บทที่ 2

เครื่องมือและอุปกรณ์ประกอบการทดลองและการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการทดลองนี้ ส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ของ RICARDO ซึ่งใช้สำหรับงานวิจัยโดยเฉพาะ ประกอบด้วยเครื่องยนต์ 4 จังหวะ สูบเดียว สามารถเปลี่ยนอัตราส่วนการอัดได้ ทำให้สามารถใช้เป็นเครื่องยนต์เบนซิน เครื่องยนต์ดีเซล หรือเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊ซเป็นเชื้อเพลิงก็ได้ โดยการปรับแต่งอุปกรณ์บางชิ้นตามลักษณะของเครื่องยนต์แต่ละแบบ มีอุปกรณ์ประกอบการทดลองได้แก่ ไดนาโมมิเตอร์ อุปกรณ์วัดความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและอากาศ เครื่องวัดความเร็วของเครื่องยนต์ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิของไอเสีย อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น วัดอุณหภูมิเข้าและออกของน้ำหล่อเย็น เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์เพิ่มเติมนอกเหนือจากของ RICARDO แล้วยังได้แก่ เครื่องวิเคราะห์ไอเสีย เครื่องวัดปริมาณควัน เป็นต้น ดังแสดงไว้ในรูปที่แสดงอุปกรณ์ต่าง ๆ และสำหรับการทดลองนี้ได้ติดตั้งคาร์บูเรเตอร์สำหรับป้อนเมธานอล พร้อมอุปกรณ์วัดความสิ้นเปลืองของเมธานอลอีกด้วย สำหรับรายละเอียดต่าง ๆของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการทดลองดูได้จากภาคผนวก ก

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ประกอบการทดลองและการเตรียมการทดลอง

(ก). เครื่องยนต์และไดนาโมมิเตอร์

เครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่ใช้ทดลองได้จัดและปรับแต่งให้เป็นเครื่องยนต์ดีเซล ดังแสดงในรูปที่ 2.1 มีรายละเอียดดังนี้

RICARDO E6/U สำหรับเป็นเครื่องยนต์ดีเซล[9]

จำนวนสูบ	1
ขนาดกระบอกสูบ(bore)	ϕ 76.2 มม
ช่วงชัก(stroke)	110 มม

ความจุ(capacity)	507 cc
อัตราส่วนการอัด(compression ratio)	21:1
ความเร็วสูงสุด(maximum speed)	3 500 รอบต่อนาที
กำลังสูงสุด(maximum power)	11.8 kW ที่ความเร็ว 2 800 รอบต่อนาที
การระบายความร้อน(cooling)	น้ำ

ไดนาโมมิเตอร์(dynamometer)

ต่อเข้ากับเครื่องยนต์ทางด้านขวา ดังแสดงในรูปที่ 2.1 เพื่อใช้สำหรับสตาร์ทเครื่องและรับพลังงานจากเครื่องยนต์ ไดนาโมมิเตอร์นี้เป็นของ B.K.B. แบบ Dynamo-swinging field ด้านข้างมีอุปกรณ์วัดกำลังของเครื่องยนต์(torque arm) โดยใช้หลักการสมดุลย์ของสปริงและตุ้มน้ำหนัก ซึ่งสามารถหากำลังของเครื่องยนต์ได้จาก {9}

$$Bmep = W \times 0.115\ 69 \quad kg/cm^2 \qquad (2\text{-}1)$$

และ

$$Bp = \frac{WN}{15\ 372.27} \quad kW \qquad (2\text{-}2)$$

เมื่อ W = ภาระที่วัดได้, N

N = ความเร็วของเครื่องยนต์, RPM

004094

(ข). เครื่องวัดความเร็วรอบ(tachometer)

