บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

3.1 การวัดคุณสมบัติน้ำมัน

น้ำมันพืชที่นำมาทดสอบจะนำมาหาค่าความหนาแน่นและความหนืดในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 40-100°C แล้วนำค่าที่ได้มาพล๊อตกราฟความหนืดและความหนาแน่นเทียบกับอุณหภูมิแล้วหาสมการทำนายในช่วงอุณหภูมิที่ทำการทดสอบและนำสมการที่ได้มาเพื่อใช้ในการประเมินหาสมรรถนะของเครื่องยนต์

3.1.1 การวัดความหนาแน่น

การหาค่าความหนาแน่นทำได้โดยนำขวดแก้วที่ทราบปริมาตรและน้ำหนัก นำน้ำมันพืชเทลงในขวดแก้วแล้วนำไปชั่งน้ำหนักจากนั้นนำคำนวณหาความหนาแน่น การทดสอบจะทำตามมาตราฐานการทดสอบ ASTM D1298 แล้วนำค่าที่ได้ไปพล๊อตกราฟหาสมการของความหนาแน่นที่เป็นสัดส่วนของอุณหภูมิของน้ำมัน

3.1.2 การวัดความหนืด

การหาค่าวัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืดแบบ Saybolt universal viscosity จะทำได้โดยนำน้ำมันพืชเทลงไปในช่องทดสอบ ให้ความร้อนกับน้ำมันพืช เมื่อถึงอุณหภูมิทดสอบแล้วปล่อยน้ำมันลงในขวดที่วัดปริมาตรและจับเวลาที่ใช้ในการทดสอบเมื่อระดับน้ำมันถึงขีดบอกระดับโดยทดสอบตามมาตราฐานการทดสอบ ASTM D445 แล้วนำค่าที่ได้ไปพล๊อตกราฟหาสมการของความหนืดที่เป็นสัดส่วนของอุณหภูมิของน้ำมัน (McDonald and Fox, 1994)

3.2 การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันพืช

น้ำมันพืชดิบที่ได้จากการบีบอัดและสกัดจากผลของพืชน้ำมัน น้ำมันดิบจะมีส่วนประกอบที่ไม่ใช่น้ำมันอยู่เป็นส่วนน้อย ดังนั้นส่วนที่ควรจะลดปริมาณลงเนื่องจากเมื่อนำไปใช้ในเครื่องยนต์

มีกรดไขมันอิสระ ยางเหนียว ความชื้น ซึ่งทำให้เครื่องยนต์สึกหรอเมื่อเกิดการเผาไหม้และจะเกาะตัวเป็นก้อนที่หัวฉีดทำให้น้ำมันกระจายได้น้อยลง ประสิทธิภาพการเผาไหม้ลดลงด้วย

3.2.1 กระบวนการลดปริมาณยางเหนียว

เทน้ำมันพืชดิบลงในถังแล้วให้ความร้อนให้ถึงอุณหภูมิ 70°C แล้วเติมน้ำประมาณ 4% โดยปริมาตรของน้ำมันพืชและเปิดมอเตอร์กวนน้ำมันเป็นเวลา 30 นาที (Indira et al., 2000) หลังจากนั้น เติมกรดฟอสฟอริคเข้มข้น 2% ปริมาณ 10% โดยปริมาตรของน้ำมันพืช โดยกวนน้ำมันเป็นเวลา 30 นาที กัมหรือยางเหนียวจะรวมตัวกันตกอยู่ข้างล่างถังบรรจุน้ำมันพืช (Smiles et al. ,1988)

3.2.2 กระบวนการลดปริมาณกรดไขมันอิสระ

ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันพืช หาได้จากการไทเทรตน้ำมันพืช โดยค่าที่ได้จะนำมาหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ จากนั้นนำน้ำมันพืชที่ลดปริมาณกัมแล้วและอุ่นมีอุณหภูมิประมาณ 70°C ผสมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในน้ำมันพืช และเปิดมอเตอร์กวนน้ำมันเป็นเวลา 15 นาที จะทำให้เกิดสบู่ขึ้น ซึ่งจะเติมน้ำอุ่นที่อุณหภูมิประมาณ 80°C ประมาณ 10% ลงในน้ำมันเพื่อล้างสบู่ออก

3.3.3 การลดความชื้น

นำน้ำมันพืชที่ลดความเป็นกรดแล้วมาอุ่นที่อุณหภูมิประมาณ 90-100°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำน้ำมันมาตั้งทิ้งไว้จนเย็นลงจึงนำไปใช้ทดสอบ

3.3 การทดสอบหาอัตราการเผาไหม้จากแบบจำลองทรงกลม

การทดสอบหาอัตราการเผาไหม้ของน้ำมันที่เคลือบบนทรงกลม โดยจะเผาน้ำมันที่เคลือบบนผิวของทรงกลม ดังแสดงในรูป 3.5 และมีการควบคุมความเร็วลมที่ผ่านหน้าตัดของทรงกลมที่กำลังลุกติดไฟ โดยทดสอบที่ส่วนหน้าตัดทดสอบของอุโมงค์ลม

3.3.1 ชุดอุปกรณ์การทดสอบหาอัตราการเผาไหม้

ก. แบบจำลองทรงกลม

เป็นทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. โดยใช้สเตนเลสเป็นวัสดุ มีท่อเชื่อมต่ออยู่ทางด้านล่างทรงกลมเพื่อค้ำยันทรงกลมและเป็นท่อส่งน้ำมันไปที่รูระบายน้ำมันที่อยู่ด้านบน

ของทรงกลม โดยเป็นทรงกลมกลวงที่ให้น้ำมันล้นจากด้านบนแล้วเคลือบเป็นฟิลม์รอบทรงกลม แสดงในรูป 3.1

