บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้การทดสอบ

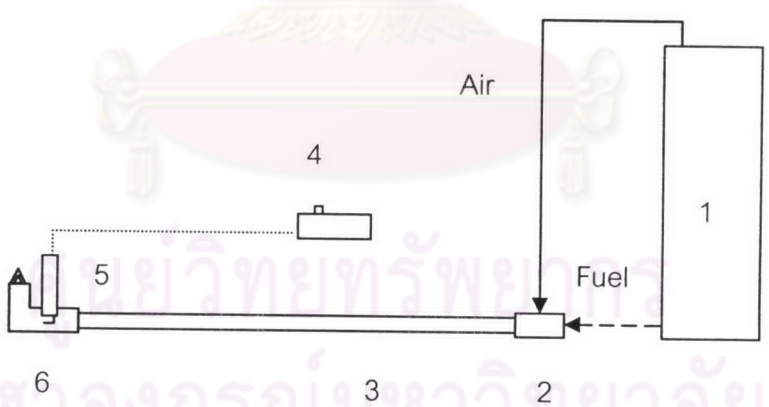
ในการศึกษานี้ได้จัดแบ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ

3.1.1 อุปกรณ์ทดสอบความเร็วเปลวไฟแลมินาร์

3.1.2 อุปกรณ์ทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบ

3.1.1 อุปกรณ์การทดสอบความเร็วเปลวไฟแลมินาร์

เนื่องจากคุณสมบัติความเร็วเปลวไฟแบบแลมินาร์ (Laminar flame speed) เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการพิจารณาและทำนายสมรรถนะของเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน ในการศึกษานี้ใช้อุปกรณ์ชุดทดสอบ Flame stability and propagation unit ผลิตภัณฑ์ของ P.A.Hilton รุ่น C551 ในการวัดค่าความเร็วเปลวไฟแบบแลมินาร์ของเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ แสดงการติดตั้งดังรูปที่ 3-1

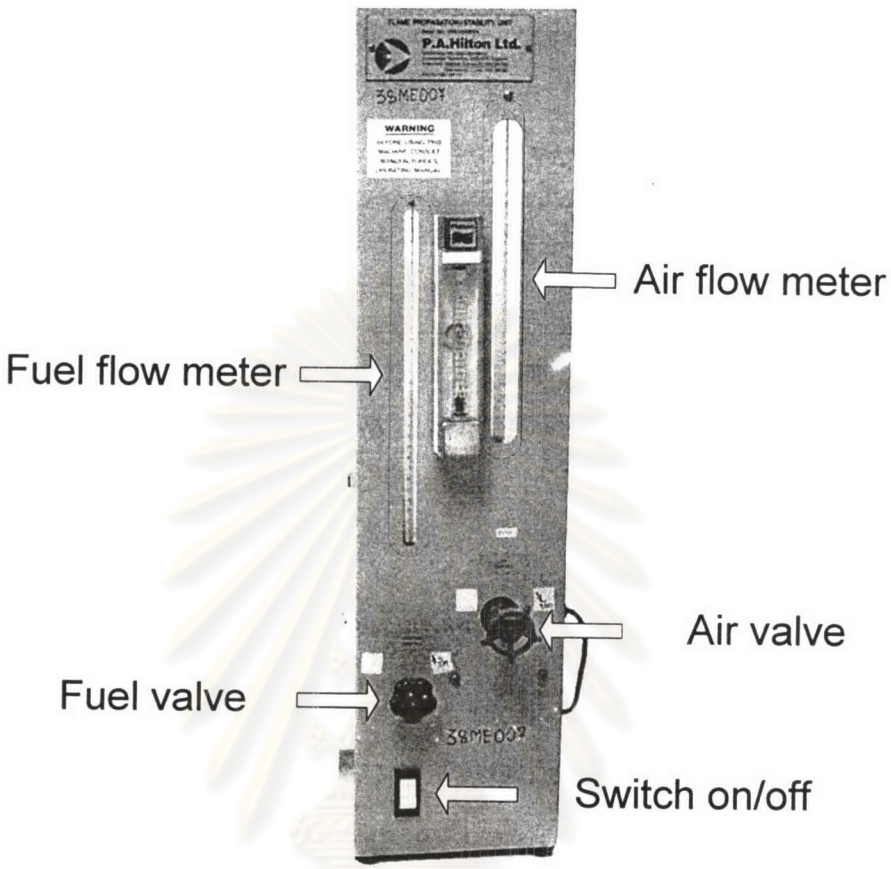


รูปที่ 3-1 แสดงแผนภาพและอุปกรณ์การทดสอบความเร็วเปลวไฟโดย 1.Flow controller 2. Mixing unit 3.Plastic tube 3.05 m 4.Ignition unit 5.Igniter 6.Burner block

โดยมีรายละเอียดของอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

3.1.1.1 Flow controller เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมอัตราการไหลของเชื้อเพลิงแก๊สและอากาศ ซึ่งประกอบด้วยวาล์วเปิด-ปิดและควบคุมอัตราการไหลของเชื้อเพลิงแก๊สและอากาศ มาตรอัตรา

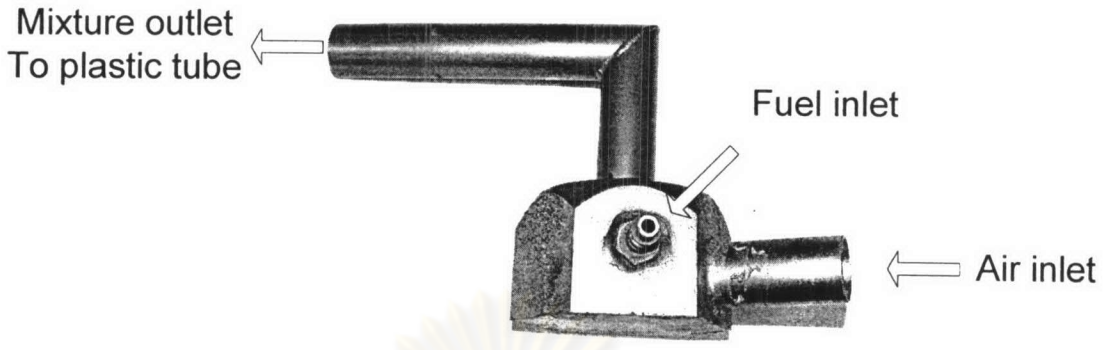
การไหลแบบลูกลอย (Rotameter) สำหรับเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติกับเชื้อเพลิงผสมระหว่างโพรเพนและบิวเทน และ Rotameter สำหรับวัดอัตราการไหลของอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 3-2



รูปที่ 3-2 แสดง Flow controller ที่ใช้ทดสอบความเร็วเปลวไฟแบบแลมินาร์

3.1.1.2 Mixing unit เป็นส่วนที่ต่อท่ออากาศและเชื้อเพลิงแก๊สออกจาก Flow controller นำอากาศและเชื้อเพลิงแก๊สมาผสมกันในส่วนนี้ ก่อนไหลออกไปเป็นส่วนผสมที่พร้อมติดไฟได้ ดังแสดงในรูปที่ 3-3

3.1.1.3 Plastic tube เป็นท่อที่มีส่วนผสมที่ทำการปรับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงตามที่ต้องการไหลผ่านเต็มท่อ เมื่อได้ส่วนผสมที่ต้องการจะทำการปิดวาล์วอากาศและเชื้อเพลิงที่ Flow controller ทำให้ส่วนผสมไม่มีการไหลขึ้นชั่วขณะ และจุดระเบิดด้วย Ignition unit ทันที จะเกิดเปลวไฟจาก Igniter แล้ว propagate ไปตามส่วนผสมที่นิ่งนั้น แล้วทำการวัดเวลาที่เปลวไฟใช้เดินทางในท่อเป็นระยะ 3.05 m

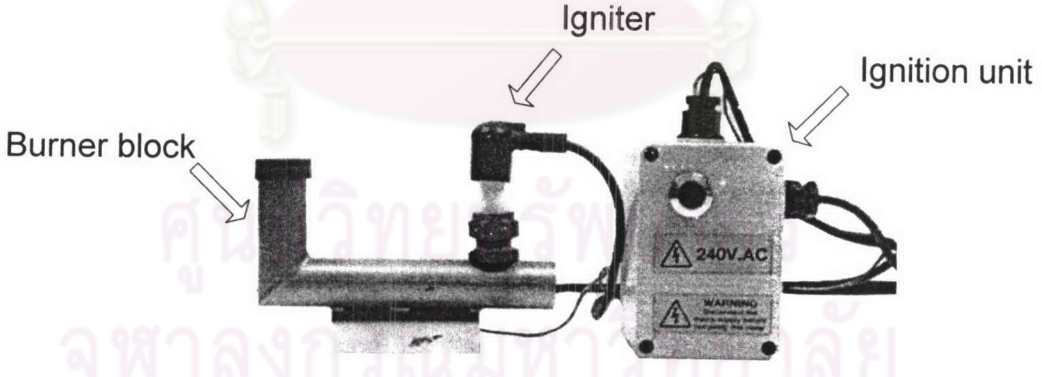


รูปที่ 3-3 แสดง Mixing unit ที่ใช้ทดสอบความเร็วเปลวไฟแบบแลมินาร์

3.1.1.4 Ignition unit เป็นส่วนที่ใช้ในควบคุมการจุดระเบิดส่วนผสมที่อยู่ใน Plastic tube ดังแสดงในรูปที่ 3-4

3.1.1.5 Igniter เป็นหัวเทียนที่ใช้ในการจุดระเบิดส่วนผสม ดังแสดงในรูปที่ 3-4

3.1.1.6 Burner block เป็นหัวเผาที่ใช้เผาส่วนผสมที่ไหลผ่านท่อออกสู่บรรยากาศ ในขณะที่ทำการปรับอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง เพื่อป้องกันการตกค้างของส่วนผสมใน บรรยากาศ ซึ่งอาจเกิดการจุดระเบิดได้หากมีแหล่งกำเนิดประกายไฟ ดังแสดงในรูปที่ 3-4



