

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

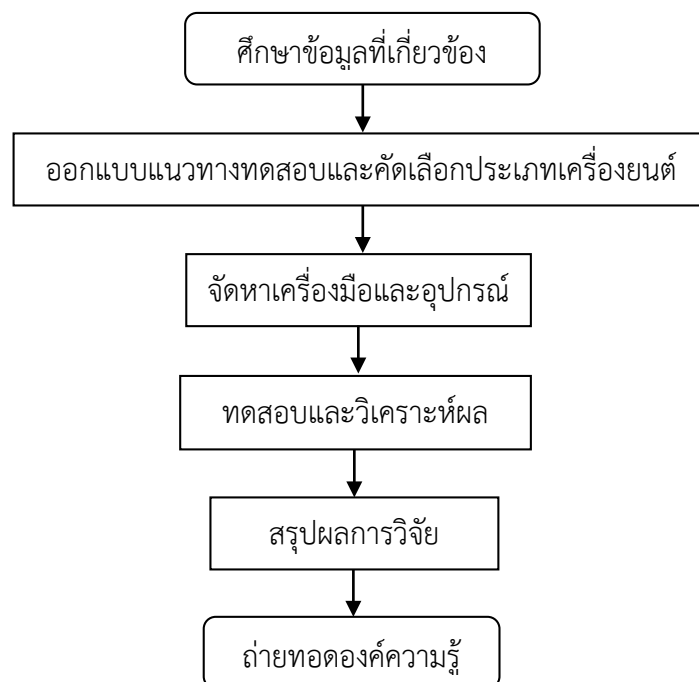
3.1.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและรายละเอียดต่างๆ ของเครื่องยนต์หัวรถจักรชนิดเดียวกัน ที่มีลักษณะของห้องเผาไหม้ที่แตกต่างกัน ได้แก่ ห้องเผาไหม้แบบช่วย ห้องเผาไหม้แบบตรง และ ห้องเผาไหม้แบบวางร่วมกับหัวฉีดแรงดันสูง

3.1.2 ออกแบบการทดสอบโดยการทดสอบหัวรถจักรบนเครื่องจำลองการใช้งานหัวรถจักรขณะทำขบวน โดยการทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐานของการรถไฟฯ ตามตาราง Regulation characteristics curve

3.1.3 จัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

3.1.4 ทำการทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและวัดสารมลพิษของหัวรถจักรที่มีห้องเผาไหม้ต่างกันทั้ง 3 ประเภท

3.1.5 วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบ แล้วทำการสรุปผลและเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคและสารมลพิษของเครื่องยนต์ที่มีห้องเผาไหม้ต่างกันทั้ง 3 ประเภท



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 การเตรียมการทดสอบ (ถนน)

3.2.1 การคัดเลือกประเภทเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

การเลือกประเภทเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ เลือกจากหัวรถจักรประเภทเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่ลักษณะห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ หัวรถจักรที่ใช้ในการทดสอบได้แก่หัวรถจักร Alsthom เนื่องจากหัวรถจักร Alsthom ได้มีการนำเครื่องยนต์ที่มีสมรรถนะและเทคโนโลยีที่ดีกว่ามาทดแทนเครื่องยนต์เดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ Pielstick 16PA4V185 มีลักษณะห้องเผาไหม้แบบช่วย ระบบฉีดเชื้อเพลิงเป็นแบบกลไก (Mechanical unit pump injector) ดังรูปที่ 3.2 เครื่องยนต์ M.T.U. 16V 40000 R41R มีลักษณะห้องเผาไหม้แบบตรง ระบบฉีดเชื้อเพลิงเป็นแบบรางร่วมกับหัวฉีดแรงดันสูง (Common rail) ดังรูปที่ 3.3 และ เครื่องยนต์ Caterpillar 3516B มีห้องเผาไหม้แบบตรง ระบบฉีดเชื้อเพลิงเป็นแบบกลไก โดยใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง (Pump electronic controller) ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.2 เครื่องยนต์ Pielstick 16PA4V185