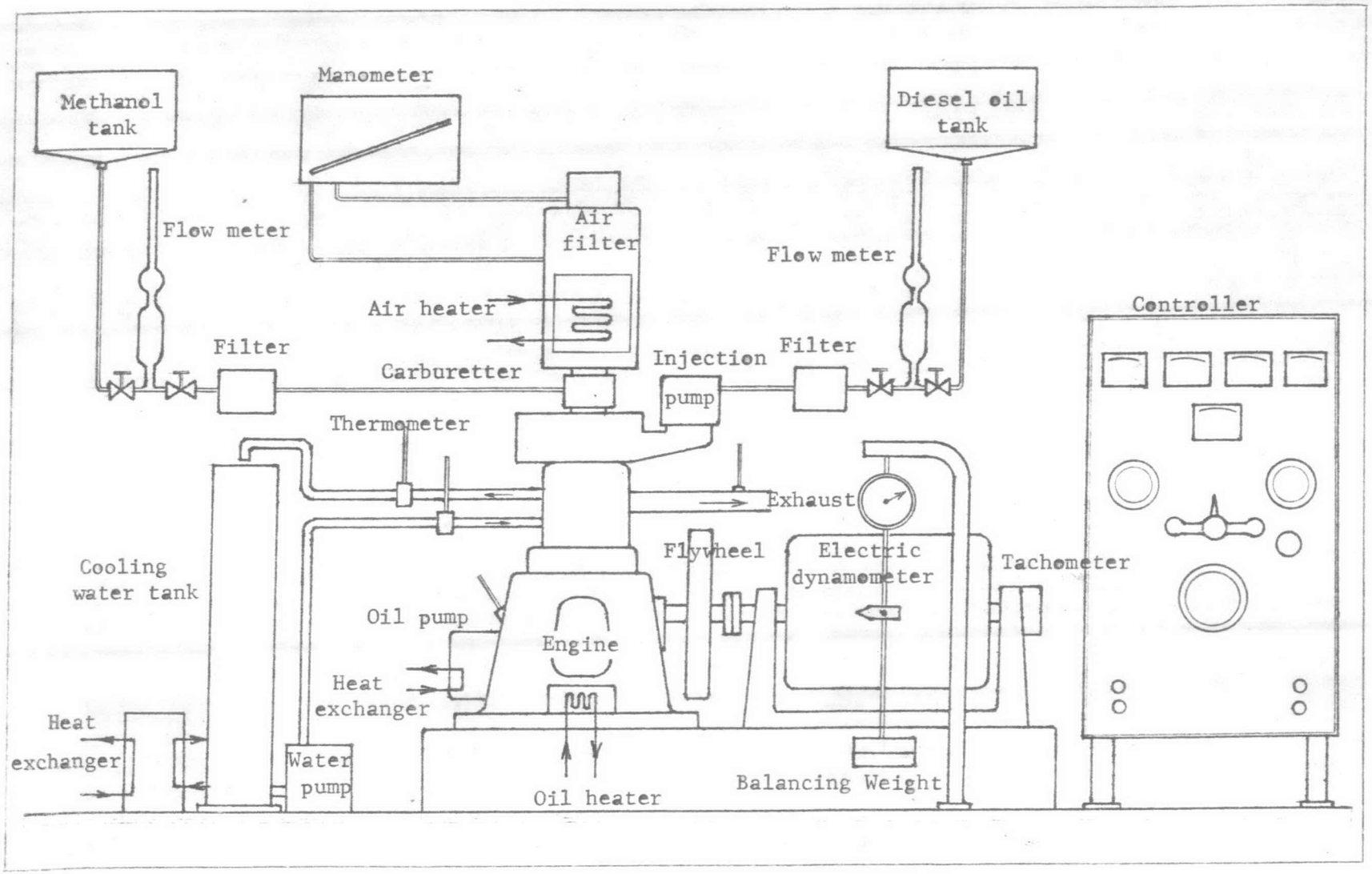
เป็นของ Crompton Parkinson แบบ Electric วัดได้ในช่วงความเร็วรอบ 0-3 500 รอบต่อนาที ต่อเข้าตรงส่วนท้ายของไดนาโมมิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.1

(ค). อุปกรณ์วัดความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง(fuel consumption meter)

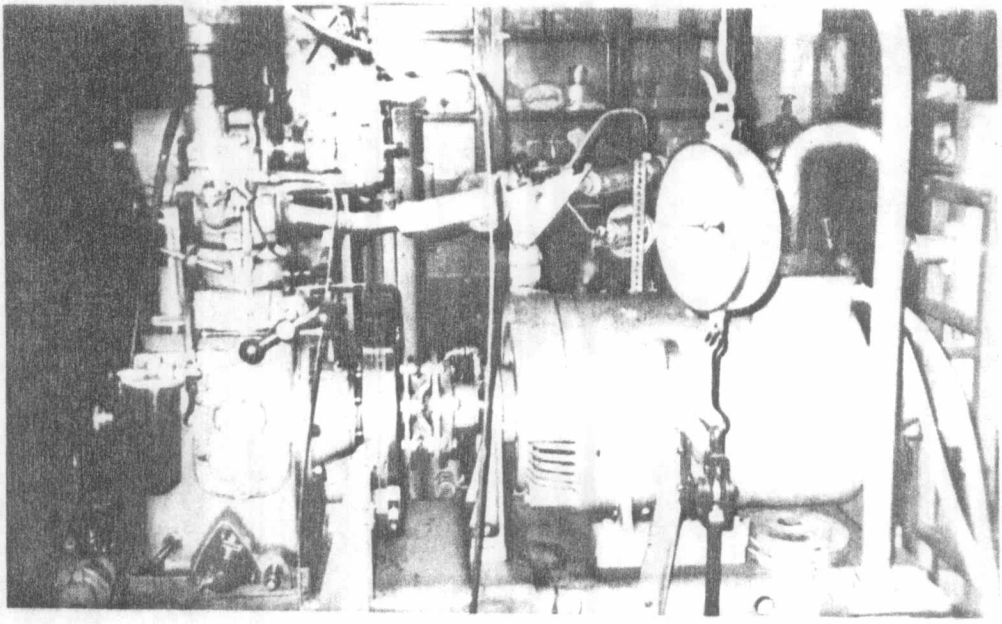
น้ำมันดีเซล

การป้อนน้ำมันดีเซลอาศัยหลักการดึงดูดของโลก(gravity) โดยบรรจุในถังน้ำมันขนาด 9 ลิตร และให้ไหลผ่านกระเปาะแก้วสำหรับวัดปริมาตรซึ่งมีขนาด 50 และ 100 cc ผ่านหม้อกรองก่อนเข้าสู่ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อส่งไปยังหัวฉีด ฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ต่อไป ในการวัดความสิ้นเปลืองใช้การจับเวลาเทียบกับปริมาตร ขณะที่น้ำมันไหล อุปกรณ์วัดความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงนี้ ได้แสดงเอาไว้ในรูปที่ 2.4(ก)

