มดูดน้ำมัน 89
3.2 กรองน้ำมันเชื้อเพลิง 108
3.3 อุปกรณ์เร่งการฉีดอัตโนมัติ 117
3.4 ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงกำลังดันสูงแบบสูบเรียง 129
แบบฝึกหัด 193



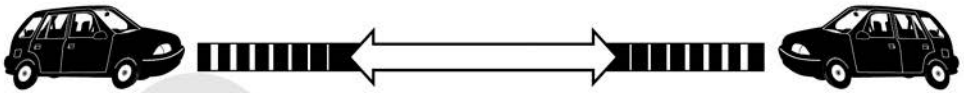
บทที่ 4 ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงกำลังดันสูงแบบจานจ่าย VE 198

4.1 ข้อเปรียบเทียบระหว่างปั๊มฉีดเชื้อเพลิงกำลังดันสูงแบบสูบเรียงกับแบบจานจ่าย VE 199
4.2 โครงสร้างส่วนประกอบและการทำงาน 201
4.3 อุปกรณ์พิเศษที่เพิ่มในปั๊มแบบจานจ่าย VE 226
4.4 การถอดแยกปั๊มกำลังดันสูงแบบจานจ่าย VE 230
4.5 การประกอบปั๊ม VE พร้อมปรับแต่ง 241
4.6 การทดสอบปั๊มกำลังดันสูงแบบจานจ่าย VE บนเครื่องทดสอบ 267
4.7 ปัญหาข้อขัดข้องและการแก้ไข 287
แบบฝึกหัด 291



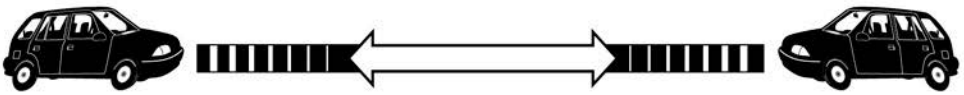
บทที่ 5 เครื่องควบคุมความเร็ว 296

5.1 แผ่นป้ายรหัสของกัฟเวอร์เนอร์ 297
5.2 เครื่องควบคุมความเร็วแบบสุญญากาศ 298
5.3 เครื่องควบคุมความเร็วแบบกลไกหรือใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 317
5.4 เครื่องควบคุมความเร็วรุ่น RQ 351
5.5 เครื่องควบคุมความเร็วแบบรวม 363
5.6 เครื่องควบคุมความเร็วแบบไฮดรอลิก (Hydraulic Governor) 369
แบบฝึกหัด 373



บทที่ 6 ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบจานจ่าย CAV หรือ DPA 374

6.1 โครงสร้างปั๊มฉีดเชื้อเพลิงแบบจานจ่าย DPA 375
6.2 โครงสร้างและการทำงานของจานจ่ายแบบ CAV หรือ DPA 379
6.3 การถอดประกอบปั๊มกำลังดันสูงแบบจานจ่าย DPA ที่ใช้กัฟเวอร์เนอร์แบบกลไก 389
6.4 การถอดประกอบปั๊มกำลังดันสูงแบบจานจ่าย DPA ที่ใช้กัฟเวอร์เนอร์แบบไฮดรอลิก 394
6.5 การทดสอบและปรับแต่งปั๊มกำลังดันสูงแบบจานจ่าย DPA บนแท่นทดสอบ 398
แบบฝึกหัด 406



บทที่ 7 การจัดห้องทดสอบปั๊มและหัวฉีดเครื่องยนต์ดีเซล 407

7.1 การจัดห้องทดสอบปั๊มและหัวฉีดเครื่องยนต์ดีเซล 407

7.2 เครื่องมือและอุปกรณ์พิเศษที่ใช้ในการให้บริการและปรับแต่งในห้องทดสอบปั๊มและหัวฉีดเครื่องยนต์ดีเซล 408

7.3 การบำรุงรักษาและปรับแต่งเครื่องทดสอบปั๊มฉีดเชื้อเพลิงดีเซล 433

แบบฝึกหัด 436

เฉลยแบบฝึกหัด 437

บรรณานุกรม 439

SE-ED

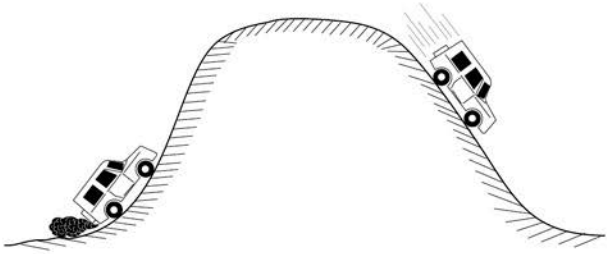
หน้าที่ของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงถือว่าเป็นหัวใจของเครื่องยนต์ดีเซล จากการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ภายในระบบนี้ เช่น อุปกรณ์ที่ติดมากับปั๊มฉีดเชื้อเพลิง ตัวปั๊มฉีดเชื้อเพลิง และหัวฉีดเชื้อเพลิง เป็นการทำงานที่สัมพันธ์กัน ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลสูงขึ้น โดยจะต้องมีหน้าที่หรือกฎเกณฑ์ที่สำคัญดังนี้

1.1 การจำกัดหรือแบ่งจำนวนปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง

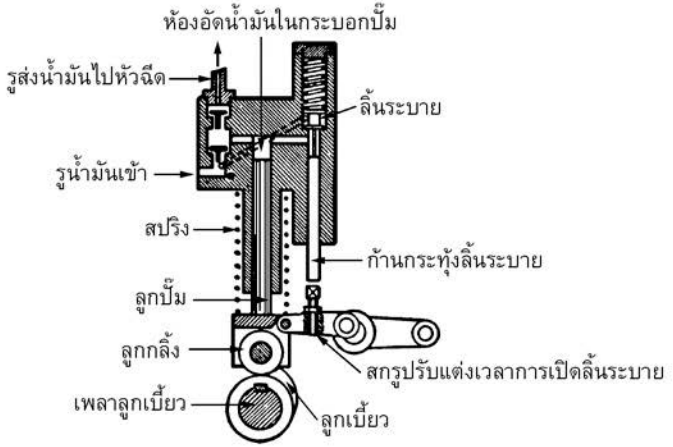
การจำกัดหรือแบ่งจำนวนปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าห้องเผาไหม้ตามความเหมาะสมกับโหลด (load) ของเครื่องยนต์ เช่น เครื่องยนต์โหลดมากขณะที่รถยนต์วิ่งขึ้นเนินสูง ความเร็วรอบของเครื่องยนต์จะลดต่ำลง อาจจะทำให้เครื่องยนต์ดับได้ ดังนั้นระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจะทำหน้าที่ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปภายในห้องเผาไหม้เพื่อเพิ่มจำนวนปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงให้มากขึ้นกว่าเดิม และให้ได้พลังงานเพิ่มขึ้น ความเร็วรอบและกำลังของเครื่องยนต์ก็จะเพิ่มขึ้น สามารถทำงานให้รถยนต์วิ่งขึ้นเนินสูงได้อย่างปลอดภัยโดยที่เครื่องยนต์ทำงานปกติ ในทางตรงกันข้าม เมื่อรถยนต์วิ่งลงเนิน โหลดของเครื่องยนต์ก็จะน้อยลง ขณะนั้นการฉีดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงยังฉีดในปริมาณเท่าเดิม ทำให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้ความเร็วของรถยนต์ขณะลงเนินนั้นมีความเร็วสูง อาจจะเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย ดังนั้นระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงต้องควบคุมจำนวนปริมาณในการฉีดให้น้อยลง เพื่อรักษาความเร็วของเครื่องยนต์ให้ต่ำลง (ดูรูปที่ 1.1) นอกจากนี้หน้าที่ของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงยังมีหน้าที่แบ่งจำนวนปริมาณการฉีดที่ส่งเข้าห้องเผาไหม้ของสูบต่างๆ ให้มีจำนวนปริมาณการฉีดเท่ากันทุกสูบตลอดเวลา ซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์ทำงานด้วยความเร็วรอบสม่ำเสมอ

ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงกำลังดันสูง นอกจากจะทำหน้าที่อัดน้ำมันกำลังดันสูงส่งผ่านหัวฉีดไปเข้ากระบอกสูบแล้ว ยังต้องทำหน้าที่จำกัดหรือแบ่งปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง (metering) เข้ากระบอกสูบมากหรือน้อยให้เหมาะสมกับภาระของเครื่องยนต์อีกด้วย โดยมีวิธีการควบคุมต่างๆ ดังนี้



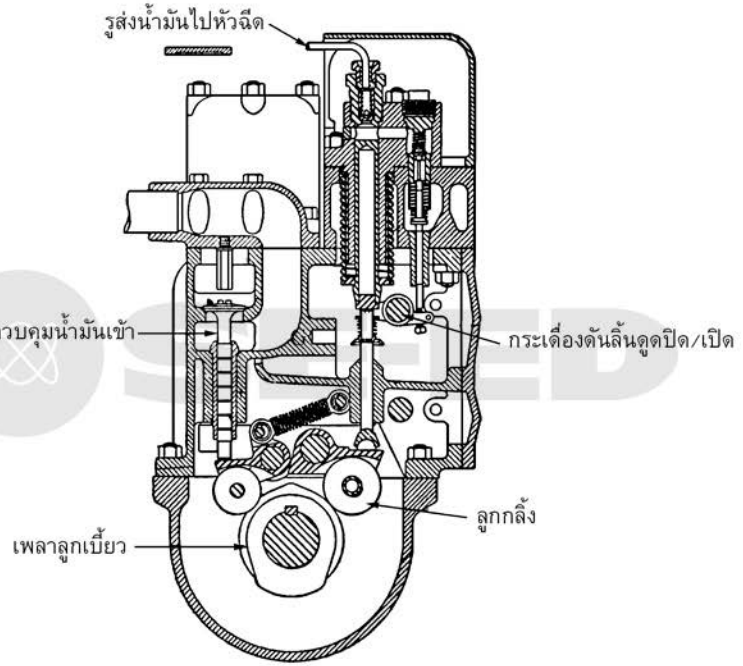
รูปที่ 1.1 รถยนต์ขึ้นเนินสูง โหลดเพิ่มขึ้น และลงเนิน โหลดลดลง

1. ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงควบคุมโดยการระบายกลับ (controlled by-pass injection pump) ดังแสดงในรูปที่ 1.2 โดยจำกัดเวลาการเปิดลิ้นระบายเร็วหรือช้า ปั๊มจะทำงานเมื่อลูกปั๊มเลื่อนลงจากการทำงานของสปริง น้ำมันจากถังไหลผ่านลิ้นดูดมาบรรจุในกระบอกบนหัวลูกปั๊ม เมื่อลูกเบี้ยวหมุนดันให้ลูกกลิ้งดันลูกปั๊มเลื่อนขึ้นอัดน้ำมัน ลิ้นดูดจะปิด ลิ้นส่งเปิด น้ำมันจะไหลพุ่งออกผ่านลิ้นส่งไปตามท่อแป๊ปกำลังดันสูงเข้าหัวฉีดทำงานต่อไป ชุดลูกกลิ้งจะต่อกับกระเดื่องเพื่อส่งแรงไปเปิดลิ้นระบาย (by-pass valve) โดยจะมีสกรูปรับตั้งระยะห่างเพื่อตั้งเวลาการเปิดลิ้นระบาย เมื่อสกรูที่ติดกับชุดกระเดื่องนั้นยกขึ้นดันก้านส่งแรง ลิ้นระบายจะเปิดให้น้ำมันบนหัวลูกสูบปั๊มมีกำลังดันสูงระบายออก โดยไหลผ่านลิ้นระบายกลับคืนถัง ทำให้กำลังดันบนหัวลูกปั๊มลดลงทันที หัวฉีดก็จะหยุดฉีด จากการควบคุมนี้ ถ้าต้องการปริมาณน้ำมันมาก ก็ต้องตั้งเวลาให้ลิ้นระบายเปิดช้าลง โดยตั้งระยะห่างของช่องว่างระหว่างกระเดื่องกับก้านส่งแรงมากขึ้น ในทางตรงกันข้าม ถ้าต้องการให้ปั๊มฉีดน้ำมันมีปริมาณน้อยลง ก็ต้องตั้งระยะห่างของช่องว่างระหว่างกระเดื่องกับก้านส่งแรงลิ้นระบายให้แคบลง เวลาการเปิดลิ้นระบายจะได้เร็วขึ้น



