ปฏิบัติการ Spark-Ignition Engine Performance

เรียบเรียง ก้องนที วัฒนานุสิทธิ์

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในรถยนต์ระบบสันดาปภายใน (Internal Combustion Engine : ICE) ที่เราใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันนั้น แบ่งเป็น 2 แบบ คือ เครื่องยนต์เบนซินและเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งเครื่องยนต์ทั้ง 2 แบบนี้ ถึงแม้ว่าหลักการทำงานจะคล้ายกัน แต่ทั้ง 2 แบบไม่สามารถสลับกันใช้งานเชื้อเพลิงได้ ในปฏิบัติการนี้จะมุ่งเน้นไปที่เครื่องยนต์เบนซิน

เครื่องยนต์เบนซิน (Spark-Ignition Engine)

ชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์เบนซินนั้นมีอยู่มากมาย แต่จะขอยกชิ้นส่วนหลักที่คอยทำงานในการจุดระเบิดเพื่อให้เครื่องยนต์ทำงาน โดยมีหัวเทียนชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่คอยจุดประกายไฟ เพื่อให้น้ำมันเบนซินที่ถูกฉีดเข้าเครื่องยนต์ติดไฟขึ้นและส่งแรงไปยังล้อเพื่อให้รถขับเคลื่อนได้ เครื่องยนต์เบนซินมีส่วนประกอบหลักดังนี้

กระบอกสูบ เป็นห้องที่เอาไว้ใช้ในการจุดระเบิดที่อยู่ภายในเสื้อสูบ เป็นที่อยู่เอาไว้ให้ลูกสูบขยับตัวขึ้นลงตามจังหวะการทำงาน

ลูกสูบ เป็นอุปกรณ์ที่คอยทำหน้าที่อัดอากาศและรองรับแรงจุดระเบิดภายในกระบอกสูบ วิ่งขึ้นลงตามจังหวะการจุดระเบิด

วาล์วไอดี เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการเปิด-ปิดรับอากาศดี หรือออกซิเจนเพื่อเข้าไปใช้ในการจุดระเบิดภายในกระบอกสูบ

วาล์วไอเสีย เป็นอุปกรณ์ที่คอยเปิด-ปิดเพื่อระบายอากาศเสียหลังจากการจุดระเบิดให้ออกมาจากกระบอกสูบ เพื่อทำการจุดระเบิดในรอบใหม่

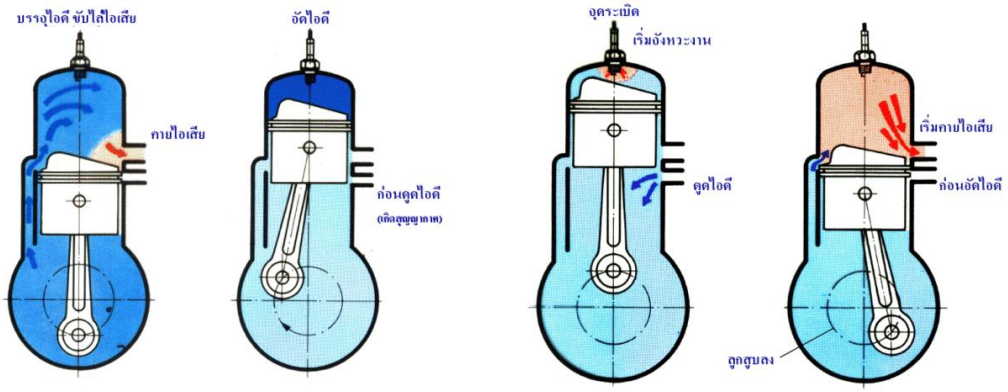
หัวฉีด ทำหน้าที่คอยฉีดน้ำมันเข้าสู่กระบอกสูบ เพื่อผสมกับอากาศและเผาไหม้ในกระบอกสูบ

หัวเทียน ทำหน้าที่คอยจุดประกายไฟ เพื่อให้น้ำมันเบนซินที่ถูกฉีดเข้าไปผสมกับอากาศติดไฟขึ้นมา