รูปที่ 3-4 แสดง Ignition unit Igniter และ Burner block ที่ใช้ทดสอบความเร็วเปลวไฟแบบแลมินาร์

3.1.2 อุปกรณ์การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบ

สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบส่วนนี้แบ่งออกเป็น 6 ส่วน ซึ่งแสดงการติดตั้งในรูปที่ 3-5 และ 3-6 ประกอบด้วย

3.1.2.1 เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบ

3.1.2.2 อุปกรณ์วัดแรงบิด (Torque) จากเครื่องยนต์

3.1.2.3 อุปกรณ์ในการดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ

3.1.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการ metering เชื้อเพลิง

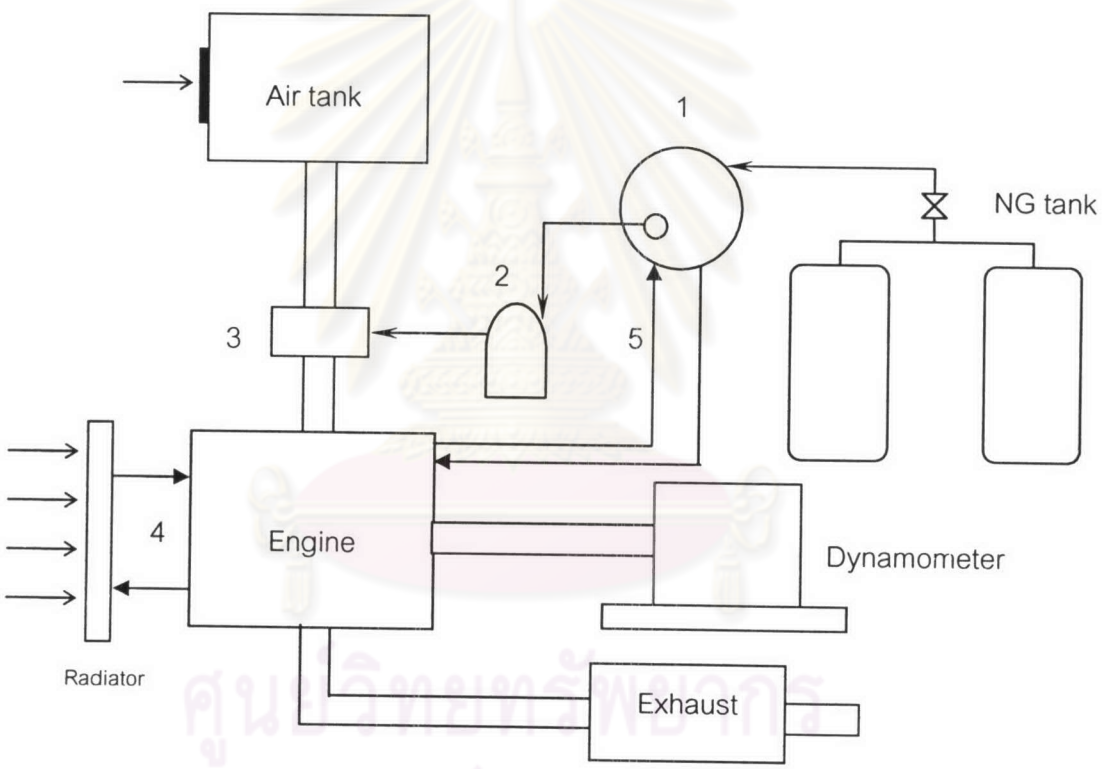
3.1.2.5 อุปกรณ์วัดการบริโภคเชื้อเพลิง

3.1.2.6 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ

3.1.2.7 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

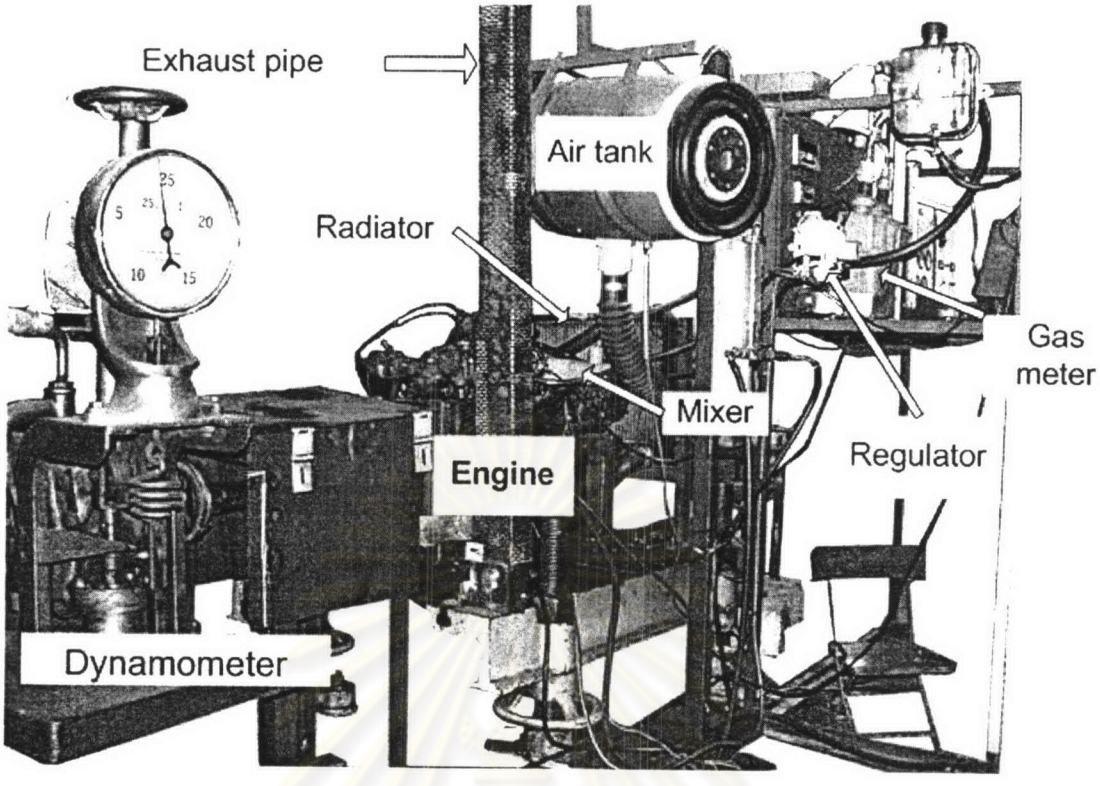
3.1.2.8 อุปกรณ์วัดความดัน

3.1.2.9 อุปกรณ์วัดองศาการจุดระเบิด



รูปที่ 3-5 แสดงไดอะแกรมและอุปกรณ์การทดสอบโดย 1.Pressure regulator 2.Gas meter

3. Gas Mixer 4.Radiator 5. Regulator Cooling line



รูปที่ 3-6 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบ

3.1.2.1 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องยนต์	Daihatsu รุ่น AB
ชนิดเครื่องยนต์/ จำนวนสูบ	4 จังหวะ/ 2 สูบแบบเรียง
ปริมาตรกระบอกสูบ	547 cc
ขนาดกระบอกสูบ x ระยะชัก	71.6 x 68 (mm x mm)
อัตราส่วนการอัด	9.2 : 1
กำลังสูงสุด	30/5000 (PS/rpm)
แรงบิดสูงสุด	4.2/4000 (kg.m / rev/min)
ระบบจ่ายเชื้อเพลิง	คาร์บูเรเตอร์
ระบบจุดระเบิด	คอยล์จุดระเบิดกับจานจ่ายแบบกลไก