รูปที่ 3.3 เครื่องยนต์ Caterpillar 3516B



รูปที่ 3.4 เครื่องยนต์ M.T.U. 16V 40000 R41R

ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบข้อแตกต่างของเครื่องยนต์ Pielstick, M.T.U. และ Caterpillar

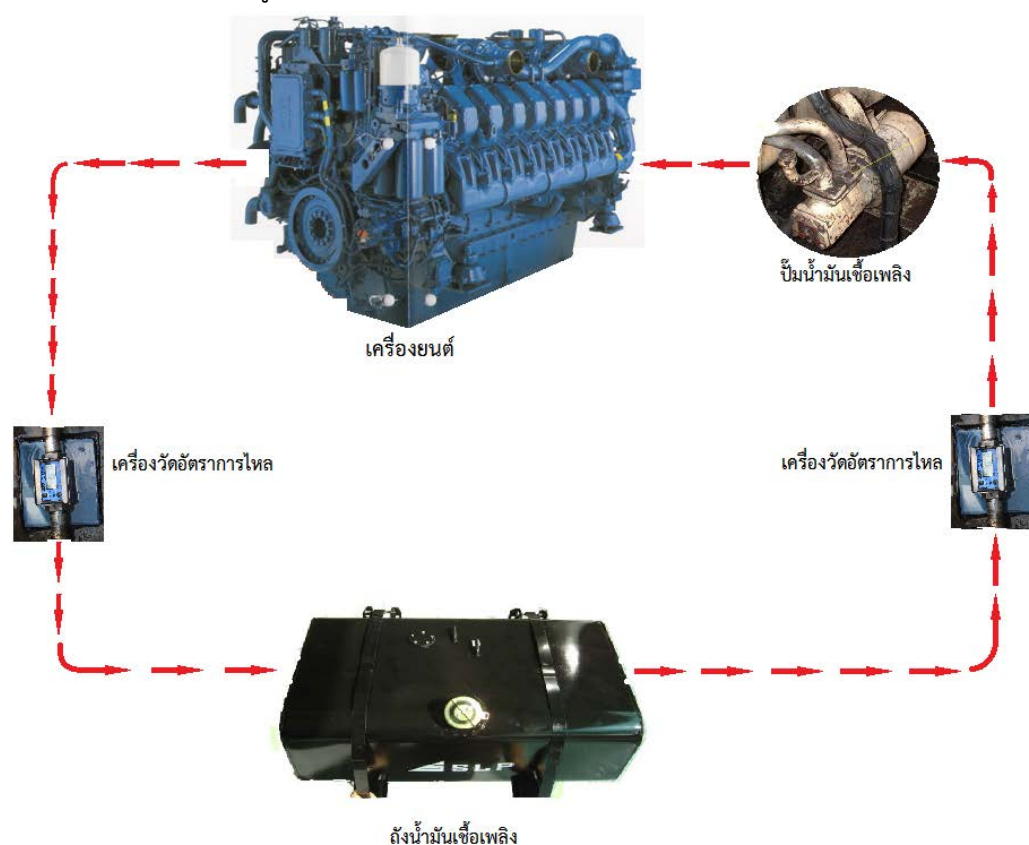
คุณลักษณะ	Pielstick	M.T.U.	Caterpillar
ระบบฉีดเชื้อเพลิง	Mechanical unit pump injector	Common rail	Pump electronic controller
อัตราการสิ้นเปลือง จำเพาะ (g/kW-hr)	215	198	199
มาตรฐานไอเสีย	-	ERRII	UIC II standards
ชนิดของห้องเผาไหม้	ห้องเผาไหม้แบบช่วย	ห้องเผาไหม้แบบตรง	ห้องเผาไหม้แบบตรง