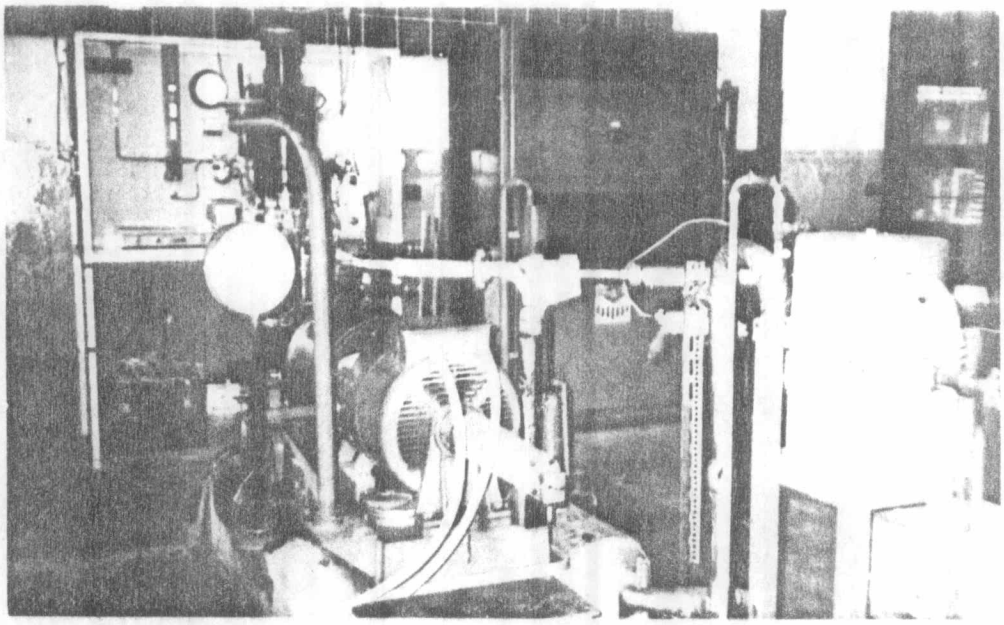
I 17782517



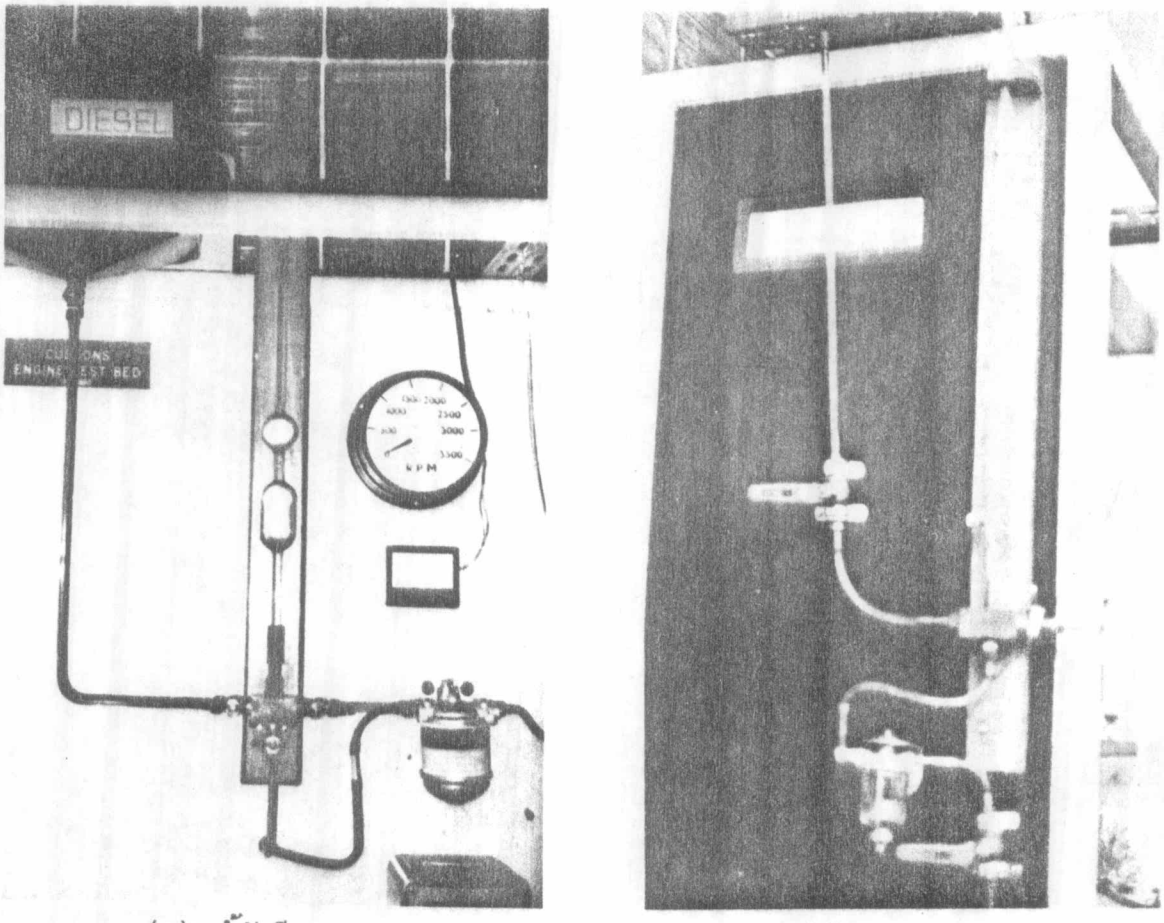
รูปที่ 2.1 แสดงการติดตั้งเครื่องยนต์และอุปกรณ์สำหรับการทดลอง