3.1.2.2 อุปกรณ์วัดแรงบิด (Torque) จากเครื่องยนต์

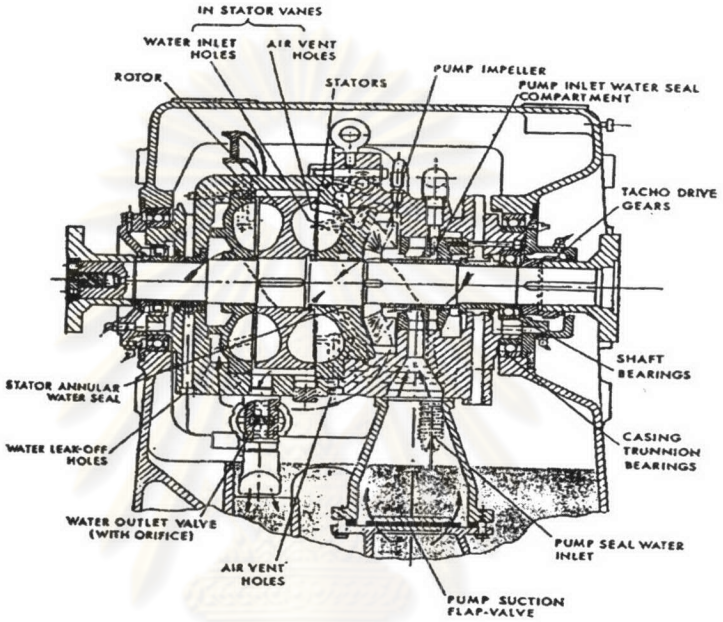
ไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้วัดแรงบิดจากเครื่องยนต์เป็น Fluid friction dynamometer ชนิด Absorption ของ Redman Heenan Froude LTD. มีรายละเอียดดังนี้

ยี่ห้อ/รุ่น : Redman Heenan Froude/ Froude Hydraulic Dynamometer size DPX2

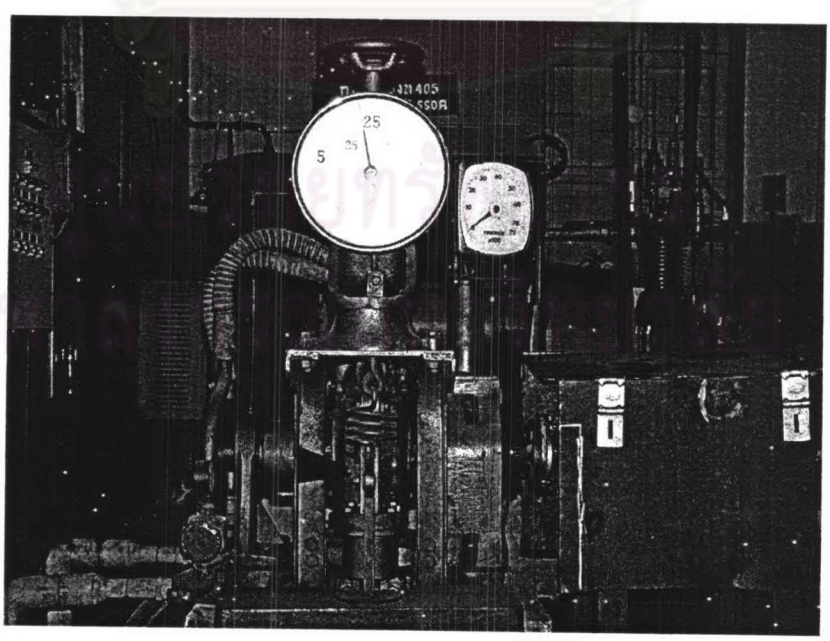
ระยะแขนสมดุล 0.3525 m

Resolution 0.1 kg

ภาพตัดขวาง (Cross section) ของชุด Dynamometer แสดงไว้ในรูปที่ 3-7 และภาพแสดง Dynamometer ที่ใช้ในการศึกษานี้ แสดงดังรูปที่ 3-8



รูปที่ 3-7 แสดงภาพตัดขวางของ Froude Hydraulic Dynamometer: Type G [9]



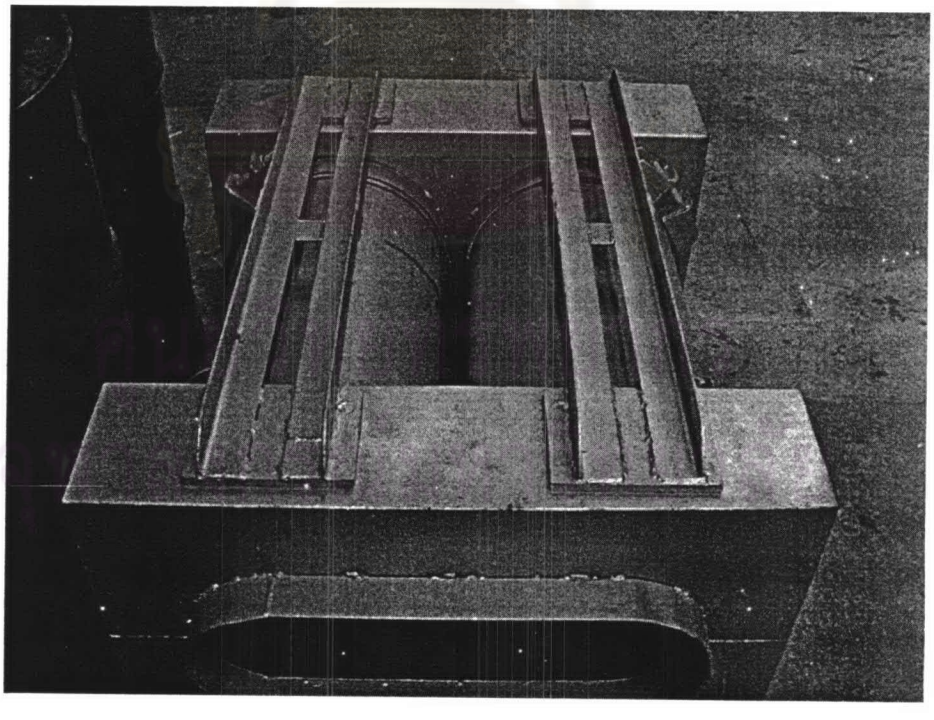
รูปที่ 3-8 แสดง Dynamometer ที่ใช้ในการศึกษานี้

3.1.2.3 อุปกรณ์ในการดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ

เครื่องยนต์แกโซลีนที่ถูกดัดแปลงมาใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง มีส่วนประกอบของระบบการทำงานของเครื่องยนต์ ได้แก่ ถังแก๊สธรรมชาติอัด วาล์วนิรภัย (safety solenoid valve) อุปกรณ์ปรับลดความดันแก๊สหรือ Pressure regulator และมิกเซอร์หรือคาร์บูเรเตอร์แก๊ส การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติเริ่มจากแก๊สธรรมชาติความดันสูง (ความดันใช้งานสูงสุด 200 bar) จากถังแก๊สไหลเข้าสู่อุปกรณ์ปรับลดความดันแก๊ส เพื่อลดความดันของแก๊สธรรมชาติให้มีความดันต่ำตามความเหมาะสมกับเครื่องยนต์ และไหลไปยังมิกเซอร์ (mixer) หรือคาร์บูเรเตอร์แก๊ส ซึ่งทำหน้าที่ผสมแก๊สธรรมชาติกับอากาศในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับเครื่องยนต์ ก่อนที่จะถูกดูดเข้าสู่กระบอกสูบ เมื่อเครื่องยนต์หยุดการทำงานวาล์วนิรภัยซึ่งติดตั้งบริเวณทางออกด้าน Low pressure ของ Pressure regulator จะทำหน้าที่ปิดการไหลของแก๊สธรรมชาติระหว่างอุปกรณ์ปรับลดความดันแก๊สกับเครื่องยนต์

1.ถังแก๊สธรรมชาติอัด

ถังแก๊สที่ใช้บรรจุเป็นถังแก๊สธรรมชาติอัดขนาด 75 ลิตร จำนวน 2 ถัง สามารถทนแรงดันสูงได้ตามมาตรฐาน NGV-I ซึ่งนำมาใส่โครงประกอบดังรูปที่ 3-9 เพื่อสามารถขนย้ายไปเติมที่สถานีเติมแก๊สได้อย่างสะดวกและปลอดภัย

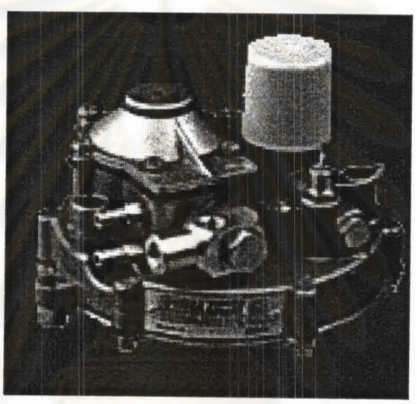


รูปที่ 3-9 แสดงถังแก๊สธรรมชาติที่ใช้ในการศึกษานี้

2.อุปกรณ์ปรับลดความดัน (Pressure regulator)