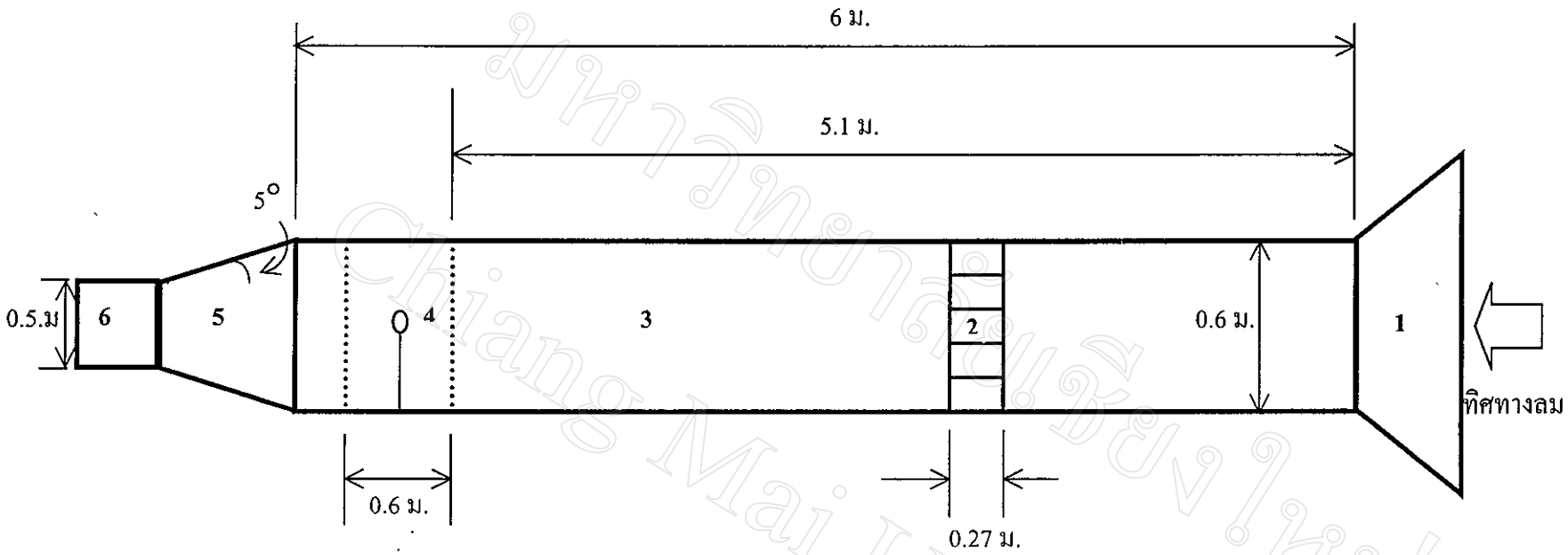
ข. อุโมงค์ลมขนาดเล็ก

ติดตั้งทรงกลมที่ส่วนทดสอบของอุโมงค์ที่มีขนาดหน้าตัด 0.6 × 0.6 เมตร แสดงดังรูป 3.2 ซึ่งที่ส่วนหน้าตัดที่ใช้ทดสอบหาอัตราการเผาไหม้จะมีการกระจายของความเร็วลมประมาณ ± 5% บนหน้าตัด 0.55 × 0.55 เมตร ปรับเปลี่ยนความเร็วของอากาศภายในได้ในช่วง 1-3.5 เมตรต่อวินาที โดยปรับความถี่ที่อินเวอร์เตอร์ ความเร็วที่ใช้ในการทดสอบการเผาไหม้ประมาณ 1-3 เมตรต่อวินาที ใบพัดของอุโมงค์ลมมีใบจำนวน 6 ใบและใบพัดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 เมตร อุโมงค์ลมมีส่วนประกอบดังรูป 3.3

รูป 3.1 ทรงกลมสำหรับใช้ทดสอบหาอัตราการเผาไหม้

รูป 3.2 ส่วนทดสอบหาอัตราการเผาไหม้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



รูป 3.3 ส่วนประกอบอุโมงค์ลม(ANSI/AMCA Standard 210-85 ANSI/ASHRAE Standard 51-1985, 1985)

แสดงรายละเอียดส่วนประกอบอุโมงค์ลม

1 ส่วนทางเข้า (Throttling device)
2 ส่วนบังคับทิศทางลม (Straightener)
3 อุโมงค์ลม (Wind tunnel)
4 หน้าตัดทดสอบ (Working section)
5 ส่วนหน้าตัดลด (Transformation piece)
6 ใบพัดพร้อมมอเตอร์ (Fan and motor)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ค. อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

เป็นผลิตภัณฑ์ของ Plint เป็นหลอดแก้วที่ใช้วัดปริมาตรขนาด 25, 25, 50 ซีซี แสดงในรูป 3.4 การวัดจะให้น้ำมันไหลเข้าในหลอดแก้วแล้วปิดวาล์วน้ำมันแล้วจะปล่อยให้น้ำมันไหลผ่านทางออก บันทึกเวลาที่ใช้น้ำมันโดยใช้นาฬิกาจับเวลาที่น้ำมันไหลผ่าน spacer ในแต่ละช่อง แล้วนำมาหาอัตราการใช้น้ำมัน

ง. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

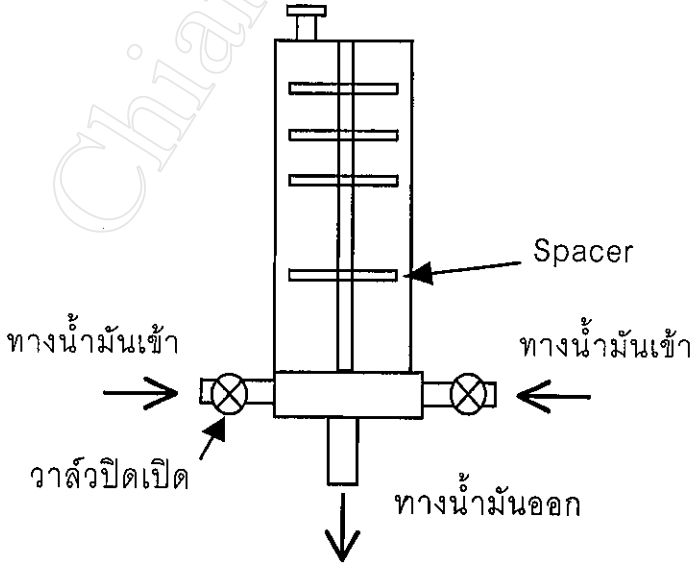
ดาต้าล็อกเกอร์ (Datalogger) เป็นผลิตภัณฑ์ของ Eurotherm chessel แสดงดังรูป 3.5 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้อ่านค่าอุณหภูมิ โดยใช้สายเทอร์โมคัปเปิล (thermocouple) ชนิด K ความละเอียดในการวัด $\pm 3^{\circ}C$ โดยจะวัดอุณหภูมิที่ผิวทรงกลม เปลวไฟ ท่อน้ำมันล้น และอากาศภายในอุโมงค์ลม