ก้านสูบ จะเชื่อมต่อกันระหว่างลูกสูบกับเพลาข้อเหวี่ยง เพื่อส่งกำลังจากการขยับของลูกสูบให้ส่งไปยังเพลาข้อเหวี่ยงได้

เพลาข้อเหวี่ยง ทำหน้าที่รับกำลังจากกระบอกสูบผ่านทางก้านสูบ เพื่อทำให้ตัวเองหมุน แล้วส่งกำลังของตัวเองไปแปลงผ่านทางเกียร์ ส่งกำลังไปสู่ล้ออีกที

การทำงานของเครื่องยนต์เบนซิน แบ่งรูปแบบการทำงานเป็น 2 แบบ คือ 2 จังหวะ (2 Cycle Gasoline Engine) และ 4 จังหวะ (4 Cycle Gasoline Engine)



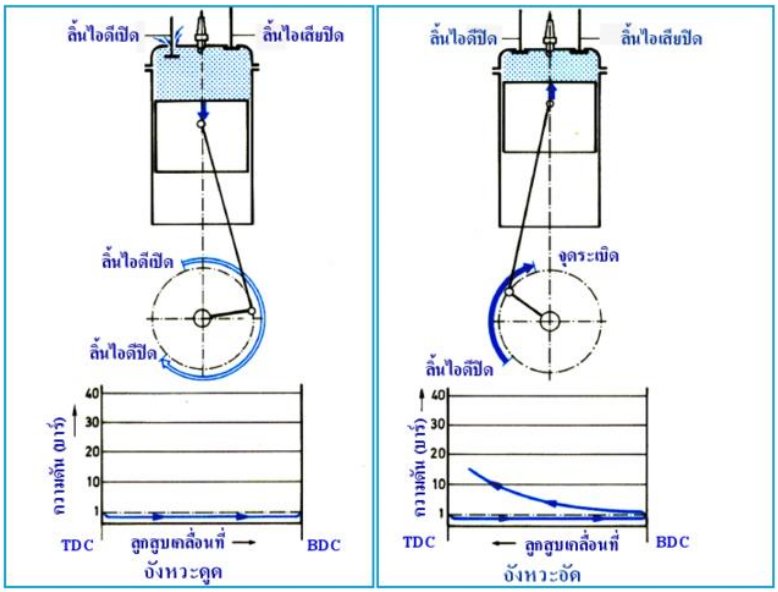
รูปที่ 1 กระบวนการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

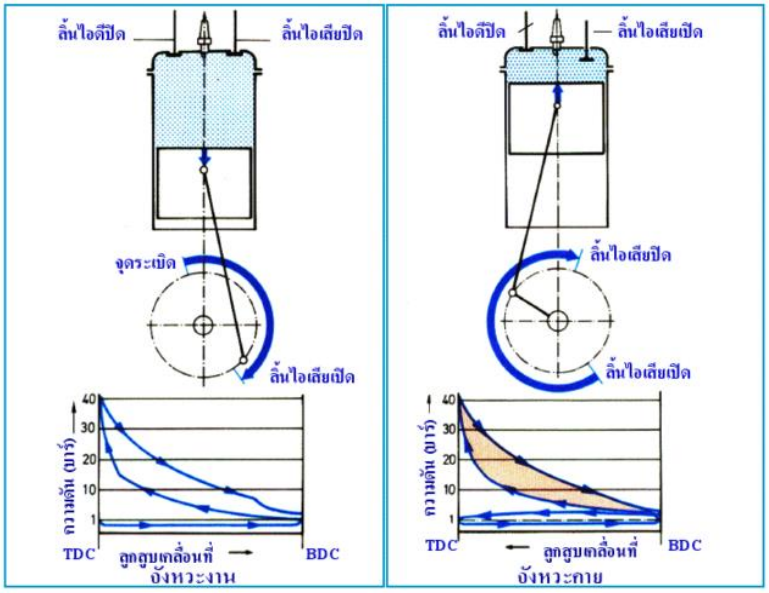
เครื่องยนต์ 2 จังหวะมีหลักการทำงานดังนี้