ทำหน้าที่ปรับลดความดันของแก๊สธรรมชาติให้เหมาะสมก่อนจ่ายให้กับเครื่องยนต์ ในการปรับลดความดันจากสูงไปต่ำ ต้องอาศัยความร้อนจากระบบหล่อเย็นเครื่องยนต์มาใช้ เพื่อป้องกันไม่ให้ความชื้นจับตัวเป็นน้ำแข็งบนไดอะแฟรมในอุปกรณ์ปรับลดความดัน ในการศึกษานี้ใช้อุปกรณ์ปรับลดความดันดังรูปที่ 3-10 มีรายละเอียดดังนี้

ยี่ห้อ/รุ่น	OYRSA GNC/IN 2000
Type	Three-stage
Working pressure (Highest feed pressure)	200 Bar
Maximum flow at inlet pressure	40m^3/h

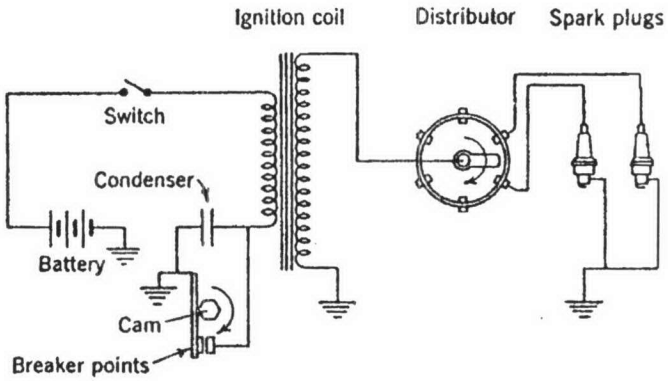


รูปที่ 3-10 แสดงอุปกรณ์ปรับลดความดันที่ใช้ในการศึกษานี้

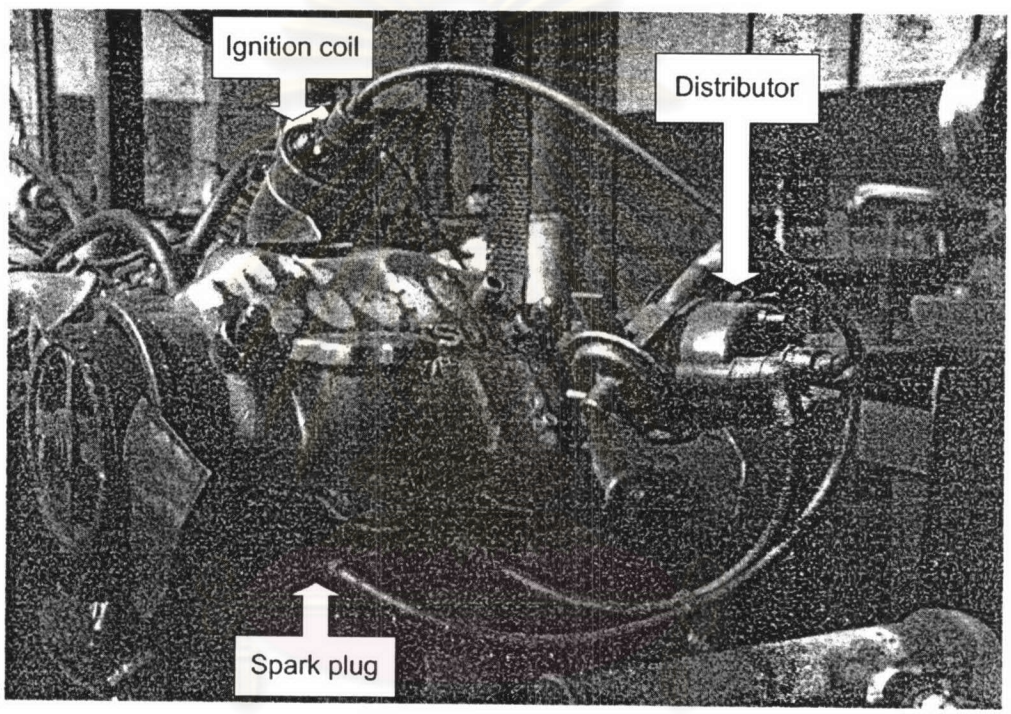
สำหรับอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยมีวาล์วนิรภัยหรือโซลินอยด์วาล์วใช้แรงดัน 12 V_{DC} ทำงานร่วมกับสวิตช์กุญแจติดตั้งอยู่ระหว่าง 2 nd และ 3rd Stage ของ Regulator ทำหน้าที่ปิด-เปิดการไหลแก๊สธรรมชาติเข้าสู่เครื่องยนต์เมื่อเครื่องยนต์ทำงานและมี Pressure relief valve ติดตั้งอยู่ที่ 1st stage ของการปรับความดัน

3. ระบบจุดระเบิด (Ignition system)

ระบบจุดระเบิดที่ใช้ในเครื่องยนต์สี่จังหวะ Daihatsu AB 547cc ดังรูปที่ 3-11 เป็นชนิดการจุดระเบิดด้วยคอยล์ที่ใช้ชุดทองขาว (Coil ignition system) ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรไฟแรงต่ำ (Primary circuit) ได้แก่ แบตเตอรี่ (Battery) สวิตช์ (Switch) ตัวต้านทาน ขดลวดไฟแรงต่ำ ชุดทองขาว (Contact breaker) คอนเดนเซอร์ (Condenser) และวงจรไฟแรงสูง ได้แก่ ขดลวดไฟแรงสูง จานจ่าย (Distributor) และหัวเทียน (Spark plugs) แสดงการติดตั้งดังรูปที่ 3-12



รูปที่ 3-11 ระบบจุดระเบิดด้วยคอยล์ (Coil ignition system) ที่ใช้กับเครื่องยนต์สี่จังหวะ

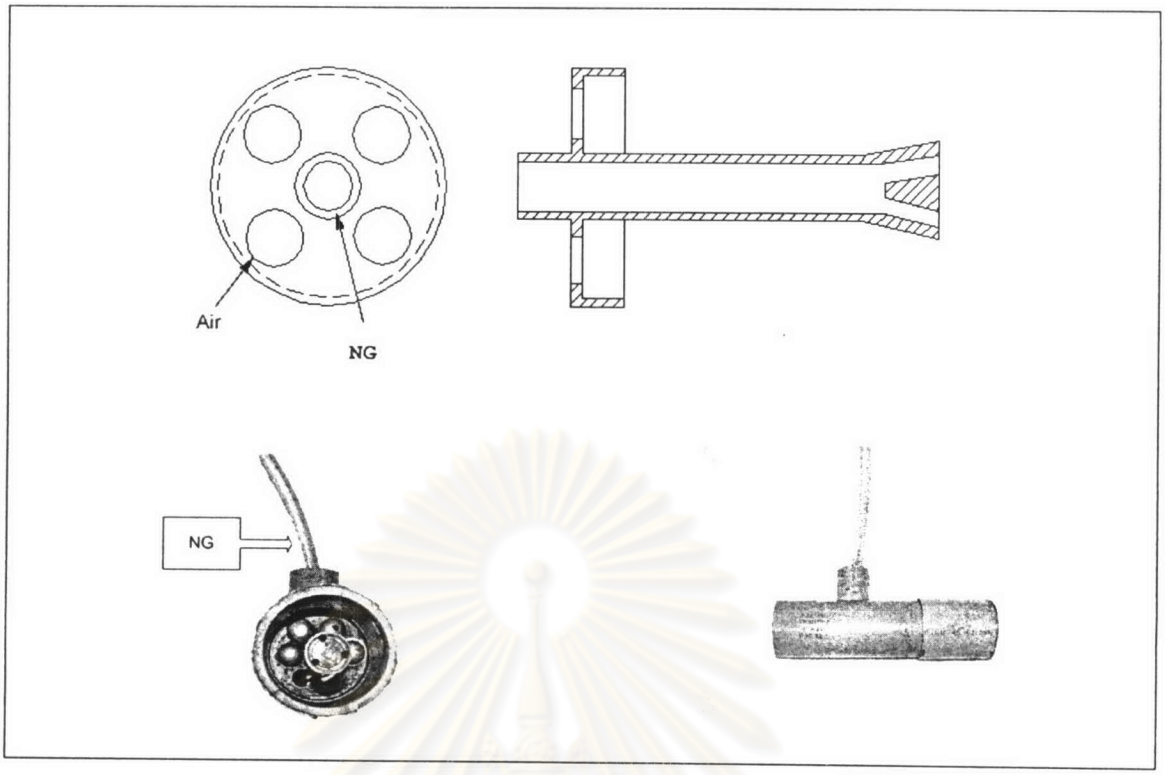


รูปที่ 3-12 แสดงแสดงการติดตั้งระบบจุดระเบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการศึกษานี้