3.2.2 การออกแบบการทดสอบ

การทดสอบเพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและสารมลพิษในหัวรถจักรนั้น จะทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ทั้งหมด 3 ประเภท โดยการทดสอบจะต้องให้เครื่องยนต์มีภาระการทำงาน จึงทำการทดสอบหัวรถจักรบนเครื่องจำลองการใช้งานหัวรถจักรขณะทำขบวน การทดสอบจะนำหัวรถจักรเข้าทดสอบได้ครั้งละ 1 คัน จึงต้องทำการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง โดยที่การทดสอบนั้นจะทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ตั้งแต่ 700 ถึง 1,500 รอบต่อนาที โดยที่แต่ละความเร็วรอบนั้นจะ

มีภาระการทำงานของเครื่องยนต์ที่แตกต่างกันไป ซึ่งจะเป็นไปตามมาตรฐานของการรถไฟฯ ตามตาราง Regulation characteristics curve

การวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง จะทำการวัดโดยใช้เครื่องวัดอัตราการไหลน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวน 2 ตัว โดยจะทำการติดตั้งไว้ที่หัวรถจักรบริเวณท่อทางดูดน้ำมันเชื้อเพลิงจากถังน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อไปใช้ในระบบ 1 ตัว และติดตั้งบริเวณท่อน้ำมันเชื้อเพลิงจากระบบไหลกลับลงสู่ถังน้ำมันเชื้อเพลิง 1 ตัว ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แผนภาพการติดตั้งเครื่องวัดอัตราการไหลน้ำมันเชื้อเพลิง

การวัดมลพิษจะทำการวัดได้โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซจากการเผาไหม้ ซึ่งจะทำการติดตั้งเครื่องวิเคราะห์ก๊าซจากการเผาไหม้ไว้บริเวณหลังคาของหัวรถจักร เพื่อที่จะสามารถใช้หัวดูดไอเสียวัดสารมลพิษบริเวณปล่องไอเสียที่อยู่บนหลังคาของหัวรถจักร

การวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการวัดสารมลพิษนั้น จะทำการวัดในความเร็วรอบเครื่องยนต์ ตั้งแต่ 700 ถึง 1,500 รอบต่อนาที โดยแต่ละความเร็วรอบนั้นจะใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 5 ถึง 10 นาที เพื่อบันทึกผลการทดสอบ

3.2.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

การทดสอบเพื่อบันทึกค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและสารมลพิษ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดสารมลพิษ วัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และวัดค่าทางไฟฟ้า มีอุปกรณ์ที่ใช้ดังนี้

3.2.3.1 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซจากการเผาไหม้

เครื่องวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้และไอเสีย เป็นเครื่องมือใช้สำหรับตรวจวัดและวิเคราะห์สารมลพิษ เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ไนโตรเจนมอนอกไซด์ (NO) ออกซิเจน (O₂) และไฮโดรคาร์บอน (HC) สามารถวัดได้จากเครื่องวิเคราะห์ส่วนประกอบไอเสีย ดังรูปที่ 3.6 และ 3.7 ส่วนการวัดค่าควันดำนั้นวัดจากเครื่องวัดควันดำระบบกระดาศกรอง ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.6 เครื่องวัดค่าไฮโดรคาร์บอน



รูปที่ 3.7 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซจากการเผาไหม้



รูปที่ 3.8 เครื่องวัดควันทารบบกระดาดากรอง

3.2.3.2 เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง

เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นเครื่องวัดอัตราการไหลของเหลว หลักการทำงานอาศัยหลักการโมเมนต์เชิงมุมที่เกิดขึ้นในวัตถุที่กำลังหมุน โครงสร้างของตัวเทอร์ไบน์มีเตอร์ มีใบพัดทำมุมเฉียงกับทิศทางการไหล ขณะที่ของเหลวไหลผ่านจะทำให้ใบพัดหมุนไปตามอัตราการไหล การนับจำนวนรอบที่ใบพัดหมุนในอุปกรณ์ชนิดนี้จะใช้คอยล์ที่เรียกว่า Pick-up-coil ที่ติดตั้งกับตัวมิเตอร์ เมื่อใบพัดของเทอร์ไบน์หมุนผ่าน Pick-up-coil จะเกิดสัญญาณพัลส์ขึ้นตามจังหวะการหมุนของใบพัด โดยที่ความถี่ของสัญญาณพัลส์จะเป็นสัดส่วนกับอัตราการไหล ซึ่งสามารถนับจำนวนพัลส์และแสดงค่าอัตราการไหลผ่าน ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 เครื่องวัดอัตราการไหลน้ำมันเชื้อเพลิงแบบเทอร์ไบน์มีเตอร์