รูปที่ 2.2 ภาพด้านหน้าของเครื่องยนต์

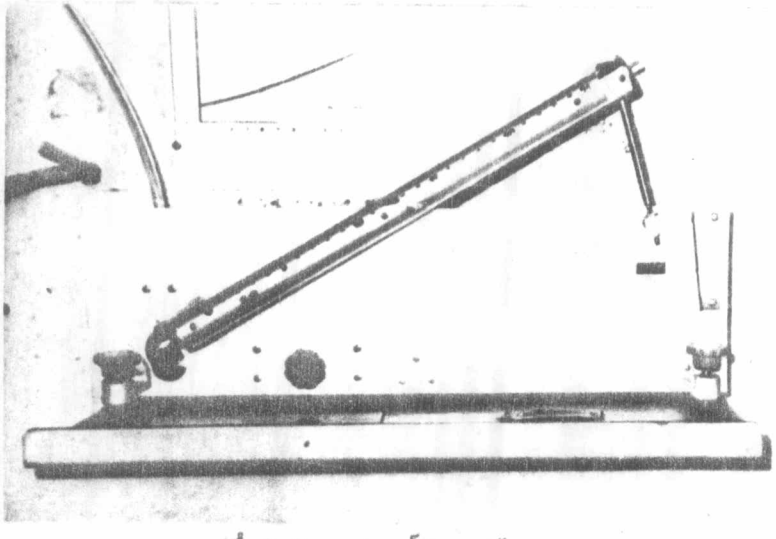


รูปที่ 2.3 ภาพด้านข้างของเครื่องยนต์



(ก) น้ำมันดีเซล (ข) เมธานอล

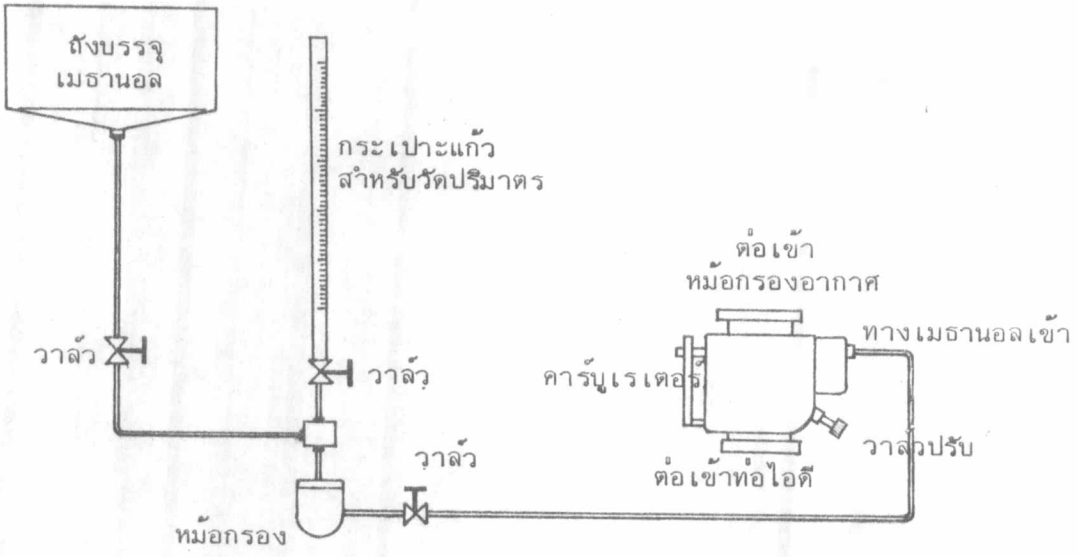
รูปที่ 2.4 อุปกรณ์วัดความสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและเมธานอล



รูปที่ 2.5 อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ

เมธานอล

ใช้การป้อนลักษณะเดียวกับน้ำมันดีเซล มีถังบรรจุเมธานอลขนาด 5 ลิตร ต่อท่อเข้าสู่กระเปาะแก้วสำหรับวัดปริมาตรซึ่งมีขนาด 50 ซีซี ผ่านเข้าหม้อกรองเพื่อให้สะอาดแล้วผ่านเข้าคาร์บูเรเตอร์ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการไหลของเมธานอลโดยปรับที่วาวล์ปรับ ก่อนเข้าสู่ท่อไอดีเพื่อเข้าห้องเผาไหม้ต่อไป ลักษณะการวัดความสิ้นเปลือง ใช้การจับเวลาเทียบกับปริมาตรขณะที่เมธานอลกำลังไหล อุปกรณ์วัดความสิ้นเปลืองของเมธานอลนี้ได้ออกแบบและสร้างขึ้นเอง พร้อมทั้งปรับแต่งให้ใช้งานได้ดี ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.4(ข) และ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ป้อนเมธานอล

(ง). อุปกรณ์วัดการไหลของอากาศ(air flow meter)

การวัดการไหลของอากาศใช้อุปกรณ์วัดแบบ Alcock Viscous Flow Meter No.434V. โดยมีหม้อกรองอากาศติดอยู่ด้านบน ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ต่อท่ออากาศเข้าสู่ manometer ซึ่งใช้พาราฟินเป็นของเหลว อ่านค่าความแตกต่างของความดัน(แสดงในรูปที่ 2.5) นำค่าที่อ่านได้ไปทำการคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศ จากสมการ {12}

$$\dot{m}_a = 2.23 \times 0.5 \times H \quad m^3/hr \qquad (2\text{-}3)$$

เมื่อ H = ค่าที่อ่านได้จาก manometer, mm

ในอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศนี้จะมี Heaterติดอยู่ด้วย เพื่อทำหน้าที่อุ่นอากาศก่อนเข้าสู่ท่อไอดีในขณะที่เริ่มสตาร์ทเครื่องยนต์ เพื่อช่วยให้เครื่องยนต์ติดง่ายยิ่งขึ้น

(จ). เครื่องควบคุมการทำงานของระบบ(controller & switch panel)

เครื่องนี้ได้รวบรวมอุปกรณ์ควบคุมการทำงานส่วนต่าง ๆของเครื่องยนต์เข้าไว้ด้วยกัน เพื่อให้ง่ายสำหรับการควบคุมขณะที่ทำงาน ซึ่งได้แก่ การสตาร์ทเครื่องยนต์ เดินปั๊มน้ำมันเครื่อง ปั๊มน้ำหล่อเย็น การเพิ่มภาระ(load)ให้กับเครื่องยนต์ การอุ่นอากาศ อุ่นน้ำมันเครื่อง เป็นต้น ดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.7

(ฉ). เครื่องวิเคราะห์ไอเสีย(gas analyzer)

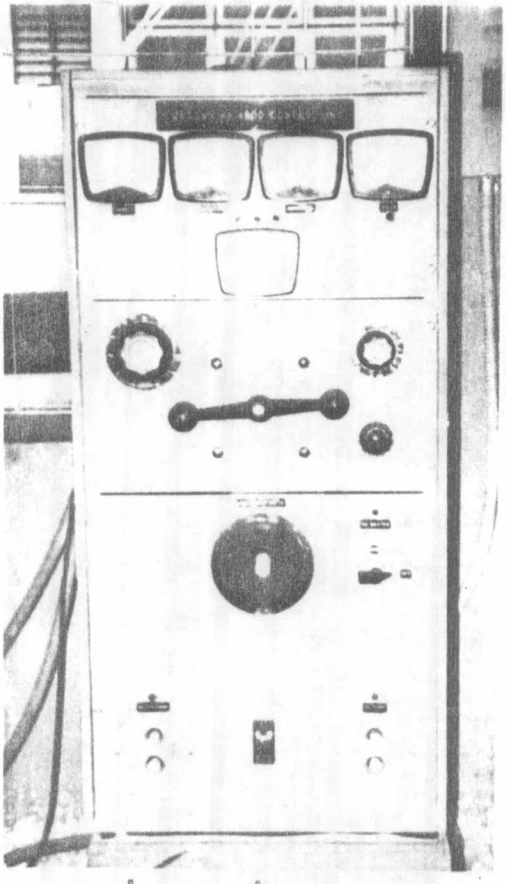
การวิเคราะห์ไอเสียจากเครื่องยนต์ใช้ Vehicle Emission CO-HC Analyzer (Steward-Warner Infrared Gas Analyzer) แบบ Non-dispersive infrared ray (NDIR) ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ในการวัดปริมาณของไฮโดรคาร์บอน(HC)จะวัดเป็น ppm(part per million) ซึ่งมีช่วงในการวัดคือ 0-500 และ 0-2 000 ppm และวัดปริมาณของคาร์บอนมอนน็อคไซด์(CO)เป็น % มีช่วงในการวัดคือ 0-1.5 และ 0-10 % รายละเอียดของเครื่องวัดนี้ดูได้จากภาคผนวก ก