เครื่องยนต์ชนิด 2 จังหวะ ถูกออกแบบให้มีช่องไอดี และไอเสีย อยู่ที่กระบอกสูบ ซึ่งช่องนี้ จะเปิด หรือปิดได้ อยู่ที่การเคลื่อนที่ของตัวลูกสูบ เท่ากับว่าลูกสูบ ทำหน้าที่เป็นวาล์วไปในตัว

1. จังหวะดูด และอัด เป็นจังหวะที่ลูกสูบเคลื่อนที่จากศูนย์ตายล่าง ขึ้นสู่ศูนย์ตายบน ระหว่างการเคลื่อนที่นี้เอง ด้านบนลูกสูบคือการอัดอากาศไอดี ในขณะเดียวกัน ช่องไอเสีย จะถูกปิดด้วยตัวลูกสูบ โดยอัตโนมัติ โดยที่เวลาเดียวกันนี้เอง ความสูงของลูกสูบก็พ้นช่องไอดีออกไป ทำให้อากาศไอดี ไหลเข้าสู่ห้องเพลาข้อเหวี่ยง โดยอัตโนมัติ เช่นกัน

2. จังหวะกำลัง และจังหวะคาย เมื่อลูกสูบ เคลื่อนที่ขึ้นไปสู่ศูนย์ตายบน ก็จะเกิดประกายไฟจากหัวเทียนทำให้เกิดระเบิดเพื่อดันลูกสูบลงไปสู่ศูนย์ตายล่าง อีกครั้ง ในระหว่างการเคลื่อนที่ลงครั้งนี้ ความสูงของลูกสูบ ก็จะไปปิดช่องอากาศทางเข้าไอดี และด้านบนของลูกสูบก็จะพ้นช่อง ทางออกของไอเสีย ทำให้อากาศไอเสียไหลผ่านออกไป ในขณะเดียวกันนี้เองที่ด้านบนของลูกสูบก็จะพ้นช่องไหลเข้าของไอดี ที่มา จากห้องเพลาข้อเหวี่ยง เข้าไปแทนที่





รูปที่ 2 กระบวนการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

เครื่องยนต์ 4 จังหวะมีหลักการทำงานดังนี้

เครื่องยนต์ที่ใช้กันในรถยนต์ปัจจุบันนั้นเป็นเครื่องยนต์แบบ 4 จังหวะ คือ ดูด อัด ระเบิด คาย จะทำงานภายใต้การหมุนของเครื่องยนต์ 2 รอบ หรือ 1 Cycle ถูกออกแบบมาไม่เหมือนกับเครื่องยนต์เบนซิน 2 จังหวะ คือ เครื่องยนต์ 4 จังหวะจะใช้วาล์ว ไอดี และวาล์วไอเสีย เป็นกลไก ในการจ่ายไอดี และไอเสียสลับกัน

1.ดูด (Intake) จังหวะดูดนั้นเริ่มต้นจากลูกสูบอยู่ด้านบนเคลื่อนที่ลงมาสู่ด้านล่างเพื่อดูดส่วนผสมไอดี(น้ำมันและอากาศ)เข้ามาในกระบอกสูบโดยดูดผ่านทางวาล์วไอดี ซึ่งวาล์วไอดีจะปิดเมื่อสิ้นสุดจังหวะดูด โดยที่การเคลื่อนที่ของลูกสูบจะขึ้นอยู่กับเพลาข้อเหวี่ยง (Crank shaft)

2. อัด (Compression) เมื่อวาล์วไอดีปิดเรียบร้อยแล้ว ลูกสูบก็จะเคลื่อนที่จากล่างขึ้นบน เพื่ออัดส่วนผสมไอดีที่ถูกดูดเข้ามาทั้งหมด ถูกอัดตัวทำให้แรงดันในกระบอกสูบสูงขึ้น สมมุติ อัตราส่วน กำลังอัด 10ต่อ1 ก็หมายความว่า ลูกสูบลูกหนึ่งสามารถดูดอากาศเข้าไปได้ 10 ลิตรลูกสูบก็จะต้องอัดอากาศ 10 ลิตรให้เหลือเพียง 1 ลิตร

