การทดสอบเครื่องยนต์ดีเซล

1. จุดประสงค์

เพื่อศึกษาและทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ รวมถึงสัมประสิทธิ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน ได้แก่ กำลังเบรก ความดันผลเฉลี่ยเบรก ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร และประสิทธิภาพเชิงกล โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลสำหรับการทดสอบ

2. กล่าวนำ

เครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้ทั่วไปในรถยนต์นั้น จะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ (Spark ignition engine, SI engine) หรือที่นิยมเรียกว่าเครื่องยนต์เบนซิน และเครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยการอัด (Compression ignition engine, CI engine) หรือที่เรียกว่าเครื่องยนต์ดีเซล สำหรับการทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพและสัมประสิทธิ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน โดยเอกสารฉบับนี้ผู้เขียนมีความคาดหวังว่าผู้ที่อ่านเอกสารฉบับนี้ได้ผ่านการศึกษาในรายวิชาเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engines) มาแล้ว จึงได้ตัดรายละเอียดต่างๆออกไป สำหรับรายละเอียดนั้นสามารถหาได้จากเอกสารอ้างอิงที่ปรากฏอยู่ท้ายเอกสารนี้

3. สมรรถนะของเครื่องยนต์

เครื่องยนต์สันดาปภายในโดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องยนต์แบบลูกสูบนั้นมีตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องอยู่ด้วยมากมาย มีทั้งที่สามารถวัดค่าได้อย่างง่ายๆจนกระทั่งถึงตัวแปรที่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการวัดค่า ในหัวข้อนี้จะเป็นการกล่าวถึงตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล โดยจะจำกัดอยู่เฉพาะที่สามารถหาค่าได้ด้วยเครื่องมือทดสอบที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรดังต่อไปนี้

สัญลักษณ์	ตัวแปร	นิยาม	หน่วย
r_c	Compression ratio	อัตราส่วนของปริมาตรกระบอกสูบสูงสุดต่อปริมาตรที่น้อยที่สุด	-
V_c	Clearance volume	ปริมาตรกระบอกสูบที่น้อยที่สุด	cc
V_d	Displaced or Swept volume	ปริมาตรที่ลูกสูบเคลื่อนที่ในกระบอกสูบ	cc
N	Engine speed	ความเร็วรอบของเครื่องยนต์	rpm

สัญลักษณ์	ตัวแปร	นิยาม	หน่วย
B	Bore	เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ	cm
L	Stroke	ระยะจากศูนย์ตายบนถึงศูนย์ตายล่าง	cm
T	Brake torque	แรงบิดของเครื่องยนต์ที่วัดได้จากไดนาโมมิเตอร์	N-m
P_b	Brake power	กำลังของเครื่องยนต์ที่วัดได้จากไดนาโมมิเตอร์	kW
$bmep$	Brake mean effective pressure	กำลังของเครื่องยนต์ต่อปริมาตรกระบอกสูบของเครื่องยนต์	kPa
$bsfc$	Brake specific fuel consumption	กำลังของเครื่องยนต์ต่อปริมาตรกระบอกสูบของเครื่องยนต์	g/kW.hr
η_{th}	Thermal efficiency	กำลังที่วัดได้ต่ออัตราการให้ความร้อน	-
A/F	Air fuel ratio	อัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง	-
η_v	Volumetric efficiency	อัตราส่วนปริมาตรการไหลของอากาศที่เข้าสู่เครื่องยนต์ต่อปริมาตรกระบอกสูบ	-

นิยามและความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ มีดังนี้

- อัตราส่วนการอัด (Compression Ratio, r_c)

อัตราส่วนของปริมาตรกระบอกสูบสูงสุดต่อปริมาตรที่น้อยที่สุด โดยเครื่องยนต์ดีเซลมีค่าอยู่ระหว่าง 12 ถึง 24

$$r_c = \frac{V_d + V_c}{V_c} \qquad (1)$$

- กำลังเบรก (Brake Power, P_b)

กำลังเบรกเป็นกำลังของเครื่องยนต์ที่ได้จากการวัดงานจากเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ ณ ความเร็วรอบเครื่องยนต์นั้นๆ โดยใช้ไดนาโมมิเตอร์วัดค่าแรงบิดที่เกิดขึ้น เราสามารถคำนวณกำลังเบรกได้ ดังสมการที่ (2)

$$P_b = \frac{2\pi NT}{60} \qquad (2)$$

- ความดันผลเฉลี่ยเบรก (Brake Mean Effective Pressure, $bmep$)

ความดันในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ มีค่าตัวแปรเปลี่ยนอย่างต่อเนื่องในวัฏจักร ซึ่งความดันผลเฉลี่ยเป็นตัวแปรที่เหมาะสมในการเปรียบเทียบเครื่องยนต์ และเป็นค่าที่บ่งบอกถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์ เมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่สภาวะเดียวกัน โดยไม่คำนึงถึงปริมาตรในกระบอกสูบ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ หากเปรียบเทียบเครื่องยนต์ที่มีปริมาตรกระบอกสูบหนึ่งหน่วยเท่ากัน เครื่องยนต์จะสามารถผลิตงานได้มากน้อยเพียงใด ทั้งนี้ หากพิจารณากำลัง ความเร็วรอบเครื่องยนต์จะมีผลต่อค่านี้อย่างมาก เราสามารถให้คำจำกัดความของความดันผลเฉลี่ยถ้าใช้งานเพลาดังแสดงในสมการที่ (3) เราจะได้ ความดันเฉลี่ยเบรก โดยเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดจะมีค่าประมาณ 700 ถึง 900 kPa

$$bmep = \frac{Pn_R}{V_d N} \tag{3}$$

หมายเหตุ N ใช้หน่วยเป็น rps

- ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake Specific Fuel Consumption, $bsfc$)

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption) คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยมวลต่อกำลังหนึ่งหน่วยที่ผลิตได้จากเครื่องยนต์ภายในระยะเวลาหนึ่งหน่วย โดยการทดสอบเครื่องยนต์การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะถูกวัดเป็นอัตราการไหลของมวล ซึ่งเครื่องยนต์ขนาดใหญ่จะมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก ดังนั้นในการเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ที่มีขนาดแตกต่างกันในรูปแบบของการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake Specific Fuel Consumption, $bsfc$) ซึ่งเป็นอัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิงต่อหน่วยกำลังเบรกที่ผลิตออกมา ดังแสดงในสมการที่ (4)

$$bsfc = \frac{\dot{m}_f}{P_b} \tag{4}$$

- ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (Brake Thermal Efficiency, η_b)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน เป็นค่าที่บ่งบอกให้ทราบถึงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สามารถเปลี่ยนความร้อนที่ได้รับจากเชื้อเพลิงไปเป็นงานได้มากน้อยเพียงใด เราสามารถกำหนดประสิทธิภาพความร้อนได้เป็น 2 แบบ คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนบ่งชี้และประสิทธิภาพเชิง

ความร้อนเบรก โดยประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกจะมีค่าประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ เครื่องยนต์ดีเซลหมุนช้าขนาดใหญ่มากอาจมีค่ามากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

$$\eta_b = \frac{P_b}{\dot{m}_f Q_{HV}} = \frac{1}{bsfcQ_{HV}} \qquad (5)$$

- อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (Air Fuel ratio, A/F)

พลังงานซึ่งถูกป้อนเข้าสู่เครื่องยนต์ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทไฮโดรคาร์บอน โดยใช้ออกซิเจนในอากาศช่วยให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีขึ้น และการเผาไหม้ดังกล่าวนี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออากาศ (ออกซิเจน) และเชื้อเพลิงผสมกันในสัดส่วนที่เหมาะสมเท่านั้น เราจึงใช้อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (A/F) เป็นตัวแปรในการกำหนดสัดส่วนความเข้มของไอดี ดังสมการที่ (6) โดยเครื่องยนต์ดีเซลจะมีค่าอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (A/F) ในช่วง 18 ถึง 70

$$A/F = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \qquad (6)$$

- ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric Efficiency, η_v)

ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรถูกกำหนดให้เท่ากับค่าอัตราส่วนระหว่างอัตราการไหลของปริมาตรอากาศที่เข้าไปในระบบไอดีต่อค่าปริมาตรที่ถูกกวาดโดยลูกสูบ หรือพิจารณาความหนาแน่นอากาศเข้าอาจใช้เป็นความหนาแน่นของอากาศโดยรอบก็ได้ ค่าทั่วไปของประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสูงสุดสำหรับเครื่องยนต์ที่นำไอดีเข้าโดยธรรมชาติจะอยู่ในช่วงร้อยละ 80 ถึง 90 ซึ่งสามารถหาได้ดังสมการที่ (7)

$$\eta_v = \frac{2\dot{m}_a}{\rho_a V_d N} \qquad (7)$$

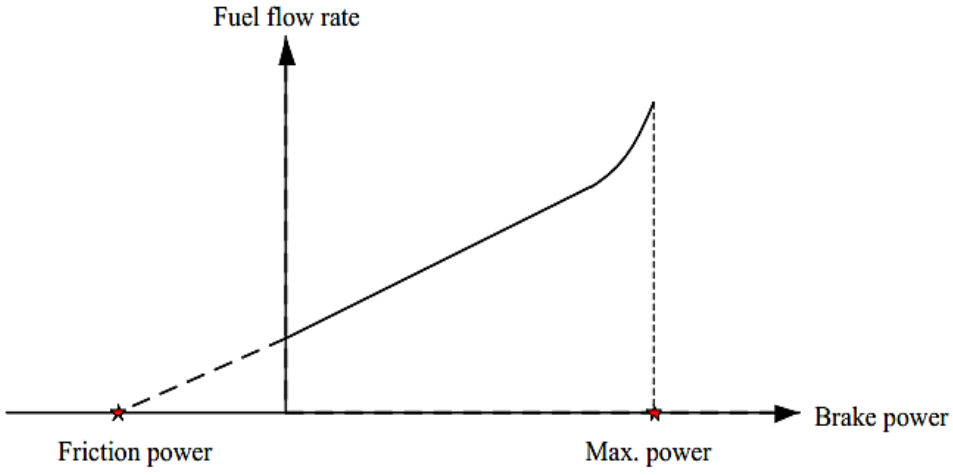
4. การทดสอบเครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์สันดาปภายในโดยทั่วๆไปนั้น จะมีวิธีการทดสอบอยู่หลายแบบ แต่แบบที่เป็นที่นิยมที่สุดในการทดสอบจะมีอยู่ 2 แบบคือ การทดสอบที่กำลังสูงสุด (Full load testing) ในกรณีนี้ถ้าเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบเป็นเครื่องยนต์เบนซิน การทดสอบจะเป็นการเปิดลิ้นเร่งสูงสุดแล้ว

เปลี่ยนแปลงค่าโหลดที่กระทำต่อเครื่องยนต์ เพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ของแรงบิดหรือกำลังของเครื่องยนต์ กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ส่วนในกรณีของเครื่องยนต์ดีเซลนั้นการทดสอบแบบนี้จะเป็นการเพิ่มลิ้นเร่งแล้วสังเกตไอเสียที่เกิดจากเครื่องยนต์ โดยถ้าไอเสียที่ออกมาเริ่มเป็นสีเทาแสดงว่าปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่เข้าสู่กระบอกสูบนั้นเพียงพอและเริ่มที่จะเผาไหม้ไม่หมด ซึ่งถือเป็นปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุดที่จ่ายให้แล้วสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หมด จากนั้นก็จะมีการปรับเปลี่ยนโหลดที่ให้กับเครื่องยนต์เพื่อหาความสัมพันธ์ของรอบเครื่องยนต์กับโหลด โดยในการปรับโหลดแต่ละครั้งจำเป็นต้องมีการปรับลิ้นเร่งใหม่ โดยสังเกตไอเสียทุกครั้ง ดังนั้นการทดสอบเช่นนี้ค่อนข้างยุ่งยากสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล

สำหรับการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลที่นิยมอีกแบบหนึ่งก็คือ การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ การทดสอบนี้จะปรับลิ้นเร่งของเครื่องยนต์ไปตามโหลดที่เปลี่ยนไป เพื่อรักษาระดับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ให้คงที่ (สำหรับการควบคุมความเร็วรอบให้คงที่นั้นอาจเป็นการยากในทางปฏิบัติ จึงนิยมให้เกิดความคลาดเคลื่อนของความเร็วรอบของเครื่องยนต์จากเดิมไปได้ 5 ถึง 10 เปอร์เซนต์) โดยการทดสอบนี้มุ่งที่จะหาความสัมพันธ์ของความดันผลเฉลี่ยเบรก ($bmep$) กับความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เบรก ($bsfc$) และประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก ของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบที่กำหนดนั้นเป็นหลัก นอกจากนั้นการทดสอบโดยวิธีความเร็วรอบคงที่นี้ยังสามารถนำมาเขียนกราฟ เพื่อใช้หาค่าการสูญเสียทางกลโดยวิธี Willans line Method ได้ด้วย

การหาพลังงานสูญเสียจากแรงเสียดทาน (Friction power loss) ของเครื่องยนต์ทำได้หลายวิธี วิธีการหนึ่งที่นิยมก็คือ Willans line Method วิธีการดังกล่าวเป็นการพล็อตกราฟของอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ($\dot{m}_f$) ในแนวแกนตั้งและกำลังเบรก (P_b) ในแนวแกนนอน (สำหรับเอกสารอ้างอิงบางเล่มอาจใช้ $bmep$ หรือ P_b)



รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับกำลังเบรก

จากรูปกราฟที่ได้ทั่วๆไปเช่นแสดงดังรูปที่ 1 จะพบว่า กราฟในช่วงแรกๆจะเป็นเส้นตรงถึงประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังเครื่องยนต์สูงสุด ดังนั้นในช่วงต้นถ้าเราพิจารณาว่ากราฟเป็นเส้นตรงจะทำให้เราสามารถต่อกราฟนี้ออกไปได้ และกราฟนี้จะตัดแกนตั้งทางด้านค่ากำลังของเครื่องยนต์เป็นลบตามที่แสดงเป็นเส้นประในรูปที่ 1 การต่อเส้นกราฟนี้อาจสามารถพิจารณาได้ว่าเมื่อเครื่องยนต์ไม่ได้ให้กำลังเลยจะต้องสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงปริมาณหนึ่ง น้ำมันที่สิ้นเปลืองไปนั้นใช้เพื่อเอาชนะแรงเสียดทานของเครื่องยนต์ ดังนั้นการต่อกราฟออกไปจุดตัดของกราฟจะหมายถึงกำลังที่ต้องสูยเสียไปเนื่องจากแรงเสียดทาน Pumping Work และอื่นๆ

ข้อเสียของวิธีการนี้ก็คือเราไม่สามารถที่จะแน่ใจได้ว่าการต่อกราฟออกไปนั้นความจริงแล้วควรจะเป็นเส้นตรงหรือไม่หรือว่าค่าความคลาดผิดพลาดเมื่อประมาณการด้วยเส้นตรงจะมีค่ามากน้อยเพียงใด นอกจากนี้วิธีการนี้ยังเหมาะเฉพาะกับเครื่องยนต์ดีเซลเพราะไม่มีการไหลผ่านลิ้นเร่งทำให้อากาศไหลเข้าสู่เครื่องยนต์จะคงที่ตลอดเวลา

สำหรับสมการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพเชิงกลของเครื่องยนต์นั้น จากกราฟกำหนดให้ค่าพลังงานสูญเสียจากแรงเสียดทาน เท่ากับ P_f และกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์เป็น $P_{\max}$ เราสามารถประมาณได้ว่ากำลังงานบ่งชี้ (Indicated Power, P_i) จะเท่ากับ $P_{\max} + P_f$ ดังนั้นจะได้ประสิทธิภาพเชิงกล ซึ่งนิยามมีค่าเท่ากับกำลังเบรกต่อกำลังงานบ่งชี้ ดังแสดงในสมการที่ 8

$$\eta_m = \frac{P_b}{P_i} = \frac{P_{\max}}{P_{\max} + P_f} \qquad (8)$$

5. อุปกรณ์การทดสอบ

ในการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลนี้ เครื่องยนต์ได้ติดตั้งอยู่บนไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้น้ำเป็นโหลด สำหรับรายละเอียดของเครื่องยนต์ที่ใช้มี ดังนี้

Type	Ford XLD 418
Engine No.	D 1870/1 TL
Bore	82.5 mm
Stroke	82.0 mm
Number of Cylinder	4
Swept Volume	1753
Compression Ratio	21.5 to 1
Maximum Power	37 kW at 3600 RPM
Maximum Speed	5000 RPM