(ช). เครื่องวัดปริมาณควัน(smoke meter)

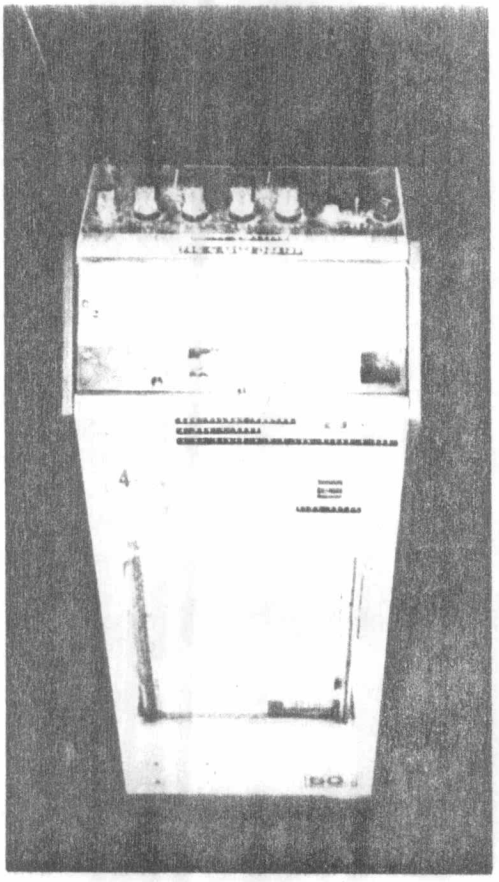
เครื่องวัดปริมาณควันที่ใช้เป็นของ BOSCH ชนิด EFAW 68A ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ใช้วัดความเข้มของควันเปรียบเทียบกันเป็นตัวเลขของ BOSCH(Bosch no.) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0-10 ในการวัดจะใช้กระดาษซับแก๊สจากไอเสีย แล้วนำมาผ่านลำแสงเพื่ออ่านค่า โดยค่าที่อ่านมาได้นั้นเรียกเป็น Bosch no. ตามมาตราฐานของ BOSCH ค่าความเข้มของควันสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลนั้นไม่ควรจะเกิน 5.5 Bosch no.{2}

(ซ). การหล่อเย็นของเครื่องยนต์(cooling)

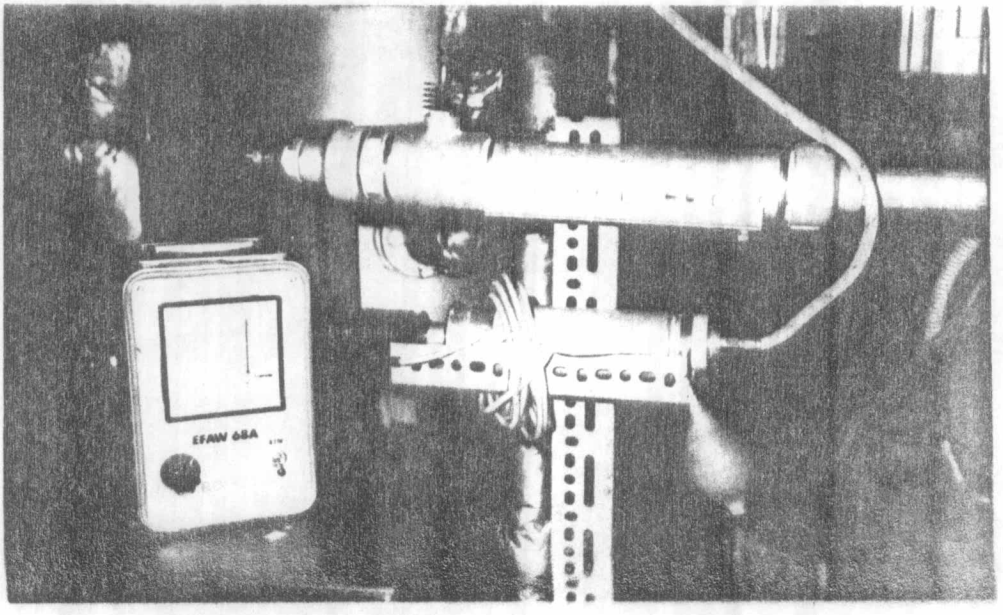
การหล่อเย็นของเครื่องยนต์นี้ใช้แบบระบบปิด(closed system)คือให้น้ำจากถังพักไหลเวียนเข้าหล่อเย็นเครื่องยนต์ด้วยปั๊มน้ำ แล้วไหลออกเข้าสู่ถังพักเพื่อให้ไหลกลับไปใหม่อีก ตรงบริเวณถังพักจะมี Heat Exchanger ทำหน้าที่ช่วยควบคุมอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นไม่ให้สูงเกินความต้องการ และเนื่องจากการหล่อเย็นเป็นระบบปิดนี้เอง จึงทำให้อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นคงที่ ซึ่งจากการ