จ. อุปกรณ์วัดความเร็วลม

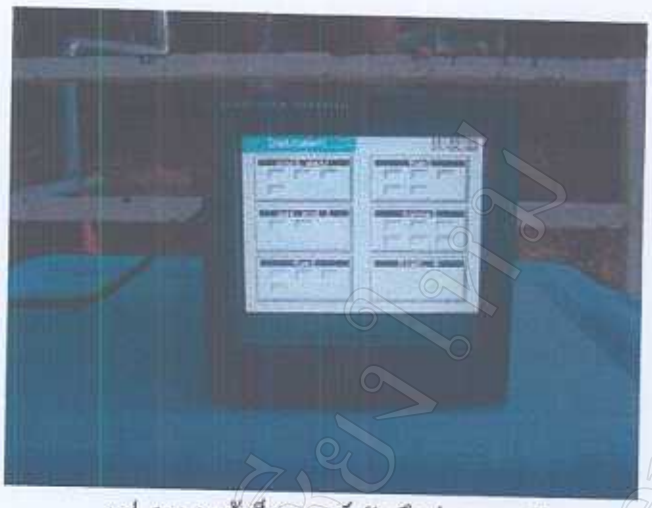
โดยใช้ Hot wire เป็นผลิตภัณฑ์ของ TSI ใช้วัดความเร็วลมบนพื้นที่หน้าตัดที่ทำการทดสอบ มีหน่วยในการวัดเป็นเมตรต่อวินาที รูป 3.6

ฉ. อินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ โดยปรับเปลี่ยนค่าความถี่ที่อินเวอร์เตอร์จะทำให้การจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์เปลี่ยนแปลง ความถี่จะปรับได้ตั้งแต่ 0-60 รอบต่อวินาที โดยจ่ายกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 2 แอมป์ ภาครับไฟฟ้าขนาด 220 โวลท์ และภาคจ่ายไฟฟ้าขนาด 380 โวลท์ ที่ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า ใช้ไฟ 3 เฟส 380 โวลท์ แสดงดังรูป 3.7



รูป 3.4 หลอดแก้ววัดปริมาตร



รูป 3.5 ดาต้าล็อกเกอร์ บันทึกค่าอุณหภูมิ

รูป 3.6 Hot wire ใช้วัดความเร็วลม

รูป 3.7 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

3.3.2 ลักษณะการทดสอบ

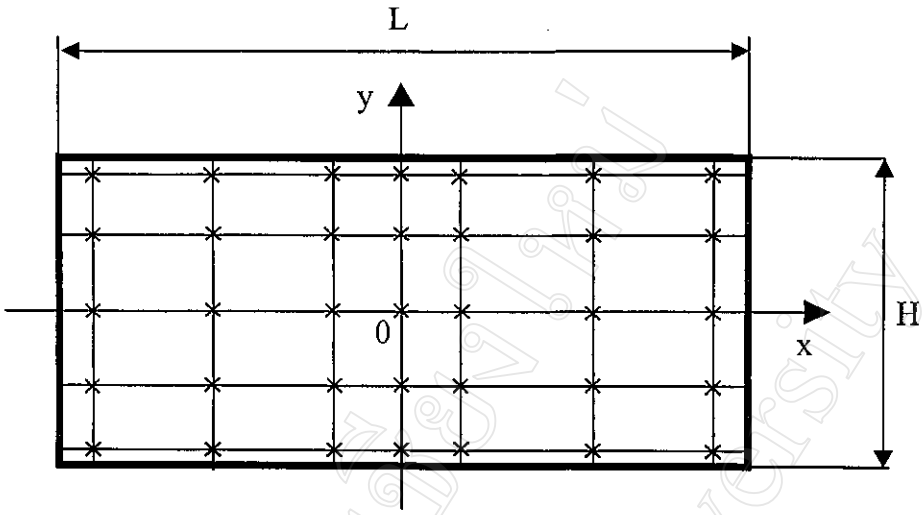
ทำการทดสอบในอุโมงค์ลมโดยใช้ความเร็วในการทดสอบประมาณ 3 ค่า โดยควบคุมความเร็วของลมให้มีค่าประมาณ 1, 2 และ 3 เมตรต่อวินาที ในการทดสอบจะปรับการจ่ายน้ำมันให้ไหลล้นทรงกลมและมีน้ำมันเคลือบผิวทรงกลมบางๆ ซึ่งยังคงทำให้มีเปลวไฟติดอยู่ และไม่เกิดควันดำมาก โดยใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง มาทำการทดสอบ

3.3.3 ค่าที่บันทึก

บันทึกความเร็วลมที่ใช้ทดสอบในอุโมงค์ที่ส่วนหน้าตัดทดสอบ อุณหภูมิที่ท่อส่งน้ำมัน รูระบายน้ำมันบนทรงกลม ผิวทรงกลมและเปลวไฟ บันทึกเวลาของปริมาณการใช้น้ำมันในแต่ละการทดสอบ โดยทำการทดสอบซ้ำประมาณ 3 ครั้งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าการทดสอบที่ใช้นำมาเทียบกับการคำนวณอัตราการเผาไหม้จากสมการถ่ายเทมวล

3.3.4 วิธีการวัดความเร็วในอุโมงค์ลม

ติดตั้งมอเตอร์และอินเวอร์เตอร์เข้ากับใบพัดแล้วจ่ายไฟให้กับอินเวอร์เตอร์และมอเตอร์ปรับความถี่ที่อินเวอร์เตอร์เพื่อปรับรอบของมอเตอร์ การวัดความเร็วจะทำที่หน้าตัดทดสอบก่อนถึงทรงกลมที่ใช้ทดสอบ โดยวัดตามหน้าตัดขวางตามวิธีการทดสอบหาความเร็วลมในหน้าตัดสี่เหลี่ยมตามแบบ Log – Techbycheff (ISO Standard handbook 15, 1983) โดยแบ่งจุดแยกตามแนวแกน 2 แกนดังนี้ จุดวัดบนแนวแกน x มีแถวละ 7 จุดและแกน y มีคอลัมน์ละ 5 จุด โดยจะวัดความเร็วลมตามจุดในรูป 3.8 และตำแหน่งของการวัดได้จากตาราง 3.1 การวัดจะวัดจุดละ 3 ค่า แล้วนำค่าความเร็วลมที่ได้เฉลี่ยมาหาเป็นความเร็วลมของแต่ละจุดในหน้าตัด