6. เครื่องมือการทดสอบ

ไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลนั้นเป็นแบบใช้น้ำเป็นโหลด ซึ่งสามารถปรับขนาดของโหลดได้ด้วยการปรับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลเข้าสู่ไดนาโมมิเตอร์ รายละเอียดไดนาโมมิเตอร์และเครื่องมือวัดอื่นๆ มีดังนี้

Dynamometer	
Make	Go-Power system
Capacity	450 kW
Type	D316
Maximum Speed	10000 RPM
Load	Water
Load Cell	
Make	Revere Transducers Inc.
Type	363-D3-500-20P3
Range	0-500 lbs.
Output	3.0 mV/V
Air Flow Meter	
Drum Size	42 in long x 27 diameter
Orifice Size	64.95 mm
Coefficient of Discharge	0.6
Fuel gauge	100, 200, 400 ml
Oil Pressure Gauge	UCC 0-10 bar
Oil Temperature Gauge	Zeal 20-150 °C

7. ขั้นตอนการทดสอบ

- **การติดเครื่องยนต์**

1) ตรวจวัดน้ำมันเครื่องว่ามีปริมาณที่เหมาะสมหรือไม่ ถ้าน้ำมันเครื่องต่ำกว่าขีดที่กำหนดให้แจ้งเจ้าหน้าที่ควบคุมห้องปฏิบัติการให้ทราบ
2) เปิดวาล์วน้ำของน้ำหล่อเย็นและน้ำที่ใช้เป็นโหลดของเครื่องยนต์

3) เปิดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น ตรวจสอบดูว่าทำงานเป็นปกติหรือไม่ จากนั้นปรับการไหลให้เหมาะสม (ประมาณ 18-20 ลิตรต่อนาที)
4) ปรับโหลดให้ต่ำ โดยเปิดวาล์วเข้าไดนาโมมิเตอร์เพียงเล็กน้อย
5) เปิดวาล์วน้ำมันของถังน้ำมันเข้าสู่เครื่องยนต์
6) เปิดสวิตซ์ไฟไฟสีแดงบนแผงบังคับจะติด จากนั้นกดปุ่มสตาร์ทเครื่องยนต์
7) ในการกดปุ่มสตาร์ทไม่ควรกดแช่นานกว่า 10 วินาที ถ้าเครื่องยนต์ไม่ติดให้ปล่อยปุ่มก่อน แล้วค่อยลองกดใหม่ และเมื่อเครื่องยนต์ติดแล้วให้ปล่อยปุ่มสตาร์ททันที
8) ในระหว่างนี้อาจปรับอัตราการจ่ายน้ำมันให้เหมาะสม

- **การทดสอบ**

การทดสอบนี้ควรจะใช้คนร่วมปฏิบัติการและจดบันทึกค่าประมาณ 4 คนเป็นอย่างต่ำ คือ

คนที่ 1 คอยตรวจอ่านค่าแรงดันน้ำมันเครื่อง อุณหภูมิน้ำมันเครื่อง และควบคุมการติดเครื่องยนต์
คนที่ 2 คอยอ่านค่าอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆ แรงบิด และความเร็วรอบ พร้อมทั้งควบคุมการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อให้ความเร็วรอบตามต้องการ
คนที่ 3 ตรวจจับอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง อัตราการไหลของอากาศ
คนที่ 4 ควบคุมการไหลของน้ำและบันทึกความดันของน้ำที่เข้าสู่ไดนาโมมิเตอร์