3.ระเบิด (Expansion) ในจังหวะนี้จะต่อเนื่องกับจังหวะที่แล้วคือในตำแหน่งที่ลูกสูบขึ้นไปสูงสุดนั้นจะมีการเผาไหม้เกิดขึ้นตามรูปทางซ้ายมือ ซึ่งหัวเทียนเป็นตัวทำให้เกิดประกายไฟเพื่อไปจุดส่วนผสมระหว่างน้ำมันกับอากาศให้เกิดการเผาไหม้ และในจังหวะระเบิดนี้เองที่ส่งกำลังออกมาให้ใช้งานกัน และลูกสูบก็จะเคลื่อนที่ลงมาสู่ด้านล่าง และวาล์วไอเสียก็จะเริ่มเปิด

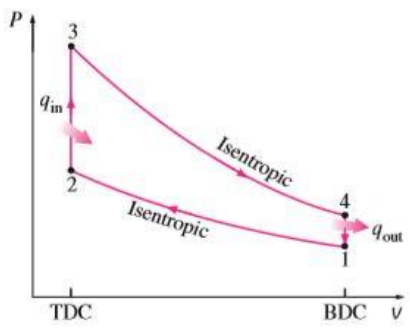
4.คาย (Exhaust) เป็นการทำงานต่อจากจังหวะระเบิด เมื่อลูกสูบได้รับแรงกระแทกมาจากการเผาไหม้ ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงมาสู่ด้านล่าง พร้อมกับเปิดวาล์วไอเสีย แล้วลูกสูบก็จะเคลื่อนที่ขึ้นสู่ด้านบนพร้อมกับจัดการกวาดเอาไอเสียออกไป และเมื่อลูกสูบขึ้นไปจนสุด วาล์วไอเสียก็จะปิด วาล์วไอดีก็จะเริ่มเปิดเพื่อเข้าสู่การดูดอีกครั้ง

วัฏจักรออตโต้ (OTTO CYCLE)

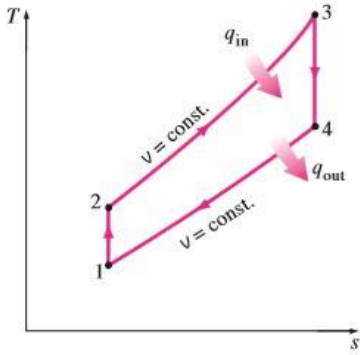
เครื่องยนต์แก๊สโซลีน หรือเครื่องยนต์เบนซินที่ใช้การจุดระเบิดของหัวเทียนในการติดเครื่อง (Spark ignition engine) จะมีวัฏจักรเป็นไปตามทฤษฎีซที่เรียกว่า “วัฏจักรออตโต้ (Otto cycle)” หรือเรียกว่า “วัฏจักรปริมาตรคงที่” ซึ่ง

ประกอบไปด้วยกระบวนการแอเดียแบติก (กระบวนการที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม) 2 กระบวนการ และการเปลี่ยนแปลงแบบปริมาตรคงที่อีก 2 กระบวนการ