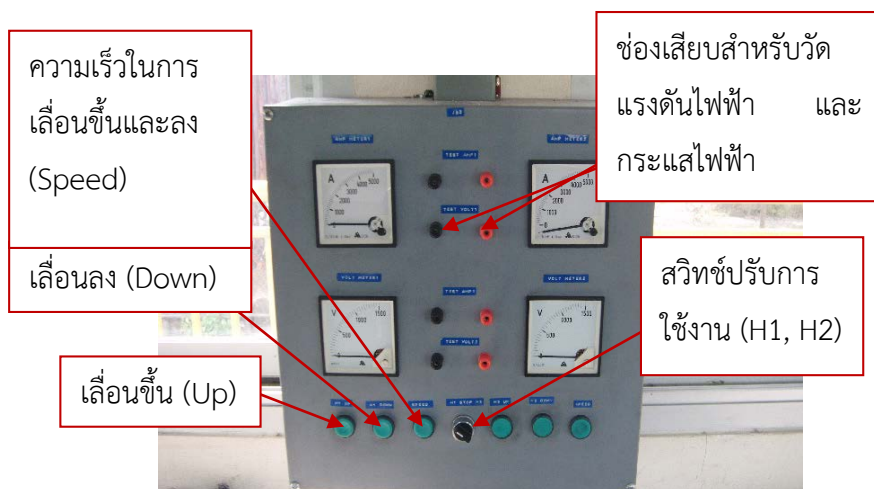
เครื่องวัดอัตราการไหลของเหลวที่อาศัยหลักการทำงานของคลื่นอัลตราโซนิก เนื่องจากคลื่นอัลตราโซนิกนั้นมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับคลื่นเสียง ซึ่งสามารถเดินทางทะลุผ่านตัวกลางที่ทำจากวัสดุชนิดต่างๆได้อย่างหลากหลาย เช่น เหล็ก พลาสติก และสารประกอบโพลีคาร์บอนประเภทต่างๆ ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 เครื่องวัดอัตราการไหลน้ำมันเชื้อเพลิงแบบอัลตราโซนิก

3.2.3.3 ตู้ปรับภาระของเครื่องยนต์

ตู้ปรับภาระของเครื่องยนต์จะถูกติดตั้งอยู่ในห้องควบคุม เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับภาระของเครื่องยนต์ โดยจะมีปุ่มเลื่อนขึ้น (Up) เลื่อนลง (Down) ความเร็วในการเลื่อนขึ้นและลง (Speed) สวิตช์ปรับการใช้งาน (H1, H2) และจะมีหน้าจอแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากภาระของเครื่องยนต์ ซึ่งจะมีช่องเสียบมัลติมิเตอร์เพื่อวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการอ่านค่า ดังรูปที่ 3.11 ตู้ปรับภาระของเครื่องยนต์จะทำหน้าที่ควบคุมมอเตอร์ 3 เฟส เพื่อเลื่อนแผ่นเหล็กขึ้นและลงในถังน้ำเกลือ โดยมีหลักการคือ นำแผ่นเหล็กที่ได้รับแรงเคลื่อนไฟฟ้าบวกและลบ ที่เกิดจากหัวรถจักรเลื่อนลงไปในถังน้ำเกลือ ประจุไฟฟ้าบวกและลบจะพยายามวิ่งเข้าหากันโดยมีน้ำเกลือเป็นตัวต้านทาน เพื่อเป็นการเพิ่มภาระให้กับเครื่องยนต์