รูป 3.8 แสดงจุดที่วัดความเร็วลม (ISO Standard handbook 15, 1983)

ตาราง 3.1 สัดส่วนระยะของจุดสำหรับวัดความเร็วลมตามแบบ Log – Techbycheff (ISO Standard handbook 15, 1983)

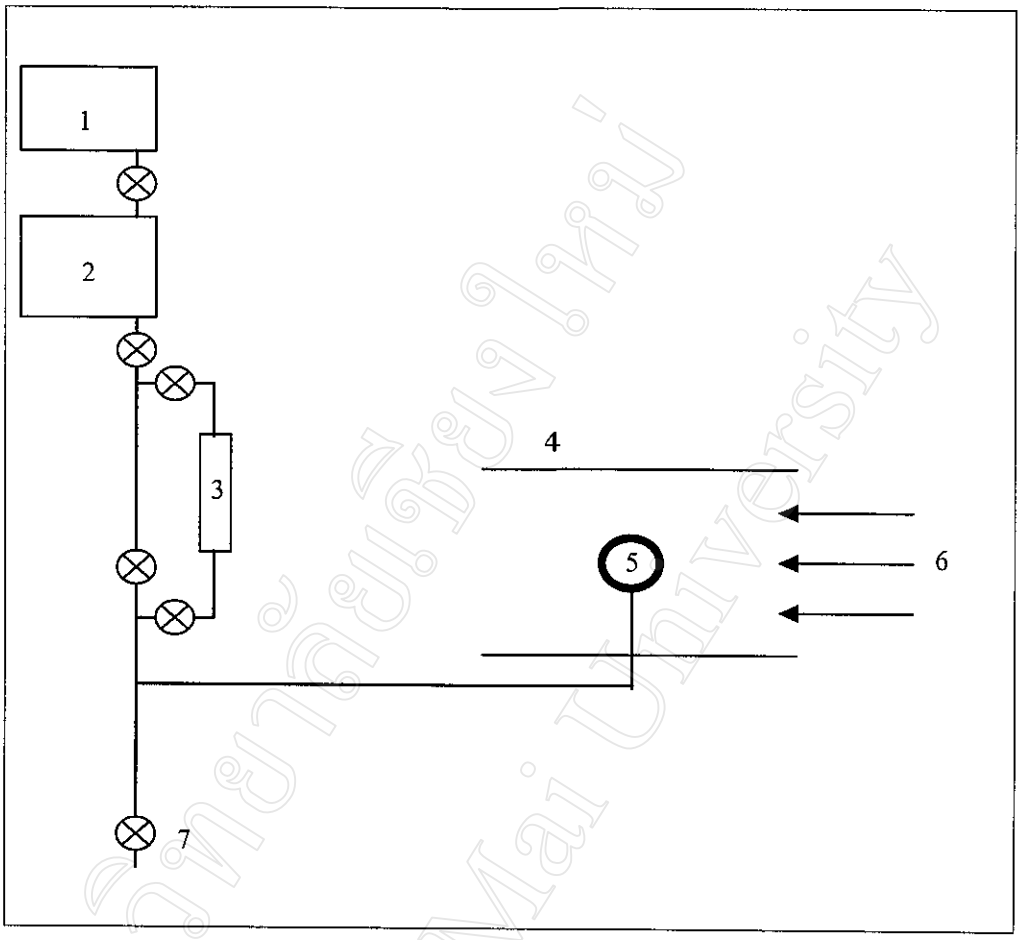
จำนวนจุดที่วัด	Values of X_i/L or Y_i/H			
5	0	±0.212	±0.426	
6	±0.063	±0.265	±0.439	
7	0	±0.134	±0.297	±0.447

3.3.5 วิธีการทดลองหาอัตราการเผาไหม้

ติดตั้งทรงกลมที่ใช้ทดสอบที่ส่วนหน้าตัดทดสอบในอุโมงค์ลม ดังรูป 3.9 ที่แสดงชุดทดสอบการเผาไหม้ เริ่มการทดสอบโดยเปิดวาล์วน้ำมันดีเซลและรอให้น้ำมันไหลอาบทรงกลมแล้วจุดไฟที่ทรงกลมให้ติดซึ่งจะต้องรอจนอุณหภูมิของทรงกลมสูงพอที่จะทำให้น้ำมันที่เคลือบเป็นฟิลม์อยู่ระเหยกลายเป็นไอแล้วลุกติดไฟ ซึ่งจะให้ความร้อนจนถึงจุดลุกติดไฟของน้ำมันที่มีอุณหภูมิต่างกันตามชนิดของน้ำมันที่ทดสอบ เมื่อเปลวไฟติดรอบๆ ทรงกลมแล้ว ปรับความถี่ที่อินเวอร์เตอร์ให้มีความเร็วลมที่หน้าตัดทดสอบหน้าทรงกลมมีความเร็วลมที่จะใช้สำหรับทดสอบแล้วจะปรับวาล์วน้ำมันให้จ่ายน้ำมันให้พอเหมาะกับการเผาไหม้ โดยมีเปลวไฟลุกที่ผิวรอบๆ ทรงกลมเท่านั้น ซึ่งจะปรับไม่ให้มีน้ำมันไหลล้นผ่านเลยทรงกลมมากจนไปที่ก้านยึดทรงกลมซึ่งจะทำให้มีเปลวไฟลุกติดที่ก้านยึดทรงกลม โดยจะปรับวาลว์ให้การเผาไหม้ที่ได้ไม่เกิดควันดำมากซึ่งสังเกตได้จากควันที่ถูกดูดออกมาที่ด้านหลังของใบพัดที่ปล่อยสู่นอกอุโมงค์ลม แล้วรอให้การเผาไหม้คงที่โดยเมื่อปรับวาลว์น้ำมันได้แล้วจะรอประมาณสักครู่ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของเปลวไฟที่ทรงกลม ถ้ายังคงลุกไหม้ต่อไปได้และเป็นไปตามที่กล่าวมาข้างต้นก็จะเริ่มบันทึกเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้น้ำมันที่ผิวทรงกลม เมื่อทดสอบความเร็วลมแรกเสร็จแล้วให้ปรับความถี่ที่อินเวอร์เตอร์ให้ได้ความเร็วลมที่ค่าทดสอบถัดไป แล้วทำการทดสอบเหมือนข้างต้น จากนั้นเปลี่ยนการทดสอบจากน้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันปาล์ม โดยนำน้ำมันปาล์มเทใส่ในถังจากนั้นอุ่นน้ำมันจนถึงอุณหภูมิที่ใช้ทดสอบแล้วจึงจ่ายน้ำมันไปที่ทรงกลมทดสอบ ให้น้ำมันไหลเคลือบเป็นฟิลม์บางรอบทรงกลม จากนั้นจุดไฟที่ทรงกลมให้ติดแล้วปรับวาลว์น้ำมันให้การเผาไหม้ได้สภาวะที่เหมาะสมซึ่งทำการทดสอบเหมือนน้ำมันดีเซลซึ่งเมื่อทดสอบจะอุ่นน้ำมันพืชให้ได้ทุกอุณหภูมิที่ใช้ทดสอบแล้วจึงเปลี่ยนเป็นน้ำมันถั่วเหลืองซึ่งจะทำตามขั้นตอนดังข้างต้น