- จากการเปลี่ยนแปลงแบบแอเดียแบติก (เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะเกิดขึ้นเนื่องจากงานที่ทำ) ส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงจะถูกดูดเข้าไปที่กระบอกสูบ (กระบวนการที่ 4–1)
- เมื่ออากาศและเชื้อเพลิงถูกดูดเข้ากระบอกสูบตามปริมาตรที่ต้องการแล้วจะถูกอัดตัวทำให้ปริมาตรลดลงและความดันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (กระบวนการที่ 1-2) isentropic processes
- จากนั้นจะจุดระเบิดในระยะเวลาสั้น ๆ ชั่วพริบตา เนื่องจากการเผาไหม้ดำเนินไปในระยะเวลาสั้นจึงสามารถพิจารณาให้เป็นการให้ความร้อนแบบปริมาตรคงที่ (กระบวนการที่ 2–3)
- ณ สภาวะที่ 3 แก๊สเผาไหม้ที่ได้รับการเพิ่มความร้อนนี้จะมีอุณหภูมิและความดันสูงขึ้นก็จะเกิดการขยายตัวแบบแอเดียแบติกทำให้เกิดงาน (Work out) ไปดันกระสูบจนกระทั่งมาถึงสภาวะที่ 4 (กระบวนการที่ 3–4) จากนั้นลิ้นไอเสีย (Exhaust valve) ก็จะเปิดเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ เพื่อปล่อยไอเสีย (ความร้อน) ออกมา



รูปที่ 3 P-V diagram ของวัฏจักร ออตโต้



รูปที่ 4 T-S diagram ของวัฏจักร ออตโต้

จากกราฟ T-s จะสังเกตว่า กระบวนการ 1 ไป 2 และกระบวนการ 3 ไป 4 นั้นเป็นกระบวนการแบบไอเซนโทรปิก (Isentropic process, คือ กระบวนการที่ผันกลับได้และไม่มีการถ่ายเทความร้อนระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม ค่าการเปลี่ยนแปลงของเอนโทรปี (s) = 0) ปริมาตร (V) ในกระบวนการที่ 2 เท่ากับ 4 และกระบวนการที่ 1 เท่ากับ 3

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการทำงานและสมรรถนะของเครื่องยนต์เบนซิน เมื่อสภาวะการทำงานเปลี่ยนแปลงไป

สมการที่เกี่ยวข้อง

$$A/F = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \quad (1)$$

$$\dot{m}_a = \rho_a VA \quad (2)$$

$$\dot{m}_f = \rho_f \dot{\forall} \quad (3)$$

เมื่อ A/F คือ อัตราส่วนอัตราการไหลของอากาศกับเชื้อเพลิง

$\dot{m}_a$ คือ อัตราการไหลของอากาศ (kg/s)

$\dot{m}_f$ คือ อัตราการไหลของเชื้อเพลิง (kg/s)

ρ_a คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

ρ_f คือ ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงมีค่าเท่ากับ 730 (kg/m^3)

A คือ พื้นที่ทางเข้าของอากาศ (m^2)

$\dot{\forall}$ คือ อัตราการไหลของปริมาตร (m^3/s)

V คือ ความเร็วของอากาศทางเข้าชุดทดสอบ (m/s)

$$\text{bsfc} = \frac{\dot{m}_f \times 3600}{\dot{W}_{net}/1000} \quad (4)$$

เมื่อ bsfc คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (kg/kWh)

$\dot{W}_{net}$ คือ กำลังงานสุทธิ (Watt)

$$\text{bmep} = \frac{\dot{W}_{net} \times 60 \times (\text{stroke}/2)}{0.1 \times speed \times V_L} \quad (5)$$

เมื่อ bmep คือ ความดันผลเฉลี่ยเบรก (kPa)

$speed$ คือ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (RPM)

V_L คือ ปริมาตรของกระบอกสูบ มีค่าเท่ากับ 0.208 (L)

stroke คือ รูปแบบจังหวะของเครื่องยนต์ 4 stroke

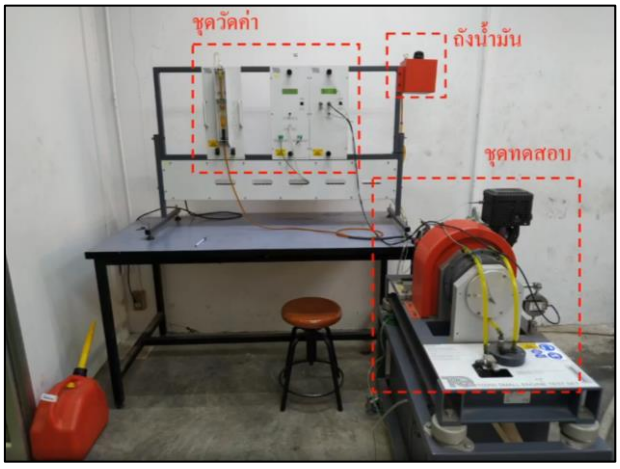
$$\eta_{th} = \frac{\dot{W}_{net}}{C_L \times \dot{m}_f \times 10^6} \times 100 \quad (6)$$