รูปที่ 1.2 ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงควบคุมปริมาณน้ำมันโดยลิ้นระบาย

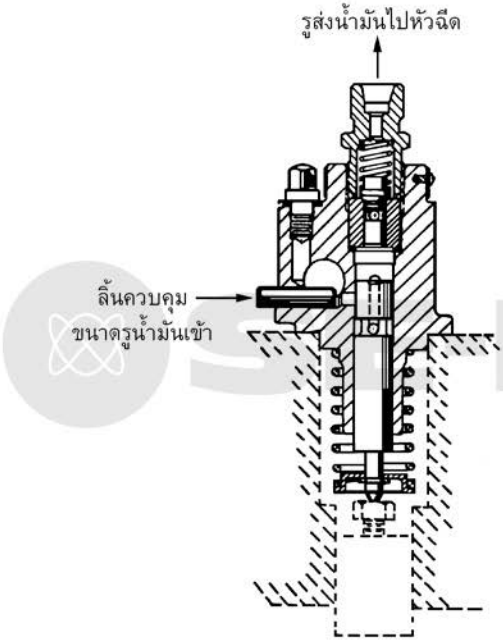
2. ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงควบคุมโดยลิ้นดูด (controlled suction injection pump) ดังแสดงในรูปที่ 1.3 ลักษณะของปั๊มโดยทั่วๆ ไป เมื่อน้ำมันไหลเข้ามาบรรจุในกระบอกบนหัวลูกปั๊ม ลูกเบี้ยวจะดันให้ชุดลูกปั๊มอัดน้ำมันส่งเข้าหัวฉีด สำหรับปั๊มชนิดนี้ ควบคุมปริมาณน้ำมันให้จ่ายมากหรือจ่ายน้อยได้โดยวิธีควบคุมเพลาลูกเบี้ยว ปรับชุดกระเดื่อง ตั้งเวลาการปิดของลิ้นดูดให้ปิดเร็วหรือช้าได้ เมื่อลิ้นดูดปิดช้า น้ำมันก็จะบรรจุอยู่ภายในกระบอกปั๊มได้จำนวนมาก แล้วอัดให้เกิดกำลังดันสูงส่งไปยังหัวฉีดมีจำนวนปริมาณมาก ในทางตรงกันข้าม ถ้าลิ้นดูดปิดเร็ว การอัดจำนวนปริมาณเชื้อเพลิงที่ส่งไปยังหัวฉีดก็น้อยลง



รูปที่ 1.3 ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงควบคุมปริมาณน้ำมันโดยลิ้นดูด

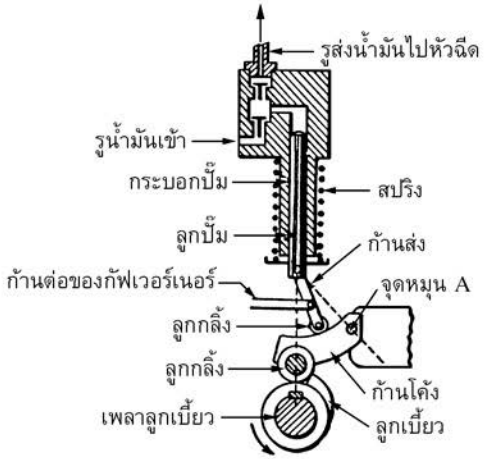
3. ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงควบคุมโดยเปลี่ยนแปลงขนาดความโตของท่อทางน้ำมันเข้า (variable metering orific injection pump) ดังแสดงในรูปที่ 1.4 การควบคุมปริมาณน้ำมันนั้นจะปรับขนาดความโตของทางน้ำมันเข้าปั๊ม เพื่อบรรจุเชื้อเพลิงในกระบอกปั๊มบนหัวลูกปั๊ม เมื่อปรับให้ขนาดของท่อทางน้ำมันเข้าโต หมายความว่าน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะไหลเข้ามาบรรจุภายในกระบอกปั๊มได้มาก ในทางตรงกันข้าม เมื่อปรับให้ขนาดทางน้ำมันเข้าแคบหรือเล็กลง ปริมาณน้ำมันก็บรรจุเข้าได้น้อย ปั๊มจะอัดส่งเชื้อเพลิงไปยังหัวฉีดได้ปริมาณน้อยลง เมื่อเครื่องยนต์ได้รับน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลง ก็จะเป็นการทำงานที่รอบเดินเบา

ลักษณะของปั๊มจะติดตั้งอยู่กับเครื่องยนต์ตรงบริเวณลูกเบี้ยวภายในเครื่องยนต์ ในรูปที่ 1.4 ลูกปั๊มจะอยู่กึ่งกลางระยะชัก ทางน้ำมันเข้าอยู่ทางด้านซ้าย มีลิ่มเลื่อนเข้าออกเพื่อปรับขนาดความโตของรูทางน้ำมันเข้า ลูกเบี้ยวผ่านไปสปริงลูกปั๊ม ดึงให้ลูกปั๊มเลื่อนลง หัวลูกปั๊มจะอยู่ต่ำกว่ารูทางน้ำมันเข้า น้ำมันก็สามารถบรรจุภายในกระบอกปั๊มบนหัวลูกปั๊มได้ เมื่อลูกเบี้ยวดันให้ลูกปั๊มเลื่อนขึ้น หัวลูกปั๊มจะปิดรูทางน้ำมันเข้า ปั๊มจะเริ่มฉีด เมื่อน้ำมันถูกอัดให้มีกำลังดันสูงชนะสปริงลิ้นส่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนปริมาณของน้ำมันเข้ามากหรือเข้าน้อย ถ้าเข้ามากก็จะถูกอัดตัวฉีดเร็ว ถ้าเข้าน้อยก็จะถูกอัดตัวฉีดช้า และหยุดฉีดเมื่อร่องบากเลื่อนขึ้นตรงทางน้ำมันเข้า



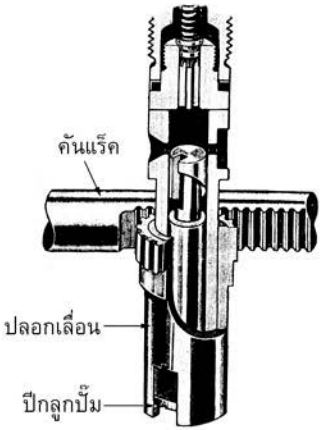
รูปที่ 1.4 ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงควบคุมปริมาณน้ำมันโดยการเปลี่ยนแปลงขนาดความโตของทางน้ำมันเข้า

4. ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงควบคุมโดยการเปลี่ยนแปลงระยะชัก (variable stroke injection pump) ดังแสดงในรูปที่ 1.5 การเปลี่ยนแปลงระยะชักเลื่อนขึ้นลงของลูกปั๊มปรับตัวได้โดยเลื่อนตำแหน่งของชุดลูกกลิ้ง (roller) ให้ห่างจากจุดหมุน A ทำให้ระยะเลื่อนตัวขึ้นลงของลูกปั๊มมีระยะมากขึ้น การบรรจุและอัดจ่ายปริมาณน้ำมันก็จะได้มาก เมื่อเลื่อนชุดลูกกลิ้งเข้าใกล้จุดหมุน A การเลื่อนขึ้นลงของลูกปั๊มจะได้ระยะน้อยกว่า ดังนั้นปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดและอัดออกไปก็จะมีปริมาณน้อยตามไปด้วย จึงเป็นการควบคุมปริมาณน้ำมันของปั๊มโดยการเปลี่ยนแปลงระยะชัก



รูปที่ 1.5 ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงควบคุมปริมาณน้ำมันโดยการเปลี่ยนแปลงระยะชัก

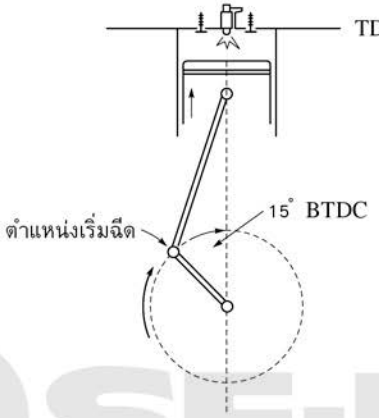
5. ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงควบคุมโดยช่องทางน้ำมันข้างกระบอกปั๊มกับร่องเอียง (port and helix metering) ดังแสดงในรูปที่ 1.6 ลูกปั๊มจะเลื่อนตัวภายในกระบอกปั๊ม โดยลูกปั๊มจะทำหน้าที่เลื่อนตัวขึ้นปิดรูทางน้ำมันเข้า (port) ที่ข้างกระบอกปั๊ม ทำให้เกิดการอัดตัวของน้ำมันส่งเข้าหัวฉีด เมื่อลูกปั๊มเลื่อนขึ้นหมดช่วงระยะชัก (effective stroke) ร่องบาก (lower helix) ที่อยู่ด้านข้างของลูกปั๊มเลื่อนขึ้นมาเปิดช่องทางน้ำมันเข้า ทำให้น้ำมันที่หัวลูกปั๊มระบายน้ำมันไหลย้อนกลับออกตรงทางน้ำมันเข้า โดยผ่านลงมาตามร่องของลูกปั๊ม จึงเป็นการหยุดฉีดส่งน้ำมันของปั๊ม การควบคุมปริมาณน้ำมันของปั๊มขึ้นอยู่กับการบิดตัวของลูกปั๊ม เมื่อลูกปั๊มบิดตัวเอาด้านระยะชักยาวตรงกับช่องทางน้ำมันเข้า ก็จะทำให้มีเวลาอัดส่งน้ำมันไปยังหัวฉีดได้นานและมากกว่าบิดเอาระยะสั้นตรงกับรูน้ำมันเข้า



รูปที่ 1.6 ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงควบคุมปริมาณน้ำมันเข้าโดยใช้ช่องทางน้ำมันข้างกระบอกปั๊มกับร่องบากของลูกปั๊ม

1.2 การจัดเวลาเริ่มฉีด

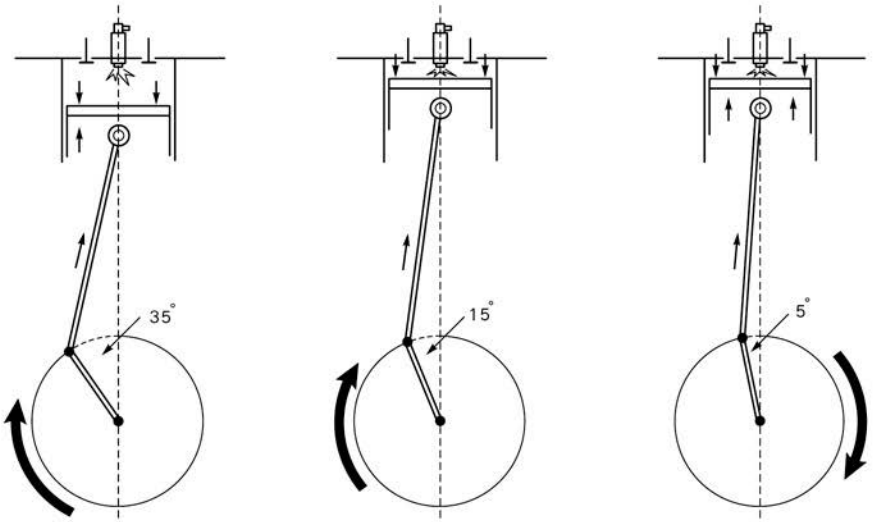
การเผาไหม้ภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ดีเซลเกิดจากการอัดตัวของอากาศ โดยการเลื่อนตัวของลูกสูบอัดอากาศเกือบจะถึงจุดสูงสุดหรือศูนย์ตายบน (TDC) ซึ่งจะได้ความร้อนสูง ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงต้องเริ่มส่งเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้ในเวลานี้ทุกรอบของปลายจังหวะอัด หรือให้ถูกต้องตามตำแหน่งของมุมเพลาข้อเหวี่ยงเคลื่อนที่ไป ดังแสดงในรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 ตำแหน่งของมุมเพลาข้อเหวี่ยงสัมพันธ์กับเวลาเริ่มฉีดของเชื้อเพลิงในจังหวะเกือบอัดสุด