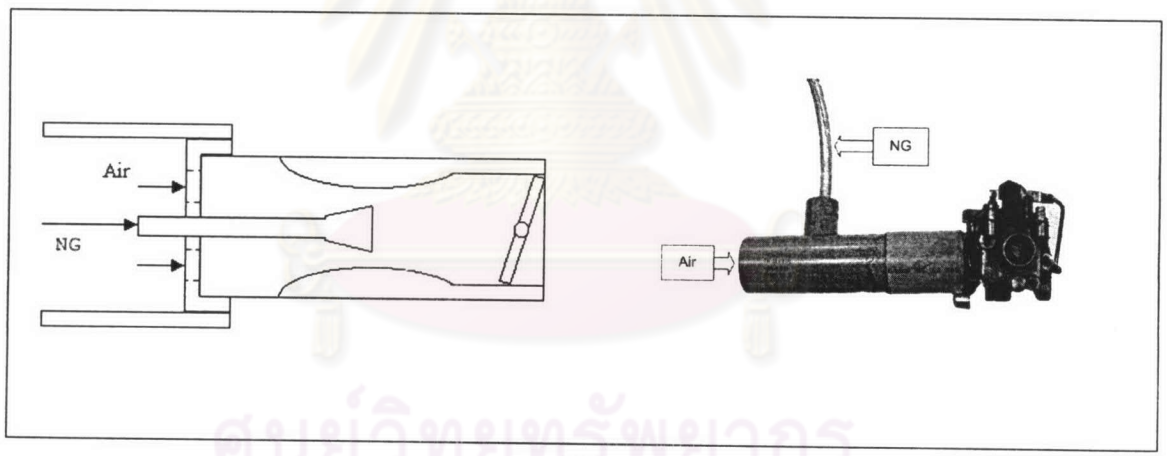
3.1.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการ metering เชื้อเพลิง

ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์มีอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการ metering เชื้อเพลิง ดังนี้

1. สำหรับการทดสอบเบื้องต้นเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันแกโซลีนเป็นเชื้อเพลิง กระทำโดยใช้คาร์บูเรเตอร์ของ Aisan ซึ่งเป็นคาร์บูเรเตอร์ที่ใช้กับเครื่อง Daihatsu รุ่น AB 547 cc มีลิ้นปีกผีเสื้อ (Throttle valve) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 3 cm. ช่วยในการควบคุมปริมาณอากาศ โดยเชื้อเพลิงจะถูกดูดผ่านนมหนูจ่ายเชื้อเพลิงด้วยความกดอากาศ (Depression) ที่เกิดจากการไหลของอากาศผ่านคอคอด



(a)



(b)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3-13 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ metering เชื้อเพลิงแก๊สผสม (a) มิกเซอร์ที่ใช้ในการศึกษา และ (b) ลักษณะการติดตั้งมิกเซอร์เข้ากับคาร์บูเรเตอร์แกโซลีน

2. สำหรับการทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ได้รับการดัดแปลงมาใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงกระทำโดยใช้มิกเซอร์ (Mixer) นำมาสวมครอบกับคาร์บูเรเตอร์น้ำมัน และอาศัยความกดอากาศ ที่เกิดในคอคอดของคาร์บูเรเตอร์เป็นตัวกำหนดอัตราการไหลของแก๊ส แสดงดังรูปที่ 3-13

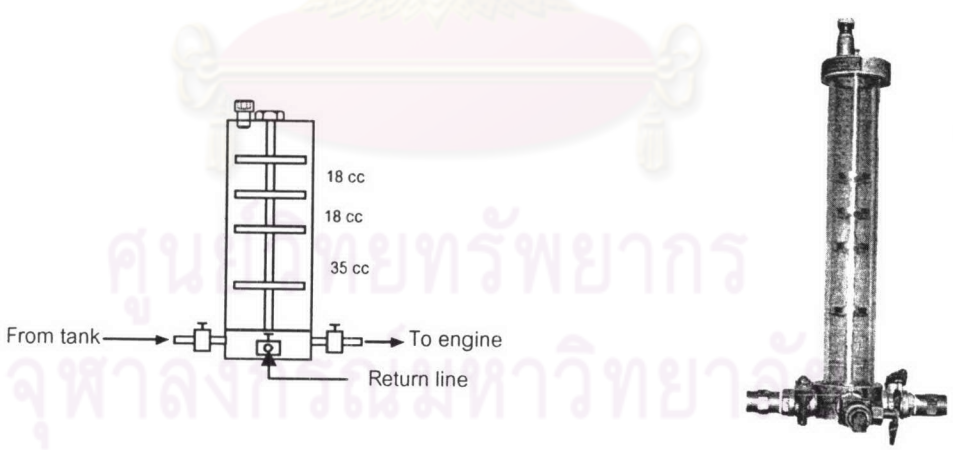
Specification ของ mixer มีดังนี้

- Venturi area = 28.86 mm^2
- Air passage area = 226.2 mm^2
- Butterfly valve area = 706.8 mm^2

3.1.2.5 อุปกรณ์วัดการบริโภคเชื้อเพลิง

ในการศึกษานี้ได้ทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันแกโซลีนและแก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้วัดการบริโภคเชื้อเพลิง มีดังนี้

1.อุปกรณ์ที่ใช้วัดการบริโภคน้ำมันแกโซลีน ในการทดสอบสมรรถนะเบื้องต้นจะใช้อุปกรณ์วัดอัตราการบริโภคเชื้อเพลิงเชิงปริมาตรของเครื่องยนต์ ยี่ห้อ Wargrave Berks ของ Print partners Ltd. โดยประกอบด้วย หลอดแก้ว และสเกลวัดแบ่งเป็น 3 ช่วง โดยที่ช่วงแรกกับช่วงที่สองมีปริมาตรการวัดเท่ากับ 18 cc ส่วนช่วงสุดท้ายมีปริมาตรการวัดเท่ากับ 35 cc มีทางน้ำมันเข้าสู่หลอดแก้วสองทาง คือ จากถังเก็บเชื้อเพลิงและจากสาย return ของคาร์บูเรเตอร์เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากฟองอากาศและน้ำมันที่เหลือจากการจ่ายของคาร์บูเรเตอร์เข้าสู่เครื่องยนต์ เหนือหลอดแก้วมีวาล์วสำหรับเปิดปิดอากาศเข้าสู่หลอดแก้วขณะวัดการบริโภคน้ำมันแกโซลีนดังแสดงในรูปที่ 3-14

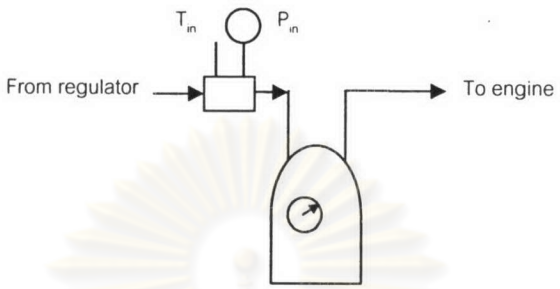


รูปที่ 3-14 แสดงหลอดแก้วที่ใช้วัดการบริโภคน้ำมันแกโซลีน

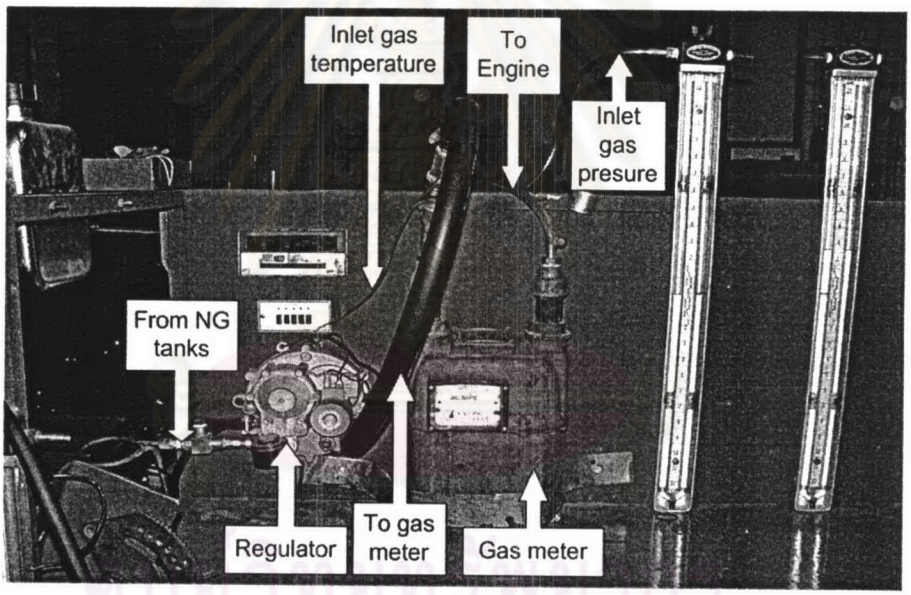
2.อุปกรณ์ที่ใช้วัดการบริโภคเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ ใช้อุปกรณ์วัดปริมาตรการไหลของแก๊สธรรมชาติของ Rockwell มีรายละเอียดดังนี้

ปริมาตรการไหลผ่านของแก๊ส	=	1 ลูกบาศก์ฟุตต่อรอบ
Full scale/rev	=	10 ช่อง
Resolution	=	0.1 ลูกบาศก์ฟุตต่อช่อง

แผนภูมิการวัดอัตราบริโภคของเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติและการติดตั้งแสดงในรูปที่ 3-15