3.3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์

นำปริมาณการใช้น้ำมันกับเวลาที่ใช้มาคำนวณหาอัตราการเผาไหม้บนทรงกลมซึ่งการแสดงผลจะแยกตามความเร็วลมและชนิดของน้ำมัน สำหรับน้ำมันพืชให้นำข้อมูลอัตราการเผาไหม้มาพล็อตกราฟเทียบกับค่าของความเร็วลมที่แต่ละอุณหภูมิของน้ำมันพืช ส่วนการเปรียบเทียบอัตราการเผาไหม้ของน้ำมันแต่ละชนิดจะนำข้อมูลจากการทดสอบของน้ำมันดีเซล น้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลืองที่อุณหภูมิประมาณ 40°C มาเปรียบเทียบและจะเปรียบเทียบอัตราการเผาไหม้ระหว่างค่าจากการทดสอบและค่าจากการคำนวณโดยสมการถ่ายเทมวลมาพล็อตกราฟเพื่อเทียบกัน



รูป 3.9 อุปกรณ์ทดสอบหาอัตราการเผาไหม้

รายละเอียดอุปกรณ์จากหมายเลยตาม รูป 3.9

1. ถังอุ่นน้ำมันพืช
2. ถังน้ำมันล้นรักษาระดับการจ่ายน้ำมัน
3. หลอดแก้ววัดปริมาณการใช้น้ำมัน
4. หน้าตัดทดสอบภายในอุโมงค์ลม
5. ทรงกลมที่ใช้ทดสอบหาอัตราการเผาไหม้
6. ทิศทางลม
7. วาลว์ปิดเปิดน้ำมัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

3.4 การทดสอบหาสมรรถนะและไอเสีย

3.4.1 ชุดอุปกรณ์และเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบ

อุปกรณ์และเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบหาสมรรถนะและไอเสียเมื่อใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง มีการประกอบและติดตั้ง ดังรูป 3.16 ส่วนรายละเอียดทางเทคนิคของเครื่องยนต์แสดงในตาราง 3.2

ก. เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ทดสอบมีรายละเอียดของเครื่องยนต์ดังนี้

ตาราง 3.2 รายละเอียดทางเทคนิคของเครื่องยนต์

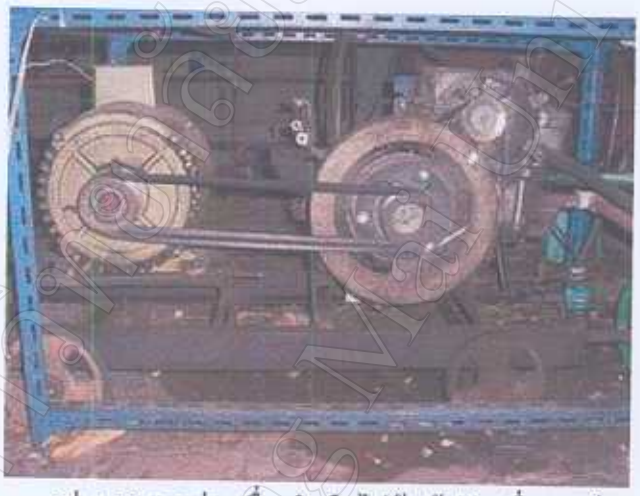
เครื่องยนต์ดีเซล	รายละเอียด
ยี่ห้อ	มิตซูบิชิ (Mitsubishi)
รุ่น	DI-800
ชนิด	เครื่องยนต์ดีเซล แบบสูบนอน 4 จังหวะการทำงาน
ระบบห้องเผาไหม้	ระบบฉีดตรงไม่ผ่านเบ้าหัวฉีด (ไดเร็คอินเจคชั่น)
มุมเอียงขณะใช้งาน	25° ขณะทำงานต่อเนื่อง
จำนวนลูกสูบ	1
กระบอกสูบ × ช่วงชัก	82 × 78 มม.
ปริมาตรกระบอกสูบ	411 ซีซี
แรงม้าสูงสุด	8/2,400 แรงม้า/รอบ/นาที
แรงม้าต่อเนื่อง	7/2,200 แรงม้า/รอบ/นาที
แรงบิดสูงสุด	2.6/1,900 กก.-ม./รอบ/นาที
อัตราส่วนการอัด	18:1
ระบบหล่อลื่น	ฉีดส่งด้วยปั๊มโดยมีลิ้นเพิ่มแรงดัน
ระบบระบายความร้อน	หม้อน้ำ
ขนาดเครื่องยนต์	336×682×445 มม.
น้ำหนักเครื่องยนต์	82 กก.

