บทที่ 5
การทดสอบ

5.1 ข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์, เครื่องยนต์และเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ

5.1.1. เครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่ใช้สำหรับทดสอบในวิทยานิพนธ์เรื่องนี้มีอยู่ทั้งหมด 3 เครื่องยนต์ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.1 ดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงรายละเอียดของเครื่องยนต์ต่างๆ ที่นำมาทดสอบ

รายละเอียด	เครื่องยนต์		
ยี่ห้อของเครื่องยนต์	Toyota	Toyota	Mitsubishi
รุ่นของเครื่องยนต์	4A-FE	3E	G32B
ขนาด	1587 cc.	1498 cc.	1597 cc.
ลักษณะ	DOHC 16 valve	SOHC 12 valve	DOHC 12 valve
กำลังสูงสุด (net)	85 kW/6000 rpm.	65 kW/6000 rpm.	79 kW/5500 rpm.
แรงบิดสูงสุด (net)	147 N.m/5200 rpm.	122 N.m/3600 rpm.	127.5 N.m/3500 rpm.
ระบบจ่ายเชื้อเพลิง	หัวฉีด EFI	คาร์บูเรเตอร์	คาร์บูเรเตอร์

5.1.2. ไดนาโมมิเตอร์

เครื่องมือที่ใช้วัดแรงบิดที่ส่งออกมาจากเครื่องยนต์ในงานวิจัยนี้ ได้ใช้ Froude Hydraulic Dynamometer ซึ่งเป็น Fluid Dynamometer และจัดอยู่ในจำพวก Absorption Dynamometer ของบริษัท Heenan-Froude รุ่น DPX-2 ความเร็วรอบสูงสุด 7500 rpm. โดยมีอุปกรณ์วัดความเร็วรอบการหมุนอยู่ภายในตัว โดยวิธีการวัดแรงบิดทำได้โดย อ่านค่าน้ำหนักที่ถ่วงที่ปลายแขนเบรคของไดนาโมมิเตอร์ ซึ่งอ่านค่าได้จากตาชั่งสปริง ซึ่งอ่านค่าได้ตั้งแต่ 0-75 kg. และมีค่า Resolution เท่ากับ 0.1 kg.

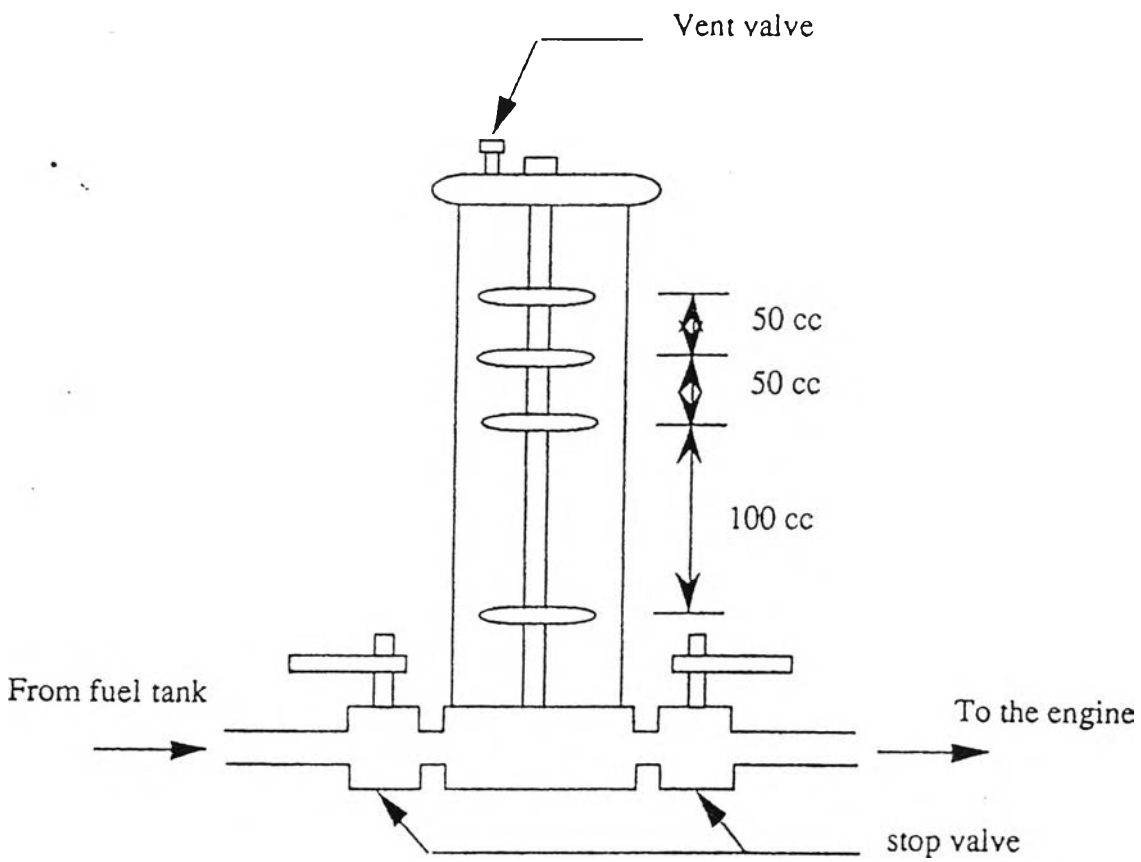
5.1.3 เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ

อุปกรณ์ที่ใช้วัดอัตราการไหลของอากาศในงานวิจัยนี้ คือ Tank and Orifice ซึ่ง แผ่น Orifice มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 48 มิลลิเมตร และใช้หลอดแก้วรูปตัวยู (U-tube) วัดความดันที่ตกลงระหว่างที่อากาศไหลผ่านแผ่น Orifice ซึ่งมีช่วงการวัด 0-18 inch.H_2O และมีค่า Resolution 0.1 inch.H_2O วัดซึ่งของเหลวที่ใช้ในหลอดแก้วรูปตัวยูคือ น้ำ ซึ่งสามารถวัดอัตราการไหลของอากาศได้จากสูตรต่อไปนี้

$$m_{air} = C_d . A_o . \sqrt{2g . \rho_w \Delta H . \rho_{air}} \ ,(\text{kg/s})$$

5.1.4 เครื่องวัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิง

เครื่องมือที่ใช้วัดอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงมีลักษณะดังรูปที่ 5.1 ซึ่งเป็นหลอดแก้วตั้งตรงในแนวดิ่ง ภายในจะมีระดับบอกปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งจะต้องใช้ร่วมกับนาฬิกาจับเวลาการใช้เชื้อเพลิง สามารถวัดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงได้คือ 50 cc., 100 cc., 150 cc.และ 200 cc. ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ทดสอบ ซึ่งสามารถวัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิงได้จากการจับเวลาการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในปริมาณเชื้อเพลิงที่กำหนด ซึ่งควรจะวัดเวลาที่ใช้อย่างน้อย 3 ครั้ง แล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 5.1 แสดงหลอดแก้วที่ใช้วัดปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

5.1.5 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ เทอร์โมคัปเปิ้ล ชนิด K (Chromel-Alumel) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิ ซึ่งช่วงของอุณหภูมิที่สามารถวัดค่าได้คือ 0-1200 ˚C โดยมีค่า Resolution 1˚C สำหรับในการทดสอบจะต้องใช้ร่วมกับ Display ซึ่งจะเป็นเครื่องมือแสดงค่าของอุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมคัปเปิ้ล ชนิด K สำหรับในงานวิจัยนี้ได้ใช้เทอร์โมคัปเปิ้ล ชนิด K สำหรับวัดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นก่อนเข้าเครื่องยนต์และหลังจากออกจากเครื่องยนต์ และใช้วัดอุณหภูมิของไอเสีย

5.1.6 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิกระเปาะแห้ง

อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่ห้องทดสอบ เป็นอุปกรณ์ของ KYS ซึ่งช่วงของอุณหภูมิที่วัดค่าได้คือ 20-50˚C โดยมีค่า Resolution 0.2˚C

5.1.7 อุปกรณ์วัดความดันบรรยากาศ

อุปกรณ์ที่ใช้วัดความดันบรรยากาศที่ห้องทดสอบคือ ANEROID BAROMETER โดยช่วงของความดันที่วัดค่าได้คือ 685-785 mm.Hg. โดยมีค่า Resolution 0.5 mm.Hg.

5.1.8 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบเครื่องยนต์

ในการทำงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไร้สารตะกั่วออกเทน 95 และน้ำมันเชื้อเพลิงไร้สารตะกั่วออกเทน 91 โดยข้อกำหนดคุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.2 เนื่องจากโดยปกติคุณภาพของน้ำมันที่ได้จากการกลั่นในแต่ละ lot การผลิตจะมีคุณภาพแตกต่างกันไป ดังนั้นการทดสอบเครื่องยนต์ในงานวิจัยนี้จึงใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการผลิต lot เดียวกัน

ตารางที่ 5.2 ข้อกำหนดคุณภาพน้ำมันเบนซินตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2538) เรื่องกำหนดคุณภาพของน้ำมัน (ที่มา : สำเนาประกาศกระทรวงพาณิชย์ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2538))