- **ขั้นตอนทดสอบ**

1) ในกรณีที่เครื่องยนต์เย็นอยู่ก่อน เมื่อเครื่องยนต์ติดแล้วควรปล่อยให้เครื่องยนต์เดินเบาประมาณ 5 นาที จึงเริ่มการทดสอบ
2) ณ ที่โหลดเบาที่สุด ทำการปรับการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อให้รอบการทำงานเป็นไปตามที่กำหนด (ความเร็วรอบจะถูกกำหนดโดยผู้สอนปฏิบัติการ) โดยประมาณว่าสามารถมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อได้ความเร็วรอบตามที่ต้องการแล้ว บันทึกผลของค่าต่างๆที่ต้องการลงในตาราง
3) สำหรับการวัดอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงจะใช้นาฬิกาจับอัตราน้ำมันเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์ใช้ โดยใช้ถังตวงที่ติดมากับชุดจ่ายน้ำมันขอเงครื่องยนต์และติดตั้งอยู่บริเวณผนังห้อง
4) เปลี่ยนแปลงให้อัตราการไหลข้าวของน้ำเข้าสู่ไดนาโมมิเตอร์เพิ่มขึ้น จากนั้นปรับการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อให้รอบกลับมาคงที่เหมือนเดิม <u>ระวังในการเพิ่มโหลดนั้นถ้ามากขึ้น</u>

อย่างรวดเร็วอาจทำให้เครื่องยนต์ดับได้ และเมื่อความเร็วรอบคงที่ตามที่ต้องการแล้วจึงจดบันทึกค่าลงในตาราง

5) การทดสอบนี้จะทำจากโหลดต่ำๆค่อยๆเพิ่มจนกระทั่งถึงโหลดสูงสุด โดยต้องมีจุดข้อมูลไม่น้อยกว่า 6 จุด และเมื่อถึงโหลดสูงสุดแล้ว ทำการทดสอบซ้ำเดิมโดยเป็นวิธีการลดโหลดจากสูงสุดจนถึงต่ำสุด ดังนั้นจุดข้อมูลรวมทั้งหมดไม่ควรต่ำกว่า 10 จุด
6) เมื่อทดสอบเสร็จสิ้นแล้วให้ปิดเครื่องยนต์ ปิดวาล์วจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง ปิดวาล์วน้ำที่เข้าสู่ไดนาโมมิเตอร์ และปล่อยให้เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นทำงานต่อสักระยะเวลาหนึ่ง จนกระทั่งเครื่องยนต์เย็นลงพอสมควร แล้วจึงปิดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น
7) ปิดวาล์วน้ำทั้งหมด ปิดสวิตซ์ไฟ ถ้าเครื่องยนต์จะไม่ใช้งานเป็นเวลานาน ให้ทำการถอดขั้วแบตเตอรี่ออก

8. การประเมินผล

1) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก ($bsfc$), ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (η_b) กับความดันผลเฉลี่ยเบรก ($bmep$)
2) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก ($bsfc$) ความดันผลเฉลี่ยเบรก ($bmep$) กับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (A/F)
3) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ($\dot{m}_f$) กับกำลังเบรก (P_b) และหาค่าประสิทธิภาพเชิงกล (η_m) ด้วยวิธี Willans line method

9. เอกสารอ้างอิง

Heywood, J.B., "*Internal Combustion Engines Fundamentals*," McGraw-Hill, 1988.

Obert, E.F., "*Internal Combustion Engines*," 3rd ed., International Text Company, 1968.

Ferguson, C.R., "*Internal Combustion Engines: Applied Thermo sciences,*" Wiley, 1986.

Ganeson, V., "*Internal Combustion Engines*," McGraw-Hill, 1994.

PLINT & PARTNERS Ltd.: MANUAL#TE20/A: Instructional Test & Experiments on Internal Combustion Engines.

H.N.Gupta, "*Fundamentals of Internal Combustion Engines*," PHI Learning Private Limited, 2009.