(a)



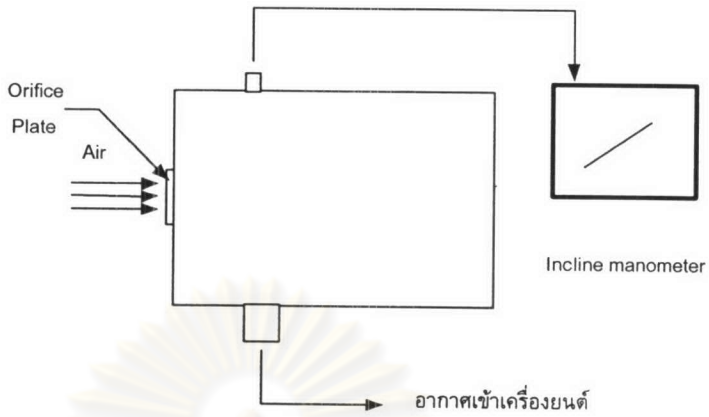
(b)

รูปที่ 3-15 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้วัดการบริโภคเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ (a) แผนภาพแสดงอุปกรณ์การวัดอัตราบริโภคของเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ และ (b) การติดตั้งอุปกรณ์วัดการบริโภคของเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ

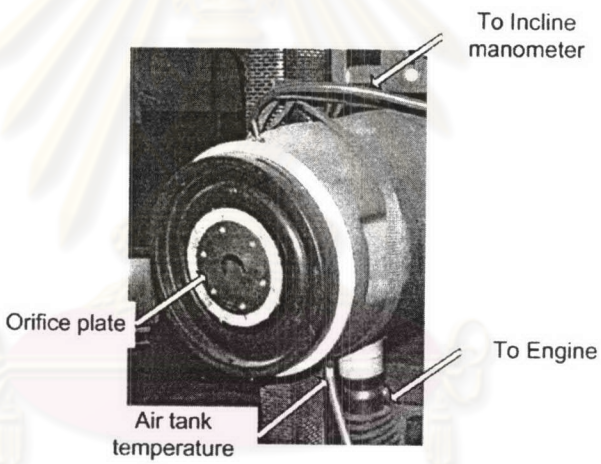
3.1.2.6 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ

การวัดปริมาณอากาศที่เครื่องยนต์นำไปใช้ในการเผาไหม้ ในการทดลองนี้ได้ใช้ Orifice plate ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.79 เซนติเมตร ติดตั้งบนถังพักอากาศ มีค่า Drag coefficient

(C_D) เท่ากับ 0.6 ดังแสดงในรูปที่ 3-16 และแสดงการติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหลอากาศดังรูปที่ 3-17 ส่วนรายละเอียดการคำนวณอัตราการไหลอากาศแสดงในภาคผนวก ค



รูปที่ 3-16 แสดงแผนภาพอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ

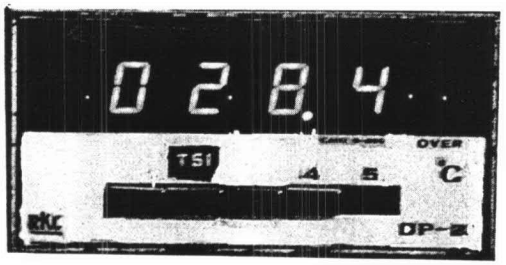


รูปที่ 3-17 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ

3.1.2.7 **อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ**

ในการวัดอุณหภูมิใช้เทอร์มอคัปเปิล (Thermocouple) Type K (Chromel-Alumel) ร่วมกับตัวอ่านค่าและ Temperature selector ดังรูปที่ 3-18 มีรายละเอียดดังนี้

ยี่ห้อ/รุ่น	RKC/DP-2
Range	0-800 °C
Resolution	0.1 °C



รูปที่ 3-18 แสดงตัวอ่านค่าและ Temperature selector ที่ใช้ในการศึกษานี้

ในการศึกษานี้ได้ทำการวัดอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ดังนี้

1.อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าห้องเผาไหม้ ติดตั้งเพื่อวัดอุณหภูมิภายในถังพักอากาศก่อนไหลเข้าสู่เครื่องยนต์ เพื่อนำไปใช้คำนวณหาอัตราการไหลของอากาศต่อไป ซึ่งรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ค

2.อุณหภูมิเชื้อเพลิงติดตั้งที่ตำแหน่งก่อนเข้าอุปกรณ์วัดปริมาตรการไหลของแก๊สธรรมชาติ เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาอัตราการไหลของเชื้อเพลิงซึ่งรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ค

3. อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น ตำแหน่งการติดตั้งผ่านก้านวัดน้ำมันหล่อลื่น โดยปลายเทอร์มอคัปเปิลสัมผัสกับน้ำมันหล่อลื่นในอ่างน้ำมันหล่อลื่นตลอดการทดสอบ

4.อุณหภูมิไอเสีย ตำแหน่งการติดตั้งอยู่หลังท่อร่วมไอเสีย โดยปลายเทอร์มอคัปเปิลอยู่ขวางในตำแหน่งกึ่งกลางท่อ

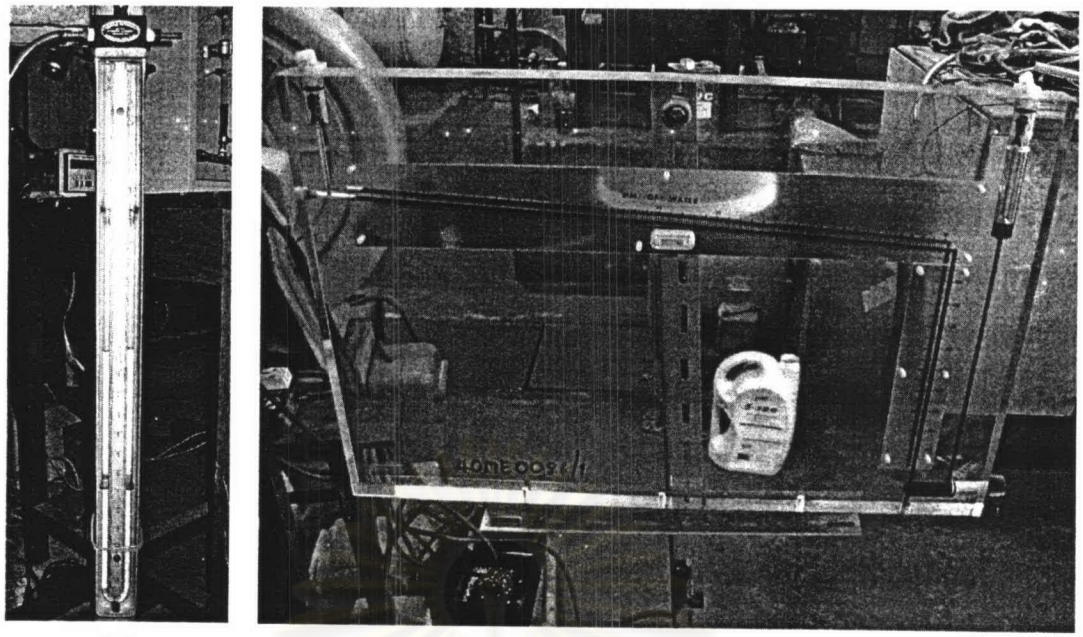
5.อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ทำการติดตั้งในท่อน้ำตำแหน่งทางเข้าและออกของแผงหม้อน้ำ

3.1.2.8 อุปกรณ์วัดความดัน

ในการทดสอบได้ทำการวัดความดันส่วนต่าง (Differential pressure) ที่จุดต่าง ๆ โดยใช้แมนอมิเตอร์ (manometer) แบบหลอดแก้ว 2 ชุด ดังนี้

1.แมนอมิเตอร์แบบ U-tube ใช้วัดความดันสัมบูรณ์ที่ตำแหน่งท่อร่วมไอดี (ใช้ในการกำหนดจุดทำงานตามเมทริกซ์ทดสอบ ดังรูปที่ 3-21 ถึง 3-22) ท่อส่งเชื้อเพลิงก่อนเข้าสู่อุปกรณ์วัดปริมาตรการไหลของแก๊สธรรมชาติ (ใช้ในการคำนวณอัตราการไหลของเชื้อเพลิง) และท่อไอเสียใช้น้ำเป็นของเหลวทำงานในแมนอมิเตอร์ทั้งหมด ยกเว้นที่ท่อร่วมไอดีใช้เป็นปรอท ดังรูปที่ 3-19 (a) ซึ่งมีรายละเอียดของอุปกรณ์ดังนี้

ยี่ห้อ	Meriam
Range	36 inch
Resolution	0.1 inch



(a) (b)

รูปที่ 3-19 แสดงอุปกรณ์วัดความดัน (a) U – tube manometer และ (b) Incline manometer

2.แมนอมิเตอร์แบบ Incline เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความดันส่วนต่างที่ออริฟิซเพื่อนำมาคำนวณอัตราการไหลของอากาศ ของเหลวทำงานในแมนอมิเตอร์เป็น Red gage oil มีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.826 ดังรูปที่ 3-19 (b) มีรายละเอียดดังนี้