รูปที่ 2.7 เครื่องควบคุมการทำงาน



รูปที่ 2.8 เครื่องวิเคราะห์ไอเสีย

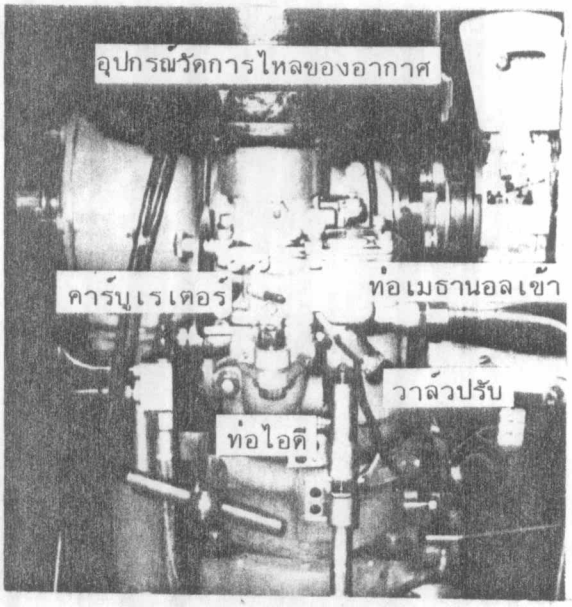


รูปที่ 2.9 เครื่องวัดปริมาณควัน

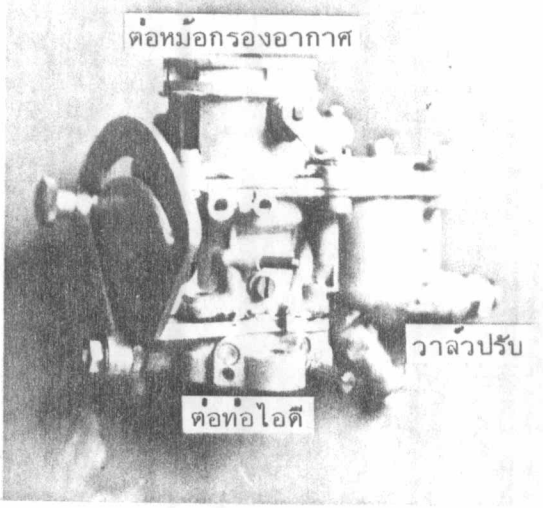
วัดจะได้อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นเท่ากับ 1 687.2 ลิตรต่อชั่วโมง

(ฌ). คาร์บูเรเตอร์(carburettor)

ในการป้อนเมธานอลเข้าสู่เครื่องยนต์ เพื่อให้เมธานอลแตกกระจายเป็นละอองละเอียดและรวมตัวกับอากาศได้ดีก่อนจะเผาไหม้ จึงใช้คาร์บูเรเตอร์ป้อน และควบคุมปริมาณการไหลของเมธานอลอีกด้วย เพราะง่ายและสะดวก ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้คาร์บูเรเตอร์ที่ใช้สำหรับเครื่องยนต์เบนซินของเครื่องยนต์นี้เองเพราะมีอยู่แล้ว เป็นของ Zenith แบบ WIP 36 มีขนาดโช๊ค (choke size) 26 มม ติดตั้งไว้ที่บริเวณท่อไอดี ดังแสดงในรูปที่ 2.10 (ก). การควบคุมปริมาณการไหลของเมธานอลเข้าเครื่องยนต์ให้มากหรือน้อย บังคับโดยปรับรูทางเดินของเมธานอลให้โตและเล็กตามความต้องการด้วยวาล์วปรับ(ดังรูปที่ 2.10) สำหรับการหาขนาดของคาร์บูเรเตอร์ได้กล่าวเอาไว้ในภาคผนวก จ



(ก).แสดงการติดตั้งคาร์บูเรเตอร์



(ข). คาร์บูเรเตอร์

รูปที่ 2.10 คาร์บูเรเตอร์ที่ใช้สำหรับทดลอง

การเตรียมการทดลอง

เครื่องยนต์ที่ใช้สำหรับการทดลองนี้ แต่เดิมใช้ทดลองเป็นเครื่องยนต์เบนซินอยู่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องทำการเปลี่ยนเป็นเครื่องยนต์ดีเซลและปรับแต่งให้อยู่ในสภาพที่ดี แต่เนื่องจากเครื่องยนต์นี้ยังมิได้เคยใช้เป็นเครื่องยนต์ดีเซลเลยนับตั้งแต่ซื้อมา ไม่ใคร่มีผู้คุ้นเคยแม้ผู้วิจัยเองก็ไม่มีความชำนาญดีพอ ประกอบกับคู่มือ อุปกรณ์ต่าง ๆก็ไม่ค่อยจะครบถ้วนนัก จึงเป็นปัญหาและทำให้เสียเวลามากมายในการเปลี่ยนแปลงและปรับแต่งเครื่องยนต์นี้ อย่างไรก็ดีผู้วิจัยก็ได้ทำการปรับแต่งเครื่องยนต์จนสามารถใช้ทำการทดลองได้ แม้ว่าเครื่องยนต์จะไม่สมบูรณ์ 100 % ก็ตาม