เมื่อ η_{th} คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)

C_L คือ ค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิง มีค่าเท่ากับ 43.8 (MJ/kg)

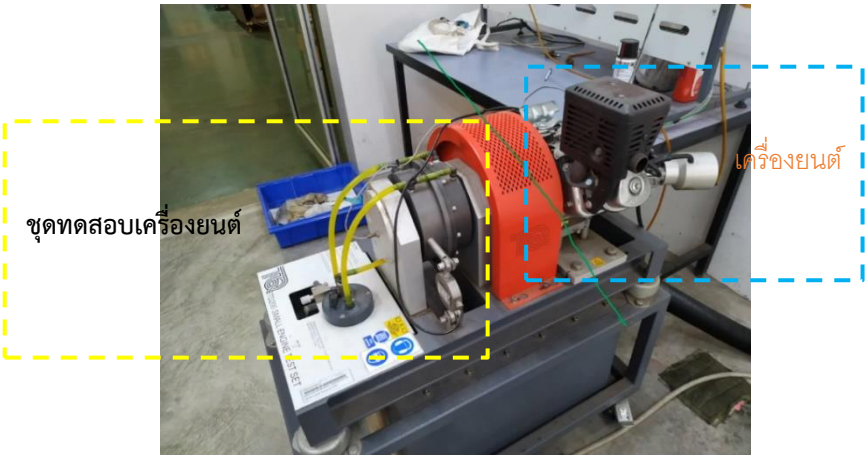
ส่วนประกอบของชุดทดสอบเครื่องยนต์และวิธีการทดลอง

ชุดทดลอง TD201 Spark-Ignition Engine มีส่วนประกอบหลักแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ส่วนประกอบของชุดทดลอง TD201 Spark-Ignition Engine

ชุดทดสอบ



รูปที่ 6 ส่วนประกอบของชุดทดสอบ

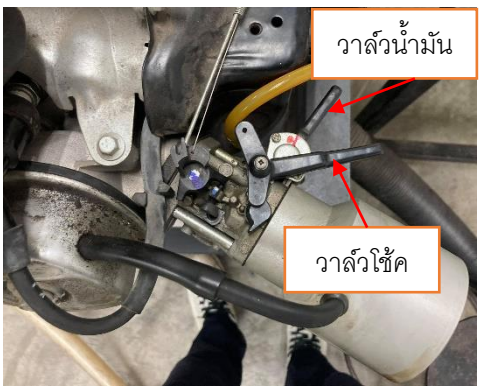
ชุดทดสอบเครื่องยนต์ในกรอบสีเหลืองทำหน้าที่สร้าง load ให้กับเครื่องยนต์ โดยใช้น้ำเป็นตัวสร้าง load หากปรับอัตราการไหลของน้ำเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้โหลดของเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้น