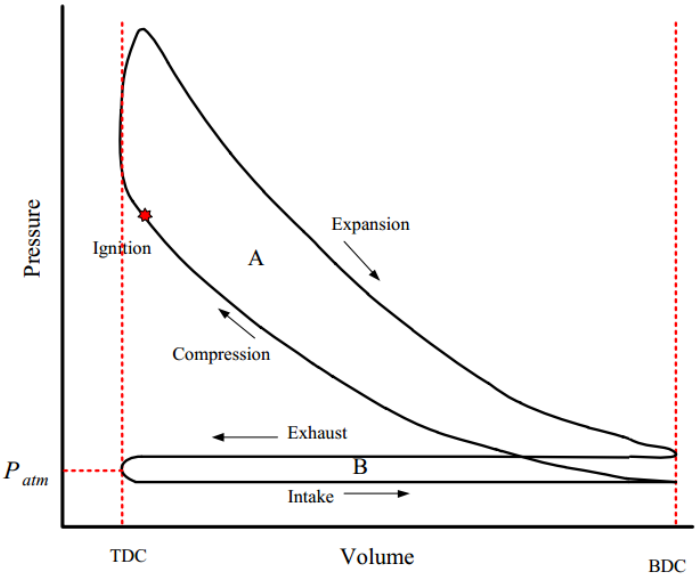
ตารางบันทึกผลการทดสอบ

Lecturer:						**Group:**		**Date:**			
Engine: FORD XLD 418, 4 Cylinder				***Fuel***		***Air***			***Engine Cooling Water***		***Dynamometer***
Engine Speed	**Load**	**Brake Power**	**bmep**	**Time**	**bsfc**	**Intake Temp.**	**Exhaust Temp.**	**Air Speed**	**In**	**Out**	**Water Pressure**
(RPM)	(N-m)	(kW)	(kPa)	(sec.)	(g/kW-hr)	(°C)	(°C)	(m/s)	(°C)	(°C)	(Bar)

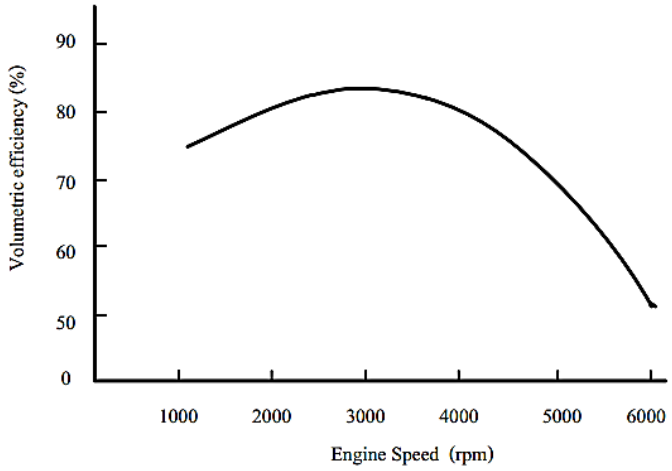
ผู้สอนปฏิบัติการ : .....

วันที่ทำปฏิบัติการ : ...../...../.....

10. ภาคผนวก

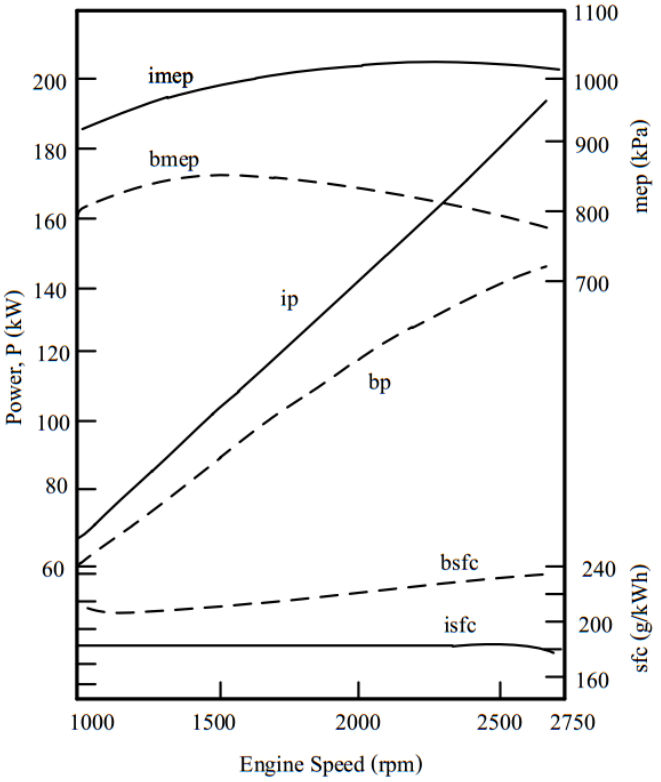


รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรกระบอกสูบของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงปริมาตรกับความเร็วรอบเครื่องยนต์

(ที่มา: Fundamentals of Internal Combustion Engines, H.N.Gupta, 2009)



รูปที่ 4 พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบเครื่องยนต์สำหรับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด (8.4 ลิตร, 6-cylinder engine)

(ที่มา: Fundamentals of Internal Combustion Engines, H.N.Gupta, 2009)