ปัญหาอันหนึ่งที่ทำให้การปรับแต่งเครื่องยนต์ต้องใช้เวลามากก็คือ การตั้งมุมฉีดน้ำมันที่ถูกต้อง ซึ่งถ้าตั้งมุมฉีดไม่ดีแล้ว เครื่องยนต์จะกำลังตก และมีควันมาก ในการตั้งครั้งนี้ต้องเปลี่ยนอุปกรณ์บางชิ้นให้เหมาะสม และวัดมุมฉีดน้ำมันด้วยเครื่องวัดมุมฉีดโดยเฉพาะเรียกว่า"Injection Timing Light" ซึ่งจากการปรับและวัดจนเครื่องยนต์ประสิทธิภาพดี ได้มุมฉีดน้ำมันที่ 32 องศาก่อนศูนย์ตายบน

อุปกรณ์สำหรับใช้ป้อนเมธานอลซึ่งเพิ่มเติมจากอุปกรณ์ที่มีอยู่ ก็ได้ออกแบบและติดตั้งโดยใช้คาร์บูเรเตอร์ที่ใช้สำหรับเครื่องยนต์เบนซินเดิมมาใช้ และต่อเข้าที่ท่อไอดี อุปกรณ์วัดความลื่นเปลืองของเมธานอลทำขึ้นใหม่ต่างหาก(ดังที่กล่าวมาแล้ว) ทำให้การวัดแยกออกอย่างอิสระจากการวัดปริมาณน้ำมันดีเซล โดยอาศัยหลักการเดียวกับอุปกรณ์วัดความสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและได้ทำการปรับแต่งให้ใช้งานได้ดี

2.2 การทดลอง

เมื่อปรับแต่งเครื่องยนต์และอุปกรณ์วัดต่าง ๆให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะใช้งานได้แล้ว ก็เริ่มทำการทดลองโดยการอุ่นเครื่องยนต์สักชั่วระยะหนึ่งเพื่อให้เครื่องยนต์ Steady รักษาอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องให้เหมาะสม รักษาอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นให้พอเหมาะ ในขณะเดียวกันนั้นก็อุ่นเครื่องวิเคราะห์ไอเสียจนเครื่อง Steady เช่นกัน พร้อมที่จะใช้งานได้แล้วจึงทำการทดลอง

เริ่มทำการทดลองโดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียวก่อน ปรับความเร็วของเครื่องยนต์ให้คงที่ จากนั้นก็เริ่มเพิ่มภาระให้กับเครื่องยนต์ โดยเริ่มจากน้อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆจนถึง

ภาระสูงสุดที่เครื่องยนต์จะรับได้ที่ความเร็วนั้น การทดลองลักษณะเช่นนี้เรียกว่า " การทดลองที่ความเร็วคงที่ "(constant speed test) ในการเพิ่มภาระแต่ละครั้งจะบันทึกข้อมูลต่าง ๆดังนี้

- ambient pressure and temperature
- speed
- load
- time in consuming 5 cc of fuel(diesel oil and methanol)
- pressure drop across air flow meter
- inlet and outlet temperature of cooling
- exhaust gas temperature
- exhaust gas emission(HC and CO)
- smoke

ต่อไปเดินเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันดีเซลและเมธานอลเป็นเชื้อเพลิง และให้อัตราส่วนของเชื้อเพลิงทั้งสองต่าง ๆกัน และดำเนินการทดลองเช่นเดียวกันกับเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียวเป็นเชื้อเพลิง ตามขั้นตอนดังนี้

ก. <u>หาสมรรถนะของเครื่องยนต์</u> โดยปรับกำลังขาออกต่าง ๆกัน ณ ความเร็วคงที่ และเพิ่มปริมาณเมธานอลเข้าเครื่องยนต์ตามอัตราส่วน 30, 40, 50, 60, 70, ...% โดยปริมาตร ต่อจากนั้นก็เปลี่ยนความเร็วใหม่ ซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้ความเร็วที่ 1 000, 1 500, 2 000, 2 500,และ 3 000 รอบต่อนาที

ข. <u>วิเคราะห์ไอเสียที่ออกจากเครื่องยนต์</u> ใช้อุปกรณ์ NDIR GAS ANALYZER วิเคราะห์ปริมาณ HC และ CO ออกมา ระหว่างการทดลอง โดยที่ความเร็ว ภาระ และอัตราส่วนของเชื้อเพลิงทั้งสองต่าง ๆกัน ในขณะทำการทดลองก็วัดความเข้มของควันจากไอเสียด้วยเครื่องวัดปริมาณควัน เพื่อเปรียบเทียบดูผลเมื่อใช้เชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน

ค. <u>หาสมดุลย์พลังงาน</u> โดยเปรียบเทียบผลของการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงและการสูญเสียพลังงานในรูปต่าง ๆ เช่น การสูญเสียไปกับไอเสีย การสูญเสียไปกับการหล่อเย็น เป็นต้น เมื่อใช้น้ำมันดีเซลและเมธานอลในอัตราส่วนต่าง ๆกัน เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขเครื่องยนต์ให้มีสมรรถนะดีขึ้น