ข. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

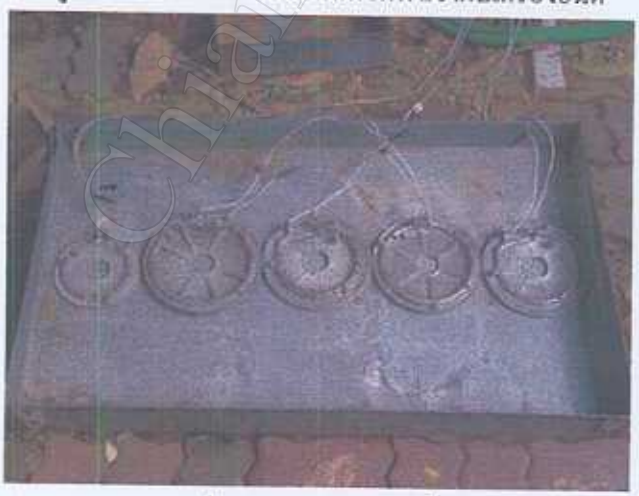
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Alternator) ที่ใช้ต่อเข้ากับเครื่องยนต์ แสดงดังรูป 3.10 ยี่ห้อเอเดน (Aden) กำลังไฟฟ้า 5 กิโลวัตต์ ผลิตกระแสได้สูงสุด 22.7 แอมป์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลท์ ที่รอบการทำงาน 1500 รอบต่อนาที โดยภาระที่นำมาต่อต้องใช้แรงดัน 220 โวลท์ ใช้ขดลวดความร้อนมาต่อเป็นภาระทางไฟฟ้าโดยต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังรูป 3.11 เพื่อนำไปเป็นภาระของเครื่องยนต์

ค. อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

แสดงดังรูป 3.3 เป็นผลิตภัณฑ์ของ Plint เป็นแบบหลอดแก้วทรงกระบอกหาอัตราการใช้เชื้อเพลิงโดยจับเวลาที่น้ำมันไหลผ่าน spacer หลอดแก้วจะติดตั้งอยู่กับชุดถังน้ำมันดีเซล แสดงดังรูป 3.12 ที่แสดงชุดอุ่นน้ำมันพืชประกอบด้วย ถังอุ่นน้ำมันพืช ชุดควบคุมอุณหภูมิน้ำมัน



รูป 3.10 การต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับเครื่องยนต์



รูป 3.11 ขดลวดความร้อน

รูป 3.12 ถังน้ำมันดีเซลและชุดถังอุ่นน้ำมันพืช

ง. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

คาต้าล็อกเกอร์ ผลิตภัณฑ์ของ Eurotherm chessel ใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K โดยวัดอุณหภูมิดังต่อไปนี้ น้ำเข้าและออกในส่วนระบบระบายความร้อนเครื่องยนต์ อากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์ ไอเสีย น้ำมันหล่อลื่น ถังน้ำมันพืช น้ำมันก่อนเข้าปั๊มหัวฉีด ดังรูป 3.4

จ. อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำในระบบระบายความร้อน

ผลิตภัณฑ์ของ Micronics รุ่น Portaflow 300 เป็นเครื่องวัดโดยใช้คลื่นเสียง โดยใช้ transducers แบบ A ช่วงความเร็วที่ใช้งาน 0.2 - 8 เมตรต่อวินาทีและมีความถูกต้องของเครื่องมือวัดคือ ± 2 % หรือ ± 0.02 เมตรต่อวินาที โดยติดตั้งเข้ากับท่อน้ำที่ใช้ระบายความร้อนด้านขาออกจากเครื่องยนต์ แสดงดังรูป 3.13

ฉ. อุปกรณ์วัดความเร็วรอบและนาฬิกาจับเวลา

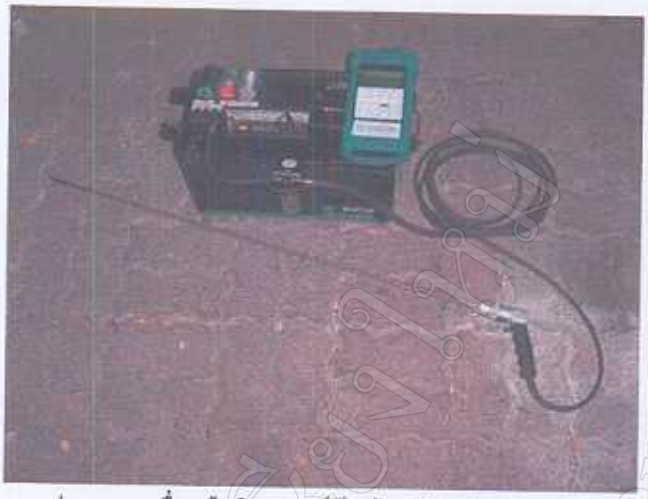
อุปกรณ์วัดความเร็วรอบเป็นเครื่องวัดโดยใช้ลำแสง เป็นผลิตภัณฑ์ของ Digicon รุ่น DT-240P เป็นแบบ digital tacometers ใช้วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ โดยนำแผ่นสะท้อนแสงติดที่พูเลย์แล้วกดสวิทช์ที่เครื่องวัดความเร็วรอบ หน่วยที่อ่านได้เป็นรอบต่อนาที ส่วนนาฬิกาจับเวลาที่ใช้ในการทดสอบเป็นผลิตภัณฑ์ของ Casio แสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิตอล แสดงดังรูป 3.14

รูป 3.13 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำ

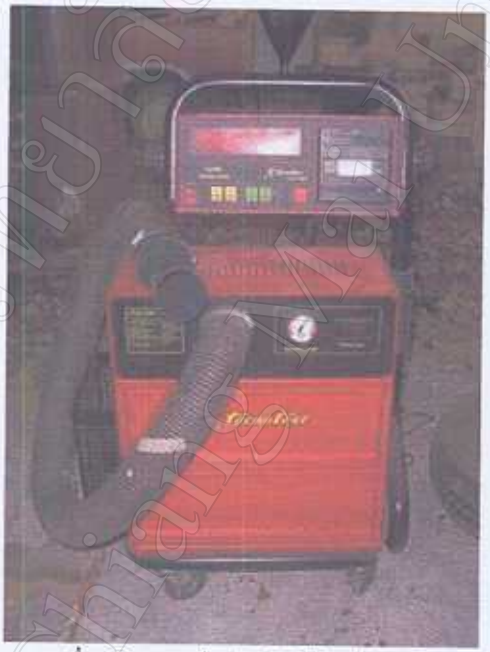
รูป 3.14 อุปกรณ์วัดความเร็วรอบและนาฬิกาจับเวลา

ข. อุปกรณ์วัดไอเสีย

เครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย ผลิตภัณฑ์ของ Kane-May รุ่น KM 9106 วิเคราะห์ไอเสียโดยใช้เซลไฟฟ้าเคมี ใช้วัดก๊าซ NO_x, CO แสดงดังรูป 3.15 และเครื่องวิเคราะห์ควันดำในไอเสีย Fumometro smokemeter I ปืนผลิตภัณฑ์ของ Technotest รุ่น mod 490 วัดควันดำชนิดวัดด้วยความเข้มของแสง โดยใช้หลอดไฟฮาโลเจน แสดงดังรูป 3.16 โดยแสดงรายละเอียดของเครื่องมือวัดดังตาราง 3.3 ซึ่งเป็นความละเอียดของการวัดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และควันดำ