เวลาในการเริ่มฉีดก่อนตำแหน่งปกติเรียกว่าการฉีดล่วงหน้า (ปั๊มแก่) การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงล่วงหน้ามากเกินไปจะทำให้เกิดเผาไหม้ล่วงหน้า เนื่องจากการสะสมของจำนวนปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงมาก ในขณะที่ลูกสูบกำลังเลื่อนขึ้น กำลังดันจากการเผาไหม้ขณะนั้นจะต้านแรงของลูกสูบ โดยแรงของลูกสูบเลื่อนขึ้น และแรงของการระเบิดเลื่อนลงในทิศทางสวนทางกัน เกิดเสียงกระแทกตบด้านข้างของลูกสูบ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดปัญหา เช่น ลูกสูบทะลุหรือก้านสูบคดงอ เป็นสาเหตุทำให้เพลาข้อเหวี่ยงหมุนย้อนกลับได้

และเวลาเริ่มฉีดหลังตำแหน่งปกติ (ปั๊มอ่อน) มากเกินไปเมื่อลูกสูบผ่านศูนย์ตายบน (TDC) ไปแล้ว กำลังอัดภายในกระบอกสูบลดลง ปริมาตรเพิ่มขึ้น ความร้อนจากการอัดอากาศก็ต่ำลง ซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์มีกำลังตก เป็นสาเหตุทำให้เปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ควันดำมาก และเครื่องยนต์ร้อนจัด เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ไม่ได้เปลี่ยนเป็นพลังงานกลได้เต็มที่ จึงเกิดการสะสมความร้อนมากขึ้น ทำให้แก๊สไอเสียมีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 1.8



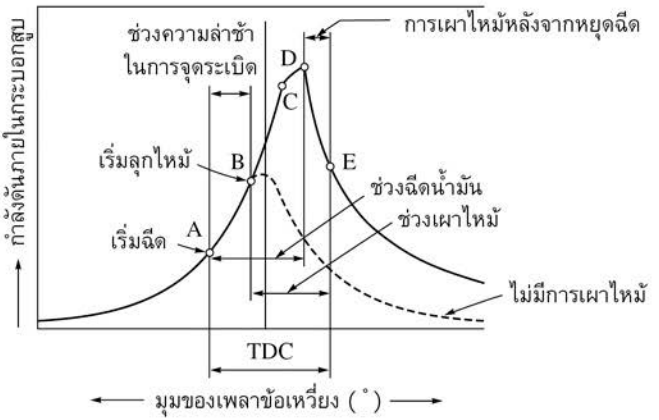
(ก) ตำแหน่งเริ่มฉีดเร็วกว่ากำหนด (ข) ตำแหน่งเริ่มฉีดปกติ (ค) ตำแหน่งเริ่มฉีดช้ากว่ากำหนด

รูปที่ 1.8 การเปรียบเทียบตำแหน่งเริ่มฉีดน้ำมัน

1.2.1 ตำแหน่งเริ่มฉีดเชื้อเพลิง

เวลาในการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงจะมีผลต่อการเผาไหม้และกำลังของเครื่องยนต์ จากไดอะแกรมขั้นตอนการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลในรูปที่ 1.9 เราสามารถวิเคราะห์การทำงานของเครื่องยนต์ได้อย่างละเอียดดังนี้คือ

เครื่องยนต์ดีเซลจะดูดอากาศเพียงอย่างเดียวเข้าไปบรรจุภายในกระบอกสูบ เมื่อลูกสูบเลื่อนขึ้นในจังหวะอัด อากาศจะถูกอัดตัวให้เกิดความร้อนสูง อัตราส่วนการอัดภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ดีเซลประมาณ 16-22:1 และอากาศภายในกระบอกสูบจะต้องถูกอัดตัวจนอุณหภูมิสูงกว่า 500°C (932°F) ขึ้นไป น้ำมันเชื้อเพลิงก็จะถูกฉีดเข้าไปภายในกระบอกสูบก่อนที่ลูกสูบจะถึงศูนย์ตายบนประมาณ 15 องศาของมุมเพลาข้อเหวี่ยง ซึ่งทำให้ฝอยละอองน้ำมันเชื้อเพลิงรวมตัวกับอากาศที่ร้อนลุกติดไฟเอง ทำให้เกิดการเผาไหม้ มีกำลังดันเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในขณะที่ลูกสูบเลื่อนผ่านศูนย์ตายบนประมาณ 10 องศาของมุมเพลาข้อเหวี่ยง สำหรับหัวฉีดก็ยังคงฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงส่งเข้ามาภายในกระบอกสูบอยู่ไปจนถึงระยะหนึ่ง



รูปที่ 1.9 ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในกระบอกสูบกับเวลาของมุมเพลาข้อเหวี่ยงเคลื่อนที่ไปขณะเกิดการเผาไหม้

ช่วงระยะเวลาของการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบที่เกิดขึ้นเป็นขั้นตอนอาจพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

1. ช่วงเวลาก่อนจุดระเบิด (ช่วงระหว่าง A–B) ในช่วง A – B บางส่วนของน้ำมันจะเริ่มฉีดเข้าไปภายในกระบอกสูบที่จุด A แต่ยังไม่มีการจุดติดไฟ ฝอยละอองน้ำมันจำนวนน้อยจะเกิดการผสมคลุกเคล้ากับอากาศที่ร้อนแล้วจะดึงดูดความร้อนเข้าไปจนกระทั่งเริ่มลุกเป็นไฟ เมื่อถึงจุด B ช่วงที่น้ำมันเริ่มฉีดที่จุด A ผสมกับอากาศที่ร้อนเกิดการลุกติดไฟที่จุด B ช่วงระยะนี้เรียกว่า ช่วงความล่าช้าในการจุดระเบิด (ignition delay period)

2. ช่วงเวลาที่กำลังดันเพิ่มขึ้นเร็วมากและเกิดการถ่ายเทความร้อน (ช่วงระหว่าง B–C) เมื่อน้ำมันเชื้อเพลิงส่วนน้อยเริ่มติดไฟและเริ่มมีเปลวไฟเกิดขึ้น ก็เริ่มเกิดการเผาไหม้ ความร้อนจากการเผาไหม้ก็จะไปเพิ่มให้กับการระเหยตัวของเชื้อเพลิงต่อไปอีก (ซึ่งต้องการใช้ความร้อนเพิ่มมากขึ้น) ผลที่เกิดตามมาก็คือ ความร้อนที่เพิ่มขึ้นนี้จะกระจายไปยังเม็ดฝอยน้ำมันเชื้อเพลิงส่วนใหญ่ทั่วไปหมด และจะทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็วขึ้นภายในห้องเผาไหม้ และเป็นผลให้กำลังอัดเกิดเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นช่วงที่ลูกสูบเลื่อนขึ้นผ่านศูนย์ตายบน ช่วงการเผาไหม้นี้อาจทำให้เครื่องยนต์เสียหายได้ คือถ้ามีกำลังดันบนหัวลูกสูบมากเกินไป จะเกิดการน็อค ซึ่งแรงต้านระหว่างลูกสูบที่กำลังเลื่อนขึ้นกับแรงระเบิดที่กดลงบนหัวลูกสูบเกิดการต้านกัน สลักของลูกสูบจะเป็นจุดหมุน ทำให้เกิดการสะบัดตัวของลูกสูบกระทบที่ข้างกระบอกสูบ เกิดเสียงกระแทก บางกรณีเครื่องยนต์อาจหมุนย้อนกลับได้ สาเหตุเกิดจากเชื้อเพลิงส่งมามากหรือสะสมไว้ แล้วเกิดการเผาไหม้พร้อมกันหมดในช่วงเผาไหม้นี้ ดังนั้นจึงมีการจำกัดจำนวนของเชื้อเพลิงในการฉีดช่วงขั้นต้นให้น้อยลง และจะฉีดมากขึ้นในช่วงการเผาไหม้ขั้นต่อไป

3. ช่วงเวลาน้ำมันเชื้อเพลิงที่ฉีดพุ่งเข้าไปภายหลังลุกติดไฟเผาไหม้ (ช่วงระหว่าง C-D) การเผาไหม้ช่วงแรกจะสิ้นสุดลงหลังศูนย์ตายบนประมาณ 10 องศาของมุมเพลาข้อเหวี่ยง การเผาไหม้ในช่วงนี้จะเกิดขึ้นต่อเนื่องกัน ซึ่งภายในห้องเผาไหม้จะมีทั้งอุณหภูมิและกำลังดันเพิ่มสูงมากจนกระทั่งส่วนของน้ำมันเชื้อเพลิงที่พุ่งตามหลังเข้าไปลุกเป็นไฟเกือบทันทีที่มันพุ่งเข้าไป โดยไม่ต้องเสียเวลาในการผสมคลุกเคล้ากับอากาศอีกเลย ช่วงการเผาไหม้นี้เป็นการเผาไหม้ที่สามารถควบคุมกำลังดันได้คือกำลังดันคงที่ เนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงถูกฉีดพุ่งตามมาติดไฟเกิดการลุกไหม้ กำลังดันเพิ่มสูงขึ้น แต่ในช่วงนี้ลูกสูบเลื่อนลง ปริมาตรภายในกระบอกสูบเพิ่มขึ้น กำลังดันต้องลดลง แต่เนื่องจากเกิดการเผาไหม้ กำลังดันที่เกิดจากการเผาไหม้เข้ามาเสริม กำลังดันจึงยังไม่ตกลง

การเผาไหม้ช่วงนี้เป็นช่วงที่ลูกสูบอยู่หลังศูนย์ตายบน แล้วเกิดกำลังดันสูงบนหัวลูกสูบต่อเนื่องคงที่ ทำให้เกิดแรงบิดในเพลาข้อเหวี่ยงเพิ่มขึ้นมาก ได้กำลังเพิ่มขึ้นให้แก่เครื่องยนต์เป็นอย่างมาก เป็นช่วงที่ต้องการมากที่สุด

4. การเผาไหม้ช่วงหลัง (ช่วงระหว่าง D-E) ที่จุด D การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงสิ้นสุดและฝอยละอองน้ำมันเชื้อเพลิงบางส่วนที่ยังไม่เผาไหม้จะเกิดการเผาไหม้หมดในช่วงนี้ ถ้ามีช่วงการเผาไหม้ยาวนาน ก็อาจเกิดผลเสียแก่เครื่องยนต์ได้ เช่น เครื่องจะร้อนจัด และแก๊สไอเสียจะมีอุณหภูมิสูงมาก

ข้อสรุปจากการวิเคราะห์ขั้นตอนการเผาไหม้เครื่องยนต์ดีเซล

เวลาในการเริ่มฉีดที่จุด A นั้นจะไม่คงที่เสมอไป เนื่องจากความเร็วรอบของเครื่องยนต์ดีเซลที่มีความเร็วสูงมากขึ้น ช่วงเวลาในการผสมคลุกเคล้าน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศมีเวลาจำกัดและรวดเร็วไม่ทันกับมุมของเพลาข้อเหวี่ยงที่เคลื่อนที่ไป ทำให้ช่วงการเผาไหม้ล่าช้าเลื่อนคล้อยไปหลังศูนย์ตายบนมากยิ่งขึ้น เป็นสาเหตุให้กำลังของเครื่องยนต์ตกลง

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์เร่งเวลาเริ่มฉีดของปั๊มให้เร็วขึ้น (ในรอบสูง) ซึ่งเรียกว่าอุปกรณ์เร่งการฉีดน้ำมันอัตโนมัติ (timer)