รูปที่ 3.11 ตู้ปรับภาระของเครื่องยนต์หัวรถจักร

3.2.3.4 เครื่องจำลองการใช้งานหัวรถจักรขณะทำขบวน

เครื่องจำลองการใช้งานหัวรถจักรขณะทำขบวนประกอบไปด้วย ถังน้ำเกลือ แผ่นเหล็ก มอเตอร์ 3 เฟส สายไฟสำหรับต่อเข้าหัวรถจักร โดยที่แผ่นเหล็กนั้นจะถูกปรับขึ้น-ลง จากมอเตอร์ 3 เฟส ซึ่งจะถูควบคุมมาจาก ตู้ปรับภาระของเครื่องยนต์ แผ่นเหล็กนั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือชุดของแผ่นบวกและแผ่นลบ จะรับกระแสไฟฟ้าประจุบวกและลบผ่านสายไฟซึ่งต่อมาจากหัวรถจักรดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 เครื่องจำลองการใช้งานหัวรถจักรขณะทำขบวน

3.3 ขั้นตอนการทดสอบ (ไฟจิตร)

การทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและสารมลพิษ จะทำการทดสอบโดยที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์และภาระของเครื่องยนต์จะถูกกำหนดตามตาราง Regulation characteristic curve ดังตารางที่ 3.2

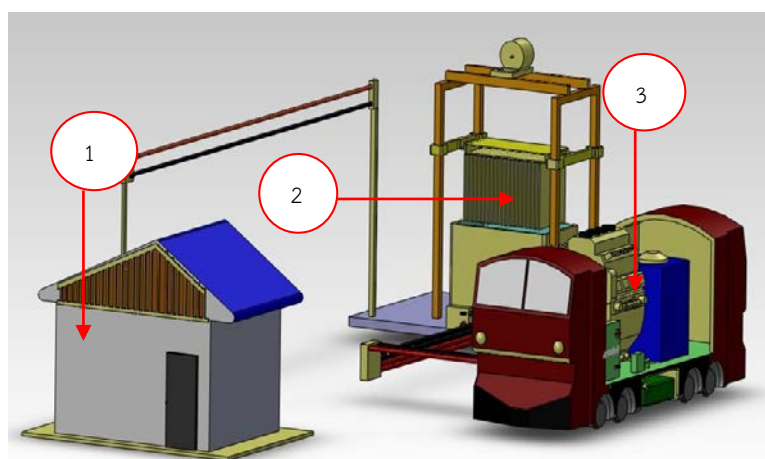
ตารางที่ 3.2 การทดสอบโดยกำหนดความเร็วรอบเครื่องยนต์และภาระของเครื่องยนต์

ความเร็วรอบ (rpm)	กระแส Amp(
700	800
800	1,147

900	1,275
1,000	1,657
1,100	1,852
1,200	1,875
1,300	2,040
1,400	2,490
1,500	2,000

3.3.1 สถานที่ใช้ในการทดสอบ

การนำรถจักรเข้าสถานที่ทดสอบ ทำการต่อสายไฟบวกและลบจากเครื่องจำลองการใช้งาน
หัวรถจักรขณะทำขบวนเข้ากับหัวรถจักร



รูปที่ 3.13 แผนผังสถานที่ทดสอบ

หมายเลข 1 ห้องควบคุมเครื่องจำลองการใช้งานหัวรถจักรขณะทำขบวน

หมายเลข 2 เครื่องจำลองการใช้งานหัวรถจักรขณะทำขบวน

หมายเลข 3 เครื่องยนต์หัวรถจักร

3.3.2 การติดตั้งเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง

การนำเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง มาประกอบรวมกันกับข้อต่อพร้อมกับ
สายยางและเทปพันเกลียว เพื่อป้องกันน้ำมันเชื้อเพลิงไม่รั่วไหลและทำการติดตั้งบริเวณท่อทางดูด
และท่อทางกลับน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวรถจักร



รูปที่ 3.14 การติดตั้งเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง

3.3.3 การเตรียมเครื่องวัดสารมลพิษที่ใช้ในการทดสอบ

ก่อนการติดตั้งเครื่องวัดสารมลพิษ เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดและคลาดเคลื่อน จะต้องทำการตรวจสอบ หัวดูดและสายดูดไอเสียต้องไม่ชำรุดหรือตันไส้กรองต้องไม่ชำรุด ต่อสายท่อให้เรียบร้อยและยึดแน่นปิดฝาเกลียวช่องแผ่นกรองให้แน่นเพื่อป้องกันการรั่วและทำการต่อสายไฟเข้าเครื่องตามลำดับ



รูปที่ 3.15 การเตรียมเครื่องวัดมลพิษ

3.3.4 การติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าทางไฟฟ้า

การนำมัลติมิเตอร์ต่อเข้ากับตู้รับภาระเครื่องยนต์หัวรถจักร โดยใช้วัดค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้า



รูปที่ 3.16 การต่อมัลติมิเตอร์เข้ากับตู้ปรับภาระเครื่องยนต์หัวรถจักร

3.3.5 การตรวจสอบหัวรถจักรก่อนทำการทดสอบ

เริ่มการสตาร์ทเครื่องยนต์จนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นถึง 60°C แล้วจึงทำการตรวจเช็คการรั่วไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำระบายความร้อน และน้ำมันหล่อลื่น ตรวจสอบพัดลมระบายความร้อนห้องรังผึ้งและพัดลมระบายความร้อนของมอเตอร์ลากจูง (Traction motor) อยู่ในสภาพปกติ ไม่มีเสียงดังที่ผิดปกติในขณะที่เครื่องยนต์กำลังทำงาน และทำการปรับตั้งกระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าช่วย (Auxiliary alternator) โดยเป็นไปตามค่ามาตรฐานของการรถไฟกำหนด



รูปที่ 3.17 การตรวจสอบการรั่วไหลและความผิดปกติของเครื่องยนต์ก่อนการทดสอบ

3.3.6 การทำการทดสอบวัดสารมลพิษ

การทดสอบวัดสารมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ทั้ง 3 ประเภท จะทำการวัดสารมลพิษจากปล่องไอเสียของหัวรถจักร



รูปที่ 3.18 การวัดสารมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์

3.3.7 การวัดค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์หัวรถจักร

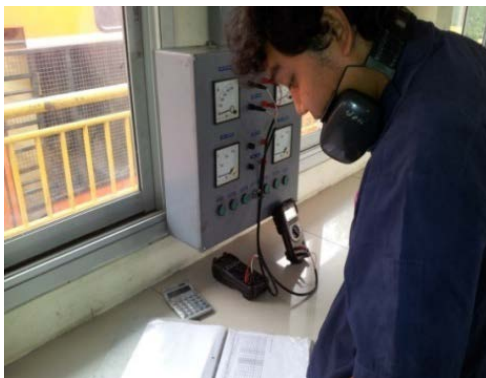
การวัดค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์หัวรถจักร จะทำการวัดโดยการจดบันทึกค่าของเครื่องวัดอัตราการไหลน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวน 2 ตัว บริเวณท่อทางดูดน้ำมันเชื้อเพลิงจากถังน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อไปใช้ในระบบ 1 ตัว และบริเวณท่อน้ำมันเชื้อเพลิงจากระบบไหลกลับลงสู่ถังน้ำมันเชื้อเพลิง 1 ตัว



รูปที่ 3.19 การวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

3.3.8 การบันทึกผลการทดสอบ

การบันทึกผลการทดสอบจะทำการทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ และภาระของเครื่องยนต์จะถูกกำหนดตามตาราง Regulation characteristic curve ดังตารางที่ 3.2 แล้วทำการบันทึกค่าดังนี้



รูปที่ 3.20 การวัดค่าทางไฟฟ้า

1. บันทึกค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
2. บันทึกค่าสารมลพิษทั้ง 7 ชนิด ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน (HC), ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO), ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂), ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x), ไนโตรเจนมอนอกไซด์ (NO), ออกซิเจน (O₂), และควันดำ (Black smut)
3. บันทึกค่าทางไฟฟ้า