ยี่ห้อ/รุ่น	: Dwyer/424
Range	= 240 mm H_2O
Resolution	= 0.2 mm H_2O

3.1.2.9 อุปกรณ์วัดองศาการจุดระเบิด

ในการศึกษานี้ได้ทำการปรับหาองศาจุดระเบิดที่ให้ค่าแรงบิดสูงสุด (MBT spark timing) จึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์อ่านค่าองศาจุดระเบิดที่เรียกว่า timing light ดังรูปที่ 3-20

รูปที่ 3-20 แสดง Timing light ที่ใช้ในการศึกษานี้

3.2 วิธีการทดสอบ

การศึกษานี้เริ่มจากการทดสอบคุณลักษณะที่จำเป็นต่อการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแก๊ส โดยใช้ชุดทดสอบ Flame stability and propagation unit ทำการทดสอบความเร็วเปลวไฟแลมินาร์ของแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อย ซึ่งในการศึกษานี้ คือ แก๊สธรรมชาติจากแหล่งอ่าวไทยและจากแหล่งพม่า ส่วนการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบเริ่มจากหาสมรรถนะเบื้องต้นของ เครื่องยนต์ Daihatsu AB547cc เมื่อใช้น้ำมันแก๊โซลีน ออกเทน 91 เป็นเชื้อเพลิง โดยการทดสอบกระทำที่สภาวะคงตัว ที่ความเร็วรอบคงที่ตามจุดเมทริกซ์ทดสอบระหว่างความดันท่อร่วมไอดี (Manifold Absolute Pressure, MAP) กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ โดยที่แต่ละจุดทำงานจะปรับองศาการจุดระเบิดให้ได้แรงบิดสูงสุด (MBT Spark timing) จากนั้นทดสอบโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อยต่างกันซึ่งในที่นี้จะใช้แก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทยและแก๊สธรรมชาติจากแหล่งพม่ากับอุปกรณ์ดัดแปลงเครื่องยนต์ เพื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ ดังแสดงในรูปที่ 3-5 ตามเมทริกซ์ทดสอบเดิม โดยแต่ละจุดทำงานจะปรับ MBT spark timing จากนั้นทดสอบผลกระทบจากตัวแปรการทำงานต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์

3.2.1 การทดสอบความเร็วเปลวไฟแลมินาร์ของเชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อย

เป็นการทดสอบโดยใช้ชุดทดสอบ Flame stability and propagation unit ซึ่งแสดงการติดตั้งดังรูปที่ 3-1 กับเชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อย ซึ่งในการศึกษานี้ คือ แก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทยและแก๊สธรรมชาติจากแหล่งพม่า เมื่อทำการติดตั้งชุดทดสอบดังรูปที่ 3-1 แล้วทำการปล่อยแก๊สธรรมชาติที่มีความดันสูงจากถังแก๊สธรรมชาติอัดผ่านระบบท่อแก๊สที่ทนความดันสูงเข้าสู่อุปกรณ์ปรับลดความดัน เชื้อเพลิงแก๊สผสมจะถูกปรับลดความดันให้มีค่าสูงกว่าความดันบรรยากาศเล็กน้อย ก่อนที่เชื้อเพลิงจะไหลเข้า Flow controller ของชุดทดสอบความเร็วเปลวไฟแบบแลมินาร์ต่อไป จากนั้นทำการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศก่อนที่จะเปิดวาล์วนิรภัยและวาล์วควบคุมอัตราการไหลของเชื้อเพลิงปล่อยเชื้อเพลิงเข้าสู่ระบบ ซึ่งต้องมีแหล่งกำเนิดประกายไฟจุดติดส่วนผสมให้เกิดเปลวไฟอยู่ที่ปากทางออกของ Burner block เพื่อที่จะเผาไหม้ส่วนผสมมิให้ตกค้างภายในห้องทดสอบ ทำการปรับอัตราส่วนผสมอากาศและเชื้อเพลิงที่ Flow controller ซึ่งเป็นการอ่านค่าที่ได้จาก Rotameter แล้วไปคำนวณหาอัตราการไหลอากาศและเชื้อเพลิง เพื่อให้ได้อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ต้องการ รอจนอัตราส่วนผสมในระบบมีสภาวะคงตัวแล้ว จึงทำการปิดวาล์วต่างๆ ที่ Flow controller เพื่อตัดการไหลของอากาศกับเชื้อเพลิงเข้าสู่ระบบ พร้อมกับกดปุ่มจุดระเบิดที่ Ignition unit ทันที ทำให้เกิดเปลวไฟวิ่งจาก Igniter ย้อนกลับมาในทิศทางจาก Burner block มา Flow controller พร้อมกันนั้นทำการจับเวลา

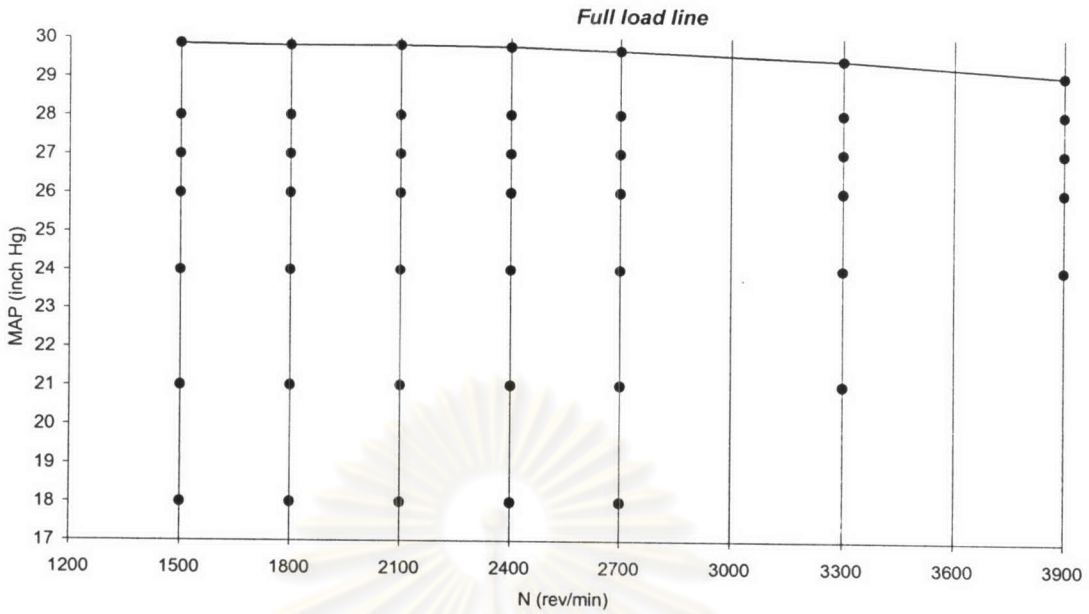
ที่เปลวไฟใช้ในการเดินทางในท่อเป็นระยะทาง 3.05 เมตร เพื่อใช้ในการคำนวณหาความเร็วเปลวไฟแบบแลมินาร์ของเชื้อเพลิงแก๊สผสมต่อไป

ในการศึกษานี้การทดสอบขีดจำกัดการติดไฟกระทำไปพร้อมกับการทดสอบความเร็วเปลวไฟ โดยทำการปรับอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงต่างๆ ตั้งแต่ส่วนผสมบาง ($\phi < 1$) ที่สุดเท่าที่ชุดเครื่องมือสามารถจุดติดไฟได้จนถึงส่วนผสมหนา ($\phi > 1$) โดยกำหนดให้ค่าสูงสุดที่ทำการทดสอบคือ $\phi \sim 1.1$ ดังนั้นค่าที่ทำการบันทึกคือ อัตราส่วนผสมซึ่งวัดจากอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศและเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติผ่าน Flow controller เวลาที่เปลวไฟเดินทางในท่อใสยาว 3.05 เมตร

3.2.2 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์เบื้องต้นเมื่อใช้น้ำมันแกโซลีนเป็นเชื้อเพลิง

เป็นการทดสอบโดยใช้ระบบการจ่ายน้ำมันแกโซลีนด้วยคาร์บูเรเตอร์ ซึ่งเป็นระบบเดิมของเครื่องยนต์ตามเมทริกซ์ทดสอบในรูปที่ 3-21 โดยการทดสอบกระทำที่สภาวะคงที่ ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ ที่ทุกจุดของเมทริกซ์ทดสอบ (Test matrix) ระหว่างความดันท่อร่วมไอดี (Manifold Absolute Pressure, MAP) กับความเร็วรอบ โดยที่แต่ละจุดทดสอบจะปรับองศาการจุดระเบิดไปที่ตำแหน่ง MBT ด้วยการหมุนจานจ่ายของเครื่องยนต์ ในการทดสอบค่าสมรรถนะที่ทำการบันทึกคือ แรงบิด อัตราการบริโภคเชื้อเพลิง พร้อมกับค่าตัวแปรการทำงาน (operating variable) ที่เกี่ยวข้องอาทิ อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ที่ถังพักอากาศ (Air Tank) ความดันบรรยากาศ ความดันตกคร่อมของการไหลอากาศที่ผ่าน Orifice plate ความดันและอุณหภูมิไอเสียที่ตำแหน่งหลังท่อร่วมไอเสียอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น อุณหภูมิน้ำมันเครื่อง และองศาจุดระเบิด (MBT timing)