รูปที่ 7 ส่วนประกอบของเครื่องยนต์

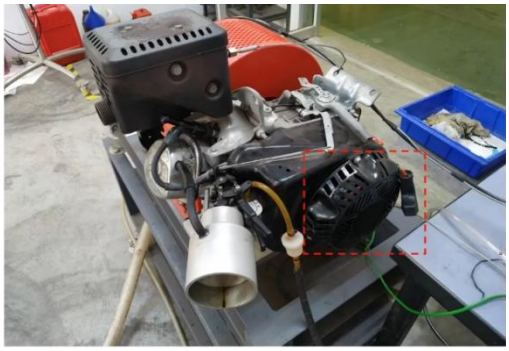
วิธีการทดลอง

1. เปิดสวิตช์ on ของเครื่องยนต์

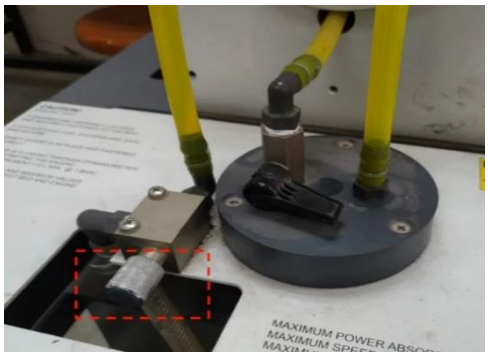
2. เปิดวาล์น้ำมันและวาล์วโช้ค



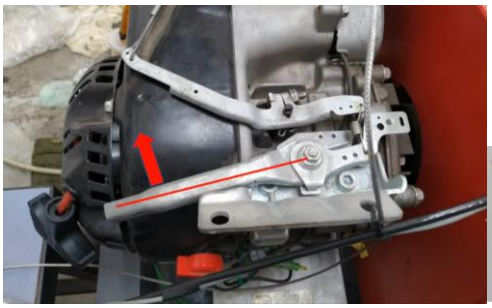
3. Start เครื่องยนต์ โดยดึงที่จุด start

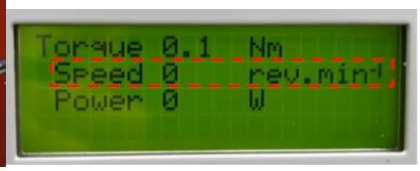


4. เปิดวาล์วน้ำเพื่อให้ load กับเครื่องยนต์



5. เร่งคันเร่งเครื่องยนต์เพื่อปรับความเร็วรอบที่ต้องการทดสอบ ตามเงื่อนไขการทดลองที่ได้รับ ตรวจสอบค่าความเร็วรอบที่ชุดวัดค่า (เงื่อนไขการทดลองมีการเปลี่ยนแปลง)





6. เมื่อปรับความเร็วรอบตามเงื่อนไขที่ทำการทดสอบ ให้รออุณหภูมิไอเสียคงที่ โดยสังเกตุอุณหภูมิไอเสียจากชุดวัดค่าในกรอบสีแดง หากอุณหภูมิไอเสียคงที่จึงทำการเก็บค่า T1, T2, Torque, Speed, Power, จับเวลาที่เครื่องยนต์ใช้น้ำมัน 8 ml (โดยปิดวาล์วทางด้านขวา) เป็นต้น

7. เปลี่ยนความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ทำการศึกษา และทำตามข้อ 6 อีกครั้ง

<u>ข้อแนะนำการทดลอง</u> ควรมีผู้ทดลอง อย่างน้อย 2 คน คนที่ 1 ดูแลการทำงานของชุดทดสอบ, คนที่ 2 บันทึกข้อมูล

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ทดลองวันที่.....

การทดลองที่.....

Speed	Net Work	Oil consumes (8 ml)	$T_{exhaust}$	Torque	Air flow rate	Oil flow rate
(RPM)	(Watt)	(s)	(^{o}C)	(Nm)	(kg/s)	(kg/s)

การทดลองที่.....

Speed	Net Work	Oil consumes (8 ml)	$T_{exhaust}$	Torque	Air flow rate	Oil flow rate
(RPM)	(Watt)	(s)	(^{o}C)	(Nm)	(kg/s)	(kg/s)

เอกสารอ้างอิง

กนต์ธร ชำนิปราสาท. (2015). Thermodynamic I Academic Year 2015 Episode I, 161-165.

พิสน ลีละหุต. (2563). หลักการทำงานของเครื่องยนต์เบนซินแบบพื้นฐาน. สืบค้น 25 มีนาคม/2563, สืบค้นจาก จาก https://www.autodeft.com/deftanswer/how-gasoline-and-diesel-engine-work.

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. (2559). ปฏิบัติการ Spark-Ignition Engine Performance. 525442 ปฏิบัติการด้านความร้อนและของไหล ภาคการศึกษา 3/2562. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.