จุด C ซึ่งเป็นจุดสุดท้ายที่สิ้นสุดการเผาไหม้ช่วงแรก และเป็นจุดเริ่มต้นที่มีการเผาไหม้ช่วงฉีดเชื้อเพลิงเข้ามาทีหลัง ทำให้กำลังดันคงที่ ได้กำลังใช้งานมากที่สุดในช่วงนี้ ดังนั้นจำเป็นจะต้องรักษาตำแหน่งของจุด C ให้อยู่ใกล้ศูนย์ตายบนประมาณ 5 องศาหลังศูนย์ตายบน เนื่องจากเป็นช่วงที่มีกำลังอัดสูง พลังงานความร้อนเกิดขึ้นได้สูง สามารถเปลี่ยนให้เป็นพลังงานกลได้เต็มที่

เมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงขึ้น จุดเริ่มฉีด A คงที่ แล้วจุด C จะเลื่อนคล้อยห่างจากศูนย์ตายบนมากขึ้น ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ลูกสูบเลื่อนลงมาก กำลังอัดจะลดลง พลังงานความร้อนไม่ได้เปลี่ยนเป็นพลังงานกลอย่างเต็มที่ เกิดการสะสมความร้อนขึ้น เครื่องยนต์ก็จะมีอุณหภูมิร้อนจัด เปลืองเชื้อเพลิง การหล่อเย็นและหล่อลื่นทำงานหนักขึ้น

ดังนั้นให้รักษาจุด C ไว้ในตำแหน่งเดิมที่ความเร็วรอบสูงเวลาเริ่มฉีด จุด A ต้องเลื่อนให้ฉีดล่วงหน้า (ปั๊มแก่) เพื่อเพิ่มเวลาผสมกับอากาศคลุกเคล้ามากขึ้น จะได้ทันกับมุมของเพลาข้อเหวี่ยงที่เคลื่อนที่ไปอย่างรวดเร็ว และเมื่อความเร็วรอบปกติ ก็จะเริ่มฉีด (จุด A) ในตำแหน่งเดิมโดยอัตโนมัติ ดังนั้นเราจำเป็นต้องมีอุปกรณ์เพิ่มในระบบฉีดในน้ำมันเชื้อเพลิงติดมากับปั๊มฉีดเชื้อเพลิงกำลังดันสูงที่เรียกว่า *อุปกรณ์เร่งการฉีดล่วงหน้าอัตโนมัติ* ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในบทต่อไป

1.2.2 การตั้งตำแหน่งเริ่มฉีดเชื้อเพลิง

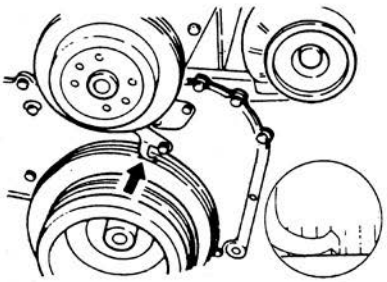
การตั้งตำแหน่งการฉีดเชื้อเพลิงหรือเวลาเริ่มฉีดเชื้อเพลิงของปั๊มฉีดเชื้อเพลิงกำลังดันสูงจะต้องทราบตำแหน่งที่แน่นอนทุกครั้งเมื่อประกอบเข้ากับเครื่องยนต์ จึงจะทำงานได้อย่างถูกต้องตรงกับจังหวะของเครื่องยนต์ มีวิธีการตรวจสอบได้ 2 วิธีคือ

1.2.2.1 การตรวจเวลาเริ่มฉีดเชื้อเพลิงของปั๊มกำลังดันสูงโดยเครื่องยนต์ยังไม่ทำงาน (static test) หมายถึงตั้งจังหวะการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงของปั๊มให้ถูกต้องสัมพันธ์กับจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ก่อนประกอบปั๊มเข้ากับเครื่องยนต์ หรือตรวจจังหวะการเริ่มฉีดของระบบเชื้อเพลิง เราต้องหมุนเพลาข้อเหวี่ยงให้สูบที่ 1 ของเครื่องยนต์อยู่ในจังหวะอัดสุดคือศูนย์ตายบน (TDC) โดยดูได้จากเครื่องหมายที่เพลาข้อเหวี่ยง กระเดื่องลิ้น เครื่องหมายที่ชุดเฟืองหน้าเครื่อง (เฟืองไทมิ่ง) เป็นต้น เนื่องจากหัวฉีดเชื้อเพลิงไม่ได้ฉีดในตำแหน่งอัดสุดตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นต้องหมุนเพลาข้อเหวี่ยงย้อนให้อยู่ที่ตำแหน่งก่อนศูนย์ตายบนเล็กน้อยตามที่คู่มือกำหนด เช่น 15 องศาก่อนศูนย์ตายบน (15 องศา BTDC) ต่อจากนั้นก็ให้หาจังหวะเริ่มฉีดสูบที่ 1 ของปั๊มฉีดเชื้อเพลิง

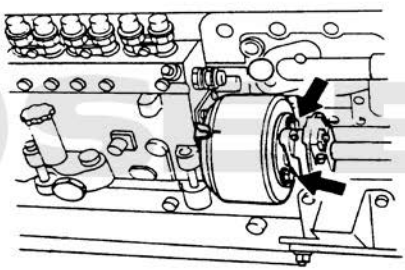
วิธีการตั้งจังหวะการเริ่มฉีดของปั๊มหาได้หลายวิธีดังต่อไปนี้

1. *การตั้งปั๊มโดยทำเครื่องหมาย* หมุนเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์จากศูนย์ตายบนในจังหวะอัด (ของสูบที่ 1) ให้ย้อนกลับประมาณครึ่งรอบ เพื่อป้องกันระยะฟรีของฟันเฟืองที่จะทำให้การตั้งจังหวะเริ่มฉีดคลาดเคลื่อน ต่อจากนั้นหมุนเพลาข้อเหวี่ยงตามทิศทางการทำงานของเครื่องยนต์ไปหยุดอยู่ในตำแหน่งก่อนศูนย์ตายบน 15 องศา (15 องศา BTDC) ตามข้อกำหนดของบริษัทแต่ละบริษัท แล้วให้ตรวจดูเครื่องหมายที่เพลาปั๊มกับเรือนปั๊ม จะต้องตรงกัน ถ้าเครื่องหมายไม่ตรงกัน

ให้ปรับแต่งโดยคลายสกรูยึดเรือนเสื้อปั๊ม แล้วขยับเรือนปั๊มให้เครื่องหมายตรงกัน ในกรณีที่ปั๊มบางรุ่นไม่มีตำแหน่งขยับซึ่งยึดตายตัว ต้องปรับที่หน้าแปลนของตัวต่อเพลาขับดังแสดงในรูปที่ 1.10 และรูปที่ 1.11



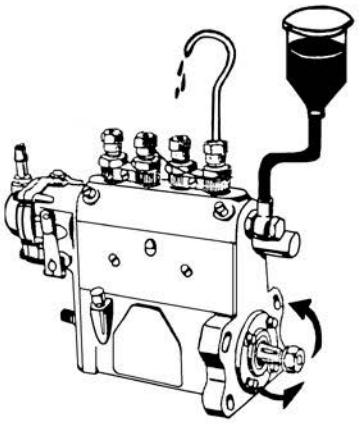
รูปที่ 1.10 เครื่องหมายของเครื่องยนต์ของสูบที่ 1 ในจังหวะอัด ตำแหน่ง 15 องศา (15 องศา BTDC)



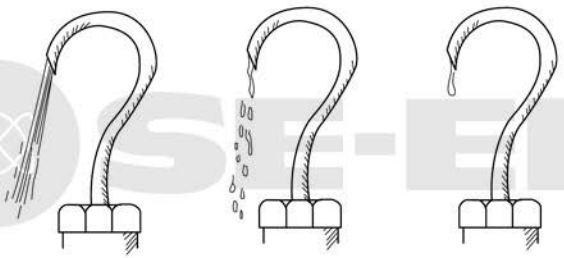
รูปที่ 1.11 เครื่องหมายของปั๊มที่เพลาขับตรงกับเครื่องหมายที่เรือนเสื้อปั๊ม

2. *การตั้งปั๊มโดยใช้ข้อต่องอ*

ก. วิธีตรวจวัดขณะที่ปั๊มอยู่นอกเครื่องยนต์ ให้เปิดฝาข้างปั๊ม ถอดลิ้นส่งสูบที่ 1 ของปั๊มออกแล้วติดตั้งข้อต่องอ หมุนเพลาลูกเบี้ยวของปั๊มให้ลูกปั๊มสูบที่ 1 อยู่ในตำแหน่งศูนย์ตายล่าง สังเกตจากสปริงของลูกปั๊มยืดตัวสุด ต่อท่อน้ำมันให้ดันผ่านเข้าปั๊มไหลออกข้อต่องอ แล้วหมุนเพลาลูกเบี้ยวของปั๊มตามทิศทางการทำงานอย่างช้าๆ จนน้ำมันหยุดไหลออกจากข้อต่องอในครั้งแรก ให้หยุดหมุนทันที ซึ่งเป็นตำแหน่งเริ่มฉีดของปั๊ม แล้วประกอบปั๊มเข้ากับเครื่องยนต์ซึ่งอยู่ในจังหวะอัดก่อนศูนย์ตายบน 15 องศาตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดมา ดังแสดงในรูปที่ 1.12 และรูปที่ 1.13

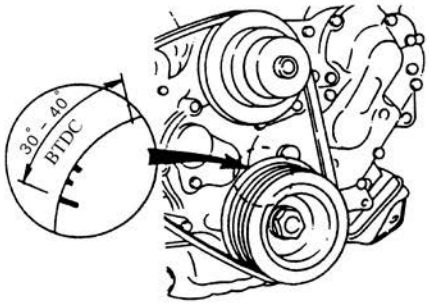


รูปที่ 1.12 การหาตำแหน่งเริ่มฉีดของปั๊มโดยใช้ข้อต่องอ

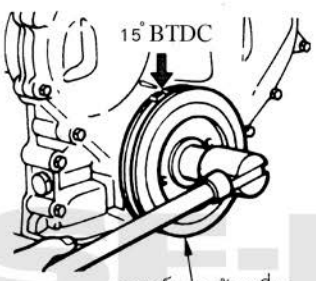


รูปที่ 1.13 หมุนเพลาข้อเหวี่ยงของปั๊มจากตำแหน่งต่ำสุดถึงหยุดไหล

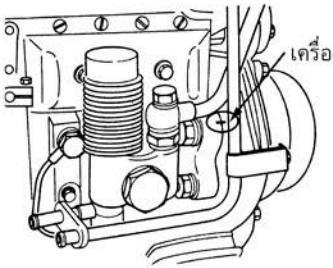
ข. วิธีตรวจวัดขณะที่ปั๊มติดตั้งอยู่กับเครื่องยนต์ เริ่มหมุนเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ในตำแหน่งสูบที่ 1 อัดสุด (TDC) แล้วหมุนย้อนทางการหมุนของเครื่องยนต์ไปประมาณ 30-40 องศา จนแน่ใจว่าลูกปั๊มสูบที่ 1 อยู่ในตำแหน่งต่ำสุด (BDC) ดูจากสปริงลูกปั๊มสูบที่ 1 ยืดสุด เมื่อดันน้ำมันผ่านปั๊มไหลออกข้อต่องอ แสดงว่ารูข้างกระบอกปั๊มยังไม่ถูกปิด ต่อจากนั้นหมุนเพลาข้อเหวี่ยงไปตามทิศทางการทำงานของเครื่องยนต์อย่างช้าๆ จนน้ำมันหยุดไหล ตรวจดูที่เครื่องหมายของเพลาข้อเหวี่ยงหน้าเครื่องยนต์ ต้องอยู่ก่อนศูนย์ตายบน 15 องศา BTDC ตามคู่มือที่บริษัทกำหนด ถ้าเครื่องหมายไม่ตรงแสดงว่าจังหวะเริ่มฉีดของปั๊มไม่ถูกต้องกับการทำงานของเครื่องยนต์ ปรับแต่งได้โดยการบิดเรือนปั๊มฉีดเชื้อเพลิง ถ้าเพลาลูกเบี้ยวของปั๊มหมุนทวนเข็มนาฬิกาเมื่อมองจากปลายด้านขับเข้าไปหาปั๊ม ผลจากการบิดเรือนปั๊มสวนทางกับทิศทางการหมุนของเพลาลูกเบี้ยว จะทำให้น้ำมันหยุดไหลออกจากข้อต่องอเร็วขึ้น คือเวลาเริ่มฉีดเร็วของปั๊ม ดังนั้นต้องให้น้ำมันหยุดไหลออกจากข้อต่องอ ซึ่งเครื่องหมายจะต้องอยู่ตรงตำแหน่งก่อนศูนย์ตายบน 15 องศา BTDC ตามที่คู่มือกำหนดจึงจะถูกต้อง ดังแสดงในรูปที่ 1.14 และรูปที่ 1.15