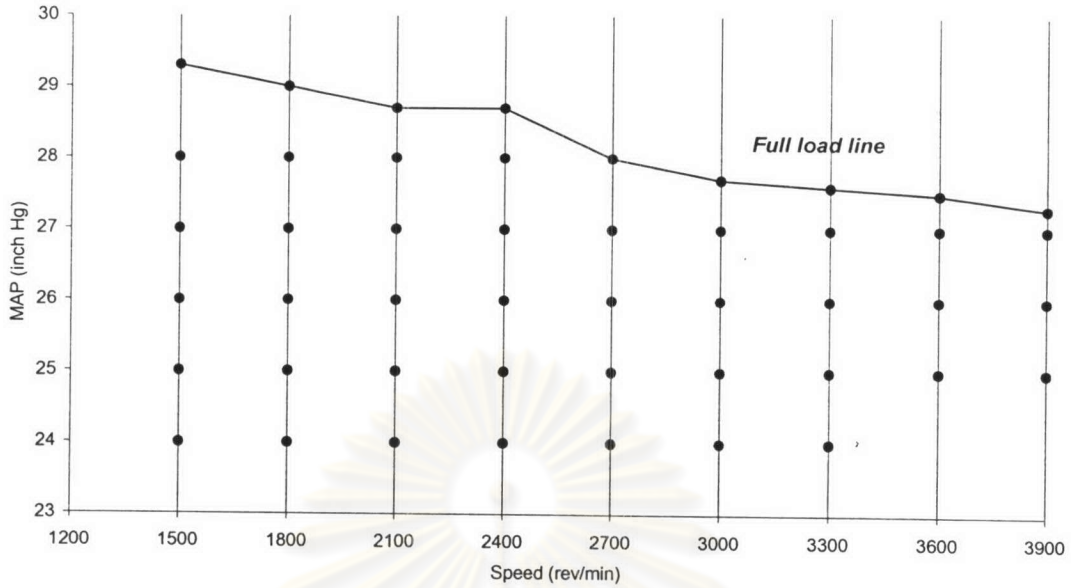
วิธีการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์จะเริ่มจากการอุ่นเครื่องยนต์ที่สภาวะเดินเบาจนระบบน้ำหล่อเย็นได้อุณหภูมิทำงานคือ มีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 70 °C จากนั้นเริ่มทำการทดสอบโดยปรับคันเร่งไปที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อเปิดสุด (Wide Open Throttle, WOT) พร้อมกับปรับเพิ่มภาระให้กับเครื่องยนต์ที่ไดนาโมมิเตอร์จนได้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ตามที่ต้องการ แล้วจึงปรับหาองศาจุดระเบิด MBT รอจนการทำงานของเครื่องยนต์เข้าสู่สภาวะคงตัวจึงทำการจดบันทึกค่าสมรรถนะและตัวแปรการทำงานต่างๆ จากนั้นปรับคันเร่งและภาระของไดนาโมมิเตอร์เพื่อควบคุมเครื่องยนต์ให้ทำงานที่สภาวะความเร็วรอบคงที่ โดยลดภาระลงตามที่กำหนดไว้ในจุดทดสอบบนเมทริกซ์ทดสอบ ปรับองศาจุดระเบิด MBT รอจนเครื่องยนต์ทำงานที่สภาวะคงตัวแล้วจึงบันทึกค่าสมรรถนะและตัวแปรการทำงานของเครื่องยนต์ จากนั้นจึงเปลี่ยนความเร็วรอบแล้วกระทำเช่นเดียวกันจนครบทุกจุดของเมทริกซ์ทดสอบ



รูปที่ 3-21 แสดงเมทริกซ์ทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ Daihatsu AB 547cc เมื่อใช้น้ำมันแก๊โซลีนเป็นเชื้อเพลิง

3.2.3 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อย

เป็นการทดสอบโดยใช้ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติด้วยมิกเซอร์ชนิดสวมครอบที่สภาวะคงตัวความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ตามจุดทดสอบบนเมทริกซ์ทดสอบในรูปที่ 3-22 โดยใช้แก๊สผสมที่มีมีเทนและ CO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งในการศึกษานี้ คือ แก๊สธรรมชาติจากแหล่งอ่าวไทยมาเป็นเชื้อเพลิงและแก๊สผสมที่มีมีเทนและ N_2 เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งในการศึกษานี้ คือ แก๊สธรรมชาติจากแหล่งพม่ามาเป็นเชื้อเพลิง โดยการทดสอบที่ทุกจุดของเมทริกซ์ทดสอบจะปรับองศาการจุดระเบิดไปที่ตำแหน่ง MBT ด้วยการหมุนจานจ่ายของเครื่องยนต์ ในการทดสอบตัวแปรการทำงานที่เกี่ยวข้องอาทิ อุณหภูมิอากาศที่ถังพักอากาศ ความดันบรรยากาศ ความดันตกคร่อมของการไหลอากาศผ่าน orifice plate ความดันกับอุณหภูมิไอเสีย อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น อุณหภูมิน้ำมันเครื่อง องศาการจุดระเบิด และอุณหภูมิกับความดันของแก๊สธรรมชาติก่อนเข้าสู่อุปกรณ์วัดการบริโภคของเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ



รูปที่ 3-22 แสดงเมทริกซ์ทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ Daihatsu AB 547cc เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อยต่างๆ

3.2.4 การทดสอบผลกระทบจากตัวแปรการทำงานต่อสมรรถนะเครื่องยนต์เมื่อใช้แก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อย

เนื่องจากในปัจจุบันเครื่องยนต์ได้มีการปรับแต่งให้เหมาะสมกับแก๊สธรรมชาติที่ใช้แก๊สธรรมชาติจากแหล่งอ่าวไทยซึ่งมีองค์ประกอบหลัก คือ มีเทน และ CO_2 หากมีการนำแก๊สธรรมชาติจากแหล่งพม่าซึ่งมีมีเทน และ N_2 เป็นองค์ประกอบหลักมาใช้ โดยไม่มีการปรับแต่งเครื่องยนต์อีกจะทำให้เครื่องยนต์ดังกล่าวทำงานที่องศาจุดระเบิดต่างไปจากค่า MBT timing ดังนั้นเพื่อแสดงถึงผลจากตัวแปรการทำงานของเครื่องยนต์ที่ต้องการศึกษา คือ องศาจุดระเบิด (Spark timing) ความเร็วรอบ และองค์ประกอบของแก๊สผสม โดยทดสอบเครื่องยนต์ด้วยระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติด้วยมิกเซอร์ชนิดสวมครอบ ใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ N_2 เป็นองค์ประกอบหลัก ณ.สภาวะคงตัวที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อเปิดสุด (Wide Open Throttle, WOT) ความเร็วรอบ 1500 1800 2100 2400 2700 3000 3300 และ 3900 Rev/min ปรับองศาจุดระเบิดไปที่ MBT จากนั้นปรับค่าองศาจุดระเบิดไปใช้ค่าองศาจุดระเบิดที่เป็น MBT ของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติจากแหล่งอ่าวไทยซึ่งเป็นแก๊สเชื้อเพลิงผสมที่มีมีเทนและ CO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก ในการทดสอบค่าสมรรถนะที่ทำการบันทึก ณ สภาวะคงตัว คือ แรงบิด อัตราการบริโภคเชื้อเพลิงแก๊สพร้อมกับค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้อง อาทิ อุณหภูมิอากาศที่ถังพักอากาศ ความดันบรรยากาศ ความดันตกคร่อมของการไหลอากาศผ่าน orifice plate ความดันกับอุณหภูมิไอเสีย อุณหภูมิน้ำ

หล่อเย็น อุณหภูมิน้ำมันเครื่อง องศาการจุดระเบิด และอุณหภูมิกับความดันของแก๊สผสมก่อนเข้าสู่อุปกรณ์วัดการบริโภคของเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ

เนื่องจากต้องการเปรียบเทียบผลการทดสอบที่กระทำต่างเวลา, ต่างสภาวะอากาศของห้องทดสอบ ข้อมูลการทดสอบที่ได้จากหัวข้อ 3.2.2 ถึง 3.2.4 จึงนำมาปรับแก้ไขให้เป็นค่า ณ สภาวะมาตรฐานตามข้อแนะนำของมาตรฐานออสเตรเลีย AS 2789:1:1985 [10] และนำผลมาแสดงในรูปของแผนภูมิสมรรถนะ ส่วนรายละเอียดมาตรฐานนี้แสดงในภาคผนวก ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย