รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจี เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร

The Development of Engine Prototype Powered by Diesel and LPG as Fuel for Agriculture

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ว่าที่ร้อยตรี ชัยยง ศิริพรมงคลชัย
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

งบประมาณกองทุนสนับสนุนงานวิจัยประจำปี 2564
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

ชื่อโครงการวิจัย การพัฒนาต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร
ผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ว่าที่ร้อยตรี ชัยยง ศิริพรมงคลชัย
หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ปีที่พิมพ์ 2564

บทคัดย่อ

จากการวิจัยเรื่อง นวัตกรรมต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร ที่ผู้วิจัยจัดทำไว้เมื่อปี พ.ศ. 2562 พบปัญหาที่เกิดขึ้นขณะใช้งานเครื่องยนต์ คือ เมื่อใช้งานในแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน พบว่าความร้อนสะสมที่ห้องเผาไหม้เสริมจนมีอุณหภูมิสูงประมาณ 300 องศาเซลเซียส และเมื่อใช้งานในแบบเครื่องยนต์ดีเซล พบว่าเกิดไอเสียมีควันสีดำมากที่ความเร็วรอบสูงเกินกว่า 1,800 รอบต่อนาที เพื่อต่อยอดงานวิจัยและแก้ปัญหาสองประการข้างต้น งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาห้องเผาไหม้เสริมในด้านการระบายความร้อน 2) พัฒนาอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศให้ปรับขนาดได้ และ 3) เปรียบเทียบอัตราการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลและแอลพีจี โดยการนำเครื่องยนต์เล็กดีเซล ยี่ห้อ Yanmar รุ่น TF120DI มาดัดแปลงติดตั้งระบบเชื้อเพลิงแอลพีจี ระบบจุดระเบิด ดัดแปลงและพัฒนาอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ สร้างและพัฒนาห้องเผาไหม้เสริมทำหน้าที่ลดอัตราส่วนการอัดลงมาเท่ากับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน สำหรับติดตั้งเข้าแทนที่ในตำแหน่งของหัวฉีดน้ำมันดีเซลเดิม ทำให้สามารถรองรับการใช้แอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงอย่างเดียวได้ ซึ่งเป็นลักษณะการทำงานในแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน การกลับไปใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงนั้นสามารถทำได้โดยการถอดห้องเผาไหม้เสริมออก แล้วติดตั้งหัวฉีดน้ำมันดีเซลแทนที่ห้องเผาไหม้เสริม ซึ่งเป็นลักษณะการทำงานในแบบเครื่องยนต์ดีเซล จากการทดลองเปรียบเทียบเครื่องยนต์ดัดแปลงขณะทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนพบว่าอุณหภูมิของห้องเผาไหม้เสริมและอุณหภูมิของฝาสูบเครื่องยนต์เล็กแก๊สโซลีน Honda GX160 ตรวจวัดที่ความเร็วรอบสูงสุด ได้ 182 และ 186 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และพบว่าในไอเสียมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ร้อยละ 0.41 ไฮโดรคาร์บอน 1,315 ส่วนในล้านส่วน เมื่อใช้งานในแบบเครื่องยนต์ดีเซล พบว่ามีค่าควันดำร้อยละ 1.5 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ดีเซลก่อนดัดแปลง จากการทดลองใช้เป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังในการสูบน้ำด้วยท่อพญานาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 8 นิ้ว ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 1,000 รอบต่อนาที พบว่าใช้น้ำมันดีเซลเฉลี่ย 0.65 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือประมาณ 0.77 ลิตรต่อชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 21.00 บาทต่อชั่วโมง และหากใช้แอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงจะใช้แอลพีจีเฉลี่ย 0.57 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 13.71 บาทต่อชั่วโมง ซึ่งสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึงร้อยละ 34.71

คำสำคัญ : เครื่องยนต์ดีเซล; เครื่องยนต์แก๊สโซลีน; ห้องเผาไหม้เสริม; อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ; แอลพีจี

Research Title	The Development of Engine Prototype Powered by Diesel and LPG as Fuel for Agriculture.
Researcher	Assistant Professor Acting Sub L.t. Chaiyong Siripornmongkolchai
Institution	Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi.
Year of Publication	2021

Abstract

According to the research entitled "the innovative engine prototype powered by diesel and LPG as fuel for agricultural" in 2019, the problems found while using the engine were as follows: the accumulated heat in the auxiliary combustion chamber reached 300 degrees Celsius in case of gasoline engine use and a lot of black smoke in the exhaust was found at the speed higher than 1,800 rounds per minute in case of a diesel engine use. In order to extend the research and solve two foresaid problems, the objectives of this study were 1) to develop an auxiliary combustion chamber for cooling, 2) to develop a scalable gas-air mixing device, and 3) to compare diesel and LPG consumption rates, by modifying a small diesel engine, Yanmar version TF120DI to install LPG fuel systems and ignition system. In addition, a gas-air mixing device was modified while an auxiliary combustion chamber was developed to reduce the compression ratio to the same level as the gasoline engine for replacing the position of the original diesel fuel injector. This method could support LPG fueling only whose function was characterized by the function of a gasoline engine. The auxiliary combustion chamber could be removed and then installed a diesel injector to return using diesel fuel. From an experiment to compare the modified engine operating as a gasoline engine, it was found that the temperature of the auxiliary combustion chamber and the temperature of the engine cylinder head of Honda GX160 were measured at the maximum speed of 182 degree Celsius and 186 degrees Celsius respectively. It was found that carbon monoxide content was 0.41 percent and 1,315 parts per million hydrocarbons. When used as a diesel engine, it was found that the black smoke was exhausted at 1.5 percent, which was similar to the diesel engine before the modification. From the experiment of using the power engine for pumping water with an Irrigation propeller pump with the diameter of 8 inch at a constant engine speed of 1,000 rounds per minute, it was found that the average diesel usage was 0.65 kilograms per hour or about 0.77 liters per hour with the cost of 21.00 baht per hour and if using LPG as fuel, the average LPG consumption was 0.57 kilogram per hour with the cost of 13.71 baht per hour, which could save up to 34.71 percent of costs.

Keywords : Diesel Engine; Gasoline Engine; Auxiliary Combustion Chamber; Gas-air Mixing Device; LPG

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร สำเร็จลงได้เพราะบุคคลหลายท่านได้กรุณาช่วยเหลือให้ข้อมูล ข้อเสนอแนะ คำปรึกษา แนะนำ ความคิดเห็น และกำลังใจ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้วิจารณ์งานวิจัย คณะกรรมการประเมินงานวิจัย ขอขอบพระคุณกองทุนสนับสนุนงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัย ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัว ที่ให้ความรักเมตตาและห่วงใยและเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยมาโดยตลอด ความดีของงานวิจัยครั้งนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาบิดา มารดา และบูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ว่าที่ร้อยตรีชัยยง ศิริพรมงคลชัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ระยะเวลาและแผนดำเนินโครงการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 เครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตร	5
2.2 เชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์	9
2.3 การใช้ก๊าซธรรมชาติกับเครื่องยนต์	18
2.4 ทรงกระบอกบางอยู่ภายใต้ความดันภายใน	21
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	27
3.1 คำนวณและออกแบบห้องเผาไหม้เสริม	28
3.2 คำนวณหาขนาดรูของอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ	30
3.3 ดัดแปลงและติดตั้งอุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง	31
3.4 พัฒนาอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศและพัฒนาห้องเผาไหม้เสริมในด้านการระบายความร้อน	35
3.5 ทดสอบการทำงานเบื้องต้น	38
3.6 ดำเนินการทดลอง	38
บทที่ 4 ผลการทดลอง	40
4.1 วิธีการทดลอง	40
4.2 ขั้นตอนการทดลอง	40
4.3 ดำเนินการทดลอง	40
4.4 ผลการทดลอง	42
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	46
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	46
5.2 ขอบเขตของการวิจัย	46
5.3 สรุปผลการวิจัยและทดลอง	46

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.4 อภิปรายผลการวิจัย	47
5.5 ข้อเสนอแนะ	48
บรรณานุกรม	49
ภาคผนวก ก	52
ภาคผนวก ข	59
ภาคผนวก ค	61
ภาคผนวก ง	63
ภาคผนวก จ	65
ประวัติผู้วิจัย	71

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แนวคิดดัดแปลงเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร 2
รูปที่ 1.2 แนวคิดการพัฒนาเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร 2
รูปที่ 2.1 เครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรที่มีสูบเดียว 5
รูปที่ 2.2 คำจำกัดความเกี่ยวกับเครื่องยนต์ลูกสูบเลื่อน 6
รูปที่ 2.3 การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ 7
รูปที่ 2.4 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ 8
รูปที่ 2.5 กระบวนการแยกก๊าซ 14
รูปที่ 2.6 หม้อต้มก๊าซสำหรับเครื่องยนต์เล็ก 18
รูปที่ 2.7 เรกกูเลเตอร์หรือหัววาล์วก๊าซ ชนิดที่มีระบบลิ้นนิรภัย 19
รูปที่ 2.8 อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ และ การเดินทางของก๊าซจากหม้อต้ม 19
รูปที่ 2.9 มิกเซอร์แบบครอบ 20
รูปที่ 2.10 ถังก๊าซหุงต้ม 21
รูปที่ 2.11 ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง 21
รูปที่ 2.12 ความเค้นตามแนวยาว 22
รูปที่ 3.1 ขนาดภายในห้องเผาไหม้เสริม 29
รูปที่ 3.2 ห้องเผาไหม้เสริมติดตั้งครีบระบายความร้อน 30
รูปที่ 3.3 อุปกรณ์กำเนิดสัญญาณจุดระเบิด 32
รูปที่ 3.4 สวิตช์จุดระเบิด 32
รูปที่ 3.5 วงจรควบคุมการจุดระเบิด 33
รูปที่ 3.6 คอยล์จุดระเบิด 33
รูปที่ 3.7 แผ่นชาร์จไฟ 34
รูปที่ 3.8 หม้อต้ม 34
รูปที่ 3.9 ท่อน้ำมันไหลกลับ 35
รูปที่ 3.10 อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ 35
รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศที่มีขนาดคงที่ของการวิจัยครั้งที่ผ่านมา 36
รูปที่ 3.12 ห้องเผาไหม้เสริมติดตั้งครีบระบายความร้อน 36
รูปที่ 3.13 ห้องเผาไหม้เสริมของการวิจัยครั้งที่ผ่านมา 36
รูปที่ 3.14 ห้องเผาไหม้เสริมติดตั้งเข้าแทนที่ตำแหน่งของหัวฉีดน้ำมันดีเซลเดิม 37
รูปที่ 3.15 พัดลมระบายความร้อน 37
รูปที่ 3.16 เครื่องยนต์ที่ดัดแปลงและติดตั้งอุปกรณ์ที่เสร็จสมบูรณ์ 38
รูปที่ 4.1 อินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ รุ่น Benetech GM320 41
รูปที่ 4.2 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย รุ่น Koeng KEG-200 41
รูปที่ 4.3 เครื่องวัดควันดำระบบความทึบแสง รุ่น Koeng OP-201T 41
รูปที่ 4.4 การทำงานแบบเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง 42
รูปที่ 4.5 การทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง 42

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ง.1 วงจรระบบจุดระเบิดแบบ AC- CDI 64
รูปที่ ง.2 วงจรไฟฟ้าของต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร 64
รูปที่ จ.1 ถอดท่อน้ำมันเชื้อเพลิงออกจากปั๊มฉีดเชื้อเพลิง 66
รูปที่ จ.2 ต่อท่อน้ำมันไหลกลับจากปั๊มฉีดเชื้อเพลิงไปยังถังน้ำมันเชื้อเพลิง 66
รูปที่ จ.3 ถอดหัวฉีดน้ำมันดีเซลออกจากฝาสูบ 67
รูปที่ จ.4 ติดตั้งฐานห้องเผาไหม้เสริมเข้ากับฝาสูบ 67
รูปที่ จ.5 ติดตั้งห้องเผาไหม้เสริมเข้ากับฐานห้องเผาไหม้เสริม 68
รูปที่ จ.6 ต่อปลั๊กหัวเทียนเข้ากับหัวเทียน 68
รูปที่ จ.7 ปรับคันโยกให้อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศอยู่ที่ตำแหน่ง LPG 69
รูปที่ จ.8 ติดตั้งเรกกูเลเตอร์ (หัววาล์วก๊าซ) เข้ากับถังก๊าซ 69
รูปที่ จ.9 เปิดสวิตซ์จุดระเบิดให้อยู่ในตำแหน่ง ON 70
รูปที่ จ.10 ทำการสตาร์ทเครื่องยนต์เพื่อใช้งาน 70

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาและแผนดำเนินโครงการวิจัย 3
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของน้ำมันดีเซล (บริษัทเอสโซ่ฯ) 12
ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติของ NG กับ LPG 17
ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิง 18
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบอุณหภูมิของห้องเผาไหม้เสริมกับอุณหภูมิของฝาสูบเครื่องยนต์เล็ก แก๊สโซลีน เมื่อขณะอุณหภูมิคงที่ 43
ตารางที่ 4.2 ปริมาณ CO และ HC ในไอเสีย ตรวจวัดค่าโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย รุ่น Koeng KEG-200 43
ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าควันดำ ตรวจวัดค่าโดยใช้เครื่องวัดควันดำระบบความทึบแสง รุ่น Koeng OP-201T 44
ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบปริมาณและค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลและแอลพีจี ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,000 รอบต่อนาที โดยใช้เป็นเครื่องยนต์ต้นกำลัง ในการสูบน้ำด้วยท่อพญานาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อขนาด 8 นิ้ว 45
42
ตารางที่ ข.1 รายละเอียดเครื่องยนต์เล็กดีเซล Yanmar 120DI 60
ตารางที่ ค.1 ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง ณ วันที่ 24 มกราคม 2563 62
ตารางที่ ค.2 ราคาก๊าซหุงต้ม ณ วันที่ 24 มกราคม 2563 62

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

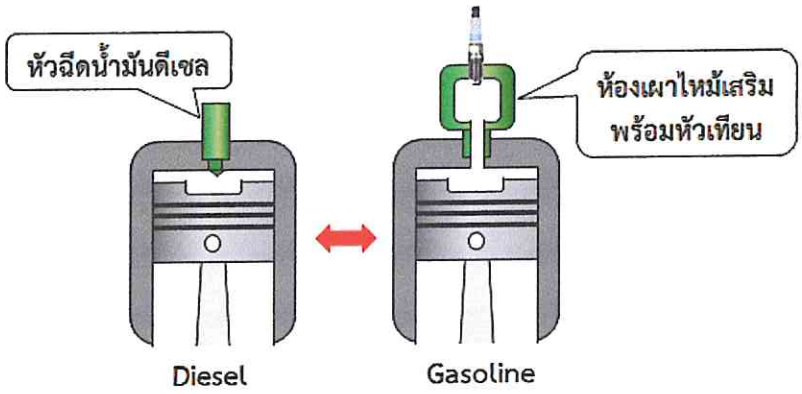
ในปัจจุบันรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน มีรูปแบบการใช้ก๊าซธรรมชาติแอลพีจี (LPG) หรือเอ็นจีวี (NGV) ทดแทนน้ำมันเบนซินได้สองรูปแบบ คือ 1) รถยนต์ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงอย่างเดียว เรียกว่า dedicated engine ส่วนใหญ่ผลิตจากโรงงานโดยตรง ใช้เครื่องยนต์ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นสำหรับใช้ก๊าซธรรมชาติโดยเฉพาะ ซึ่งเป็นลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 2) รถยนต์ใช้ก๊าซธรรมชาติระบบเชื้อเพลิงทวิ เรียกว่า bi-fuel engine ซึ่งเป็นระบบที่สามารถเลือกใช้น้ำมันเบนซินหรือใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงได้ โดยเพียงปรับสวิตช์เลือกใช้เชื้อเพลิงเท่านั้น ระบบนี้มีทั้งผลิตจากโรงงานโดยตรง หรือนำรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีนเดิมมาติดตั้งอุปกรณ์ใช้ก๊าซธรรมชาติเพิ่มเติม ซึ่งเป็นลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ส่วนในรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ปัจจุบันมีรูปแบบการใช้ก๊าซธรรมชาติแอลพีจีหรือเอ็นจีวีทดแทนน้ำมันดีเซลได้สองรูปแบบเช่นกัน คือ 1) รถยนต์ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงอย่างเดียว เรียกว่า dedicated engine เป็นการดัดแปลงชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ดีเซลเดิมให้มีอัตราส่วนการอัดลดลงมาเท่ากับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน แล้วติดตั้งระบบจุดระเบิดแบบแก๊สโซลีนเข้าไป ทำให้สามารถรองรับการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงอย่างเดียวได้ ซึ่งเป็นลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ไม่สามารถกลับไปใช้น้ำมันดีเซลได้อีกต่อไป 2) รถยนต์ใช้ก๊าซธรรมชาติกับน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงร่วมกัน เรียกว่า dual-fuel engine ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ก๊าซธรรมชาติร่วมกับน้ำมันดีเซล เมื่อเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติถูกใช้หมดไปแล้วสามารถใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียวได้ โดยไม่มีการดัดแปลงชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์ อัตราส่วนก๊าซธรรมชาติต่อน้ำมันดีเซลจะขึ้นอยู่กับสภาพเครื่องยนต์นั้นๆ ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ก๊าซ และคุณภาพของก๊าซที่ใช้ โดยทั่วไปสามารถใช้อัตราส่วนก๊าซธรรมชาติต่อน้ำมันดีเซลได้ร้อยละ 25 ต่อ 75 ระบบนี้สามารถเลือกใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียวหรือใช้เชื้อเพลิงร่วมก็ได้ โดยการปรับสวิตช์เลือกใช้เชื้อเพลิงเท่านั้น ซึ่งเป็นลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์ดีเซล แต่เนื่องจากระบบเชื้อเพลิงร่วมนี้ใช้อัตราส่วนก๊าซธรรมชาติปริมาณน้อย จึงอาจจะไม่เห็นผลของความประหยัดค่าเชื้อเพลิงที่ชัดเจน

สำหรับเครื่องยนต์เล็กดีเซลเพื่อการเกษตรซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงนั้นเป็นเครื่องจักรที่เกษตรกรนิยมใช้ในการทำเกษตรกรรม เช่น สามารถใช้เป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังขับเคลื่อนยานพาหนะ รถไถนา เครื่องสูบน้ำ และประโยชน์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับเกษตรกรรม ทั้งนี้กรณีที่เกษตรกรต้องการลดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงจึงดัดแปลงชิ้นส่วนภายในของเครื่องยนต์เล็กดีเซลเพื่อการเกษตรมาใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงอย่างเดียว ซึ่งเครื่องยนต์ที่ดัดแปลงแล้วไม่สามารถกลับไปใช้น้ำมันดีเซลได้อีกต่อไป

ในปี พ.ศ. 2562 ผู้วิจัยได้ทำวิจัยเรื่อง นวัตกรรมต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร โดยดัดแปลงเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรให้สามารถรองรับการใช้เชื้อเพลิงได้ทั้งน้ำมันดีเซลและก๊าซแอลพีจีในลักษณะการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดที่แยกเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งทำให้เครื่องยนต์เครื่องเดียวกันนี้สามารถใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียวเป็นเชื้อเพลิงและสามารถใช้ก๊าซแอลพีจีอย่างเดียวเป็นเชื้อเพลิงได้ ซึ่งนั่นคือสามารถปรับเปลี่ยนสลับให้เครื่องยนต์เครื่องเดียวกันนี้ทำงานได้ในแบบ

เครื่องยนต์ดีเซลและในแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ดังรูปที่ 1.1 ทั้งนี้เพื่อเป็นทางเลือกแก่เกษตรกรในการเลือกใช้เชื้อเพลิงที่มีราคาต่ำตามสภาวะความผันแปรของราคาเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด



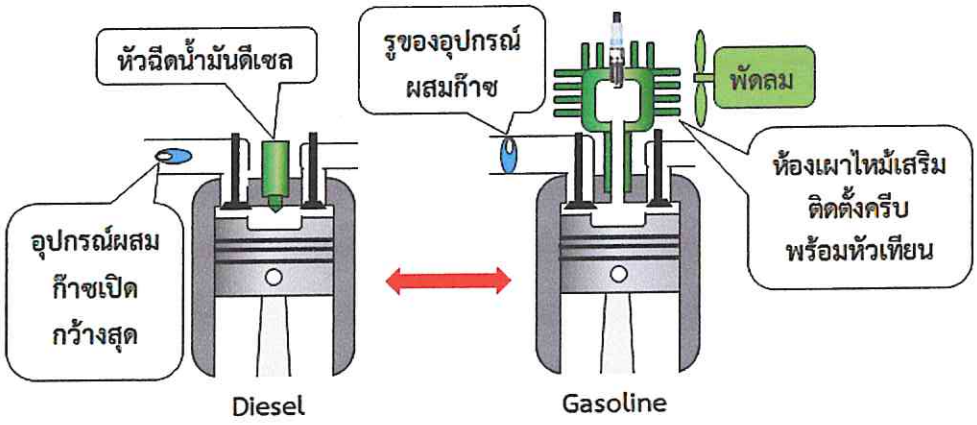
รูปที่ 1.1 แนวคิดดัดแปลงเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร

อย่างไรก็ตาม จากการวิจัยเรื่อง นวัตกรรมต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร ยังพบปัญหาบางประการที่เกิดขึ้นขณะใช้งาน ดังนี้

1. เมื่อใช้งานในแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนไปได้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง ตรวจสอบพบว่าความร้อนสะสมที่ห้องเผาไหม้เสริมจนมีอุณหภูมิสูงประมาณ 300 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจส่งผลต่อการเผาไหม้ที่ผิดปกติ

2. เมื่อใช้งานในแบบเครื่องยนต์ดีเซล พบว่าเกิดไอเสียมีควันสีดำมากที่ความเร็วรอบสูงเกินกว่า 1,800 รอบต่อนาที ทั้งนี้เป็นเพราะอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศมีรูขนาดเล็ก ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรต่ำลง อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงต่ำเกินไปที่ความเร็วรอบสูง เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ จึงเกิดควันดำและสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลมาก

ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้เรื่อง การพัฒนาต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร จึงเป็นการพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาทั้งสองประการที่กล่าวมา ตามแนวคิดดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 แนวคิดการพัฒนาเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อดัดแปลงเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรให้สามารถรองรับการใช้เชื้อเพลิงได้ทั้งน้ำมันดีเซลและก๊าซแอลพีจีในลักษณะการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดที่แยกเป็นอิสระต่อกัน

2. เพื่อพัฒนาห้องเผาไหม้เสริม ในด้านการระบายความร้อน ด้วยการติดตั้งครีบระบายความร้อนและพัดลมระบายความร้อน

3. เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศให้ปรับขนาดได้เมื่อใช้งานในแบบเครื่องยนต์ดีเซล

4. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลและก๊าซแอลพีจี

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ดัดแปลงเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตร ยี่ห้อยันม่าร์ รุ่น TF120DI โดยการสร้างห้องเผาไหม้เสริม ติดตั้งระบบเชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจี และระบบจุดระเบิด ให้สามารถรองรับการใช้เชื้อเพลิงได้ทั้งน้ำมันดีเซลและก๊าซแอลพีจีในลักษณะการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดที่แยกเป็นอิสระต่อกัน

2. ห้องเผาไหม้เสริมติดตั้งครีบระบายความร้อนและพัดลมระบายความร้อน

3. อุปกรณ์ผสมก๊าซสามารถปรับขนาดได้เมื่อใช้งานในแบบเครื่องยนต์ดีเซล

4. เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงระหว่างน้ำมันดีเซลและก๊าซแอลพีจี ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,000 รอบต่อนาที โดยใช้เป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังในการสูบน้ำด้วยท่อพญานาค

1.4 ระยะเวลาและแผนดำเนินโครงการวิจัย

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาและแผนดำเนินโครงการวิจัย

ลำดับ	กิจกรรม	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย
1	นำเสนองานวิจัย	←	→										
2	จัดทำรายละเอียด		←	→									
3	ดำเนินงานการวิจัย			←	—	—	—	—	→				
4	ดำเนินการทดลอง									←	→		
5	สรุปผลการวิจัย										←	—	→
6	จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์												← →

ดำเนินการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2563 – 30 กันยายน 2564

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นนวัตกรรมใหม่สู่การจดสิทธิบัตร

2. นวัตกรรมใหม่ที่เป็นข้อมูลและแนวทางในการพัฒนาเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรในประเทศไทย

3. เกษตรกรมีทางเลือกในการใช้เชื้อเพลิงที่มีราคาต่ำตามสภาวะความผันแปรของราคาเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

เครื่องยนต์ดีเซล (Diesel engine) หมายถึง เครื่องยนต์เผาไหม้ภายในประเภทหนึ่ง คิดค้นโดย นายรูดอล์ฟ ดีเซล (Rudolf Diesel) วิศวกรชาวเยอรมัน ในปี ค.ศ. 1897 เครื่องยนต์ชนิดนี้ไม่มีหัวเทียน การจุดระเบิดอาศัยหลักการอัดอากาศให้มีอุณหภูมิและความดันสูงจนเชื้อเพลิงสามารถลุกติดไฟได้ เรียกว่า compression ignition engine (CI engine)

เครื่องยนต์แก๊สโซลีน (Gasoline engine) หมายถึง เครื่องยนต์เผาไหม้ภายในที่ใช้ประกายไฟจากหัวเทียนในการจุดระเบิดเชื้อเพลิง เรียกว่า spark ignition engine (SI engine) ซึ่ง ดร.เอ.เอ็น. ออตโต (Dr. A.N. Otto) ชาวเยอรมัน เป็นผู้ประดิษฐ์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนขึ้นสำเร็จในปี ค.ศ. 1876 จากนั้นมีการนำมาใช้ประโยชน์ในรถยนต์และได้มีการพัฒนาเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

ก๊าซ หมายถึง สารที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยมาก อนุภาคฟุ้งกระจายจนเต็มภาชนะที่บรรจุตลอดเวลา มีปริมาตรและรูปร่างไม่แน่นอน เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะของภาชนะที่บรรจุ

น้ำมัน หมายถึง น้ำมันปิโตรเลียม (น้ำมันดิบ) ซึ่งน้ำมันชนิดนี้จะถูกสูบขึ้นมาจากพื้นดิน ปัจจุบันน้ำมันปิโตรเลียมเป็นแหล่งพลังงานหลักและเป็นส่วนสำคัญของเศรษฐกิจ

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (แอลพีจี) หมายถึง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีองค์ประกอบของก๊าซโพรเพน (Propane) เป็นส่วนใหญ่ จึงเป็นก๊าซที่หนักกว่าอากาศ โดยตัวแอลพีจี (LPG) เองไม่มีสี ไม่มีกลิ่นเช่นเดียวกับก๊าซธรรมชาติ แต่เนื่องจากเป็นก๊าซที่หนักกว่าอากาศ จึงมีการสะสมและลุกไหม้ได้ง่าย นอกจากนี้ ยังนิยมใช้แทนน้ำมันเบนซินในรถยนต์ เนื่องจากราคาถูกกว่า และมีค่าออกเทนสูงถึง 105 RON

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาแนวความคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาประยุกต์และเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย โดยมีสาระเนื้อหาที่สำคัญต่อการวิจัย ดังนี้

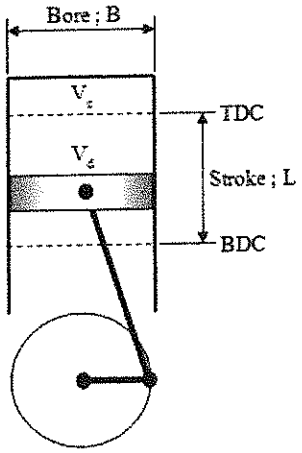
1. เครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตร
2. เชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์
3. การใช้ก๊าซธรรมชาติกับเครื่องยนต์
4. ความเค้นในภาชนะทรงกระบอกกลวงผนังบาง
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตร

เครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรเป็นเครื่องยนต์ที่มีสูบเดียว ชนิดลูกสูบเลื่อน ดังรูปที่ 2.1 มีทั้งแบบสูบตั้งตรงและชนิดแบบสูบเอียง เครื่องยนต์เล็กที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดโดยทั่วไปจะใช้งานเกี่ยวกับด้านการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ เป็นเครื่องยนต์ที่นำเข้ามาผลิตในประเทศไทย มีทั้งแบบใช้น้ำมันเบนซิน ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ ใช้น้ำมันดีเซล เป็นเชื้อเพลิง เครื่องยนต์เล็กมีหลายยี่ห้อ เช่น ฮอนด้า คูโบต้า ยันม่าร์ ควายทอง เป็นต้น

รูปที่ 2.1 เครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรที่มีสูบเดียว

ก่อนที่จะทำความเข้าใจหลักการทำงานของเครื่องยนต์ ควรทราบถึงคำจำกัดความที่เกี่ยวกับการทำงานของเครื่องยนต์ลูกสูบเลื่อน ดังรูปที่ 2.2



TDC = ศูนย์ตายบน

BDC = ศูนย์ตายล่าง

B = ความโตกระบอกสูบ

L = ระยะชัก

V_C = ปริมาตรช่องว่างเหนือหัวลูกสูบ

V_d= ปริมาตรกระจัด $= \frac{\pi B^2}{4} L$

รูปที่ 2.2 คำจำกัดความเกี่ยวกับเครื่องยนต์ลูกสูบเลื่อน [1]

1. ศูนย์ตายบน (top dead center ; TDC) หมายถึง จุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นได้สูงสุดในกระบอกสูบ

2. ศูนย์ตายล่าง (bottom dead center ; BDC) หมายถึง จุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงได้ต่ำสุดในกระบอกสูบ

3. ความโตกระบอกสูบ (bore ; B) หมายถึง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ

4. ระยะชัก (stroke ; L) หมายถึง ระยะทางที่ลูกสูบเคลื่อนที่จากศูนย์ตายบนถึงศูนย์ตายล่าง

5. ปริมาตรกระจัด (displacement volume ; V_d) หมายถึง ปริมาตรในกระบอกสูบที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของลูกสูบจากศูนย์ตายบนถึงศูนย์ตายล่าง หรือเรียกว่า ปริมาตรกระบอกสูบ

$$V_d = \frac{\pi B^2}{4} L \qquad \text{(สมการ 2.1)}$$

เมื่อ V_d คือ ปริมาตรกระจัด

B คือ ความโตกระบอกสูบ

L คือ ระยะชัก

6. ปริมาตรช่องว่างเหนือหัวลูกสูบ (clearance volume ; V_C) หมายถึง ปริมาตรเหนือหัวลูกสูบในขณะที่ลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายบน หรือเรียกว่า ปริมาตรห้องเผาไหม้

7. อัตราส่วนการอัดหรืออัตราส่วนปริมาตร (compression ratio or volume ratio ; r_V) หมายถึงปริมาตรในกระบอกสูบเมื่อลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายล่าง ต่อปริมาตรในกระบอกสูบเมื่อลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายบน

$$r_V = \frac{V_{@BDC}}{V_{@TDC}} = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{V_d + V_C}{V_C} \qquad \text{(สมการ 2.2)}$$

เมื่อ r_V คือ อัตราส่วนการอัด

V_d คือ ปริมาตรกระจัดหรือเรียกว่าปริมาตรกระบอกสูบ

V_C คือ ปริมาตรช่องว่างเหนือหัวลูกสูบ

$V_{@BDC}$ คือ ปริมาตรในกระบอกสูบเมื่อลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายล่าง

$V_{@TDC}$ คือ ปริมาตรในกระบอกสูบเมื่อลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายบน

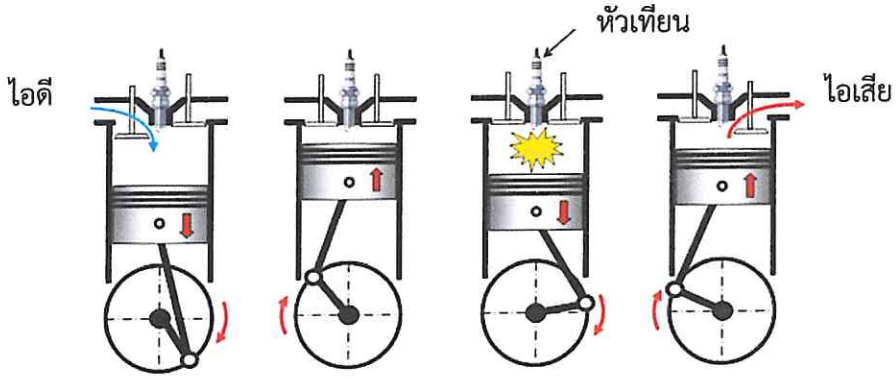
โดยทั่วไปค่าอัตราส่วนการอัด ประมาณ 8 ถึง 12 ต่อ 1 สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน และประมาณ 12 ถึง 24 ต่อ 1 สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล

2.1.1 เครื่องยนต์แก๊สโซลีน (gasoline engine) [1]

เครื่องยนต์แก๊สโซลีนหรือเรียกว่าเครื่องยนต์เบนซิน เป็นเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในที่ใช้ประกายไฟในการจุดระเบิดเชื้อเพลิง เรียกว่า spark ignition engine (SI. engine) ซึ่ง ดร.เอ.เอ็น ออตโต (Dr. A.N.Otto) ชาวเยอรมัน เป็นผู้ประดิษฐ์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนขึ้นสำเร็จในปี ค.ศ. 1876 จากนั้นมีการนำมาใช้ประโยชน์ในรถยนต์ และได้มีการพัฒนาเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะนั้น ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นและลงรวม 4 ครั้ง หรือเพลาข้อเหวี่ยงหมุน 2 รอบ ซึ่งจะได้กำลังงานจากการจุดระเบิด 1 ครั้ง เรียกว่า การทำงานครบ 1 วัฏจักร

หลักการทำงานทางทฤษฎีของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ ดังรูปที่ 2.3 ประกอบด้วย จังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะกำลัง และจังหวะคาย ดังนี้



รูปที่ 2.3 การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ [1]

1. จังหวะดูด (intake stroke)

ลูกสูบเคลื่อนที่จากศูนย์ตายบน (จุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นสูงสุดในกระบอกสูบ) ลงสู่ศูนย์ตายล่าง (จุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงต่ำสุดในกระบอกสูบ) ในขณะเดียวกันนี้ลิ้นไอดีเปิด ภายในกระบอกสูบมีความดันต่ำกว่าบรรยากาศ ทำให้ไอดีซึ่งมีส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงไหลผ่านลิ้นไอดีเข้าสู่กระบอกสูบจนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนที่ลงถึงศูนย์ตายล่าง ดังรูปที่ 2.3 (ก)

2. จังหวะอัด (compression stroke)

ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นจากศูนย์ตายล่าง ขณะเดียวกันลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียปิดสนิท ลูกสูบอัดส่วนผสมไอดีให้มีปริมาตรเล็กลง ความดันและอุณหภูมิในกระบอกสูบจะสูงขึ้น จนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นถึงศูนย์ตายบน ดังรูปที่ 2.3 (ข)

3. จังหวะกำลัง (power stroke)

หรือเรียกว่า จังหวะระเบิด ในจังหวะนี้ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียยังคงปิดสนิทอยู่ ระบบจุดระเบิดจะสร้างไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูง เกิดประกายไฟที่เขี้ยวหัวเทียนเผาไหม้ส่วนผสมไอดีอย่างรวดเร็ว ความดันใน

กระบอกสูบสูงขึ้นมาก ประมาณ 3 ถึง 4 MN/m^2 ผลักดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่จากศูนย์ตายบนลงสู่ศูนย์ตายล่าง ดังรูปที่ 2.3 (ค)

4. จังหวะคาย (exhaust stroke)

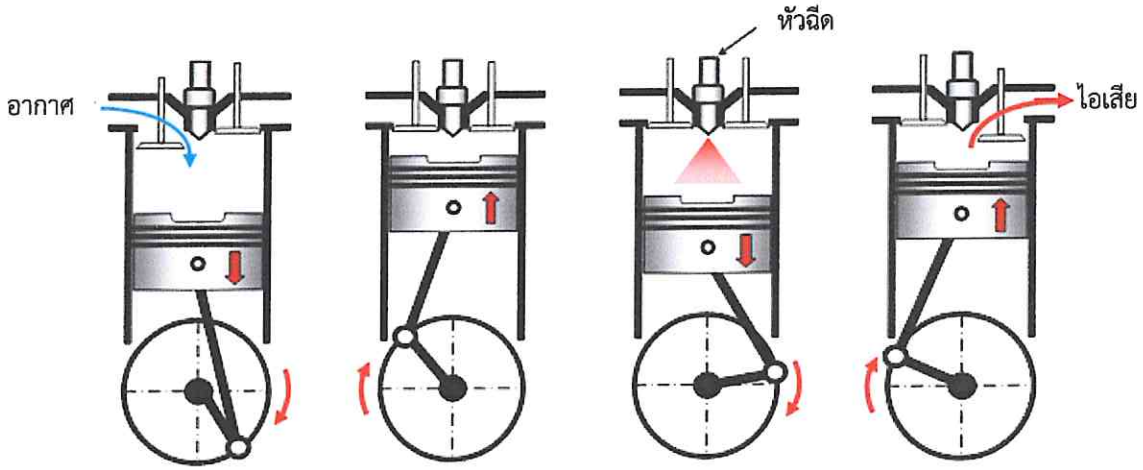
ลิ้นไอเสียเปิด ไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ซึ่งมีความดันสูงจะระบายออกผ่านลิ้นไอเสีย ในขณะเดียวกันลูกสูบเคลื่อนที่จากศูนย์ตายล่างขึ้นสู่ศูนย์ตายบน ช่วยขับไล่ไอเสียออกจากกระบอกสูบ พร้อมที่จะเริ่มจังหวะดูดในวัฏจักรต่อไป ดังรูปที่ 2.3 (ง)

2.1.2 เครื่องยนต์ดีเซล (Diesel engine) [1]

เครื่องยนต์ดีเซลเครื่องแรกสร้างขึ้นสำเร็จ และสามารถใช้งานได้จริงในปี ค.ศ. 1897 โดย ดร. รูดอล์ฟ ดีเซล (Dr. Rudolf Diesel) ชาวเยอรมัน ซึ่งเครื่องยนต์ดีเซลมีการดูดและอัดอากาศเพียงอย่างเดียว ให้มีความดันและมีอุณหภูมิสูงถึงจุดที่น้ำมันเชื้อเพลิงสามารถลุกติดไฟด้วยตัวเองได้ โดยไม่ต้องใช้ประกายไฟจากเขี้ยวหัวเทียน จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า compression ignition engine (CI engine)

ทั้งนี้เครื่องยนต์ดีเซลได้มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นด้านคุณภาพวัสดุ กำลัง ทอร์ก อัตราเร่งที่ดีจนใกล้เคียงกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน อีกทั้งประหยัดเชื้อเพลิงมากขึ้น จึงมีการนำเครื่องยนต์ดีเซลไปใช้งานอย่างกว้างขวางในงานประเภทต่างๆ เช่น ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป การคมนาคมขนส่ง เป็นต้น

เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ มีหลักการทำงานคล้ายกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ แต่จะต่างกันที่วิธีการจุดระเบิด ซึ่งมีหลักการทำงาน ดังนี้



รูปที่ 2.4 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ [1]

1. จังหวะดูด

ลูกสูบเคลื่อนที่ลงจากศูนย์ตายบน ในขณะเดียวกันลิ้นไอดีเปิด ภายในกระบอกสูบมีความดันต่ำกว่าบรรยากาศ ทำให้อากาศไหลผ่านลิ้นไอดีเข้าสู่กระบอกสูบจนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนที่ลงถึงศูนย์ตายล่าง ดังรูปที่ 2.4 (ก)

2. จังหวะอัด

ลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านศูนย์ตายล่างและเริ่มเคลื่อนที่ขึ้น ขณะเดียวกันลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียปิดสนิท ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นอัดอากาศให้มีความดันและอุณหภูมิสูง (ประมาณ 450-600 psi, 400-500°C) จนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นถึงศูนย์ตายบน ดังรูปที่ 2.4 (ข)

3. จังหวะกำลัง

ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียยังคงปิดสนิทอยู่ ระบบฉีดเชื้อเพลิงจะฉีดเชื้อเพลิงให้เป็นฝอยละอองเข้าไปผสมกับอากาศร้อนในกระบอกสูบทำให้เชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้ เกิดความดันและอุณหภูมิสูงมาก ผลักดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่จากศูนย์ตายบนลงสู่ศูนย์ตายล่าง ดังรูปที่ 2.4 (ค)

4. จังหวะคาย

ลิ้นไอเสียเปิด ไอเสียความดันสูงระบายออกผ่านลิ้นไอเสีย ขณะเดียวกันลูกสูบเคลื่อนที่จากศูนย์ตายล่างขึ้นสู่ศูนย์ตายบนช่วยขับไล่ไอเสียออกจากกระบอกสูบ พร้อมที่จะเริ่มจังหวะดูดในวัฏจักรต่อไป ดังรูปที่ 2.4 (ง)

2.2 เชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์

2.2.1 น้ำมันดีเซล [2]

น้ำมันดีเซล (Diesel fuel) คือ น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์น้ำมันดิบที่ได้จากโรงกลั่นเช่นเดียวกับน้ำมันเบนซินซึ่งเป็นน้ำมันที่เรียกว่า น้ำมันใส หรือ distillate fuel มีช่วงจุดเดือดประมาณ 180 - 370 องศาเซลเซียส น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลซึ่งเป็นเครื่องยนต์แรงอัดสูง (high compression) และจุดระเบิดเอง (self ignition engine) ซึ่งการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงเกิดขึ้นจากความร้อนจากแรงอัดสูงของอากาศในกระบอกสูบโดยไม่ต้องใช้หัวเทียน น้ำมันดีเซลที่มีจำหน่ายในปัจจุบันนี้แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.2.1.1 น้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลรอบหมุนเร็วที่ใช้กับยานยนต์ (automotive diesel oil หรือ gas oil) เช่น รถยนต์ รถบรรทุก เรือประมง เรือโดยสาร รถแทรกเตอร์ และเครื่องจักรกลหนักทุกชนิดที่มีรอบหมุนเร็วเกิน 1,000 รอบต่อนาที เครื่องยนต์ประเภทนี้จำเป็นต้องใช้น้ำมันที่มีค่าซีเทนสูงและมีการระเหยเร็ว มิฉะนั้นเครื่องยนต์จะเดินไม่สะดวก น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทนี้เรียกว่าน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (HSD; high speed diesel oil) แต่ในตลาดเป็นที่รู้จักกันในชื่อของน้ำมันโซล่า ถ้าใช้กับเรือเดินสมุทรมักเรียกว่า marine gas oil

2.2.1.2 น้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลรอบหมุนปานกลางหรือหมุนช้า (industrial diesel oil) เช่นเครื่องยนต์ดีเซลขับส่งกำลังติดตั้งอยู่กับที่ตามโรงงานต่างๆ ซึ่งมีรอบการทำงานต่ำ ประมาณ 500-1,000 รอบต่อนาที เครื่องยนต์ประเภทนี้ไม่ต้องการน้ำมันดีเซลที่มีค่าซีเทนสูงมากนักและการระเหยอาจช้ากว่าได้ น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทนี้เรียกว่า น้ำมันดีเซลหมุนช้า (LSD; low speed diesel oil) ซึ่งในตลาดเป็นที่รู้จักกันว่า น้ำมันขี้โล้ ถ้าใช้กับเรือเดินสมุทรมักเรียกว่า marine diesel oil เป็นน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว (distillate fuel) และน้ำมันเตา (fuel oil, FO หรือ heavy fuel oil, HFO) ในอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติตรงตามข้อกำหนดของกระทรวงพาณิชย์ ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว มีดังนี้

1) ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)

เป็นการวัดความหนักเบาของน้ำมัน ถ้าน้ำมันหนักมากค่าความร้อนของน้ำมันต่อหน่วยน้ำหนักจะลดลง ค่าซีเทนลดลง การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เกิดคราบเขม่าคาร์บอนสะสมได้มาก

2) ค่าซีเทน (cetane number) หรือ ดัชนีซีเทน (cetane index)

เป็นค่าที่แสดงคุณภาพการจุดติดไฟ (ignition quality) นับตั้งแต่น้ำมันเริ่มถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้จนกระทั่งน้ำมันเกิดติดไฟขึ้น ช่วงระยะเวลานี้เรียกว่า ความล่าช้าในการจุดติดไฟ (Ignition Lag) น้ำมันที่มีช่วงระยะเวลานี้สั้นก็จะมีค่าซีเทนสูง จุดติดไฟได้ง่าย เครื่องยนต์สตาร์ทติดง่าย ในช่วงอากาศเย็นเครื่องยนต์ร้อนขึ้นได้เร็วโดยไม่เกิดควันขาว เดินเรียบ น้ำมันดีเซลที่ได้จากกระบวนการกลั่นโดยตรงจะมีค่าซีเทนสูงใกล้ 60 แต่ถ้ามีส่วนผสมของน้ำมันจากกระบวนการ cracking จะมีค่าซีเทนประมาณ 50-55 อย่างไรก็ตามค่าซีเทนสูงมากเกินไปก็ไม่เหมาะเพราะเครื่องจะไม่มีกำลัง การวัดหาค่าซีเทนต้องใช้เครื่องยนต์ดีเซลมาตรฐานสูบเดียวของ CFR เปรียบเทียบคุณภาพในการจุดติดไฟกับเชื้อเพลิงมาตรฐาน ค่าใช้จ่ายสูงมาก ทั้งสิ้นเปลืองเวลา จึงใช้วิธีการคำนวณออกมาเป็นค่าดัชนีซีเทน (calculated cetane index) สำหรับประเทศไทยได้กำหนดให้เลขซีเทนมีค่าไม่ต่ำกว่า 47 แต่ในทางปฏิบัติ น้ำมันดีเซลที่จำหน่ายอยู่ทั่วไปมีค่าเลขซีเทนสูงกว่า 50

3) ความหนืดหรือความข้นใส (viscosity)

ความหนืดหรือความข้นใส คือ แรงต้านทานภายในตัวของน้ำมันต่อการไหล น้ำมันใสไหลง่าย น้ำมันข้นไหลช้า ความหนืดต้องเหมาะสม เพื่อให้ระบบการฉีดน้ำมัน (injection system) ฉีดเป็นฝอยได้ละเอียดดี ในขณะเดียวกันก็ช่วยหล่อลื่นปั๊มหัวฉีดด้วย ถ้าน้ำมันข้นเกินไปจะกระจายตัวเป็นฝอยไม่ดี แต่ถ้าใสเกินไปก็จะให้การหล่อลื่นไม่เพียงพอ ลูกปั๊มหัวฉีดอาจติดตายหรือเกิดความสึกหรอจนทำให้ปั๊มรั่วได้ ค่าความหนืดวัดเป็น kinematic viscosity

4) จุดไหลเท (pour point)

เป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันเริ่มไม่ไหล บริเวณภาคเหนือของประเทศในช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิต่ำมาก น้ำมันจะก่อตัวเป็นเกล็ดขี้ผึ้งติดที่กรองน้ำมันดีเซล ขัดขวางการไหลของน้ำมันไปป้อนปั๊มหัวฉีด และถ้าสตาร์ทเครื่องไม่ติดอยู่นาน ปั๊มหัวฉีดอาจติดตายได้

5) ปริมาณกำมะถัน (sulphur content)

กำมะถันในน้ำมันดีเซลเมื่อเผาไหม้กับอากาศจะกลายเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) เป็นไอเสียที่ถูกปล่อยทิ้งออกสู่อากาศภายนอก เป็นส่วนที่ทำให้สภาวะแวดล้อมเป็นพิษ บางส่วนของ SO_3 จะรวมตัวกับน้ำหรือความชื้นกลายเป็นกรดกำมะถันกัดกร่อนชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เกิดการสึกหรอ ตั้งแต่ 1 มกราคม 2542 รัฐบาลโดยเฉพาะกระทรวงพาณิชย์ได้กำหนดให้มีปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลได้ไม่เกิน 0.05 % โดยน้ำหนัก เพื่อลดมลภาวะอากาศเป็นพิษ

6) การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (copper strip corrosion)

เป็นการทดสอบการควบคุมป้องกันถังเก็บและท่อทางเดินน้ำมันซึ่งอาจเกิดการกัดกร่อนเสียหายได้จากสารประกอบกำมะถัน

7) กากถ่าน หรือกากคาร์บอน (carbon residue)

คือปริมาณสารคาร์บอนที่เหลือตกค้างอยู่หลังจากน้ำมันได้ระเหยออกไปหมดแล้ว ที่อุณหภูมิสูงๆในช่วงเวลาหนึ่งน้ำมันที่มีปริมาณกากคาร์บอนสูงจะมีแนวโน้มการเกิดควันและคราบเขม่าคาร์บอนเกาะสะสมในห้องเผาไหม้บริเวณร่องแหวนลูกสูบและหัวฉีดได้

8) น้ำและตะกอน (water and sediment)

ถ้ามีน้ำและตะกอนมากเกินมาตรฐานเป็นผลให้เกิดสลัดจ์อุดตันที่หม้อกรองน้ำมันได้ น้ำเป็นอันตรายต่อระบบปั๊มและหัวฉีด เพราะไม่มีคุณสมบัติหล่อลื่น

9) ปริมาณเถ้า (ash)

ในน้ำมันดีเซลจะประกอบด้วยสารพวกที่ไม่สามารถเผาไหม้หมดได้ อยู่ในรูปของของแข็ง สารอนินทรีย์ต่างๆ และในรูปของสารสบู่จำพวกโลหะที่ละลายในน้ำมันได้ สารพวกที่เป็นของแข็งซึ่งจะขีดข่วนผิวโลหะของเครื่องยนต์ให้เป็นรอยได้ ทำความสึกหรอให้กับปั๊มหัวฉีดและหัวฉีด ส่วนสารประเภทสบู่ของโลหะที่ละลายได้จะทำให้เกิดคราบตกตะกอนเกาะติดในเครื่องยนต์เพิ่มการสึกหรอ

10) จุดวาบไฟ (flash point)

เป็นอุณหภูมิที่ไอระเหยน้ำมันดีเซลเกิดจุดติดไฟขึ้นเมื่อมีไฟเข้ามาจุด คุณสมบัติข้อนี้จะเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในการเก็บสำรองน้ำมัน น้ำมันดีเซลหมุนเร็วถือเป็นน้ำมันไม่น่ากลัวอันตราย สามารถเก็บในถังบนดินได้โดยปลอดภัย

11) การกลั่น อุณหภูมิของส่วนที่กลั่นได้ 90% (90% recovered, ^{o}C)

แต่เดิมกระทรวงพาณิชย์กำหนดไว้ไม่เกิน 370 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าส่วนหนักๆในน้ำมันเผาไหม้ไม่หมด เกิดควันดำเต็มท้องถนนโดยเฉพาะรถที่บรรทุกหนักเกินพิกัดและการเร่งเครื่องกระทันหัน เมื่อ พ.ศ.2535 รัฐบาลโดยกระทรวงพาณิชย์จึงออกข้อกำหนดใหม่ ไม่ให้เกิน 357 องศาเซลเซียส ซึ่งหมายถึง ส่วนหนักๆในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วถูกตัดออกไป เป็นผลให้น้ำมันเผาไหม้หมดจดขึ้น ช่วยลดควันดำลงไปได้มาก

12) สีของน้ำมันดีเซล

โดยธรรมชาติน้ำมันดีเซลมีสีชาอ่อน แต่บางครั้งอาจมีสีเปลี่ยนไปบ้างเนื่องจากในกระบวนการกลั่นน้ำมันอาจจะใช้น้ำมันดิบจากแหล่งต่างๆกัน แต่คุณสมบัติในการเผาไหม้ยังคงเดิม ในกรณีที่น้ำมันดีเซลมีสีเปลี่ยนแปลงไปมาก เช่น เป็นสีดำคล้ำ อาจมีการปลอมปนของน้ำมันเตาหรือน้ำมันเครื่องที่ใช้แล้ว เพื่อควบคุมการปะปนกับน้ำมันเตา โดยสีของน้ำมันดีเซลตามมาตรฐานของ ASTM กำหนดไว้ไม่เกิน 3 ซึ่งเป็นสีคล้ายกับสีชา

13) มีคุณสมบัติในการหล่อลื่น ทดสอบโดยวิธี HFRR

โดยเหตุที่รัฐบาลกำหนดให้มีปริมาณกำมะถันได้ไม่เกิน 0.05 % โดยน้ำหนัก การลดปริมาณกำมะถันในน้ำมันดีเซลลงทำให้คุณสมบัติการหล่อลื่นโดยธรรมชาติของน้ำมันดีเซลลดลงไปมาก เป็นผลให้ปั๊มหัวฉีดสึกหรอและติดตายได้ในระยะยาว จึงกำหนดให้ต้องเติมสารเพิ่มคุณสมบัติการหล่อลื่น (lubricity additive) ทดสอบโดยวิธี HFRR (high frequency reciprocating rig) โดยมีรอยสึกหรอ WSD (wear scar diameter) ต้องไม่สูงกว่า 460 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ถูกกำหนดขึ้นใหม่

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของน้ำมันดีเซล (บริษัทเอสโซ่ฯ) [3]

คุณสมบัติ	น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว			น้ำมันดีเซลหมุนช้า		
	ข้อกำหนด		ค่าจาก	ข้อกำหนด		ค่าจาก
	ต่ำสุด	สูงสุด	การทดสอบ	ต่ำสุด	สูงสุด	การทดสอบ
1. ความถ่วง API ที่ 15.6°C	-	-	35.8	-	-	31.5
2. ความถ่วงจำเพาะ @ 15.6°C/15.6°C	0.82	0.90	0.8458	-	0.92	0.8681
3.สภาพน้ำมัน	-	-	ใสสะอาด	-	-	ใสสะอาด
4. ค่าซีเทน	47	-	51	45	-	47
5. ความข้นใส @ 40°C (cSt)	1.8	5.0	3.6	-	8.0	5.9
6. จุดไหลเท (°C)	-	10	10	-	16	14
7. ปริมาณกำมะถัน (% โดยน้ำหนัก)	-	1.0	0.5	-	1.5	1.0
8. การกัดกร่อนทองแดง	-	1	1a	-	-	-
9. กากถ่าน (% โดยน้ำหนัก)	-	0.05	0.005	-	0.2	0.09
10. เถ้า (% โดยน้ำหนัก)	-	0.01	0.0015	-	0.02	0.001
11. จุดวาบไฟ (°C)	52	-	75	66	-	78
12. สี ASTM	-	4.0	1.5	4.5	7.5	6.0
13. การกลั่น 90% (°C)	-	370	366	-	-	-
14. น้ำและตะกอน (% โดยปริมาตร)	-	0.05	เล็กน้อย	-	0.2	-

2.2.2 น้ำมันเบนซิน [4]

น้ำมันเบนซิน ในสหรัฐอเมริกาและแคนาดา เรียกว่า แก๊สโซลีน (gasoline) ในประเทศเครือจักรภพอังกฤษเรียกว่า เพทรอล (petrol ย่อมาจาก petroleum spirit) เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับใช้กับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในชนิดเบนซิน

แก๊สโซลีนได้มาจากการนำน้ำมันองค์ประกอบที่ได้จากจากกระบวนการกลั่นน้ำมัน นำมาผสมสารเพิ่มคุณภาพและสารเติมแต่ง เช่น MTBE, เอทานอล และสีย้อม

การวัดคุณภาพของน้ำมันเบนซิน ใช้ค่าออกเทน ซึ่งในสมัยก่อนใช้วิธีเติมตะกั่วลงไปเพื่อปรับค่าออกเทน แต่ต่อมาได้วิจัยพบว่าเป็นอันตรายต่อระบบประสาทของมนุษย์ ปัจจุบันจึงได้ใช้สาร MTBE (metyl tertiary butyl ether) แทน และมีชื่อเรียกในประเทศไทยว่า น้ำมันไร้สารตะกั่ว

ในประเทศไทย เรียกน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดนี้ว่าเบนซิน (benzin, bensin) ตามอย่างประเทศแถบยุโรป เช่น สแกนดิเนเวีย เยอรมนี ซึ่งในประเทศไทยมีการจำหน่ายน้ำมันเบนซินชนิดต่างๆ ดังนี้

1) น้ำมันเบนซิน [5]

น้ำมันเบนซิน หรือเรียกว่า แก๊สโซลีน เป็นน้ำมันที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ ประเทศไทยประกาศยกเลิกการผลิตน้ำมันเบนซินออกเทน 91 เมื่อวันที่ 1 มกราคม 2556 และผ่อนผันให้มีจำหน่ายจนกว่าจะหมด แต่ไม่เกินวันที่ 31 มีนาคม 2556 หลังจากนั้นจำหน่ายเฉพาะน้ำมันเบนซินออกเทน 95 เท่านั้น ซึ่งน้ำมันเบนซินออกเทน 95 ได้มาจากการกลั่นน้ำมันดิบโดยเติมสารเพิ่มคุณภาพ methyl tertiary butyl ether (MTBE) ทดแทนสารตะกั่วในการเพิ่มค่าออกเทน น้ำมันเบนซินออกเทน 95 เหมาะกับเครื่องยนต์เบนซินที่มีกำลังอัดสูง

2) น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 [5]

เป็นการนำน้ำมันเบนซินพื้นฐานมาผสมกับเอทานอลหรือเอทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ 99.5% ในอัตราส่วนเบนซินพื้นฐาน 9 ส่วน ต่อ เอทานอล 1 ส่วน โดยค่าออกเทนของแก๊สโซฮอล์จะขึ้นกับค่าออกเทนของน้ำมันเบนซินพื้นฐานแต่ละชนิด หากนำน้ำมันเบนซินพื้นฐานออกเทน 88 จำนวน 9 ส่วน ผสมกับเอทานอล 1 ส่วน จะได้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 สามารถเลือกแก๊สโซฮอล์ตามค่าออกเทนที่ต้องการใช้มาทดแทนน้ำมันเบนซินได้ทันที

3) น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 [5]

เป็นการนำน้ำมันเบนซินพื้นฐานมาผสมกับเอทานอลหรือเอทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ 99.5% ในอัตราส่วน เบนซินพื้นฐาน 9 ส่วน ต่อ เอทานอล 1 ส่วน โดยค่าออกเทนของแก๊สโซฮอล์จะขึ้นกับค่าออกเทนของน้ำมันเบนซินพื้นฐานแต่ละชนิด หากนำน้ำมันเบนซินพื้นฐานออกเทน 91 จำนวน 9 ส่วน ผสมกับเอทานอล 1 ส่วน จะได้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 สามารถเลือกแก๊สโซฮอล์ตามค่าออกเทนที่ต้องการใช้มาทดแทนน้ำมันเบนซินได้ทันที

4) น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E20 [5]

คือน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการนำน้ำมันเบนซินพื้นฐานผสมกับเอทานอลหรือเอทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ 99.5% ในอัตราส่วน เบนซิน 80 ส่วน ต่อ เอทานอล 20 ส่วน ได้เป็นน้ำมันแก๊สโซฮอล์ E20 ซึ่งมีค่าออกเทน 95 ตามมาตรฐานของกระทรวงพลังงาน ใช้ได้กับเครื่องยนต์ที่ออกแบบมาสำหรับการใช้ E20

5) น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 [6]

เป็นการนำเอทานอลมาผสมในน้ำมันเบนซิน สัดส่วนร้อยละ 85 มีค่าออกเทนสูงกว่า 100 มีคุณภาพการใช้งานตามมาตรฐาน E85 ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในสหรัฐฯ และยุโรป และใช้ได้กับรถยนต์ที่ออกแบบมาสำหรับการใช้น้ำมัน E85 โดยเฉพาะ ช่วยให้เครื่องยนต์สะอาด เผาไหม้สมบูรณ์ ลดมลภาวะจากการเผาไหม้ได้ดีที่สุดเมื่อเทียบน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ ทุก 1 ลิตรที่เติมช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ CO_2 ได้มากถึง 850 กรัม

2.2.3 ก๊าซธรรมชาติ [7]

ก๊าซธรรมชาติเป็นพลังงานปิโตรเลียมชนิดหนึ่ง เกิดจากซากพืชและซากสัตว์ที่ทับถมกันมานานหลายล้านปี และทับถมสะสมกันจนจมอยู่ใต้ดิน แล้วเปลี่ยนรูปเป็นสิ่งที่เรียกว่า ฟอสซิล ระหว่างนั้นก็มีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ จนซากพืชและซากสัตว์หรือฟอสซิลนั้นกลายเป็นน้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหินที่เรานำมาใช้ประโยชน์ได้ในที่สุด

ในทางวิทยาศาสตร์นั้น พืชและสัตว์ รวมทั้งคน ประกอบด้วยเซลล์เล็กๆ มากมาย เซลล์เหล่านี้ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจนและธาตุคาร์บอนเป็นหลัก เมื่อซากพืชและซากสัตว์ทับถมและเปลี่ยนรูปเป็นน้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติหรือถ่านหิน พวกนี้จึงมีองค์ประกอบของสารไฮโดรคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่ และเมื่อนำไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้มาเผา จะให้พลังงานออกมาแบบเดียวกับการเผาฟืน เพียงแต่เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ หรือถ่านหิน ให้ความร้อนมากกว่า

2.2.3.1 คุณลักษณะบางประการของก๊าซธรรมชาติ [8]

1) ก๊าซธรรมชาติเผาไหม้ได้ดีกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น และไม่มีกากของเชื้อเพลิงหลังจากการเผาไหม้

2) ก๊าซธรรมชาติไม่มีฝุ่นออกไซด์ของกำมะถันและไนโตรเจนซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

3) ก๊าซธรรมชาติช่วยบรรเทาสภาวะโลกร้อนและปล่อยความร้อนสู่บรรยากาศโลกน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น

4) ก๊าซธรรมชาติไม่ทำลายหรือกัดกร่อนอุปกรณ์และวัสดุในกระบวนการผลิต

5) ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงราคาถูก ช่วยลดการนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ

2.2.3.2 องค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติ [7]

ก๊าซธรรมชาติมีก๊าซหลายอย่างประกอบด้วยกัน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า มีเทน (CH_4), อีเทน (C_2H_6), โพรเพน (C_3H_8), บิวเทน (C_4H_{10}), ไนโตรเจน (N_2), คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ฯลฯ แต่โดยทั่วไปจะประกอบด้วยก๊าซมีเทนเป็นส่วนใหญ่ คือ ร้อยละ 70 ขึ้นไป ก๊าซพวกนี้เป็นสารไฮโดรคาร์บอน เมื่อจะนำมาใช้ ต้องแยกก๊าซออกจากกันเสียก่อน จึงจะใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ นอกจากสารไฮโดรคาร์บอนแล้ว ก๊าซธรรมชาติยังอาจประกอบด้วยก๊าซอื่นๆ อาทิ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S), ไนโตรเจน (N_2) และน้ำ (H_2O) เป็นต้น สารประกอบเหล่านี้สามารถแยกออกจากกันได้ โดยนำมาผ่านกระบวนการแยกที่โรงแยกก๊าซธรรมชาติ ดังรูปที่ 2.5 ซึ่งก๊าซที่ได้แต่ละตัวนำไปใช้ประโยชน์ต่อเนื่องได้อีกมากมาย

รูปที่ 2.5 กระบวนการแยกก๊าซ [7]

2.2.3.3 ประโยชน์ของก๊าซธรรมชาติ [7]

เมื่อนำก๊าซธรรมชาติมาผ่านกระบวนการแยกที่โรงแยกก๊าซแล้ว จะได้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ มาใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

1) ก๊าซมีเทน (CH_4) ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม และนำไปอัดใส่ถังด้วยความดันสูง เรียกว่า ก๊าซธรรมชาติอัด สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์

2) ก๊าซอีเทน (C_2H_6) และก๊าซโพรเพน (C_3H_8) ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น สามารถนำไปใช้ผลิตเม็ดพลาสติก เส้นใยพลาสติกชนิดต่างๆ เพื่อนำไปใช้แปรรูปต่อไป

3) ก๊าซโพรเพน (C_3H_8) และก๊าซบิวเทน (C_4H_{10}) นำเอาก๊าซโพรเพนกับก๊าซบิวเทนมาผสมกัน อัดใส่ถังเป็นก๊าซปิโตรเลียมเหลว (liquefied petroleum gas : LPG) หรือที่เรียกว่า ก๊าซหุงต้ม สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือน ใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ และใช้ในการเชื่อมโลหะได้ รวมทั้งยังนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทได้อีกด้วย

4) ไฮโดรคาร์บอนเหลว (heavier hydrocarbon) อยู่ในสถานะที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ เมื่อผลิตขึ้นมาถึงปากบ่อบนแท่นผลิตสามารถแยกจากไฮโดรคาร์บอนที่มีสถานะเป็นก๊าซบนแท่นผลิต เรียกว่า คอนเดนเสท (condensate) สามารถลำเลียงขนส่งโดยทางเรือหรือทางท่อนำไปกลั่นเป็นน้ำมันสำเร็จรูปต่อไป

5) ก๊าซโซลีนธรรมชาติ (natural gasoline) แม้ว่าจะมีการแยกคอนเดนเสทออกเมื่อทำการผลิตขึ้นมาถึงปากบ่อบนแท่นผลิตแล้ว แต่ก็ยังมีไฮโดรคาร์บอนเหลวบางส่วนหลุดไปกับไฮโดรคาร์บอนที่มีสถานะเป็นก๊าซ เมื่อผ่านกระบวนการแยกจากโรงแยกก๊าซธรรมชาติแล้ว ไฮโดรคาร์บอนเหลวเหล่านี้ก็จะถูกแยกออก เรียกว่า ก๊าซโซลีนธรรมชาติ หรือ NGL (natural gasoline) และส่งเข้าไปยังโรงกลั่นน้ำมัน เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์น้ำมันสำเร็จรูปได้เช่นเดียวกับคอนเดนเสท และยังเป็นตัวทำละลายซึ่งนำไปใช้ในอุตสาหกรรมบางประเภทได้เช่นกัน

6) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อผ่านกระบวนการแยกแล้ว จะถูกนำไปทำให้อยู่ในสภาพของแข็ง เรียกว่า น้ำแข็งแห้ง นำไปใช้ในอุตสาหกรรมถนอมอาหาร อุตสาหกรรมน้ำอัดลมและเบียร์ ใช้ในการถนอมอาหารระหว่างการขนส่ง นำไปเป็นวัตถุดิบสำคัญในการทำฝนเทียม และนำไปใช้สร้างควันในอุตสาหกรรมบันเทิง อาทิ การแสดงคอนเสิร์ตหรือการถ่ายทำภาพยนตร์

2.2.4 ก๊าซปิโตรเลียมเหลว

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว หรือ แอลพีจี (liquefied petroleum gas : LPG) จัดเป็นเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติชนิดหนึ่ง ซึ่งนิยมใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนเรียกว่า ก๊าซหุงต้ม นอกจากนี้ยังนิยมใช้แทนน้ำมันเบนซินในรถยนต์

คำว่า แอลพีจี เป็นศัพท์ทางการที่ใช้ในการเรียกก๊าซปิโตรเลียมเหลว แต่ที่รู้จักกันทั่วไปคือก๊าซหุงต้ม ส่วนใหญ่ในทางกฎหมายได้ให้คำนิยามของก๊าซว่า หมายถึงก๊าซไฮโดรคาร์บอนเหลว ที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศปกติก๊าซชนิดนี้จะมีสถานะเป็นไอ แต่ถ้าอยู่ภายใต้ความดันสูงก๊าซจะมีสถานะเป็นของเหลว [3]

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ประกอบด้วยส่วนผสมของไฮโดรคาร์บอน 2 ชนิด คือ โพรเพน และ บิวเทน ในอัตราส่วนเท่าใดก็ได้ หรืออาจจะเป็นโพรเพนบริสุทธิ์ 100% หรือบิวเทนบริสุทธิ์ 100% ก็ได้ สำหรับในประเทศไทย ก๊าซหุงต้มส่วนใหญ่ได้จากโรงแยกก๊าซธรรมชาติ โดยใช้อัตราส่วนผสมของโพรเพนและบิวเทน

ประมาณ 70 ต่อ 30 ซึ่งจะให้ค่าความร้อนที่สูง ทำให้ผู้ใช้ประหยัดเวลาและค่าเชื้อเพลิง ก๊าซปิโตรเลียมเหลวสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มในครัวเรือน ในโรงงาน อุตสาหกรรม และในยานพาหนะได้ [9]

2.2.4.1 คุณสมบัติบางประการของก๊าซปิโตรเลียมเหลว [3]

1) สี ก๊าซแอลพีจีจะไม่มีสี เมื่อก๊าซเกิดการรั่วจากถังเราจึงไม่สามารถที่จะมองเห็นก๊าซที่รั่วออกมาได้ นอกจากก๊าซจะรั่วออกมามาก เราจึงจะเห็นเป็นละอองขาว ซึ่งละอองขาวนี้ก็คือไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศทำการกลั่นตัวเป็นละอองเมื่อได้รับความเย็นจัดจากการระเหยตัวของก๊าซ

2) ความเป็นพิษ ก๊าซชนิดนี้ไม่มีพิษ แต่เนื่องจากเป็นก๊าซที่มีน้ำหนักมากกว่าอากาศ ดังนั้นเมื่อเกิดการรั่วไหลภายในห้องแคบแล้ว มันจะเข้าไปแทนที่อากาศ ทำให้ออกซิเจนในบริเวณนั้นมีไม่เพียงพอ ผู้สูดดมก๊าซแอลพีจีอาจจะมีมีอาการวิงเวียนและเป็นลมได้

3) กลิ่น เป็นก๊าซที่ไม่มีกลิ่น เนื่องจากก๊าซที่ผลิตได้นี้ไม่มีกลิ่น จึงมีความจำเป็นต้องใส่สารที่มีกลิ่นฉุนลงไปเพื่อเป็นการเตือนเมื่อเกิดก๊าซรั่ว สารที่เติมนั้นส่วนมากจะใช้เอทิลเมอร์แคปแทน ($C_2H_{10}SH$) หรือ Thiophane

4) น้ำหนัก เป็นก๊าซที่เบากว่าน้ำ และหนักกว่าอากาศ เมื่อก๊าซอยู่ในสถานะที่เป็นของเหลว ก๊าซจะมีน้ำหนักครึ่งหนึ่งของน้ำ ดังนั้นก๊าซเหลวจะลอยเหนือน้ำ หากก๊าซรั่วลงในคูน้ำ ท่อน้ำ หรือแม่น้ำ มันจะลอยไปติดไฟ ณ จุดที่ห่างออกไปแล้วลุกลามมายังจุดที่ก๊าซรั่วได้อย่างรวดเร็ว เมื่ออยู่ในสถานะที่เป็นไอก๊าซจะหนักเกือบประมาณ 2 เท่าของอากาศ ดังนั้นเมื่อก๊าซรั่ว ก๊าซจะเคลื่อนตัวไหลไปรวมตัวในที่ที่ต่ำกว่า

5) จุดเดือด จุดเดือดของก๊าซจะต่ำ มีจุดเดือดประมาณ 0 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิเฉลี่ยของบ้านเกือบประมาณ 20 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่อก๊าซถูกปล่อยออกจากภาชนะบรรจุก็จะเดือด โดยเปลี่ยนสถานะของเหลวที่ถูกกดดันอยู่จะกลายสภาพเป็นไอทันที การที่ก๊าซเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอจำเป็นต้องดึงดูดความร้อนจากบริเวณใกล้เคียง ซึ่งจะทำให้บริเวณนั้นหรือบริเวณปลายท่อที่ปล่อยไอก๊าซออกจะมีน้ำแข็งเกาะจนทำให้ท่อเกิดการตัน ซึ่งอาจมีผลทำให้ถังบรรจุเกิดระเบิดได้

6) ความข้นใส ก๊าซแอลพีจีมีความข้นใสต่ำ จึงทำให้ก๊าซรั่วได้ง่าย ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้กับก๊าซจึงต้องออกแบบให้แข็งแรงทนต่อความดันสูง ดังนั้นการใช้ภาชนะ เช่น ถังบรรจุก๊าซที่ไม่ได้มาตรฐานมาบรรจุก๊าซเพื่อใช้งานอาจจะทำให้ก๊าซรั่วจนเกิดอุบัติเหตุร้ายแรงได้

7) อัตราการขยายตัว ก๊าซแอลพีจีมีอัตราการขยายตัวสูง ดังนั้นการเติมก๊าซใส่ลงในภาชนะจึงไม่ควรเติมให้เต็ม ต้องมีช่องว่างสำหรับการขยายตัวของก๊าซเมื่อได้รับความร้อน อัตราการขยายตัวจากก๊าซที่สถานะของเหลวกลายเป็นก๊าซที่สถานะไอคือ ก๊าซเหลว 1 หน่วยปริมาณจะเปลี่ยนเป็นไอก๊าซได้ประมาณ 250 หน่วยปริมาณ ดังนั้นเมื่อก๊าซเหลวรั่วมีอันตรายมากกว่าไอก๊าซรั่ว

8) ส่วนผสมของก๊าซกับอากาศที่ทำให้ติดไฟได้ อัตราส่วนของก๊าซในอากาศที่ทำให้ติดไฟคือประมาณ 1.5 – 15 ส่วนใน 100 ส่วนของส่วนผสมก๊าซและอากาศ จะเห็นได้ว่าถ้ามีอากาศน้อยหรือมากกว่าสัดส่วนดังกล่าว ก๊าซจะไม่ติดไฟ

2.2.4.2 ความแตกต่างระหว่างก๊าซธรรมชาติ และก๊าซปิโตรเลียมเหลว [10]

1) ก๊าซธรรมชาติ (natural gas : NG) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทนเป็นส่วนใหญ่ จึงเป็นก๊าซที่มีน้ำหนักเบากว่าอากาศ การขนส่งไปยังผู้ใช้จะขนส่งผ่านทางท่อในรูปก๊าซภายใต้ความดันสูง จึงไม่เหมาะสำหรับการขนส่งไกลๆ หรืออาจบรรจุใส่ถังในรูปก๊าซธรรมชาติอัดโดยใช้ความดันสูงหรือที่เรียกว่า CNG แต่ปัจจุบันมีการส่งก๊าซธรรมชาติในรูปของเหลวโดยทำก๊าซให้เย็นลงถึง –

160 องศาเซลเซียส จะได้ของเหลวที่เรียกว่า liquefied natural gas หรือ LNG ซึ่งสามารถขนส่งทางเรือไปที่ไกลๆ ได้ และเมื่อถึงปลายทางก่อนนำมาใช้ก็จะทำให้ของเหลวเปลี่ยนสถานะกลับเป็นก๊าซอย่างเดิม ก๊าซธรรมชาติมีค่าออกเทนสูงถึง 120 RON จึงสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในยานยนต์ได้

2) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (liquefied petroleum gas : LPG) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีองค์ประกอบของก๊าซโพรเพนเป็นส่วนใหญ่ จึงเป็นก๊าซที่หนักกว่าอากาศ โดยตัว LPG เองไม่มีสี ไม่มีกลิ่นเช่นเดียวกับก๊าซธรรมชาติ แต่เนื่องจากเป็นก๊าซที่หนักกว่าอากาศจึงมีการสะสมและลุกไหม้ได้ง่าย ดังนั้นจึงมีข้อกำหนดให้เติมสารมีกลิ่นเพื่อเป็นการเตือนภัยหากเกิดการรั่วไหล LPG ส่วนใหญ่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนและกิจการอุตสาหกรรม โดยบรรจุเป็นของเหลวใส่ถังที่ทนความดันเพื่อให้ขนถ่ายง่าย นอกจากนี้ยังนิยมใช้แทนน้ำมันเบนซินในรถยนต์ เนื่องจากราคาถูกกว่าและมีค่าออกเทนสูงถึง 105 RON

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติของ NG กับ LPG [11]

คุณสมบัติ	NG	LPG
สถานะปกติ	ก๊าซ (เบากว่าอากาศ)	ก๊าซ (หนักกว่าอากาศ)
จุดเดือด (^{o}C)	-162	-50 ถึง 0
อุณหภูมิจุดระเบิดในอากาศ (^{o}C)	540	400
ช่วงติดไฟในอากาศ (ร้อยละโดยปริมาตร)	5 ถึง 15	1.5 ถึง 15
ค่าออกเทน (1) RON(2)	120	105
ค่าออกเทน (1) MON(3)	120	97

(1) ค่าออกเทน (octane number) หมายถึง หน่วยการวัดความสามารถในการต้านทานการน็อคของเครื่องยนต์

(2) RON (research octane number) เป็นค่าออกเทนที่มีประสิทธิภาพต่อต้านการน็อคในเครื่องยนต์หลายสูบ ที่ทำงานอยู่ในรอบของช่วงหมุนต่ำ โดยใช้เครื่องยนต์ทดสอบมาตรฐานภายใต้สภาวะมาตรฐาน 600 รอบต่อนาที

(3) MON (motor octane number) เป็นค่าออกเทนที่มีประสิทธิภาพต่อต้านการน็อคในเครื่องยนต์หลายสูบ ในขณะทำงานที่รอบสูง โดยใช้เครื่องยนต์ทดสอบมาตรฐานภายใต้สภาวะมาตรฐาน 900 รอบต่อนาที

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิง [3]

คุณสมบัติ	เบนซิน	ดีเซล	ก๊าซหุงต้ม (LPG)	ก๊าซธรรมชาติ (NG)
สถานะปกติ	ของเหลว	ของเหลว	ก๊าซ	ก๊าซ
ความหนาแน่นที่ 15°C	0.73	0.83	0.64	0.14
จุดเดือด (°C)	25-100	150-360	-50-0	-162
ความร้อนจำเพาะ (MJ/kg)	43.5	42.5	46.1	47.7
อุณหภูมิระเบิดในอากาศ (°C)	220	220	400	540
ช่วงติดไฟในอากาศ (% โดยปริมาตร) ค่าสูง	8	6.5	15	15
ช่วงติดไฟในอากาศ (% โดยปริมาตร) ค่าต่ำ	0.6	0.6	1.5	5
อากาศที่ใช้ในการสันดาป (kg/kg เชื้อเพลิง)	14.8	14.5	15.5	17.2
ค่าออกเทน	91	-	105	120

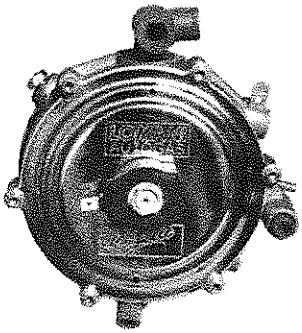
2.3 การใช้ก๊าซธรรมชาติกับเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ส่วนใหญ่สามารถดัดแปลงมาใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงได้ทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนหรือเครื่องยนต์ดีเซล เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติมีการพัฒนามา 3 แบบ ด้วยกัน คือ

1. เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงอย่างเดียว เรียกว่า dedicated engine
2. เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติหรือน้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง เรียกว่า bi-fuel engine โดยในระหว่างที่เครื่องยนต์ทำงาน สามารถเลือกใช้เชื้อเพลิงอย่างหนึ่งอย่างใดได้
3. เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติกับดีเซลเป็นเชื้อเพลิงร่วมกัน เรียกว่า dual-fuel engine โดยการใช้เชื้อเพลิงผสมในสัดส่วนของก๊าซธรรมชาติอัดประมาณร้อยละ 25 และดีเซลร้อยละ 75 แต่เมื่อใดที่แรงดันก๊าซต่ำเกินไป เครื่องยนต์ก็จะเปลี่ยนมาใช้ดีเซลได้โดยอัตโนมัติ

ซึ่งอุปกรณ์สำหรับติดตั้งระบบก๊าซแอลพีจีในเครื่องยนต์เล็ก มีดังนี้

1. หม้อต้มก๊าซสำหรับเครื่องยนต์เล็ก ดังรูปที่ 2.6



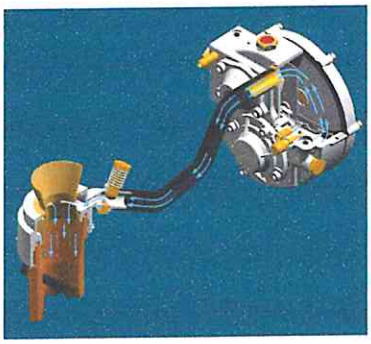
รูปที่ 2.6 หม้อต้มก๊าซสำหรับเครื่องยนต์เล็ก [12]

2. เรกกูเลเตอร์ เป็นอุปกรณ์ลดแรงดันก๊าซก่อนเข้าหม้อต้ม หรือที่ชาวบ้านเรียกว่า หัววาล์วก๊าซ ชนิดที่มีระบบลิ้นนิรภัยตัดการไหลของก๊าซทันทีเมื่อสายก๊าซขาดหรือรั่ว ดังรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.7 เรกกูเลเตอร์หรือหัววาล์วก๊าซ ชนิดที่มีระบบลิ้นนิรภัย

3. อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ หรือเรียกว่า มิกเซอร์ ทำหน้าที่ผสมก๊าซกับอากาศให้มีอัตราส่วนเหมาะสมกับการเผาไหม้ก่อนจ่ายก๊าซเข้าเครื่องยนต์สำหรับการติดตั้งก๊าซระบบดูด ดังรูปที่ 2.8

(ก) อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ



(ข) การเดินทางของก๊าซจากหม้อต้ม

รูปที่ 2.8 อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ และ การเดินทางของก๊าซจากหม้อต้ม

สำหรับการหาขนาดของรูอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ ตามขั้นตอน ดังนี้

(1) หาอัตราการไหลของอากาศที่เข้าสู่เครื่องยนต์ ($\dot{V}_i$)

$$\dot{V}_i = \left(\frac{V_h \times n}{2{,}000 \times 60} \right) \eta_v \qquad \text{(สมการ 2.3)}$$

เมื่อ

$\dot{V}_i$ คือ อัตราการไหลของอากาศที่เข้าสู่เครื่องยนต์ (m^3/s)

V_h คือ ปริมาตรกระบอกสูบ (litre)

n คือ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (RPM)

η_v คือ ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร

(2) หาความเร็วของอากาศที่เข้าห้องเผาไหม้ (c_i)

$$c_i = \frac{\dot{V}_i}{A_i} \qquad \text{(สมการ 2.4)}$$

และ $$A_i = \frac{\pi d_i^2}{4}$$ (สมการ 2.5)

เมื่อ

c_i คือ ความเร็วของอากาศที่เข้าห้องเผาไหม้ (m/s)

A_i คือ พื้นที่หน้าตัดช่องทางเข้าสู่ห้องเผาไหม้ (m^2)

d_i คือ เส้นผ่านศูนย์กลางช่องทางเข้าสู่ห้องเผาไหม้ (m)

(3) ขนาดคอคอดของอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ (d_v)

$$d_v = \sqrt{\frac{4A_v}{\pi}}$$ (สมการ 2.6)

และ $$A_v = \frac{A_i c_i}{c_v}$$ (สมการ 2.7)

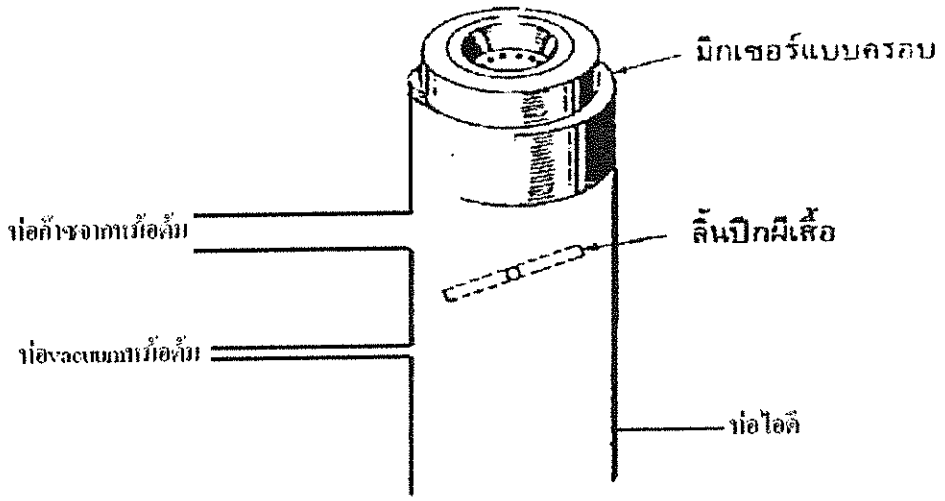
เมื่อ

d_v คือ เส้นผ่านศูนย์กลางคอคอดของอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ (m)

A_v คือ พื้นที่หน้าตัดคอคอดของอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ (m^2)

c_v คือ ความเร็วอากาศผ่านคอคอดของอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ (m/s)

สำหรับอู่ที่รับติดตั้งระบบก๊าซเชื้อเพลิงรถยนต์ มักใช้ค่าพื้นที่หน้าตัดคอคอดของอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ หรือมิกเซอร์แบบครอบ ดังรูปที่ 2.9 โดยประมาณ 7.5 mm^2 ถึง 10 mm^2 ทุกๆ 1 แรงม้า



รูปที่ 2.9 มิกเซอร์แบบครอบ

4. ท่อนำก๊าซ เป็นท่อที่จ่ายก๊าซจากถังก๊าซไปที่หม้อต้ม อาจจะใช้ท่อก๊าซแบบเดียวกับที่ใช้กับเตาในครัวเรือนก็ได้ซึ่งเป็นท่อแบบแรงดันต่ำ แต่ท่อก๊าซที่ใช้ต่อจากหม้อต้มเข้าเครื่องยนต์ควรจะใช้ท่อก๊าซแบบทนความร้อน

5. ท่อสุญญากาศ เป็นท่อยางขนาดเล็กทนความร้อน

6. อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ เช่น เข็มขัดรัดท่อก๊าซ ข้อต่อท่อ และถังก๊าซ ดังรูปที่ 2.10 เป็นต้น

รูปที่ 2.10 ถังก๊าซหุงต้ม
ที่มา : ปตท. (2553)

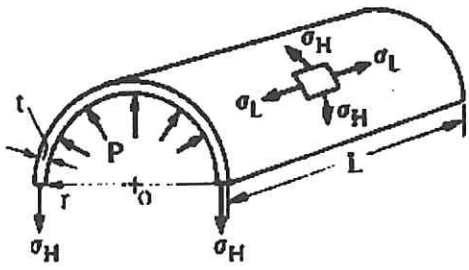
2.4 ทรงกระบอกบางอยู่ภายใต้ความดันภายใน

ทรงกระบอกบาง หมายถึง ภาชนะทรงกระบอกที่มีความหนาของผนังน้อยเมื่อเทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลาง เช่น boiler drum, air reservoir และ ท่อต่างๆ [13]

ในการพิจารณานั้น จะมีความเค้นเกิดขึ้น 2 แนวด้วยกัน คือ 1) ความเค้นตามเส้นรอบวง (hoop or circumferential stress) 2) ความเค้นตามแนวยาว (longitudinal stress)

2.4.1 ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง (hoop or circumferential stress)

ในการหาความเค้นสามารถหาได้โดยการพิจารณาการสมดุลของครึ่งทรงกระบอกดัง รูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง

เมื่อ t คือ ความหนาของผนัง
r คือ รัศมีเฉลี่ยของทรงกระบอกกลวง
σ_H คือ ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง
P คือ ความดัน ที่เกิดขึ้นในภาชนะอัดความดัน
L คือ ความยาวของทรงกระบอกกลวง

จะได้แรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากความดันภายใน = ความดัน × พื้นที่รับความดัน

$$F = P2rL \qquad \text{(สมการ 2.8)}$$

แรงต้านที่เกิดเนื่องจากความค้นตามแนวเส้นรอบวง (σ_H)

$$F = 2\sigma_H Lt \qquad \text{(สมการ 2.9)}$$

ถ้าภาชนะยังคงรูปเดิมอยู่ได้ แรงที่เกิดขึ้นจะต้องเท่ากัน คือ สมการ 2.8 เท่ากับ สมการ 2.9

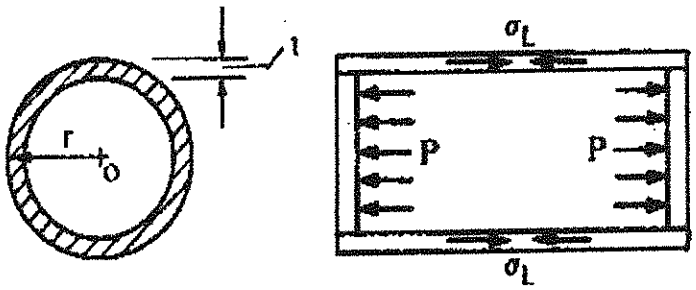
$$P2rL = 2\sigma_H Lt$$

$$\sigma_H = \frac{2PrL}{2Lt}$$

$$\sigma_H = \frac{Pr}{t} \text{ หรือ } \sigma_H = \frac{PD}{2t} \qquad \text{(สมการ 2.10)}$$

2.4.2 ความเค้นตามแนวยาว (Longitudinal stress)

ในการหาความเค้นตามแนวยาว จะพิจารณาภาชนะทรงกระบอกกลวงผนังบางดัง รูปที่ 2.12



รูปที่2.12 ความเค้นตามแนวยาว

เมื่อ t คือ ความหนาของผนัง

r คือ รัศมีเฉลี่ยของทรงกระบอกกลวง

σ_L คือ ความเค้นตามแนวยาว

P คือ ความดัน ที่เกิดขึ้นในภาชนะอัดความดัน

แรงที่เกิดเนื่องจากความดันภายใน = ความดัน × พื้นที่รับความดัน

$$F = P\pi r^2 \qquad \text{(สมการ 2.11)}$$

แรงต้านที่เกิดขึ้นเนื่องจากความเค้นตามแนวยาว (σ_L)

$$F = \sigma_L \pi 2rt \qquad \text{(สมการ 2.12)}$$

ถ้าภาชนะยังคงรูปเดิมอยู่ได้ แรงที่เกิดขึ้นจะต้องเท่ากัน คือ สมการ 2.11 เท่ากับ สมการ 2.12

$$P\pi r^2 = \sigma_L \pi 2rt$$

$$\sigma_L = \frac{P\pi r^2}{2\pi rt}$$

$$\sigma_L = \frac{Pr}{2t} \text{ หรือ } \sigma_L = \frac{PD}{4t} \qquad \text{(สมการ 2.13)}$$

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชัยยง ศิริพรมงคลชัย [14] ได้ทำวิจัยเรื่อง "นวัตกรรมต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร" มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ดัดแปลงเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรให้สามารถรองรับการใช้เชื้อเพลิงได้ทั้งน้ำมันดีเซลและก๊าซแอลพีจีในลักษณะการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดที่แยกเป็นอิสระต่อกัน และ 2) เปรียบเทียบอัตราการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลและก๊าซแอลพีจี โดยการนำเครื่องยนต์เล็กดีเซลเพื่อการเกษตร ยี่ห้อยันม่าร์ รุ่น TF120DI มาดัดแปลงติดตั้งระบบเชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจีระบบจุดระเบิด และสร้างห้องเผาไหม้เสริมสำหรับติดตั้งเข้าแทนที่ในตำแหน่งของหัวฉีดน้ำมันดีเซลเดิม ซึ่งห้องเผาไหม้เสริมจะทำหน้าที่ลดอัตราส่วนการอัดลงให้สามารถรองรับการใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงอย่างเดียวได้ ซึ่งจะเป็นลักษณะการทำงานในแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน สำหรับการกลับไปใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงนั้น สามารถทำได้โดยการถอดห้องเผาไหม้เสริมออก แล้วติดตั้งหัวฉีดน้ำมันดีเซลแทนที่ห้องเผาไหม้เสริม ซึ่งจะเป็นลักษณะการทำงานในแบบเครื่องยนต์ดีเซล จึงเป็นทางเลือกแก่เกษตรกรในการเลือกใช้เชื้อเพลิงที่มีราคาต่ำตามสภาวะความผันแปรของราคาเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด ทำการทดลองเพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยใช้เป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังในการสูบน้ำด้วยท่อพญานาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 8 นิ้ว ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์คงที่ 1,000 รอบต่อนาที พบว่าใช้น้ำมันดีเซลเฉลี่ย 0.92 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือประมาณ 1.10 ลิตรต่อชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 28.70 บาทต่อชั่วโมง และหากใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงจะใช้ก๊าซแอลพีจีเฉลี่ย 0.53 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 12.91 บาทต่อชั่วโมง ซึ่งสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึงร้อยละ 55.02

ชัยยง ศิริพรมงคลชัย [15] ได้ทำวิจัยเรื่อง "การประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรใน 6 อำเภอพื้นที่จังหวัดนนทบุรีที่มีต่อเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรที่ดัดแปลงโดยใช้ก๊าซแอลพีจีทดแทนน้ำมันดีเซล" มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรที่ดัดแปลงโดยใช้ก๊าซแอลพีจีทดแทนน้ำมันดีเซล จำแนกตามอำเภอที่เกษตรกรประกอบอาชีพ ศึกษาข้อเสนอแนะในการพัฒนาเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรที่ดัดแปลงโดยใช้ก๊าซแอลพีจีทดแทนน้ำมันดีเซลให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น กลุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรกรใน 6 อำเภอ พื้นที่จังหวัดนนทบุรีจำนวน 120 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) เครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรยี่ห้อยันม่าร์รุ่นTF115LM ที่ดัดแปลงใช้ก๊าซแอลพีจีทดแทนน้ำมันดีเซล ซึ่งเป็นผลงานของผู้วิจัยเมื่อปีงบประมาณ พ.ศ.2555 และ 2) แบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจของเกษตรกร สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย การแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยใช้ F-test กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กรณีพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะทดสอบรายคู่ด้วยวิธีการของเชฟเฟ่ (Scheffe's Method) ประมวลผลโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ ผลการวิจัยพบว่า ความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรที่ดัดแปลงโดยใช้ก๊าซแอลพีจีทดแทนน้ำมันดีเซล โดยภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.56, S.D. = 0.28) และผลการเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรที่ดัดแปลงโดยใช้ก๊าซแอลพีจีทดแทนน้ำมันดีเซล โดยภาพรวมพบว่าเกษตรกรมีระดับความพึงพอใจไม่แตกต่างกัน

ปิติณัตต์ ตรีวงศ์ และ เชษฐวุฒิ ภูมิพิพัฒน์พงศ์ [16] ได้ทำวิจัยเรื่อง "การทดสอบศึกษาสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติที่อัตราส่วนการอัดต่างๆ" โดยเป็นงานวิจัยเชิงการ

ทดลองที่มีเป้าหมายเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างเครื่องยนต์ดีเซล Daedong 4A220 ขนาด 2,197 cc สี่สูบ สี่จังหวะ ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลกับเครื่องยนต์เดียวกันที่ถูกดัดแปลงเพื่อใช้ก๊าซธรรมชาติระบบดูด โดยเปลี่ยนอัตราส่วนการอัดเป็น 9.0 , 9.5 , 10.0 และ 10.5 ต่อ 1 ผลการทดสอบพบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติสามารถสร้างแรงบิดและกำลังสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลในทุกช่วงความเร็วรอบและสูงที่สุดถึง 13.07% ที่ 2,600 rpm เครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติยังมีข้อได้เปรียบในด้านประสิทธิภาพเชิงความร้อนและอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมากถึง 10.03% และ 36.75% ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติที่อัตราส่วนการอัดต่างๆกัน พบว่าปริมาณ NO_X จะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนการอัดที่สูงขึ้นถึง 10:1 และปริมาณ NO_X จะเริ่มลดลงเมื่ออัตราส่วนการอัดเป็น 10.5:1 อัตราส่วนการอัดที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อปริมาณ THC แต่ไม่พบผลกระทบต่อปริมาณ CO