รูปที่ 1.14 หมุนเพลาข้อเหวี่ยงย้อนทางหมุนปกติให้สูบที่ 1 อยู่ที่ตำแหน่งก่อนศูนย์ตายบน 30-40 องศา (จังหวะอัด)



(ก)

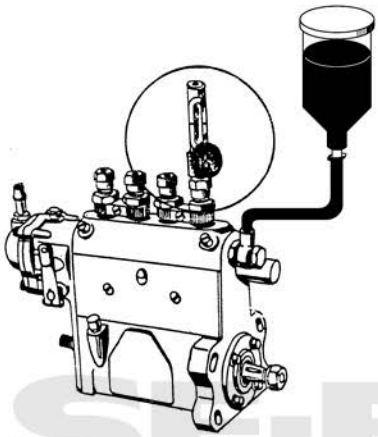


(ข)

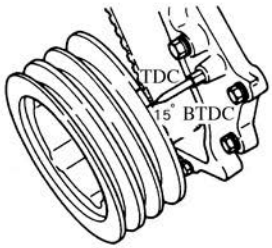
รูปที่ 1.15 หมุนเพลาข้อเหวี่ยงตามทางหมุนปกติให้ขีด 15 องศาอยู่ตรงเข็มชี้ น้ำมันต้องหยุดไหล

3. ***การตั้งปั๊มโดยใช้หลอดแก้ว*** หมุนเครื่องยนต์ให้สูบที่ 1 อยู่ที่ตำแหน่งอัดสุด (TDC) แล้วหมุนย้อนทางหมุนปกติ 30-40 องศา เป็นตำแหน่งของลูกปั๊มสูบที่ 1 อยู่ต่ำสุด (BDC) ติดตั้งหลอดแก้วเข้ากับปั๊มสูบที่ 1 ทางท่อส่งหัวฉีด โดยไม่ต้องถอดลิ้นส่งออก ต่อจากนั้นใช้ไขควงแบนหรือเครื่องมืองัดให้ลูกปั๊มสูบที่ 1 ขึ้นลงเพื่อให้น้ำมันไหลขึ้นไปเข้าหลอดแก้วประมาณครึ่งหลอด ให้จำระดับน้ำมันที่หลอดแก้วไว้ ต่อจากนั้นหมุนเครื่องยนต์ตามการหมุนปกติ โดยสังเกตดูว่าน้ำมัน

ที่หลอดแก้วเริ่มเพิ่มสูงขึ้น แสดงว่าเป็นตำแหน่งเริ่มฉีดน้ำมันของปั๊ม แล้วตรวจดูเครื่องหมายของเพลาข้อเหวี่ยงว่าถูกต้องตามองศาที่กำหนดไว้หรือไม่ สำหรับการปรับแต่งก็ให้ขยับเรือนปั๊มเช่นเดิมคือ "ตามอ่อนย้อนแก่" หมายความว่าบิดตัวเรือนปั๊มตามทิศทางการหมุนของเพลาลูกเบี้ยว จะทำให้ปั๊มเริ่มฉีดช้าลง ทำให้ปั๊มอ่อน ในทางตรงกันข้าม ถ้าบิดตัวเรือนปั๊มย้อนทิศทางการหมุนของเพลาลูกเบี้ยว จะทำให้ปั๊มเริ่มฉีดเร็วขึ้นทำให้ปั๊มแก่



รูปที่ 1.16 ติดตั้งหลอดแก้วเข้ากับปั๊ม ไม่ต้องถอดลิ้นส่งลูกปั๊มสูบที่ 1 อยู่ต่ำสุด แล้วงัดให้น้ำมันขึ้นมาเข้าหลอดแก้ว



รูปที่ 1.17 หมุนเครื่องยนต์ตามทางหมุนปกติ ดูที่หลอดแก้วระดับน้ำมันเริ่มเพิ่มขึ้น แสดงว่าปั๊มเริ่มฉีด

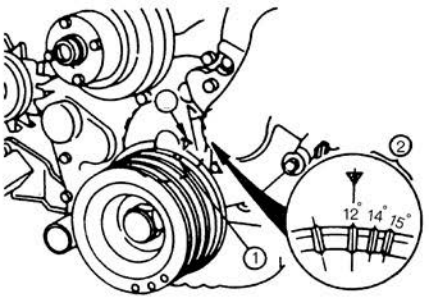
4. *การตั้งปั๊มโดยเกจวัด*

ก. การตั้งปั๊มแบบสูบเรียง (inline pump; PE) หมุนเครื่องยนต์ให้สูบที่ 1 อัดสุด แล้วหมุนย้อนทิศทางปกติ 30-40 องศาแล้วเปิดฝาข้างปั๊ม ดูสปริงลูกปั๊มสูบที่ 1 ให้อยู่ที่ตำแหน่งยืดสุดคือศูนย์ตายล่าง ติดตั้งไดอัลเกจสำหรับวัดการเลื่อนตัวของลูกปั๊มเข้ากับปั๊มสูบที่ 1 จับยึดไว้ให้มั่นคง

ปรับหน้าปัดของเกจวัดที่เลข 0 ดังแสดงในรูปที่ 1.18 หมุนเครื่องยนต์ตามทิศทางการหมุนปกติไปที่เข็มชี้ 15 องศา BTDC ตามคู่มือที่บริษัทกำหนด ตรวจดูที่เข็มหน้าปัดของเกจวัด ต้องอ่านได้ 2.3 mm เป็นตำแหน่งที่ลูกปั๊มเตรียมอัดส่งน้ำมัน ดังแสดงในรูปที่ 1.19 ถ้าไม่ได้ตามที่กำหนด ให้ปรับแต่งโดยการขยับโยกเรือนเสื้อปั๊ม เช่น โยกตามทิศทางการหมุน ค่าไดอัลเกจจะเพิ่มขึ้น (ปั๊มอ่อน) และถ้าโยกเรือนปั๊มสวนทางการหมุนของเพลาลูกเบี้ยว ค่าของไดอัลเกจจะน้อยลง (ปั๊มแก่)

ในกรณีที่ตั้งจังหวะการเริ่มฉีด (pre-stroke) อยู่บนเครื่องทดสอบ ต้องปรับแต่งที่ระยะห่างการยกตัวของลูกปั๊ม โดยปรับที่สกรูบนชุดลูกกลิ้ง หรือแหวนรองประกับดีนลูกปั๊ม หรือแผ่นชิมรองบ่าของกระบอกปั๊ม ปรับให้ได้ตามที่คู่มือกำหนดมาของแต่ละรุ่น และต้องตรวจสอบทุกสูบ โดยวิธีแบ่งองศา (phasing) ของเพลาลูกเบี้ยวที่จานองศาของเพลาขับบนเครื่องทดสอบปั๊ม

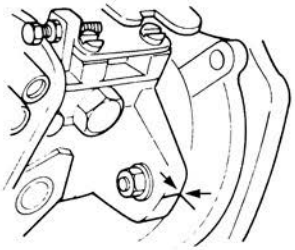
รูปที่ 1.18 ติดตั้งไดอัลเกจเข้ากับปั๊มสูบที่ 1 ลูกปั๊มอยู่ในตำแหน่งต่ำสุด แล้วปรับหน้าปัดเกจวัดที่เลข 0



รูปที่ 1.19 หมุนเครื่องยนต์ตามทิศทางปกติในจังหวะอัด เข็มชี้อยู่ก่อนศูนย์ตายบน 15 องศา BTDC ถ้าไม่ได้ค่า 2.3 mm ตามที่กำหนด ให้โยกเรือนปั๊มปรับแต่ง

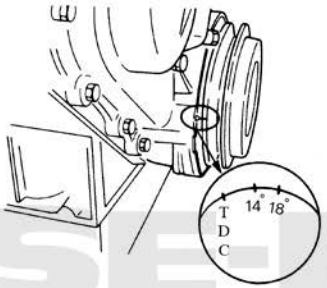
ข. การตั้งปั๊มจานจ่ายแบบ VE (vane excentic pump) มีลำดับการตรวจวัดดังนี้

- ตรวจดูว่าเครื่องหมายที่เรือนเสื้อปั๊มกับหน้าแปลนที่ติดกับเครื่องยนต์ตรงกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.20



รูปที่ 1.20 เครื่องหมายควรตรงกัน

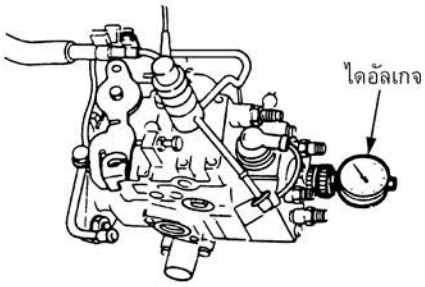
• หมุนเพลาข้อเหวี่ยงให้สูบที่ 1 อัดสุดโดยเข็มชี้ตรงขีดศูนย์ตายบน (TDC) ดังแสดงในรูปที่ 1.21



รูปที่ 1.21 ตำแหน่งเครื่องหมายที่พูลเลย์หน้าเครื่องตรงศูนย์ตายบน (TDC) สูบที่ 1 อัดสุด

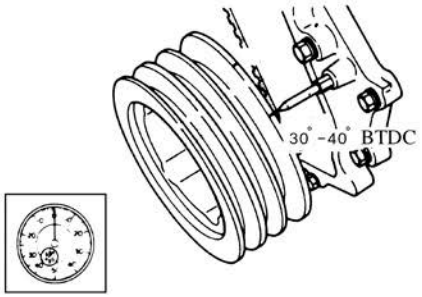
• ถอดแป๊ปหัวฉีดออกจากปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง ถอดโบลต์ตรงกลางหัวจ่ายน้ำมัน แล้วจึงติดตั้งเครื่องมือวัด (ไดอัลเกจ) เข้าแทนที่โบลต์

ควรติดตั้งไดอัลเกจให้แกนวัดยุบเข้าไปประมาณ 2.0 mm เพื่อป้องกันการเลื่อนชนของหัวลูกปั๊ม เมื่อติดตั้งไดอัลเกจแล้ว ต้องชักไดอัลเกจ ตรวจดูให้เข็มกระดิกได้ประมาณ 2.0 mm แสดงว่ามีระยะฟรีตัวของไดอัลเกจ ป้องกันไดอัลเกจชำรุด ดังแสดงในรูปที่ 1.22



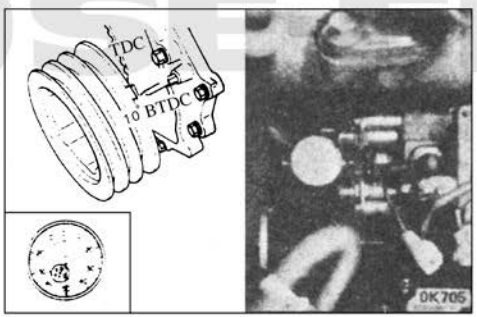
รูปที่ 1.22 ติดตั้งไดอัลเกจ

• หมุนเพลาข้อเหวี่ยงย้อนทางหมุนปกติ เพื่อให้สูบที่ 1 ของเครื่องยนต์อยู่ที่ตำแหน่งก่อนศูนย์ตายบน 30-40 องศา (ในจังหวะอัด) แล้วปรับหน้าปัดของไดอัลเกจ ให้เข็มชี้ที่เลข 0 ดังแสดงในรูปที่ 1.23