รูป 3.15 เครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย (CO และ NO_x)



รูป 3.16 เครื่องวิเคราะห์ควันดำในไอเสีย (Black smoke)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย Chiang Mai University

ตาราง 3.3 รายละเอียดเครื่องวิเคราะห์ไอเสีย

ก๊าซไอเสีย	ช่วงการทำงานของเครื่องมือ	ความถูกต้องของการวัด
Kanemay รุ่น KM 9106		
CO	0-10,000 ppm	± 20 ppm < 400 ppm ± 5 % < 2,000 ppm ± 10 % > 2,000 ppm
Nox	0-6,000 ppm	± 5 ppm < 100 ppm ± 5 % > 100 ppm
Fumometro smokemeter opacity	0% - 100%	–

3.4.2 ลักษณะการทดสอบ

เครื่องยนต์จะต่อกับไดนาโมมิเตอร์ที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยทำการทดสอบแบบความเร็วคงที่ โดยรอบของไดนาโมจะคงที่ที่ 1,500 รอบต่อนาที ส่วนเครื่องยนต์จะเปลี่ยนความเร็วรอบการทดสอบโดยเปลี่ยนอัตราทดของพูเลย์ที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อกับเครื่องยนต์ โดยเครื่องยนต์จะทดสอบที่รอบต่ำที่ประมาณ 900 รอบต่อนาที โดยทดสอบแบบไม่ป้อนภาระ ส่วนการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1,500 1,800 2,400 รอบต่อนาที จะทดสอบแบบความเร็วคงที่ (Plint and Martyr, 1999) โดยให้ภาระ 0, 0.6, 1.5, 3 กิโลวัตต์ หรือภาระที่ให้ไดนาโมคือ 0, 10, 25, 50 % ของภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 2,400 รอบต่อนาทีตามลำดับและภาระที่ให้จะไม่เกินโอเวอร์โหลดของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบการทดสอบ (SAE handbook, 2001) ในการทดสอบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงคือน้ำมันดีเซล ส่วนน้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลืองจะถูกอุ่นโดยถังอุ่นน้ำมันให้มีอุณหภูมิประมาณ 40-100°C โดยแบ่งออกเป็น 5 ค่า มีอุณหภูมิประมาณ 40, 55, 70, 85, 100°C โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิในการวัดประมาณ ±3°C การบันทึกค่าจะรอให้เครื่องยนต์ได้สภาวะคงที่ โดยพิจารณาจากอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นในเครื่องยนต์ อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น อุณหภูมิก๊าซไอเสีย

3.4.3 ค่าที่บันทึก

ในการทดสอบเมื่อเดินเครื่องยนต์ให้ได้สภาวะคงที่แล้วจะบันทึกค่าอุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิงที่สายส่งก่อนเข้าหัวฉีด ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ผลิตออกมาโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในขณะทำการทดสอบ บันทึกเวลาของปริมาณการใช้น้ำมันในแต่ละการทดสอบ โดยทำการบันทึกซ้ำประมาณ 3 ครั้งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าการทดสอบที่ใช้นำมาเทียบกับการคำนวณเพื่อประเมินหาอัตราการเผาไหม้จากสมการถ่ายเทมวลและสมรรถนะ ส่วน ก๊าซไอเสียจะบันทึกค่าไนโตรเจนออกไซด์ คาร์บอนมอนนอกไซด์ และความหนาแน่นควันดำ

3.4.4 วิธีการทดลอง

ก่อนการทดสอบต้องเปิดปั๊มน้ำหล่อเย็นให้น้ำไหลเวียนระบายความร้อนและเปิดวาล์วน้ำมันเชื้อเพลิงแล้วจึงทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ โดยอาศัยมือหมุนระบบเฟืองทด เมื่อเครื่องยนต์ติดแล้วให้ปรับคันเร่งให้เครื่องยนต์อยู่ที่รอบเดินเบาสักครู่ เพื่ออุ่นเครื่องยนต์ ในการทดสอบจะใช้น้ำมันดีเซลทดสอบก่อนโดยเริ่มที่รอบสูงสุดตามค่าที่ทดสอบ เริ่มการทดสอบก็จะเร่งเครื่องยนต์ไปที่รอบทดสอบโดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบวัดที่พูเลย์ที่ติดตั้งอยู่กับเครื่องยนต์ เมื่อปรับคันเร่งให้ได้รอบที่ต้องการแล้ว เริ่มทดสอบที่ไม่ป้อนภาระ แล้วรอให้ได้สภาวะคงที่ โดยพิจารณาจากอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น น้ำหล่อเย็น แก๊สไอเสีย เมื่อได้แล้วให้บันทึกค่าที่กำหนดไว้ เมื่อเก็บข้อมูลเสร็จแล้วจะลดความเร็วรอบเครื่องยนต์ไปที่รอบเดินเบาสักครู่เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องยนต์ร้อนจัด ทำการทดสอบที่ภาระค่าถัดไปโดย ต่อภาระทางไฟฟ้าเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อเป็นภาระของเครื่องยนต์ โดยเริ่มให้ภาระที่ไดนาโม 1 กิโลวัตต์ แล้วเร่งเครื่องไปที่ความเร็วรอบที่ทดสอบและเมื่อบันทึกค่า แล้วให้ลดคันเร่งลงเพื่อให้เครื่องยนต์อยู่ที่รอบเดินเบาสักครู่ แล้วจึงทำการทดสอบต่อไป โดยทดสอบจนครบทุกภาระและความเร็วรอบ ส่วนการทดสอบน้ำมันปาล์ม เริ่มต้นเทน้ำมันปาล์มลงในถังอุ่นรอจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการใช้ทดสอบแล้วเปิดวาลว์จ่ายน้ำมันปาล์มให้กับเครื่องยนต์ แล้วเริ่มสตาร์ทเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันปาล์ม เมื่อติดแล้วให้เครื่องยนต์อยู่ที่รอบเดินเบาสักครู่ โดยทดสอบที่อุณหภูมิต่ำสุดก่อนแล้วเพิ่มอุณหภูมิให้ครบทุกค่าโดยการทดสอบจะทำเหมือนการทดสอบน้ำมันดีเซล เมื่อทดสอบน้ำมันปาล์มเสร็จแล้วจะถ่ายน้ำมันปาล์มออกแล้วเทน้ำมันถั่วเหลืองลงในถังอุ่นเพื่อทำการทดสอบต่อไป แผนภาพของชุดทดสอบแสดงดังรูป 3.17

3.4.5 ขบวนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

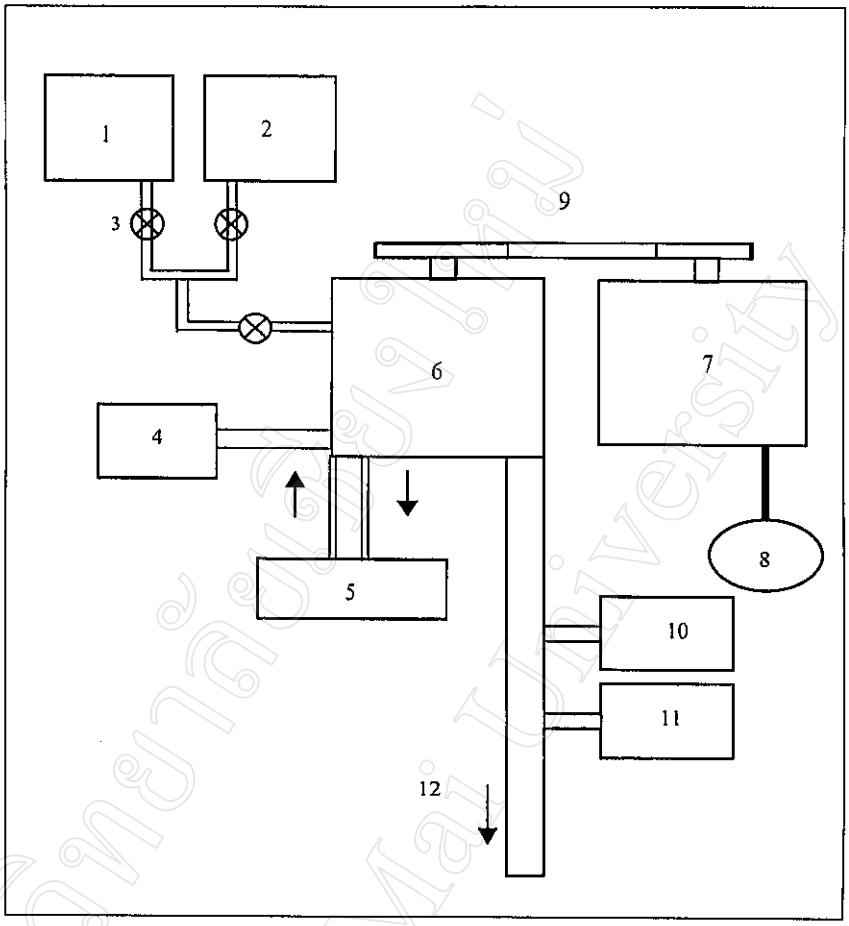
การเปรียบเทียบการกระจายของข้อมูลหลายๆ กลุ่มด้วยกันว่ากลุ่มใดมีการกระจายมากกว่ากัน ในการวิเคราะห์นี้จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายเป็นดัชนีการวัด เพื่อนำข้อมูลที่มีความแตกต่างกันจะนำมาเปรียบเทียบกัน โดยวิเคราะห์การกระจายของข้อมูลได้จากการทดลองว่าจะมีการกระจายของข้อมูลมากน้อยเพียงใด

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะใช้วิธีทางสถิติโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of variation, COV%) ซึ่งหาได้จากสมการ 3.1

$$COV\% = \frac{SD}{\bar{X}} \qquad (3.1)$$

3.4.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์

นำข้อมูลการใช้น้ำมันมาเทียบกับเวลาจะคำนวณได้อัตราการใช้เชื้อเพลิง แล้วนำมาหาค่าอัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะต่อกำลัง (BSFC) และนำค่าก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และควันดำ (black smoke) มาพล็อตกราฟเทียบกับความเร็วต่างๆ ของเครื่องยนต์ที่ภาระ 50% และภาระต่างๆ ของเครื่องยนต์ที่ความเร็ว 2,400 รอบต่อนาที โดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซล น้ำมันปาล์มกับน้ำมันถั่วเหลือง เพื่อดูผลของน้ำมันต่อค่าต่างๆ จากนั้นนำค่ามาพล็อตกราฟเทียบกับอุณหภูมิของน้ำมันพืช โดยใช้สัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of variation, COV%) ช่วยในการวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิต่อค่าอัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะต่อกำลัง ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และควันดำ ซึ่งจะแสดงค่า COV ในแต่ละจุดของข้อมูลว่าอุณหภูมิมีผลต่อค่าข้างต้นหรือไม่ ถ้า COV ค่าน้อยกว่าหรือประมาณ ±5% ซึ่งเป็นค่าความถูกต้องของเครื่องมือวัด แล้วแนวโน้มของค่าต่างๆ อาจเพิ่มขึ้นหรือลดลง ดังนั้นอุณหภูมิจะมีผลต่อสมรรถนะและไอเสีย แต่ถ้า COV มีค่ามากกว่า ±5% และค่า COV ครอบคลุมจุดอื่นบนการทดลองเดียวกันที่อุณหภูมิอื่นๆ ด้วยแสดงว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อสมรรถนะและไอเสีย แล้วคำนวณหาค่าอัตราการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์จากสมการถ่ายเทมวลแล้วค่าที่ได้มาพล็อตกราฟเทียบอุณหภูมิของน้ำมันพืช แล้วเทียบกับค่าที่ได้จากการทดสอบที่แต่ละความเร็วรอบและภาระของเครื่องยนต์



รูป 3.17 แผนภาพเครื่องยนต์ต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ

รายละเอียดอุปกรณ์จากรูป 3.17

1 ถังน้ำมันดีเซล
2 ถังพักและอุ่นน้ำมันพืช
3 วาลว์ปิดเปิด
4 ถังอากาศ
5 ชุดน้ำหล่อเย็น
6 เครื่องยนต์ดีเซล
7 ไดนาโม
8 ภาระทางไฟฟ้า
9 เครื่องยนต์และไดนาโมจะมีพูเลย์ต่ออยู่ และต่อกันด้วยสายพาน
10 ช่องวัดแก๊สไอเสีย
11 ช่องวัดควันดำ
12 ท่อระบายไอเสีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University