ข้อกำหนด	น้ำมันเบนซินธรรมดาไร้สารตะกั่ว	น้ำมันเบนซินพิเศษไร้สารตะกั่ว	วิธีทดสอบ
1. ค่าออกเทน -Research Octane Number (RON)	min 87.0	min 95.0	ASTM D 2699
-Motor Octane Number (MON)	min 76.0	min 84.0	ASTM D 2700
2. ธาตุตะกั่ว (กรัม/ลิตร)	max 0.013	max 0.013	ASTM D 3116 หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า
3. ธาตุกำมะถัน (% โดยน้ำหนัก)	max 0.10	max 0.10	ASTM D 2494
4. ธาตุฟอสฟอรัส (กรัม/ลิตร)	max 0.0013	max 0.0013	ASTM D 3231
5. การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (หมายเลข)	max 1	max 1	ASTM D 130
6.เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (นาที)	min 360	min 360	ASTM D 86
7. ยางเหนียว (กรัม/100 มิลลิเมตร)	max 0.004	max 0.004	
8. การกลั่น			
อุณหภูมิ °C			
- การระเหยในอัตรา 10% โดยปริมาตร	max 70	max 70	
- การระเหยในอัตรา 50% โดยปริมาตร	70-110	70-110	
- การระเหยในอัตรา 90% โดยปริมาตร	max 170	max 170	
- จุดเดือดสุดท้าย	max 200	max 200	
- กากน้ำมัน (% โดยปริมาตร)	max 2.0	max 2.0	
9. ความดันไอ ณ อุณหภูมิ 37.8°C (KPa)			
- ไม่มีสารออกซิเจนเนตเป็นส่วนผสม	max 62	max 62	ASTM D 323
- มีสารออกซิเจนเนตเป็นส่วนผสม	max 62	max 62	ASTM D 4953
10. เบนซีน (% โดยปริมาตร)	max 3.5	max 3.5	ASTM D 3606
11. สารอะโรมาติก (% โดยปริมาตร)			ASTM D 4420
- ก่อนวันที่ 1 มกราคม 2543	max 50	max 50	
- ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2543	max 35	max 35	

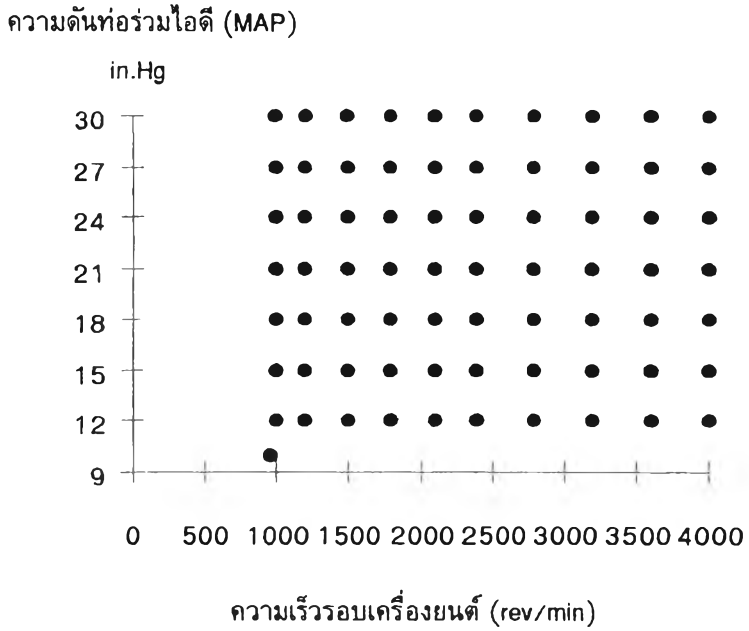
ตารางที่ 5.2 (ต่อ) ข้อกำหนดคุณภาพน้ำมันเบนซินตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2538) เรื่องกำหนดคุณภาพของน้ำมัน

(ที่มา : สำเนาประกาศกระทรวงพาณิชย์ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2538))

ข้อกำหนด	น้ำมันเบนซินธรรมดาไร้สารตะกั่ว	น้ำมันเบนซินพิเศษไร้สารตะกั่ว	วิธีทดสอบ
12. สี	แดง	เขียว	
13. น้ำ (% โดยน้ำหนัก) - ไม่มีสารออกซิเจนเนตเป็นส่วนผสม - มีสารออกซิเจนเนตเป็นส่วนผสม	ไม่มี max 0.7	ไม่มี max 0.7	ตรวจพินิจด้วยตา ASTM E 203
14. สารออกซิเจนเนต (% โดยปริมาตร)	max 11.0	5.5 - 11.0	ASTM D 4815
15. มีสารเติมแต่ง (PFI-IVDC Additive) ซึ่งมีคุณสมบัติในการทำความสะอาดหัวฉีดและวาล์วไอดี	ผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน BMW 318i	ผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน BMW 318i	
16. มีสารเติมแต่ง (Valve Seat Recession Protection Additive) ซึ่งมีคุณสมบัติในการเคลือบบ่าวาล์ว	-	-	