รูปที่ 1.23 ลูกปั๊มอยู่ในตำแหน่งศูนย์ตายล่าง (BDC) แล้วปรับที่หน้าปัดให้เข็มชี้ที่เลข 0

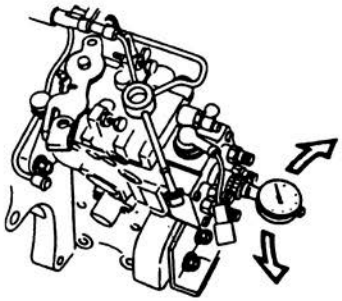
• หมุนข้อเหวี่ยงตามทิศทางการหมุนปกติ (ที่ทำงาน) ให้เครื่องหมายที่พูลเลย์หน้าเครื่องชี้ก่อนศูนย์ตายบน 10 องศา BTDC แล้วอ่านค่าบนหน้าปัดของไดอัลเกจ ต้องได้ค่าประมาณ 0.47-0.53 mm ตามคู่มือที่บริษัทกำหนด ซึ่งเป็นเวลาเริ่มฉีดของปั๊ม ดังแสดงในรูปที่ 1.24



รูปที่ 1.24 อ่านค่าที่ไดอัลเกจเมื่อข้อเหวี่ยงอยู่ตำแหน่งก่อนศูนย์ตายบน 10 องศา

• ถ้าค่าที่อ่านได้ไม่อยู่ในค่าที่กำหนดของบริษัทผู้ผลิต (0.47-0.53 mm) ให้ปรับแต่งโดยคลายนอตยึดหน้าแปลนปั๊มเพื่อขยับเรือนปั๊มใหม่ดังต่อไปนี้

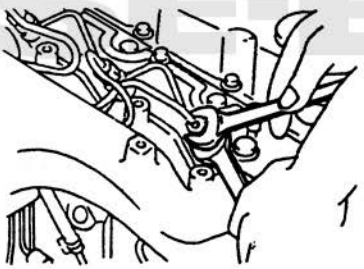
ทิศทางการหมุนของเพลาปั๊มหมุนขวาตามเข็มนาฬิกาเมื่อมองจากปลายด้านขับ เมื่ออ่านค่าได้มากกว่าที่กำหนด (ปั๊มอ่อน) ให้ขยับเรือนปั๊มทวนทิศทางการหมุนของเพลาปั๊มจนกว่าไดอัลเกจจะอ่านค่าได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ในทางตรงกันข้าม เมื่ออ่านค่าได้น้อยกว่าที่กำหนด (ปั๊มแก่) ให้ขยับเรือนปั๊มตามทิศทางการหมุนของเพลาปั๊มจนกว่าไดอัลเกจจะอ่านค่าได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 1.25



รูปที่ 1.25 การขยับเรือนปั๊มเป็นการปรับเวลาเริ่มฉีดของปั๊ม

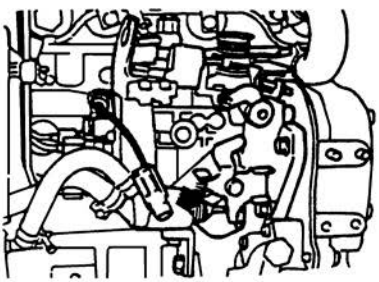
ค. การติดตั้งปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงเข้ากับเครื่องยนต์ วิธีการปรับตั้งปั๊ม ตรวจจองศาการเริ่มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของรถ NISSAN เครื่องยนต์แบบ TD23, TD25, TD27, TD27T การถอดปั๊มออกจากเครื่องยนต์ทำได้ดังนี้

• ถอดแป๊ปหัวฉีด เมื่อถอดแล้วควรปิดรูน้ำมันเข้าหัวฉีดเอาไว้เพื่อป้องกันสิ่งสกปรกเข้าไปในหัวฉีด ดังแสดงในรูปที่ 1.26



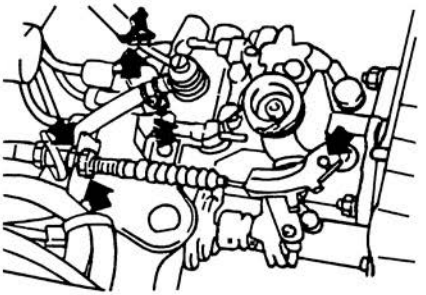
รูปที่ 1.26

• ถอดสายไฟโซลีนอยด์ตัดน้ำมัน ดังแสดงในรูปที่ 1.27



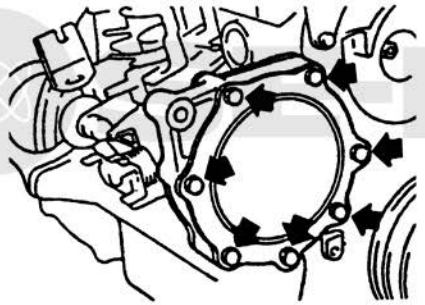
รูปที่ 1.27

- ถอดสายคันเร่งและท่อน้ำมันออกทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 1.28



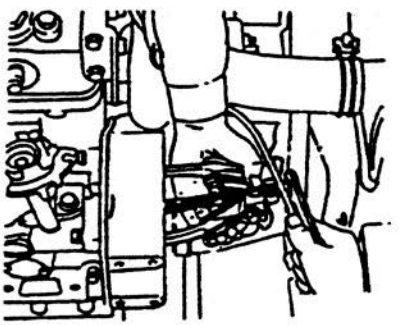
รูปที่ 1.28

- ถอดฝาปิดเฟืองขับปั๊มออก ดังแสดงในรูปที่ 1.29



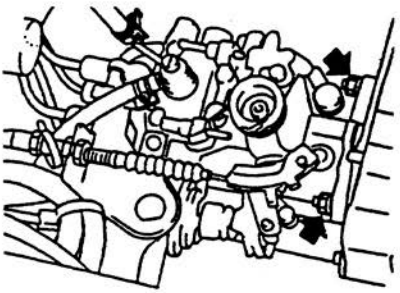
รูปที่ 1.29

- ถอดนอตยึดเฟืองปั๊มแล้วใช้เครื่องมือดูดเอาเฟืองปั๊มออก ดังแสดงในรูปที่ 1.30



รูปที่ 1.30

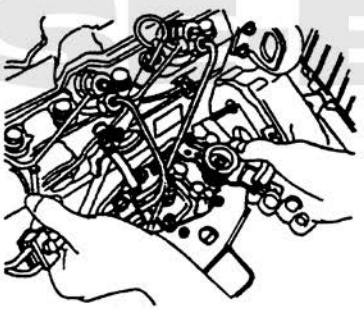
• ถอดนอตและสกรูยึดปั๊มทั้งด้านหน้าและด้านล่าง ดังแสดงในรูปที่ 1.31



รูปที่ 1.31

• ยกตัวปั๊มพร้อมกับแป๊ปหัวฉีดออก ดังแสดงในรูปที่ 1.32

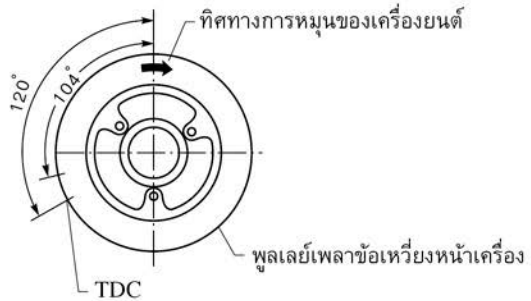
หมายเหตุ ถ้ายกปั๊มออกจากเครื่องยนต์ที่ติดตั้งอยู่ในรถ จะต้องถอดแป๊ปหัวฉีดที่ติดอยู่ที่ท่อร่วมไอดีออกก่อน



รูปที่ 1.32

การติดตั้งเข้ากับเครื่องยนต์ทำได้ดังนี้

• หมุนเครื่องยนต์ให้สูบที่ 1 อัดสุด โดยดูจากการทำงานของวาล์วและเครื่องหมายที่พูลเลย์หน้าเครื่อง เครื่องหมายที่พูลเลย์หน้าเครื่องมี 2 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 1.33

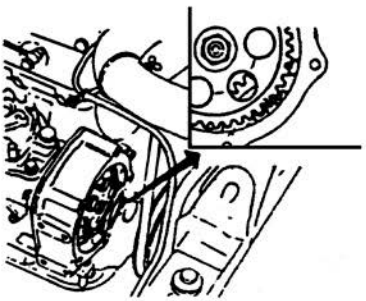


(ก) ชนิดที่ 1

(ข) ชนิดที่ 2

รูปที่ 1.33

• ใส่ปั๊มเชื้อเพลิงเข้ากับเครื่องยนต์ โดยให้เครื่องหมายที่เสื้อปั๊มตรงกับเครื่องหมายที่ฝาครอบเฟืองหน้าเครื่องยนต์ชั่วคราว ประกอบเฟืองปั๊ม โดยต้องระวังอย่าให้ลิ่มเพลาปั๊มหลุดได้ และเครื่องหมาย Z ที่ฟันเฟืองขบกันเป็น 3 ตัวพอดี ดังแสดงในรูปที่ 1.34 แรงขันนอตยึดเฟืองปั๊มประมาณ 6-7 kg-m (43-51 lb-ft) ประกอบฝาปิดเฟืองปั๊ม



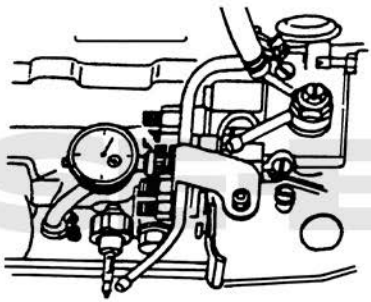
รูปที่ 1.34

การตั้งระยะเคลื่อนตัวของลูกปั๊มทำได้ดังนี้

- ถอดแป๊ปหัวฉีด
- คลายนอตและสกรูยึดเรือนปั๊มเชื้อเพลิงให้พอขยับตัวปั๊มได้
- ถอดสกรูปลั๊กหัวเรือนปั๊มเชื้อเพลิงออก แล้วใส่ไดอัลเกจเข้าแทนที่
- วัดและปรับระยะเคลื่อนตัวของลูกปั๊ม ดังแสดงในรูปที่ 1.35

หมุนเพลาข้อเหวี่ยงย้อนทิศทางหมุนจากตำแหน่งสูบที่ 1 อัดสุด (TDC) 20-25 องศา ก่อนศูนย์ตายบน (BTDC)

ปรับเข็มไดอัลเกจให้ชี้ที่เลข 0 หมุนเพลาข้อเหวี่ยงตามทิศทางการหมุนให้สูบที่ 1 อัดก่อนศูนย์ตายบน (BTDC)



รูปที่ 1.35

อ่านค่าไดอัลเกจว่าถูกต้องหรือไม่

รุ่น TD23 0.54 ± 0.02 (เทียบเท่า 5 องศา BTDC)

รุ่น TD25 0.71 ± 0.02 (เทียบเท่า 6 องศา BTDC)

รุ่น TD27 ไม่ใช่ DOUBLE CAB

0.65 ± 0.02 (เทียบเท่า 5 องศา BTDC)

รุ่น TD27 DOUBLE CAB

0.49 ± 0.02 (เทียบเท่า 3 องศา BTDC)

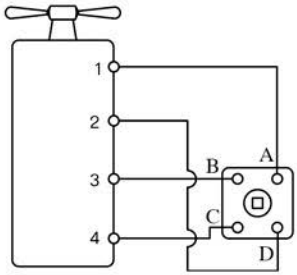
รุ่น TD27T 0.59 ± 0.02 (เทียบเท่า 4 องศา BTDC)

ถ้าพบว่าไม่ถูกต้อง ให้หมุนตัวปั๊มเชื้อเพลิงจนกว่าจะตรงกับค่าที่กำหนดของแต่ละเครื่อง ถ้าอ่านค่าได้น้อยไป ให้หมุนปั๊มเชื้อเพลิงตามทิศทางหมุนของเครื่องยนต์ ถ้าอ่านค่าได้มากไป ให้หมุนปั๊มเชื้อเพลิงย้อนทิศทางหมุนของเครื่องยนต์