5.2 ขั้นตอนการทดสอบ

ในการทำงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบเครื่องยนต์เพื่อวัดสมรรถนะทั้งหมดจำนวน 3 เครื่องยนต์ ดังที่กล่าวไว้แล้วในตอนต้น และแต่ละเครื่องยนต์จะทดสอบวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 2 ชนิดด้วยกัน คือทดสอบวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไร้สารตะกั่วออกเทน 95 และน้ำมันเชื้อเพลิงไร้สารตะกั่วออกเทน 91 สำหรับการทดสอบเครื่องยนต์จะทำการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องยนต์ที่สภาวะคงที่ โดยทำการทดสอบและวัดค่าการทำงานทุกๆ จุดบนเมตริกทดสอบ ดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 แสดง จุดเมตริกทดสอบ

5.2.1 ขั้นตอนก่อนการทดสอบ

ก่อนทำการทดสอบเครื่องยนต์ทุกครั้งจะต้องตรวจเช็คความเรียบร้อยของเครื่องยนต์อย่างละเอียดทุกครั้งดังนี้

1. ตรวจเช็คจุด support ของเครื่องยนต์โดยดูว่าน๊อตไม่คลายตัว โครงสร้างไม่มีรอยร้าวหรือรอยเชื่อมชำรุด

2. ตรวจเช็คระดับน้ำมันเครื่องและระดับน้ำหล่อเย็นในหม้อน้ำ

3. ตรวจเช็คความดันการไหลของน้ำในท่อทางเข้าไดนาโมมิเตอร์ไม่ให้ต่ำกว่า 25 psi

4. สตาร์ทเครื่องยนต์และปล่อยให้เครื่องยนต์ทำงานอยู่เป็นระยะหนึ่งเพื่อให้อุณหภูมิของเครื่องยนต์และอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นอยู่ในสภาวะคงที่

5.2.2 ขั้นตอนขณะทดสอบ

หลังจากที่ได้เตรียมความพร้อมของเครื่องยนต์แล้ว ขั้นตอนการทดสอบในแต่ละจุดเมตริกซ์ทดสอบมีดังนี้

1. ปรับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ พร้อมกับปรับภาระของเครื่องยนต์โดยปรับแรงเบรคของไดนาโมมิเตอร์ เพื่อให้ได้ค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์และค่าความดันท่อร่วมไอดีที่ต้องการ

2. เมื่อการทำงานของเครื่องยนต์อยู่ในสภาวะที่กำหนดแล้วจึงจดบันทึกค่าต่างๆ ดังนี้

- อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นก่อนเข้าเครื่องยนต์
- อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นหลังออกจากเครื่องยนต์
- อุณหภูมิแก๊สไอเสีย
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศในห้องทดสอบ
- ความดันบรรยากาศในห้องทดสอบ
- น้ำหนักที่ถ่วงที่ปลายแขนของไดนาโมมิเตอร์ (ใช้คำนวณหาแรงบิด)
- จับเวลาที่เครื่องยนต์บริโภคน้ำมัน 50 cc. หรือ 100 c.c. แล้วแต่ความเหมาะสม วัด 3 ครั้ง แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ย (นำไปใช้คำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง)
- ความแตกต่างความสูงของระดับน้ำที่เกิดจากการไหลของอากาศขณะไหลผ่านแผ่น Orifice (นำไปใช้คำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองอากาศ)

3. เมื่อบันทึกค่าต่างๆ ครบทุกค่าแล้ว เริ่มการทดลองที่จุดทดสอบอื่นๆ ต่อไป โดยทำซ้ำจากข้อ 1 และข้อ 2 อีกครั้งจนครบทุกจุด

4. นำผลที่ได้จากการทดลองมาปรับเทียบกับสภาวะอุณหภูมิ, ความดันและความชื้นสัมพัทธ์มาตรฐานที่ p_r = 100 kPa , Air temperature T_r = 300 K , Relative humidity ϕ_r =60% ตามมาตรฐานการทดสอบเครื่องยนต์ของสำนักงานมาตรฐานออสเตรเลีย ; AS 2789.1-1985