- ขันนอตและสกรูยึดปั๊มเชื้อเพลิงให้แน่น

  แรงขันนอต 1.9-2.5 kg-m

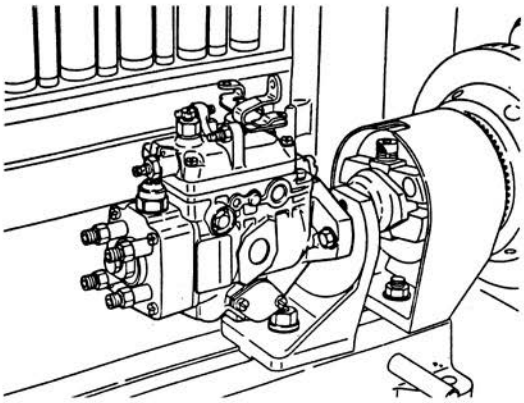
  แรงขันสกรูกับฐานยึด 3.1-4.2 kg-m
- ถอดไดอัลเกจออกแล้วใส่สกรูปลั๊กเข้าหัวเรือนปั๊มเชื้อเพลิง พร้อมกับเปลี่ยนแหวนตัวใหม่
- ใส่แป๊ปหัวฉีดให้ถูกต้อง ดังแสดงในรูปที่ 1.36
- ไล่ลมระบบปั๊มเชื้อเพลิง



รูปที่ 1.36

ง. การตั้งเวลาเริ่มฉีดของปั๊ม VE บนเครื่องทดสอบ การตั้งปั๊มหรือการหาจังหวะเริ่มฉีดของปั๊มจานจ่ายแบบ VE มีลำดับขั้นการตรวจสอบดังนี้

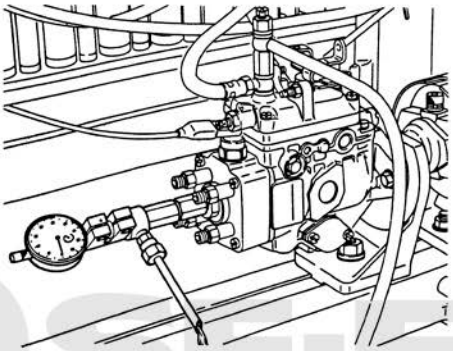
- ประกอบลิ่มที่ร่องของเพลาขับ และติดข้อต่อหน้าแปลนขับ พร้อมติดตั้งปั๊ม VE บนขาตั้งยึดติดบนแท่นทดสอบให้แน่น ดังแสดงในรูปที่ 1.37



รูปที่ 1.37 ติดตั้งปั๊มบนแท่นทดสอบ

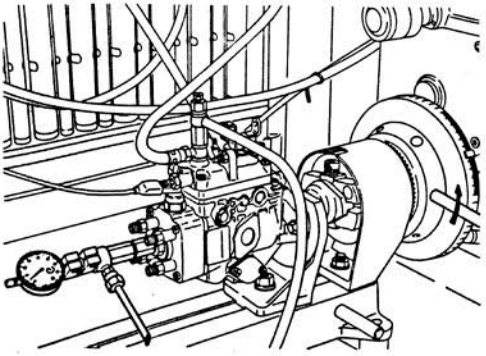
• ถอดโบลต์ตรงกลางหัวจ่ายน้ำมัน แล้วติดตั้งชุดเครื่องมือวัดพร้อมไดอัลเกจเข้าแทนที่โบลต์ ต่อสายน้ำมันเข้าปั๊มและสายออกที่เรือนปั๊ม ต่อไฟเข้าที่วาล์วแม่เหล็ก เปิดแรงดันน้ำมันที่เครื่องทดสอบ 0.2 kg/cm^2 หมุนเครื่องทดสอบด้วยมือให้เพลาปั๊มหมุน

ข้อสังเกต เข็มไดอัลเกจจะอยู่นิ่งระยะหนึ่งคือที่ตำแหน่งลูกปั๊มอยู่ศูนย์ตายล่าง (BDC) แล้วปรับที่หน้าปัดให้เข็มชี้ที่เลข 0 ขณะนี้น้ำมันจะไหลออกจากชุดของขาไดอัลเกจตลอดเวลา ดังแสดงในรูปที่ 1.38



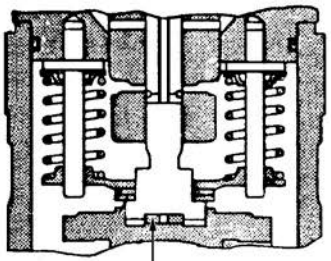
รูปที่ 1.38 การต่อท่อทางน้ำมันเข้าปั๊ม VE

• หมุนเครื่องทดสอบ ให้เพลาปั๊มหมุนช้าๆ ในทิศทางการหมุนของปั๊มปกติจนน้ำมันหยุดไหลออกจากที่ชุดขาของไดอัลเกจ (จากจุดศูนย์ตายล่างถึงน้ำมันหยุดไหล) อ่านค่าที่ไดอัลเกจ ต้องได้ 0.47-0.53 mm ตามที่คู่มือกำหนด ซึ่งเป็นตำแหน่งเริ่มฉีดของปั๊มแบบ VE ดังแสดงในรูปที่ 1.39



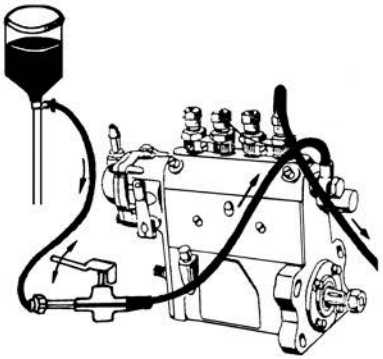
รูปที่ 1.39 การวัดระยะเริ่มฉีด

• ถ้าค่าระยะเริ่มฉีดของปั๊มไม่ได้ตามที่กำหนด ต้องเปลี่ยนแผ่นชิมรองฐานของลูกปั๊มคือ แผ่นชิมหมายเลข 52 ทีละแผ่นจนได้ค่าตามที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 1.40



รูปที่ 1.40 แผ่นชิมรองฐานลูกปั๊มหมายเลข 52 รองฐานลูกปั๊ม

• การตั้งปั๊มโดยความดันสูง การหาจังหวะเริ่มฉีดของปั๊มกำลังดันสูงแบบสูบเรียงทำได้โดยต่อท่อน้ำมันเข้าปั๊ม ซึ่งเพิ่มกำลังดันให้สามารถดันลิ้นส่งเปิดได้ น้ำมันที่ไหลออกสูบที่ 1 ให้เอาภาชนะรองรับน้ำมันไว้ หมุนเพลาลูกเบี้ยวของปั๊มตามทิศทางการหมุนปกติจนน้ำมันหยุดไหลออกจากท่อน้ำมันไหลออกของปั๊ม เป็นตำแหน่งที่เริ่มฉีดของปั๊ม วิธีทำนี้จะสะดวกถ้าตรวจวัดอยู่บนแท่นทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 1.41



รูปที่ 1.41 การตั้งปั๊มโดยความดันสูง

1.2.2.2 การตรวจเวลาเริ่มฉีดเชื้อเพลิงของปั๊มกำลังดันสูงโดยเครื่องยนต์กำลังทำงาน (dynamic test) การตรวจเวลาเริ่มฉีดขณะที่เครื่องยนต์กำลังทำงานเป็นการตรวจที่สะดวกและแม่นยำมาก เนื่องจากเป็นการตรวจวัดขณะที่ทำงานจริงหลังจากที่เครื่องยนต์ใช้งานมาเป็นเวลานาน ทำให้ชิ้นส่วนต่างๆ เกิดการสึกหรอไปบ้าง เช่น ชุดฟันเฟืองหน้าเครื่อง (เฟืองไทมิ่ง) ลูกปั๊มและกระบอกปั๊ม เป็นต้น เมื่อถึงเวลากำหนดบริการต้องทำการตรวจวัด

การตรวจองศาการเริ่มฉีดด้วยไฟกะพริบจากไทมิ่งไลต์มีวิธีการตรวจวัดดังนี้

1. ต่อสายไทมิ่งไลต์สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลมี 5 ขั้ว

สีแดง คีบที่ขั้วบวกแบตเตอรี่ 12 V

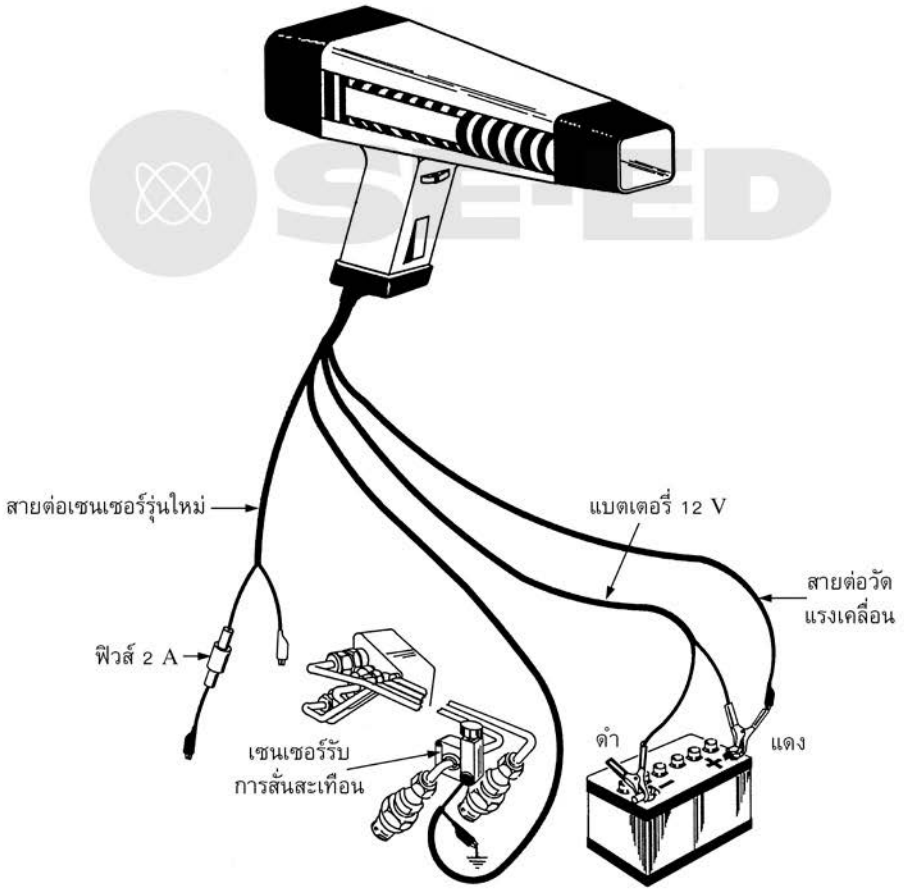
สีดำ คีบที่ขั้วลบแบตเตอรี่ 12 V

สีแดงเส้นเล็ก คีบที่ขั้วบวกแบตเตอรี่ 12 V

สีดำ คีบโครงของเครื่องยนต์เป็นกราวด์

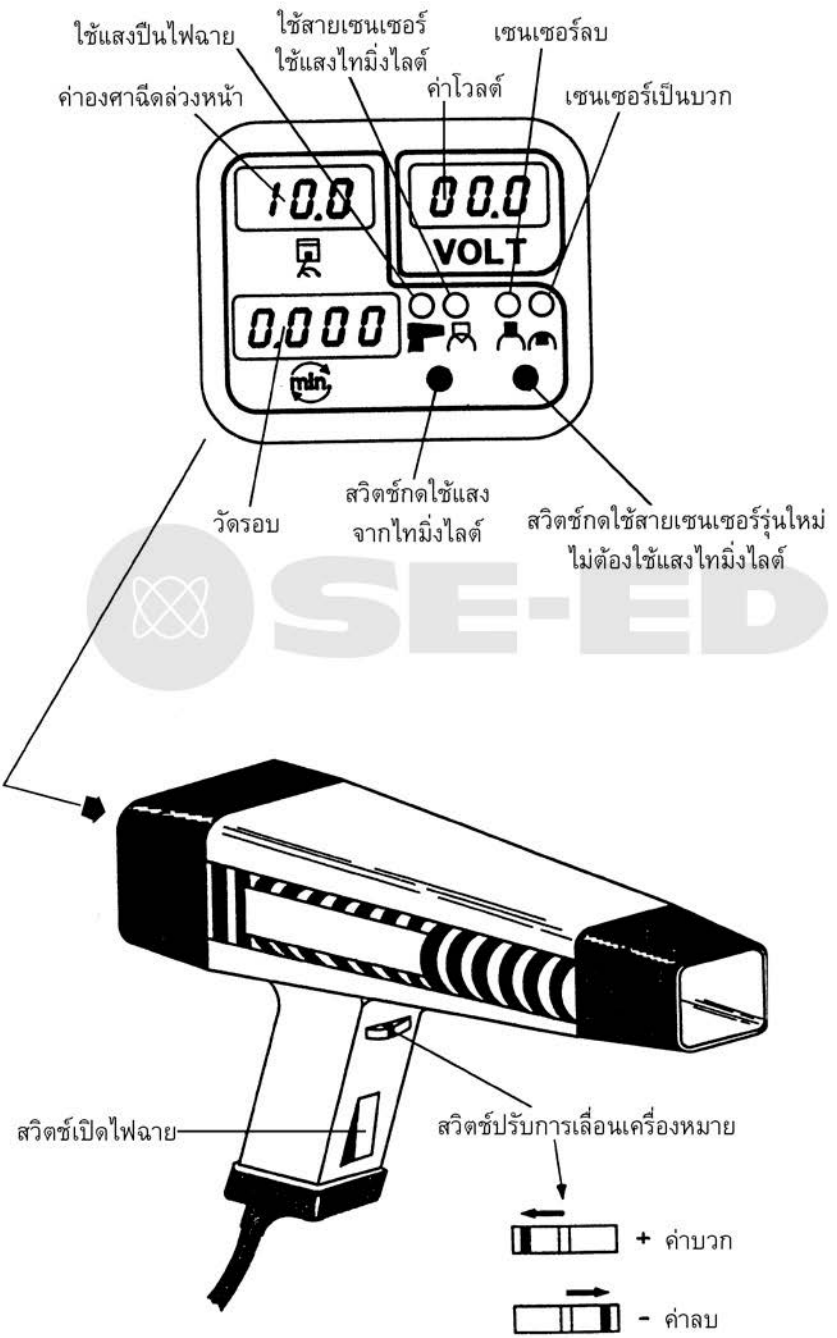
สีฟ้า เสียบเข้ากับเซนเซอร์ (sensor)

โดยนำเซนเซอร์หนีบเข้ากับแป๊ปหัวฉีดของปั๊มสูบที่ 1 ในตำแหน่งที่ใกล้หัวฉีดมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ และท่อบริเวณนั้นต้องเป็นท่อตรง มีความยาวอย่างต่ำ 2 cm



รูปที่ 1.42 การต่อสายไทมิ่งไลต์สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล

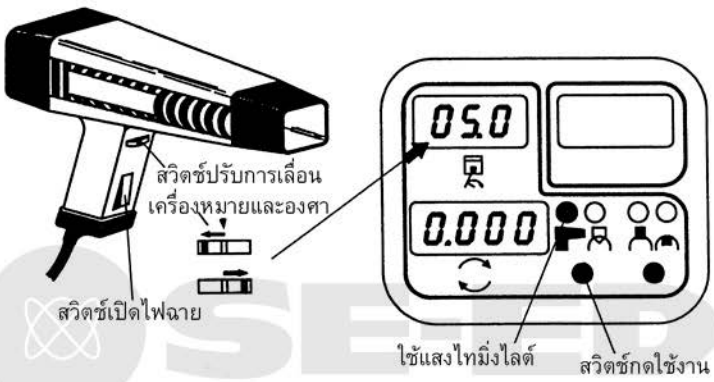
2. ปรับตั้งไทมิ่งไลต์ไว้ล่วงหน้าตามรูปที่ 1.43



รูปที่ 1.43

3. ติดเครื่องยนต์ เร่งความเร็วรอบไว้ให้คงที่ตามบริษัทผู้ผลิตรถยนต์กำหนดมา

4. กดสวิตช์เปิดไฟฉาย (ดูรูปที่ 1.44) แล้วส่องไฟกะพริบจากไทมิ่งไลต์ไปที่เครื่องหมายศูนย์ตายบน (TDC) ที่พูลเลย์หน้าเครื่องยนต์ กดสวิตช์ปรับการเลื่อนเครื่องหมายและองศา (ดูรูปที่ 1.44) จนกระทั่งเครื่องหมายบนพูลเลย์ตรงกับเข็มชี้ที่ฝาหน้าเครื่อง ในทันทีที่เครื่องหมายตรงกัน ให้ปล่อยมือจากสวิตช์เปิดไฟฉาย ซึ่งจะเป็นการตัดการทำงานของไฟกะพริบของไทมิ่งไลต์ ในขณะเดียวกัน ค่าบนจอจะถูกจดจำไว้และค้างอยู่บนจอเป็นเวลา 10 วินาที ช่วยให้สามารถอ่านค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rpm) และองศาเริ่มฉีดของปั๊มได้อย่างแม่นยำ (ดังรูปที่ 1.45)



รูปที่ 1.44 หน้าปัดด้านหลังของไทมิ่งไลต์

เมื่อได้ค่าตามจอของไทมิ่งไลต์แล้ว ให้นำค่าไปเปรียบเทียบตรวจสอบกับคู่มือที่กำหนดไว้ว่าตรงตามคู่มือหรือไม่ ถ้าไม่ตรง ให้ปรับแต่งที่ตัวเรือนปั๊มจนกว่าจะได้ตามคู่มือที่กำหนด

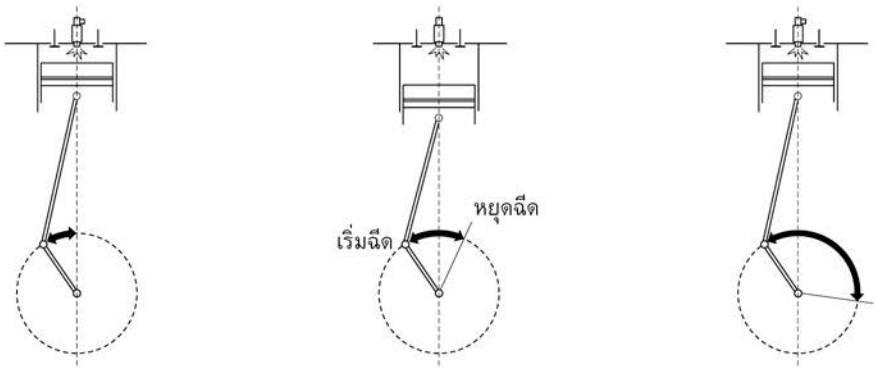
รูปที่ 1.45 สวิตช์เพิ่ม/ลดองศาเริ่มการฉีด

1.3 อัตราการฉีด

อัตราการฉีด (rate of fuel injection or suitable rate) หมายถึงอัตราการฉีดจำนวนปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงต่อหน่วยเวลา ดังแสดงในรูปที่ 1.46 หรือให้เหมาะสมกับมุมของเพลาข้อเหวี่ยงที่เคลื่อนที่ไป ดังแสดงในรูปที่ 1.47 เครื่องยนต์ที่มีอัตราการฉีดสูงหมายถึงการฉีดจำนวนปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงให้หมดก่อนกำหนดในระยะเวลาอันสั้น และอัตราการฉีดต่ำหมายถึงการฉีดจำนวนปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงให้หมดโดยใช้เวลานานกว่ากำหนด ซึ่งจำนวนปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากัน อัตราการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงนี้มีความสำคัญเช่นเดียวกับเวลาในการเริ่มฉีดเชื้อเพลิง คือถ้าอัตราการฉีดสูงมากเกินไปจะมีผลคล้ายกับการฉีดล่วงหน้าก่อนกำหนด แต่ถ้าอัตราการฉีดต่ำจะมีผลคล้ายกับการเริ่มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงล่าช้ากว่ากำหนด

(ก) อัตราการฉีดสูง (ข) อัตราการฉีดปกติ (ค) อัตราการฉีดต่ำ

รูปที่ 1.46 เปรียบเทียบอัตราการฉีดกับเวลา



(ก) ช่วงการฉีดเร็ว (มุมแคบ) (ข) ช่วงการฉีดปกติ (มุมปกติ) (ค) ช่วงการฉีดนาน (มุมกว้าง)

รูปที่ 1.47 เปรียบเทียบอัตราการฉีดกับมุมเพลาข้อเหวี่ยง

ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงและหัวฉีดเชื้อเพลิงเป็นอุปกรณ์สำคัญ ซึ่งอยู่ในระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล รายละเอียดเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับปั๊มฉีดเชื้อเพลิงและหัวฉีดเชื้อเพลิงมีอยู่ค่อนข้างมาก ผู้เขียนจึงได้เขียนแยกออกมาจากระบบเชื้อเพลิง เพื่อให้ตรงกับรายวิชาที่ใช้ในการเรียนการสอนของนักเรียนนักศึกษา คือรายวิชา *งานทดสอบปั๊มและหัวฉีดเครื่องยนต์* ซึ่งใช้เรียนทั้งในระดับ ปวช. และ ปวส. นอกจากนี้ยังเหมาะสำหรับผู้ที่สนใจทั่วไป เพราะได้รวบรวมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติไว้ในเล่มเดียวกัน

เนื้อหาภายในเล่ม นอกจากจะกล่าวถึงปั๊มฉีดเชื้อเพลิงและหัวฉีดเชื้อเพลิงแล้ว ยังประกอบไปด้วยเครื่องควบคุมความเร็ว การจัดห้องทดสอบปั๊มและหัวฉีด พร้อมทั้งเครื่องมือพิเศษแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการทดสอบปั๊มและหัวฉีด

ประวัติผู้เขียน **สนิท เสมียนรัมย์**

การศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับ ปวช. สาขาช่างยนต์ จากวิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์
- สำเร็จการศึกษาระดับ ปวส. สาขาช่างยนต์ จากวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทคนิคภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดนครราชสีมา
- สำเร็จการศึกษาระดับครุมัธยม (ปม.) สาขาช่างยนต์ จากวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทเวศร์
- สำเร็จการศึกษาระดับครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาเครื่องกลและเทคนิคยานยนต์ จากวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทเวศร์

การทำงาน

- ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคหลวงพ่อคูณ ปริสุทโธ จังหวัดนครราชสีมา
- เป็นอาจารย์ผู้สอนวิชางานทดสอบปั๊มและหัวฉีดเครื่องยนต์ และวิชาซ่อมเครื่องยนต์ดีเซล

การฝึกอบรม

- เข้ารับการฝึกอบรมการซ่อมบำรุงรักษาระบบเทอร์โบชาร์จ
- เข้ารับการฝึกอบรมการตรวจซ่อมรถจักรยานยนต์คาวาซากิ
- เข้ารับการฝึกอบรมตามหลักสูตรการใช้เครื่องมือวัดและทดสอบเครื่องยนต์ดีเซล
- เข้ารับการฝึกอบรมตามหลักสูตรครูสอนวิชาช่างยนต์
- เข้ารับการฝึกอบรมตามหลักสูตรชุดสื่อการเรียนการสอนวิชาเครื่องยนต์เล็ก
- เข้ารับการฝึกอบรมเพื่อการสร้างข้อสอบมาตรฐาน
- เข้ารับการฝึกอบรมและพัฒนาสื่อเทคโนโลยียานยนต์ ระบบฉีดเชื้อเพลิง
- เข้ารับการฝึกอบรมตามหลักสูตรเทคโนโลยีการหล่อลื่นยานยนต์
- เข้ารับการฝึกอบรมเรื่องเทคโนโลยีเครื่องยนต์เพื่อการศึกษา

ISBN 978-616-08-1947-8

195 บาท

คู่มือเรียน-สอบ/อาชีวศึกษา-
หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง, ปั๊มเชื้อเพลิง

www.se-ed.com

sbc.fans