ชัยยง ศิริพรมงคลชัย [17] ได้ทำวิจัยเรื่อง "การใช้ก๊าซแอลพีจีทดแทนน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตร" มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการลดค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงด้วยการใช้เชื้อเพลิงอื่นที่ไม่ใช่น้ำมันดีเซลและมีราคาต่ำกว่ามาใช้แทนน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรซึ่งเกษตรกรมีเครื่องยนต์ประเภทนี้อยู่แล้ว โดยเลือกใช้ก๊าซแอลพีจีหรือก๊าซหุงต้มมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซล ทำการดัดแปลงเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรยี่ห้อยันม่าร์ รุ่น LM115 จากเดิมที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มาใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว ซึ่งเรียกเครื่องยนต์แบบนี้ว่า เครื่องยนต์ dedicate engine ซึ่งผู้ที่ใช้เครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจีนี้ จะช่วยลดค่าใช้จ่ายและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันได้

วิธีการดำเนินการดัดแปลงเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรมาใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง เริ่มจากการศึกษาหาข้อมูล คิดและคำนวณเพื่อที่จะลดกำลังอัดของเครื่องยนต์ให้สามารถรองรับกับการใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงได้ ทำการดัดแปลงหัวลูกสูบเพื่อลดอัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตร, ดัดแปลงระบบจ่ายเชื้อเพลิง, ติดตั้งอุปกรณ์ระบบก๊าซ, อุปกรณ์ระบบจุดระเบิด อีกทั้งการปรับแต่งจังหวะการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ให้เหมาะสม แล้วจึงทำการทดลอง

ในการทดลองเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตร โดยเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงระหว่างน้ำมันดีเซลกับก๊าซแอลพีจี ทำการทดลองใช้เป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังในการสูบน้ำด้วยท่อสูบน้ำพญานาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 8 นิ้ว อัตราทดพูลเล่ย์ 1.75 ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 1,000 และ 1,200 รอบต่อนาที จากการทดลองโดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงพบว่า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,000 รอบต่อนาที ใช้น้ำมันดีเซลเฉลี่ย 0.88 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือประมาณ 1.04 ลิตรต่อชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 32.90 บาทต่อชั่วโมง และที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,200 รอบต่อนาที ใช้น้ำมันดีเซลเฉลี่ย 1.59 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือประมาณ 1.88 ลิตรต่อชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 59.52 บาทต่อชั่วโมง ซึ่งจากการทดลองโดยใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงพบว่า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,000 รอบต่อนาที ใช้ก๊าซแอลพีจีเฉลี่ย 0.79 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 15.01 บาทต่อชั่วโมง และที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,200 รอบต่อนาที ใช้ก๊าซแอลพีจีเฉลี่ย 0.94 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 17.86 บาทต่อชั่วโมง ทั้งนี้จากการทดลองเปรียบเทียบจึงพบว่าการใช้ก๊าซแอลพีจีทดแทนน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตร สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงได้ร้อยละ 54.37 ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,000 รอบต่อนาที และ ร้อยละ 69.99 ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,200 รอบต่อนาที

ณัฐวุฒิ พลศรี และ รัชพล สันติวรากร [18] ได้ทำวิจัยเรื่อง "การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลง เมื่อใช้น้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง" โดยได้ดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซล ยี่ห้อคูโบต้า รุ่น ET 95 ขนาด 9 แรงม้า จากอัตราส่วนกำลังอัด 21.3 : 1 เป็น 11:1 ติดตั้งระบบจ่ายเชื้อเพลิงและติดตั้งระบบจุดระเบิด โดยมีองศาจุดระเบิดอยู่ที่ 5-10 องศาก่อนจุดศูนย์ตายบน เพื่อให้สามารถใช้น้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพได้ จากการศึกษาพบว่าแรงบิดและกำลังที่ได้จากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันเบนซินมีค่ามากกว่ากำลังและแรงบิดของการใช้ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ โดยเฉลี่ยประมาณ 59.61 % และ 78.01 % ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของก๊าซทั้ง 2 ชนิดมีค่าน้อยกว่าน้ำมันเบนซินและเมื่อพิจารณาอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะพบว่าอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะของการใช้น้ำมันเบนซินมีค่าน้อยกว่าก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ย 31.92 % และ 80.87 % ตามลำดับและอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจำเพาะจะมีค่าลดลงตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินมีปริมาณมากกว่าเมื่อใช้ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพ

เนรมิตร กระแสร์ลม [19] ได้ทำวิจัยเรื่อง "การวิเคราะห์ผลกระทบการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงต่อการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ สูบเดียว" ในการวิจัยได้นำเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ สูบเดียว มาลดอัตราส่วนการอัดเหลือ 11:1 และติดตั้งระบบจุดระเบิดที่ใช้ประกายไฟจากหัวเทียนและระบบจ่ายเชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวเข้ากับเครื่องยนต์ จากนั้นนำเครื่องยนต์ไปทดสอบหาสมรรถนะเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซล และทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์เป็นเวลา 500 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่ 50 และ100 ชั่วโมง จนครบ 500 ชั่วโมง มาวิเคราะห์หาสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และตรวจการสึกหรอของหน้าสัมผัสวาล์วกับบ่าวาล์ว แหวนลูกสูบ ลูกสูบและกระบอกสูบ โดยการวัดขนาดชิ้นส่วน

ผลการวิจัยปรากฏว่าเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ให้ค่าแรงบิดและกำลังงานต่ำกว่าเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ดีเซลอยู่ 3% และ 22% ตามลำดับ ซึ่งการสึกหรอที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งจากการวัดขนาดชิ้นส่วนและการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นยกเว้นระยะจมวาล์วไอเสียที่สูงกว่าประมาณ 30% ดังนั้นควรมีการปรับปรุงวัสดุทำบ่าวาล์วไอเสียเพื่อลดระยะจมวาล์วและเพิ่มอัตราส่วนการอัดเพื่อเพิ่มสมรรถนะเครื่องยนต์

ธนากร กรอบสนิท [20] ได้ศึกษาเรื่อง "การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) เป็นส่วนผสม" ซึ่งเป็นการศึกษาเพื่อหาอัตราส่วนของเชื้อเพลิงดีเซลผสมแอลพีจีที่เหมาะสมที่เครื่องยนต์ดีเซลสามารถเดินเครื่องได้ตามปกติ โดยก๊าซแอลพีจีจะผสมกับอากาศก่อนเข้าห้องเผาไหม้ เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบคือเครื่องยนต์ดีเซล โตโยต้า 2L ชนิด 4 สูบ 4 จังหวะ ขนาด 2499 cc. การทดสอบจะเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ ความสะอาดในห้องเผาไหม้ ปริมาณไอเสียที่เกิดขึ้น ความสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องยนต์ดีเซลผสมแอลพีจี การศึกษาจะทำการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 1500, 2000, 2500 และ 3000 รอบต่อนาทีตามลำดับ โดยแต่ละรอบเครื่องยนต์จะทำการปรับแรงบิดที่ 50, 90 และ120 นิวตันเมตรตามลำดับ

ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้ อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงดีเซลผสมแอลพีจีเท่ากับ 30% โดยน้ำหนัก คืออัตราส่วนผสมสูงสุดที่เครื่องยนต์สามารถเดินเครื่องได้ปกติ และให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกสูงกว่าเชื้อเพลิงดีเซลเฉลี่ย 19.51% พลังงานสิ้นเปลืองจำเพาะเบรกใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงดีเซล

อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง พบว่าต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซลเฉลี่ย 3.17% สำหรับการศึกษาการปล่อยไอเสีย พบว่า ปริมาณ CO และ HC สูงกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ปริมาณ O_2 , CO_2 , NO_X และควันดำต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล การวัดค่าความสึกหรอของเชื้อเพลิงดีเซลผสมแอลพีจีกับเชื้อเพลิงดีเซล พบว่าความสึกหรอของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดไม่แตกต่างกันและความสะอาดในห้องเผาไหม้ดีเซลผสมแอลพีจีมีคราบเขม่าน้อยกว่า จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณของการเจือปนของโลหะหนักในน้ำมันเครื่อง พบว่าปริมาณเหล็ก (Fe) ของเชื้อเพลิงดีเซลผสมแอลพีจี มีค่ามากกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซล ส่วนปริมาณอะลูมิเนียม (Al) ปริมาณทองแดง (Cu) และปริมาณซิลิคอน (Si) พบว่าจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซลผสมแอลพีจีและเชื้อเพลิงดีเซลมีปริมาณอะลูมิเนียม ทองแดง ซิลิคอนลดลงเมื่อชั่วโมงการทดสอบเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันแต่ปริมาณที่ต่างกันของโลหะหนักนั้น ยังไม่มีนัยสำคัญพอที่จะสรุปว่ามีการสึกหรอของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงต่างกัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร ผู้วิจัยได้ดำเนินการดัดแปลงเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรให้สามารถรองรับการใช้เชื้อเพลิงได้ทั้งน้ำมันดีเซลและก๊าซแอลพีจีในลักษณะการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดที่แยกเป็นอิสระต่อกัน อีกทั้งพัฒนาห้องเผาไหม้เสริม ในด้านการระบายความร้อน ด้วยการติดตั้งครีบระบายความร้อนและพัดลมระบายความร้อน และ พัฒนาอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศให้ปรับขนาดได้กว้างสุดเมื่อใช้งานในแบบเครื่องยนต์ดีเซล โดยดำเนินการเป็นขั้นตอนต่างๆที่สำคัญดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น
2. ศึกษาข้อมูลทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. คำนวณและออกแบบ
4. ดำเนินการดัดแปลงเครื่องยนต์ที่ใช้ในการวิจัย
5. พัฒนาห้องเผาไหม้เสริมในด้านการระบายความร้อนและพัฒนาอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ
6. ทดลองและบันทึกผล
7. สรุปผล

ซึ่งขั้นตอนที่ 1 และ 2 นั้น รายละเอียดปรากฏอยู่ในบทที่ 1 และบทที่ 2 แล้ว ส่วนขั้นตอนที่ 6 และ 7 นั้น จะมีรายละเอียดปรากฏอยู่ในบทที่ 4 และบทที่ 5 ดังนั้นในบทที่ 3 จะได้มีการคำนวณและออกแบบ, การดำเนินการดัดแปลงเครื่องยนต์ที่ใช้ในการวิจัย รวมถึงการพัฒนาห้องเผาไหม้เสริมและพัฒนาอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ

ทั้งนี้ แนวความคิดในการทำวิจัยเรื่อง “การพัฒนาต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร” นั้น เพื่อให้สามารถรองรับการใช้เชื้อเพลิงได้ทั้งน้ำมันดีเซลและก๊าซแอลพีจีในลักษณะการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดที่แยกเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งทำให้เครื่องยนต์เครื่องเดียวกันนี้สามารถใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียวเป็นเชื้อเพลิงและสามารถใช้ก๊าซแอลพีจีอย่างเดียวเป็นเชื้อเพลิงได้ ซึ่งนั่นคือสามารถปรับเปลี่ยนสลับให้เครื่องยนต์เครื่องเดียวกันนี้ทำงานได้ในแบบเครื่องยนต์ดีเซลและทำงานได้ในแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน มีหลักการโดยสรุปคือ การนำเครื่องยนต์เล็กดีเซลเพื่อการเกษตร ชนิดสูบเดียวแบบฉีดเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้โดยตรง (direct injection) มาติดตั้งอุปกรณ์ระบบเชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจี, อุปกรณ์ระบบจุดระเบิดที่ดัดแปลงมาจากรถจักรยานยนต์ และทำการสร้างห้องเผาไหม้เสริมขึ้นมาติดตั้งแทนที่ตำแหน่งของหัวฉีดน้ำมันดีเซลเดิม ซึ่งห้องเผาไหม้เสริมจะทำหน้าที่ลดอัตราส่วนการอัดลงมาเท่ากับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ทำให้สามารถรองรับการใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงอย่างเดียวได้ ซึ่งจะเป็นลักษณะการทำงานในแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน สำหรับการกลับไปใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงนั้น สามารถทำได้โดยการถอดห้องเผาไหม้เสริมออก แล้วติดตั้งหัวฉีดน้ำมันดีเซลแทนที่ห้องเผาไหม้เสริม ซึ่งจะเป็นลักษณะการทำงานในแบบเครื่องยนต์ดีเซล ดังนั้นการคำนวณและออกแบบรวมถึงการดำเนินการดัดแปลงเครื่องยนต์ที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

3.1 คำนวณและออกแบบห้องเผาไหม้เสริม

เครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเครื่องยนต์ดีเซลยี่ห้อยันม่าร์ รุ่น TF120 DI ชนิดสูบเดียว 4 จังหวะ ขนาดกระบอกสูบ 92 mm. ระยะชัก 96 mm. ปริมาตรกระบอกสูบ 638 cc อัตราส่วนการอัด 16.1 : 1 [21] มีผิวหน้าฝาสูบเรียบ เมื่อจะทำการดัดแปลงมาใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง จึงต้องลดอัตราส่วนการอัดลงเหลือประมาณ 8-12 : 1 โดยการสร้างและติดตั้งห้องเผาไหม้เสริม

3.1.1 คำนวณปริมาตรห้องเผาไหม้เสริม

จากข้อมูลเครื่องยนต์เดิมมีปริมาตร 638 cc อัตราส่วนการอัด 16.1 : 1 เมื่อคำนวณปริมาตรห้องเผาไหม้เดิมจะได้ 42.2 cc

เมื่อกำหนดปริมาตรห้องเผาไหม้เสริมเป็น 26.51 cc จะได้ปริมาตรห้องเผาไหม้รวม เท่ากับ 68.71 cc ซึ่งจะได้ค่าอัตราส่วนการอัด ดังนี้

$$r_V = \frac{V_d + V_C}{V_C}$$

$$= \frac{638 + 68.71}{68.71}$$

$$r_V = 10.28$$

ค่าอัตราส่วนการอัด 10.28 : 1 สามารถรองรับการใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงได้ ในลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ดังนั้นจึงกำหนดให้ห้องเผาไหม้เสริมมีปริมาตร 26.51 cc

3.1.2 คำนวณความหนาผนังห้องเผาไหม้เสริม

จากหลักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน พบว่า ในจังหวะกำลังมีค่าความดันสูงสุดที่เป็นไปได้ถึง 6 MPa [22] เพื่อความปลอดภัยและความเหมาะสมกับบริเวณตำแหน่งติดตั้งห้องเผาไหม้เสริมนั้น ในการคำนวณจึงกำหนดค่าความดันสูงสุดประมาณ 50 MPa

เลือกใช้วัสดุที่นำมาสร้างห้องเผาไหม้เสริมเป็นเหล็ก SNCM 439 ที่มีค่าความต้านทานแรงดึงสูงถึง 980 MPa ซึ่งวัสดุดังกล่าวใช้ในการผลิต สกรู เกียร์ เพลาข้อเหวี่ยง เพลาลูกเบี้ยว ลูกสูบ ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ที่ต้องการความเหนียวสูง [23]

กำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของห้องเผาไหม้เสริมเป็น 31 mm

จากสมการ (2.10) $\sigma_H = \frac{PD}{2t}$

$$t = \frac{PD}{2\sigma_H}$$

$$= \frac{50 \times 31}{2 \times 470}$$

$$t = 1.649 \text{ mm}$$

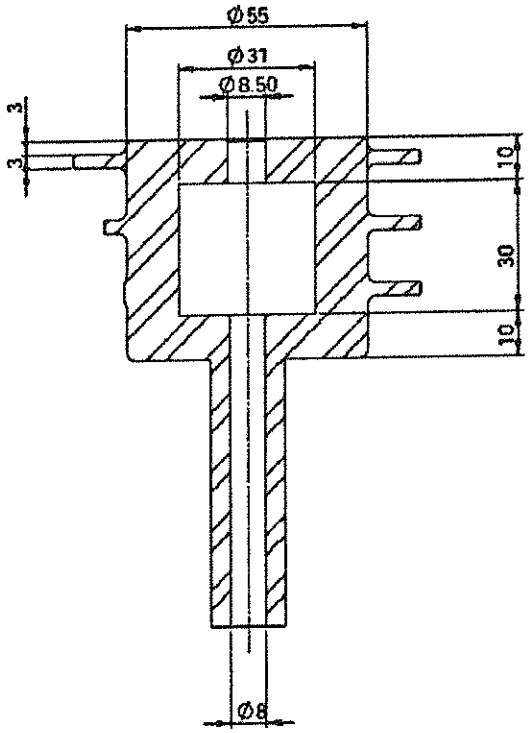
จากสมการ (2.13) $\sigma_L = \frac{PD}{4t}$

$$t = \frac{PD}{4\sigma_L}$$

$$= \frac{50 \times 31}{4 \times 470}$$

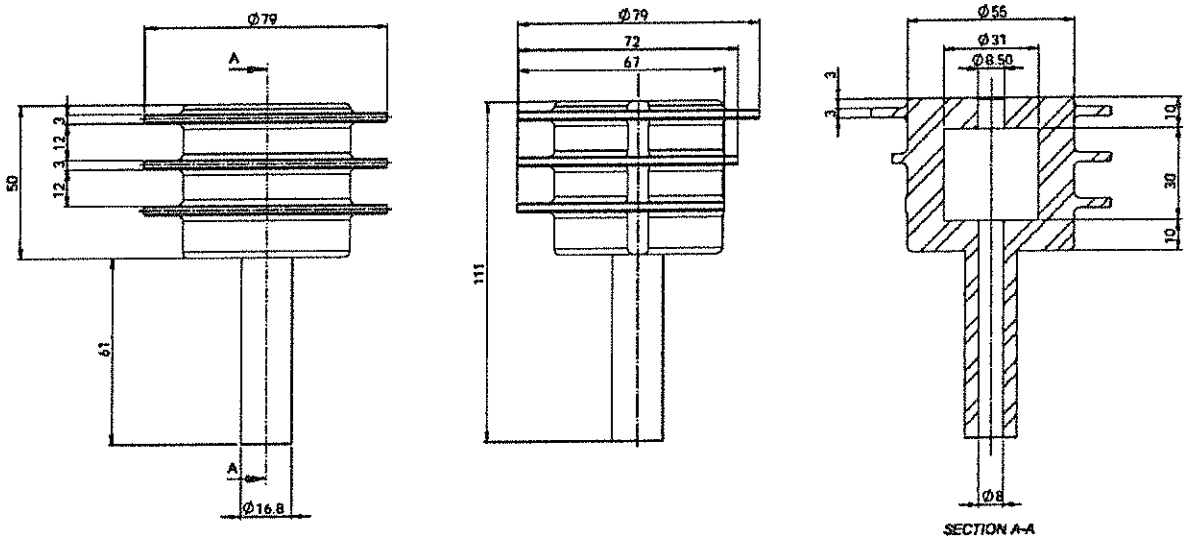
$$t = 0.824 \text{ mm}$$

จากการคำนวณจะได้ความหนาผนังห้องเผาไหม้เสริม 1.649 mm และความหนาฝาปิดห้องเผาไหม้เสริม 0.824 mm ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยและความเหมาะสมกับขนาดพื้นที่โดยรอบของบริเวณที่ติดตั้งห้องเผาไหม้เสริม จึงออกแบบให้ผนังห้องเผาไหม้เสริมมีความหนา 12 mm และฝาปิดห้องเผาไหม้เสริมมีความหนา 10 mm ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขนาดภายในห้องเผาไหม้เสริม

จากนั้นทำการติดตั้งครีบระบายความร้อนที่ห้องเผาไหม้เสริม ดังรูปที่ 3.2 ทั้งนี้ได้ทดสอบเบื้องต้นเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิของห้องเผาไหม้เสริมหลังจากติดตั้งครีบระบายความร้อน โดยการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของฝาสูบเครื่องยนต์ฮอนด้า GX160 ได้ผลอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน



รูปที่ 3.2 ห้องเผาไหม้เสริมติดตั้งครีบระบายความร้อน

3.2 คำนวณหาขนาดรูของอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ

ในการคำนวณหาขนาดรูของอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ ซึ่งอากาศที่ไหลผ่านรูของอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ จะเป็นลักษณะการไหลผ่านคอคอดนั่นเอง ในการนี้จึงมีสมมุติฐานที่ใช้ในการออกแบบ ดังนี้

- ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (η_V) ของเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในแบบประจุไอดีเข้าสู่กระบอกสูบโดยธรรมชาติ (naturally aspirated ; NA) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.8-0.9 [24] ดังนั้นจึงกำหนดให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรมีค่า 0.85

- ความเร็วอากาศ ณ จุดคอคอดควรจะอยู่ในช่วง 100 m/s ถึง 150 m/s ทั้งนี้เพื่อทำให้ความดันอากาศ ณ จุดคอคอดต่ำลง อันจะเป็นผลทำให้เกิดการดึงเชื้อเพลิงมาผสมกับอากาศได้ดี [25] ดังนั้นจึงกำหนดให้ความเร็วอากาศที่คอคอด มีค่า 125 m/s

3.2.1 หาอัตราการไหลของอากาศที่เข้าสู่เครื่องยนต์ ($\dot{V}_i$)

จากสมการ (2.3) $$\dot{V}_i = \left(\frac{V_h \times n}{2{,}000 \times 60} \right) \eta_V$$

โดยที่ $\dot{V}_i$ คือ อัตราการไหลของอากาศที่เข้าสู่เครื่องยนต์ (m^3/s)

V_h คือ ปริมาตรกระบอกสูบ = 0.638 litre

n คือ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ = 2,400 RPM (ที่ความเร็วรอบสูงสุด)

η_V คือ ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร = 0.85

$$\dot{V}_i = \left(\frac{0.638 \times 2{,}400}{2{,}000 \times 60} \right) \times 0.85$$

$$\dot{V}_i = 0.010846 \ m^3/s$$

3.2.2 หาความเร็วของอากาศที่เข้าห้องเผาไหม้ (c_i)

จากสมการ (2.5) และ (2.4)

$$A_i = \frac{\pi d_i^2}{4} \text{ และ } c_i = \frac{\dot{V}_i}{A_i}$$

โดยที่ c_i คือ ความเร็วของอากาศที่เข้าห้องเผาไหม้ (m/s)

A_i คือ พื้นที่หน้าตัดช่องทางเข้าสู่ห้องเผาไหม้ (m^2)

d_i คือ เส้นผ่านศูนย์กลางช่องทางเข้าสู่ห้องเผาไหม้ = 0.038 m (จากการวัด)

$$A_i = \frac{\pi 0.038^2}{4} = 0.001134 \text{ m}^2$$

และ $$c_i = \frac{0.010846}{0.001134} = 9.564 \text{ m/s}$$

3.2.3 ขนาดคอคอดของอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ (d_V)

จากสมการ (2.7) และ (2.6)

$$A_V = \frac{A_i c_i}{c_V} \text{ และ } d_V = \sqrt{\frac{4A_V}{\pi}}$$

โดยที่ d_V คือ เส้นผ่านศูนย์กลางรูของอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ (m)

A_V คือ พื้นที่หน้าตัดรูของอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ (m^2)

c_V คือ ความเร็วอากาศผ่านรูของอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ = 125 m/s

$$A_V = \frac{0.001134 \times 9.564}{125} = 0.00008677 \text{ m}^2$$

และ $$d_V = \sqrt{\frac{4 \times 0.00008677}{\pi}} = 0.01051 \text{ m} = 10.51 \text{ mm}$$

ขนาดรูของอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ 10.51 mm

ดังนั้นเลือกใช้ขนาดรูของอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ 11 mm

สำหรับอู่ที่รับติดตั้งระบบก๊าซเชื้อเพลิงรถยนต์ มักใช้ค่าพื้นที่หน้าตัดคอคอดของอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ โดยประมาณ 7.5 mm^2 ถึง 10 mm^2 ทุกๆ 1 แรงม้า

3.3 ดัดแปลงและติดตั้งอุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.3.1 ติดตั้งอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณจุดระเบิด โดยใช้ขดลวดพัลเซอร์ของรถจักรยานยนต์ Honda รุ่น Dash125 และเชื่อมแผ่นเหล็กติดกับล้อช่วยแรง โดยการหมุนล้อช่วยแรงตามทิศทางการหมุนของเครื่องยนต์ให้ลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ตายบน จากนั้นหมุนล้อช่วยแรงย้อนกลับประมาณ 10 องศาก่อนศูนย์ตายบน แล้วเชื่อมแผ่นเหล็กขนาดกว้างประมาณ 1 cm ยาว 3 cm ติดกับล้อช่วยแรง ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 อุปกรณ์กำเนิดสัญญาณจุดระเบิด

ทั้งนี้ในขณะทดลองการทำงานของเครื่องยนต์ จะทำการปรับตั้งองศาการจุดระเบิดโดยการเลื่อนตำแหน่งของขดลวดพัลเซอร์ไปที่ตำแหน่งต่างๆ เพื่อให้ได้จังหวะจุดระเบิดที่เหมาะสมที่สุดและผลการตอบสนองต่อการเร่งเครื่องยนต์ที่ดี จึงได้องศาการจุดระเบิดที่ประมาณ 11 องศาก่อนศูนย์ตายบน ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 600 รอบต่อนาที

3.3.2 เดินวงจรไฟจุดระเบิดผ่านสวิตช์ ร่วมกับการใช้วงจรควบคุมการจุดระเบิดของรถจักรยานยนต์ Honda รุ่น Dash125 ดังรูปที่ 3.4 และ 3.5

รูปที่ 3.4 สวิตช์จุดระเบิด

รูปที่ 3.5 วงจรควบคุมการจุดระเบิด

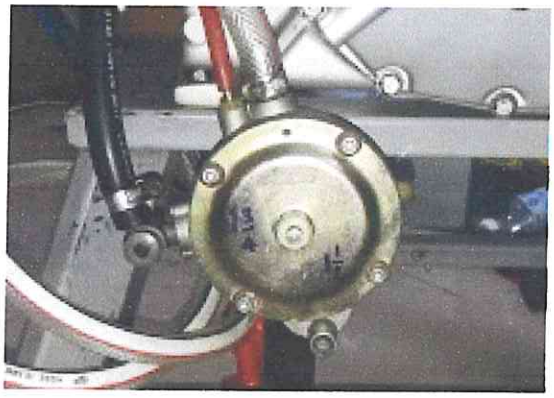
3.3.3 ติดตั้งคอยล์จุดระเบิดเข้ากับเครื่องยนต์ ดังรูปที่ 3.6 โดยใช้คอยล์จุดระเบิดของรถจักรยานยนต์ Honda รุ่น Dash125

รูปที่ 3.6 คอยล์จุดระเบิด

3.3.4 ติดตั้งแผ่นชาร์จไฟรถจักรยานยนต์ Yamaha รุ่น Mio115 เข้ากับเครื่องยนต์ ดังรูปที่ 3.7 สำหรับใช้งานกับพัดลมระบายความร้อน

รูปที่ 3.7 แผ่นชาร์จไฟ

3.3.5 ติดตั้งหม้อต้มเข้ากับเครื่องยนต์ ดังรูปที่ 3.8 โดยใช้หม้อต้มยี่ห้อ Lomani รุ่น AT-07 ซึ่งเป็นหม้อต้มสำหรับเครื่องยนต์เล็ก และต่อท่อส่งก๊าซไปยังเรือนลิ้นเร่ง



รูปที่ 3.8 หม้อต้ม

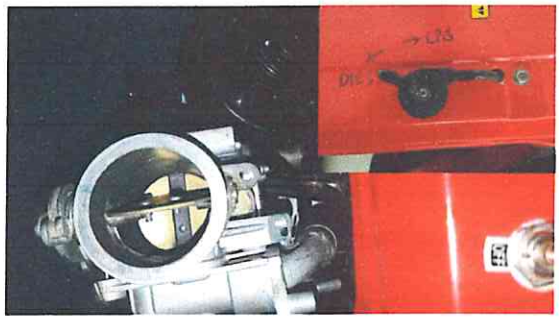
3.3.6 ติดตั้งท่อน้ำมันไหลกลับจากปั๊มฉีดเชื้อเพลิงไปยังถังน้ำมันเชื้อเพลิง ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 ท่อน้ำมันไหลกลับ

3.4 พัฒนาอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศและพัฒนาห้องเผาไหม้เสริมในด้านการระบายความร้อน

3.4.1 พัฒนาอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ โดยใช้ชุดเรือนลิ้นเร่งของรถจักรยานยนต์ Honda รุ่น CBR300 ติดตั้งเข้ากับท่อไอดี ต่อสายคันเร่งจากลิ้นเร่งไปยังคันเร่ง และสร้างลิ้นปีกผีเสื้ออีกหนึ่งอันติดตั้งไว้เหนือลิ้นเร่งเพื่อพัฒนาเป็นอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศให้สามารถเปิดกว้างสุดได้เมื่อใช้งานในแบบเครื่องยนต์ดีเซล ดังรูปที่ 3.10 ทั้งนี้โดยการดัดแปลงใช้สายคันเร่งของรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ ซึ่งที่ปลายสายคันเร่งด้านหนึ่งจะต่อเข้ากับก้านควบคุม ส่วนที่ปลายสายอีกด้านหนึ่งแยกเป็นสองจุด จุดหนึ่งต่อเข้ากับอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศและอีกจุดหนึ่งต่อเข้ากับลิ้นเร่ง ดังนั้นเมื่อใช้งานในแบบเครื่องยนต์ดีเซลจะปรับก้านควบคุมให้อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศและลิ้นเร่งเปิดกว้างสุดได้ ซึ่งแสดงเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศที่มีขนาดคงที่ของการวิจัยครั้งที่ผ่านมา ดังรูปที่ 3.11

(ก) อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ เมื่อใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง



(ข) อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศเปิดกว้างสุดเมื่อใช้งานในแบบเครื่องยนต์ดีเซล

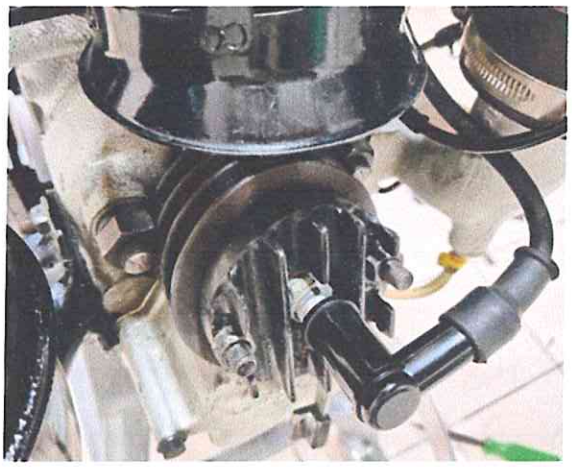
รูปที่ 3.10 อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ

รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศที่มีขนาดคงที่ของการวิจัยครั้งที่ผ่านมา

3.4.2 พัฒนาห้องเผาไหม้เสริมในด้านการระบายความร้อน โดยการติดตั้งครีบระบายความร้อนที่ห้องเผาไหม้เสริม ดังรูปที่ 3.12 ซึ่งแสดงเปรียบเทียบกับห้องเผาไหม้เสริมของการวิจัยครั้งที่ผ่านมา ดังรูปที่ 3.13 และติดตั้งห้องเผาไหม้เสริมเข้าแทนที่ตำแหน่งของหัวฉีดน้ำมันดีเซลเดิม ดังรูปที่ 3.14 ทั้งนี้ได้ทดสอบเบื้องต้นเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิของห้องเผาไหม้เสริมหลังจากติดตั้งครีบระบายความร้อน โดยการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของฝาสูบเครื่องยนต์ฮอนด้า GX160 ได้ผลอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน

รูปที่ 3.12 ห้องเผาไหม้เสริมติดตั้งครีบระบายความร้อน

รูปที่ 3.13 ห้องเผาไหม้เสริมของการวิจัยครั้งที่ผ่านมา



รูปที่ 3.14 ห้องเผาไหม้เสริมติดตั้งเข้าแทนที่ตำแหน่งของหัวฉีดน้ำมันดีเซลเดิม

3.4.3 ติดตั้งพัดลมระบายความร้อน ของรถจักรยานยนต์ Honda รุ่น CBR150 เข้ากับเครื่องยนต์ ดังรูปที่ 3.15

รูปที่ 3.15 พัดลมระบายความร้อน

<u>หมายเหตุ</u> ในการพัฒนาห้องเผาไหม้เสริมนั้น จากเดิมที่ไม่มีครีบระบายความร้อน ขณะเครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบสูงสุด วัดอุณหภูมิได้ 302°C เมื่อติดตั้งครีบระบายความร้อนและพัดลมระบายความร้อน ทดสอบเบื้องต้นวัดอุณหภูมิได้ 182°C จากการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของฝาสูบเครื่องยนต์ฮอนด้า GX160 ได้ผลอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน

3.4.4 ติดตั้งเรกกูเลเตอร์ (หัววาล์วก๊าซ) เข้ากับถังก๊าซ จึงได้เครื่องยนต์ที่ดัดแปลงและติดตั้งอุปกรณ์ที่เสร็จสมบูรณ์ ดังรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.16 เครื่องยนต์ที่ดัดแปลงและติดตั้งอุปกรณ์ที่เสร็จสมบูรณ์

3.5 ทดสอบการทำงานเบื้องต้น

จากสภาวะเริ่มต้นที่เครื่องยนต์มีการทำงานในแบบเครื่องยนต์ดีเซล ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เมื่อจะปรับเปลี่ยนสลับให้เครื่องยนต์ทำงานในแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง มีขั้นตอนดังนี้

(1) ถอดท่อน้ำมันเชื้อเพลิงออกจากปั๊มฉีดเชื้อเพลิง และติดตั้งท่อน้ำมันไหลกลับจากปั๊มฉีดเชื้อเพลิงไปยังถังน้ำมันเชื้อเพลิง

(2) ถอดหัวฉีดน้ำมันดีเซลออกจากฝาสูบ

(3) ติดตั้งห้องเผาไหม้เสริมแทนที่ตำแหน่งของหัวฉีดน้ำมันดีเซลเดิม

(4) ปรับคันโยกให้อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศอยู่ที่ตำแหน่ง LPG (ปิด)

(5) ติดตั้งเรกกูเลเตอร์ (หัววาล์วก๊าซ) เข้ากับถังก๊าซ

(6) เปิดสวิตช์ควบคุมการจุดระเบิดและสตาร์ทเครื่องยนต์ให้เครื่องยนต์ทำงานในแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง

ทั้งนี้ ในขณะเครื่องยนต์ทำงานได้ทำการตรวจวัดอุณหภูมิของห้องเผาไหม้เสริมเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของฝาสูบเครื่องยนต์เล็กแก๊สโซลีนฮอนด้า GX160 ได้ผลอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน

สำหรับการกลับไปใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงนั้น สามารถทำได้โดยการถอดห้องเผาไหม้เสริมออก แล้วติดตั้งหัวฉีดน้ำมันดีเซลแทนที่ห้องเผาไหม้เสริม ซึ่งจะเป็นลักษณะการทำงานในแบบเครื่องยนต์ดีเซล โดยจะต้องปรับคันโยกให้อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศอยู่ที่ตำแหน่ง Diesel (เปิดกว้างสุด) ซึ่งพบว่าในไอเสียไม่เกิดควันดำที่ความเร็วรอบสูง

3.6 ดำเนินการทดลอง

ทดลองการทำงานของเครื่องยนต์ ตรวจวัดอุณหภูมิของห้องเผาไหม้เสริม ค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และค่าควันดำในไอเสีย และใช้เครื่องยนต์เป็นต้นกำลังในการสูบน้ำด้วยท่อพญานาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 8 นิ้ว ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์คงที่ 1,000 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นระดับความเร็วรอบเครื่องยนต์โดยประมาณที่เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ในการสูบน้ำ บันทึกผลระยะเวลาและปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ โดยเปรียบเทียบในลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงและในลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง ทั้งนี้ทำการทดลองแบบสลับไป-มา

ระหว่างลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์ดีเซลและลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน จนครบลักษณะการทำงานแบบละ 3 ครั้ง

บทที่ 4

ผลการทดลอง

สำหรับในบทนี้จะเกี่ยวข้องกับการทดลองเพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์และค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง โดยการทดลองใช้งานเป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังในการสูบน้ำด้วยท่อพญานาคเพื่อทำการเปรียบเทียบหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ยันม่าร์ TF120DI ในลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงและในลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง

4.1 วิธีการทดลอง

ทดลองการทำงานของเครื่องยนต์ ตรวจวัดอุณหภูมิของห้องเผาไหม้เสริม ค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และค่าควันดำในไอเสีย และใช้เครื่องยนต์เป็นต้นกำลังในการสูบน้ำด้วยท่อพญานาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 8 นิ้ว ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์คงที่ 1,000 รอบต่อนาที บันทึกผลระยะเวลาและปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ โดยเปรียบเทียบในลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงและในลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง ทั้งนี้ทำการทดลองแบบสลับไป-มา ระหว่างลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์ดีเซลและลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน จนครบลักษณะการทำงานแบบละ 3 ครั้ง

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

4.2.1 เตรียมความพร้อมของเครื่องยนต์และอุปกรณ์ต่อพ่วงสำหรับสูบน้ำ

4.2.2 ติดตั้งเครื่องยนต์เข้ากับท่อสูบน้ำ

4.2.3 สตาร์ทเครื่องยนต์และอุ่นเครื่องประมาณ 10 นาที เพื่อให้อยู่ในสภาพพร้อมทำงาน

4.2.4 ตรวจวัดอุณหภูมิของห้องเผาไหม้เสริมเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของฝาสูบเครื่องยนต์เล็กแก๊สโซลีน เมื่อขณะอุณหภูมิคงที่

4.2.5 ตรวจวัดค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน ของเครื่องยนต์ดัดแปลง เมื่อทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

4.2.6 ตรวจวัดค่าควันดำในไอเสียของเครื่องยนต์ดัดแปลง เมื่อทำงานแบบเครื่องยนต์ดีเซลเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซลก่อนดัดแปลง

4.2.7 ใช้เครื่องยนต์เป็นต้นกำลังในการสูบน้ำ โดยใช้ความเร็วรอบคงที่ 1,000 รอบต่อนาที บันทึกผลเวลาและปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ เปรียบเทียบในลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงและในลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง

4.3 ดำเนินการทดลอง

ทดลองการทำงานของเครื่องยนต์ในแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ทำการตรวจวัดอุณหภูมิห้องเผาไหม้เสริมด้วยเครื่องมืออินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ รุ่น Benetech GM320 ดังรูปที่ 4.1 ทำการตรวจวัด

ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไฮโดรคาร์บอน (HC) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย รุ่น Koeng KEG-200 ดังรูปที่ 4.2 จากนั้นทดลองการทำงานของเครื่องยนต์ในแบบเครื่องยนต์ดีเซล ทำการตรวจวัดค่าควันดำด้วยเครื่องวัดควันดำระบบความทึบแสง รุ่น Koeng OP-201T ดังรูปที่ 4.3 แล้วจึงใช้เครื่องยนต์เป็นต้นกำลังในการสูบน้ำด้วยท่อพญานาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 8 นิ้ว ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 1,000 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นระดับความเร็วรอบเครื่องยนต์โดยประมาณที่เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ในการสูบน้ำ บันทึกผลระยะเวลาและปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ โดยเปรียบเทียบในลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงและในลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้แอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง ดังรูปที่ 4.4 และ 4.5 ทั้งนี้ทำการทดลองแบบสลับไป-มา ระหว่างลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์ดีเซลและลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน จนครบลักษณะการทำงานแบบละ 3 ครั้ง

รูปที่ 4.1 อินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ รุ่น Benetech GM320

รูปที่ 4.2 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย รุ่น Koeng KEG-200

รูปที่ 4.3 เครื่องวัดควันดำระบบความทึบแสง รุ่น Koeng OP-201T

รูปที่ 4.4 การทำงานแบบเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

รูปที่ 4.5 การทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง

4.4 ผลการทดลอง

จากการพัฒนาห้องเผาไหม้เสริมในด้านการระบายความร้อน ด้วยการติดตั้งครีบระบายความร้อนและพัดลมระบายความร้อน ได้ทำการตรวจวัดอุณหภูมิของห้องเผาไหม้เสริมในขณะเครื่องยนต์ที่ดัดแปลงทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของฝาสูบเครื่องยนต์เล็กแก๊สโซลีน Honda GX160 ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบอุณหภูมิของห้องเผาไหม้เสริมกับอุณหภูมิของฝาสูบเครื่องยนต์เล็กแก๊สโซลีน เมื่อขณะอุณหภูมิคงที่

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (RPM)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	
	เครื่องยนต์ A	เครื่องยนต์ B
600	127	-
1,200	149	117
1,800	164	128
2,400	182	148
3,000	-	163
3,600	-	186

หมายเหตุ

- เครื่องยนต์ A คือ เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงแล้ว, ทำงานในแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ใช้แอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง ความเร็วรอบเดินเบา 600 RPM ความเร็วรอบสูงสุด 2,400 RPM
- เครื่องยนต์ B คือ เครื่องยนต์เล็กแก๊สโซลีน Honda GX160 ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง ความเร็วรอบเดินเบา 1,200 RPM ความเร็วรอบสูงสุด 3,600 RPM

จากตารางที่ 4.1 พบว่าอุณหภูมิของห้องเผาไหม้เสริมในขณะทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนกับอุณหภูมิของฝาสูบเครื่องยนต์เล็กแก๊สโซลีน เมื่อขณะอุณหภูมิคงที่ ที่ความเร็วรอบสูงสุด มีอุณหภูมิ 182 และ 186 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ยังคงมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิลุกติดไฟได้เอง (Auto Ignition Temperature) ของแอลพีจี โดยแอลพีจีมีค่าอุณหภูมิลุกติดไฟได้เองที่ประมาณ 481 องศาเซลเซียส **[26], [27]** และมีค่าออกเทนสูงกว่าน้ำมันเบนซิน [28] เครื่องยนต์จึงทำงานได้โดยไม่เกิดการน็อก

ทำการตรวจวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรคาร์บอนในไอเสีย ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณ CO และ HC ในไอเสีย ตรวจวัดค่าโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย รุ่น Koeng KEG-200

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (RPM)	CO(%)	HC(ppm)
600	0.08	1,088
1,200	0.22	1,186
1,800	0.41	1,315
2,400	0.41	1,255

จากตารางที่ 4.2 พบว่าในไอเสียมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ร้อยละ 0.41 เป็นไปตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2550) เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถจักรยานยนต์ ซึ่งกำหนดค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ไม่เกินร้อยละ 2.5 และกำหนดค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนไม่เกิน 1,000 ส่วนในล้านส่วน [29] ทั้งนี้มีปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสีย 1,315 ส่วนในล้านส่วน อาจเป็นผลจากการที่ห้องเผาไหม้เสริมมีลักษณะเป็นกระเปาะที่มีช่องทางเข้าออกขนาดเล็ก คล้ายกับห้องเผาไหม้ล่วงหน้าในเครื่องยนต์ดีเซล [30],

[31] ส่งผลให้ไอดีเข้าห้องเผาไหม้เสริมได้ไม่สม่ำเสมอ ทำให้เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นจึงควรศึกษา พัฒนาและทดลองห้องเผาไหม้เสริมให้มีช่องทางเข้าออกขนาดใหญ่ ซึ่งอาจส่งผลให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสียลดลง

ในส่วนของการพัฒนาอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศให้ปรับขนาดได้กว้างสุดและลิ้นเร่งเปิดกว้างสุด เมื่อใช้งานในแบบเครื่องยนต์ดีเซล ทำการตรวจวัดค่าควันดำ ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าควันดำ ตรวจวัดค่าโดยใช้เครื่องวัดควันดำระบบความทึบแสง รุ่น Koeng OP-201T

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (RPM)	ค่าควันดำ (%)	
	เครื่องยนต์ A	เครื่องยนต์ C
600	1.4	1.6
1,200	0.9	0.7
1,800	0.9	1.0
2,400	1.5	1.4

หมายเหตุ

- เครื่องยนต์ A คือ เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงแล้ว, เมื่ออุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศที่เปิดกว้างสุดและลิ้นเร่งเปิดกว้างสุด, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ความเร็วรอบเดินเบา 600 RPM ความเร็วรอบสูงสุด 2,400 RPM
- เครื่องยนต์ C คือ เครื่องยนต์ดีเซลก่อนดัดแปลง, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ความเร็วรอบเดินเบา 600 RPM ความเร็วรอบสูงสุด 2,400 RPM

จากตารางที่ 4.3 เครื่องยนต์ดีเซลที่ดัดแปลงแล้ว ติดตั้งอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศที่เปิดได้กว้างสุดและลิ้นเร่งเปิดกว้างสุด เมื่อใช้งานในแบบเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะมีค่าควันดำสูงสุดร้อยละ 1.5 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ดีเซลก่อนดัดแปลง ทั้งนี้เป็นเพราะอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศที่เปิดได้กว้างสุดและลิ้นเร่งเปิดกว้างสุด อากาศสามารถไหลผ่านเข้าสู่กระบอกสูบได้มากขึ้น ส่งผลให้อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงอยู่ในระดับที่เหมาะสม

จากการทดลองใช้เครื่องยนต์เป็นต้นกำลังในการสูบน้ำด้วยท่อพญานาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 8 นิ้ว โดยใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 1,000 รอบต่อนาที เปรียบเทียบในลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงและในลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้แอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง บันทึกผลระยะเวลา ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ และค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบปริมาณและค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลและแอลพีจี ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,000 รอบต่อนาที โดยใช้เป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังในการสูบน้ำด้วยท่อพญานาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 8 นิ้ว

ครั้งที่	เวลา (ชั่วโมง)	เมื่อใช้น้ำมันดีเซล		เมื่อใช้แอลพีจี	
		ปริมาณการใช้; กิโลกรัม (ลิตร)	ค่าใช้จ่าย; บาทต่อชั่วโมง	ปริมาณการใช้; กิโลกรัม	ค่าใช้จ่าย; บาทต่อชั่วโมง
1	1	0.63 (0.75)	20.54	0.60	14.52
2	1	0.63 (0.75)	20.54	0.50	12.10
3	1	0.68 (0.80)	21.91	0.60	14.52
ค่าเฉลี่ย	1	0.65 (0.77)	21.00	0.57	13.71

หมายเหตุ อ้างอิงราคาเชื้อเพลิง ณ วันที่ทำการทดลอง (24 มกราคม พ.ศ. 2563)

- แอลพีจีภาคครัวเรือน ปตท. ถังขนาด 15 กิโลกรัม ราคา 363 บาทต่อถัง = 24.20 บาทต่อกิโลกรัม [32]
- น้ำมันดีเซล ปตท. ราคา 27.39 บาทต่อลิตร [33]
- น้ำมันดีเซล มีค่าความหนาแน่น 0.845 กรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งได้จากการวัดค่าก่อนการทดลอง
- จากประกาศกรมธุรกิจพลังงาน ได้กำหนดชื่อน้ำมันดีเซลในประเทศไทยเป็น “น้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 7” ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2563 เป็นต้นไป [34]

จากตารางที่ 4 การทดลองใช้งานเป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังในการสูบน้ำด้วยท่อพญานาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 8 นิ้ว ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 1,000 รอบต่อนาที ในลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง พบว่าใช้น้ำมันดีเซลเฉลี่ย 0.65 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือประมาณ 0.77 ลิตรต่อชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 21.00 บาทต่อชั่วโมง และหากใช้งานในลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้แอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง จะใช้แอลพีจีเฉลี่ย 0.57 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 13.71 บาทต่อชั่วโมง ซึ่งสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึงร้อยละ 34.71

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษางานวิจัย เรื่อง การพัฒนาต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร สามารถสรุปผลการดำเนินการวิจัยได้ดังนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อดัดแปลงเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรให้สามารถรองรับการใช้เชื้อเพลิงได้ทั้งน้ำมันดีเซลและก๊าซแอลพีจีในลักษณะการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดที่แยกเป็นอิสระต่อกัน
2. พัฒนาห้องเผาไหม้เสริม ในด้านการระบายความร้อน ด้วยการติดตั้งครีบระบายความร้อนและพัดลมระบายความร้อน
3. พัฒนาอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศให้ปรับขนาดได้เมื่อใช้งานในแบบเครื่องยนต์ดีเซล
4. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลและก๊าซแอลพีจี

5.2 ขอบเขตของการวิจัย

1. ดัดแปลงเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตร ยี่ห้อยันม่าร์ รุ่น TF120DI โดยการสร้างห้องเผาไหม้เสริม ติดตั้งระบบเชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจี และระบบจุดระเบิด ให้สามารถรองรับการใช้เชื้อเพลิงได้ทั้งน้ำมันดีเซลและก๊าซแอลพีจีในลักษณะการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดที่แยกเป็นอิสระต่อกัน
2. ห้องเผาไหม้เสริมติดตั้งครีบระบายความร้อนและพัดลมระบายความร้อน
3. อุปกรณ์ผสมก๊าซสามารถปรับขนาดได้เมื่อใช้งานในแบบเครื่องยนต์ดีเซล
4. เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงระหว่างน้ำมันดีเซลและก๊าซแอลพีจี ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,000 รอบต่อนาที โดยใช้เป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังในการสูบน้ำด้วยท่อพญานาค

5.3 สรุปผลการวิจัยและทดลอง

จากการพัฒนาห้องเผาไหม้เสริมในด้านการระบายความร้อน พบว่าอุณหภูมิของห้องเผาไหม้เสริมในขณะเครื่องยนต์ที่ดัดแปลงทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนกับอุณหภูมิของฝาสูบเครื่องยนต์เล็กแก๊สโซลีน Honda GX160 ตรวจวัดเมื่อขณะอุณหภูมิคงที่ ที่ความเร็วรอบสูงสุด มีอุณหภูมิ 182 และ 186 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน และพบว่าในไอเสียมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ร้อยละ 0.41 และไฮโดรคาร์บอน 1,315 ส่วนในล้านส่วน สำหรับการพัฒนาอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศให้ปรับขนาดได้กว้างสุดและลิ้นเร่งเปิดกว้างสุดนั้น เมื่อใช้งานในแบบเครื่องยนต์ดีเซล พบว่ามีค่าควันดำสูงสุดร้อยละ 1.5 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ดีเซลก่อนดัดแปลง เมื่อนำเครื่องยนต์ที่ดัดแปลงไปใช้งานเป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังในการสูบน้ำด้วยท่อพญานาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 8 นิ้ว ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 1,000 รอบต่อนาที ในขณะทำงานแบบเครื่องยนต์ดีเซล พบว่าใช้น้ำมันดีเซลเฉลี่ย 0.65 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือประมาณ 0.77 ลิตรต่อชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 21.00 บาทต่อชั่วโมง และในขณะ

ทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน พบว่าใช้แอลพีจีเฉลี่ย 0.57 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 13.71 บาทต่อชั่วโมง ซึ่งสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึงร้อยละ 34.71

5.4 อภิปรายผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิของห้องเผาไหม้เสริมกับอุณหภูมิของฝาสูบเครื่องยนต์เล็กแก๊สโซลีน เมื่อขณะอุณหภูมิคงที่ พบว่าอุณหภูมิของห้องเผาไหม้เสริมในขณะทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนกับอุณหภูมิของฝาสูบเครื่องยนต์เล็กแก๊สโซลีน เมื่อขณะอุณหภูมิคงที่ ที่ความเร็วรอบสูงสุด มีอุณหภูมิ 182 และ 186 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ยังคงมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิลุกติดไฟได้เอง (Auto Ignition Temperature) ของแอลพีจี โดยแอลพีจีมีค่าอุณหภูมิลุกติดไฟได้เองที่ประมาณ 481 องศาเซลเซียส และมีค่าออกเทนสูงกว่าน้ำมันเบนซิน เครื่องยนต์จึงทำงานได้โดยไม่เกิดการน็อก

จากการตรวจวัดไอเสียของเครื่องยนต์ดัดแปลง เมื่อทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีน พบว่าในไอเสียมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ร้อยละ 0.41 เป็นไปตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2550) เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถจักรยานยนต์ ซึ่งกำหนดค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ไม่เกินร้อยละ 2.5 และกำหนดค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนไม่เกิน 1,000 ส่วนในล้านส่วน [29] ทั้งนี้มีปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสีย 1,315 ส่วนในล้านส่วน อาจเป็นผลจากการที่ห้องเผาไหม้เสริมมีลักษณะเป็นกระเปาะที่มีช่องทางเข้าออกขนาดเล็ก คล้ายกับห้องเผาไหม้ล่วงหน้าในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้ไอดีเข้าห้องเผาไหม้เสริมได้ไม่สม่ำเสมอ ทำให้เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นจึงควรศึกษา พัฒนาและทดลองห้องเผาไหม้เสริมให้มีช่องทางเข้าออกขนาดใหญ่ ซึ่งอาจส่งผลให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสียลดลง

เครื่องยนต์ดีเซลที่ดัดแปลงแล้ว ติดตั้งอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศที่เปิดได้กว้างสุดและลิ้นเร่งเปิดกว้างสุด เมื่อใช้งานในแบบเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง จะมีค่าควันดำสูงสุดร้อยละ 1.5 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ดีเซลก่อนดัดแปลง ทั้งนี้เป็นเพราะอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศที่เปิดได้กว้างสุดและลิ้นเร่งเปิดกว้างสุด อากาศสามารถไหลผ่านเข้าสู่กระบอกสูบได้มากขึ้น ส่งผลให้อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงอยู่ในระดับที่เหมาะสม

จากการทดลองใช้งานเป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังในการสูบน้ำด้วยท่อพญานาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 8 นิ้ว ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์คงที่ 1,000 รอบต่อนาที เพื่อทำการเปรียบเทียบหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ยันม่าร์ TF120DI ในลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงและในลักษณะการทำงานแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง พบว่าใช้น้ำมันดีเซลเฉลี่ย 0.65 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หากใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงจะใช้ก๊าซแอลพีจีเฉลี่ย 0.57 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งการใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึงร้อยละ 34.71 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปิติณัตต์ ตรีวงศ์ และ เชษฐวุฒิ ภูมิพิพัฒน์พงศ์ [16] ที่ได้ทำวิจัยเรื่อง “การทดสอบศึกษาสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติที่อัตราส่วนการอัดต่างๆ” พบว่าเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติมีข้อได้เปรียบในด้านอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมากถึงร้อยละ 36.75 ทั้งนี้มีความแตกต่างกับงานวิจัยของชัยยง ศิริพรมงคลชัย [14] ที่ได้ทำวิจัยเรื่อง “นวัตกรรมต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร” ที่พบว่าใช้น้ำมันดีเซลเฉลี่ย 0.92 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หากใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงจะใช้ก๊าซแอลพีจีเฉลี่ย 0.53 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งการใช้

ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงจะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึงร้อยละ 54.46 อย่างไรก็ตาม ผลที่ได้มีความแตกต่างกันมากในด้านปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลและร้อยละของความประหยัดค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง เนื่องจากในการวิจัยเรื่อง “นวัตกรรมต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร” นั้น ใช้อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศที่มีขนาดรูเล็กและมีขนาดคงที่ ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรต่ำลง อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงต่ำเกินไปที่ความเร็วรอบสูง จึงเกิดควันดำและสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงดีเซลมาก เมื่อเปรียบเทียบร้อยละของความประหยัดค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงระหว่างก๊าซแอลพีจีกับน้ำมันดีเซล จึงพบว่าร้อยละของความประหยัดค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่สูงกว่ามาก

5.5 ข้อเสนอแนะ

5.5.1 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้

บริษัทผู้ผลิตเครื่องยนต์ควรนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ไปเป็นแนวทางในการผลิตและพัฒนาเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรให้สามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด ออกสู่ตลาดเพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกแก่เกษตรกรไทย

5.5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร

บรรณานุกรม

[1] ชัยยง ศิริพรมงคลชัย. (2560). *เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน.* กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

[2] *น้ำมันดีเซล.* (2557). (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.topboosters.net/wizContent.asp?wizConID=90&txtmMenu_ID=52 [5 พฤศจิกายน 2562]

[3] ประเสริฐ เทียนนิมิตร, ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และ ปานเพชร ชินินทร. (2546). *เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น.* กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[4] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2556). *แก๊สโซลีน.* (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B9%8A%E0%B8%AA%E0%B9%82%E0%B8%8B%E0%B8%A5%E0%B8%B5%E0%B8%9930 [5 พฤศจิกายน 2562]

[5] พีทีจี เอ็นเนอยี. (2556). *น้ำมันเชื้อเพลิง.* (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.ptgenergy.co.th/product/fuel/TH [5 พฤศจิกายน 2562]

[6] บางจากปิโตรเลียม. (2555). *ผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงยานยนต์.* (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.bangchak.co.th/th/products-type-detail.aspx?cat=2&nid=249 [5 พฤศจิกายน 2562]

[7] ปตท. (2551). *ก๊าซธรรมชาติ คืออะไร.* (ออนไลน์). สืบค้นจาก http://pttweb2.pttplc.com/webngv/kw_if.aspx [5 พฤศจิกายน 2562]

[8] กระทรวงพลังงาน. (2550). *ก๊าซธรรมชาติ.* (ออนไลน์). สืบค้นจาก http://www.energy.go.th/index.php?q=node/386 [5 พฤศจิกายน 2562]

[9] ปตท.. (2553). *ก๊าซธรรมชาติและก๊าซหุงต้มแตกต่างกันอย่างไร.* (ออนไลน์). สืบค้นจาก : https://dscng.pttplc.com/Information/Information.aspx?INFO=6 [5 พฤศจิกายน 2562]

[10] กองนโยบายและแผนพลังงาน สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. (2543). *ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์.* (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.eppo.go.th/doc/doc-ngv.html [5 พฤศจิกายน 2562]

[11] การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. (มปป.). *ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์.* เอกสารแผ่นพับ. กรุงเทพฯ: การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย.

[12] *หม้อต้ม LOMANI.* (2551). (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.gasthai.com/boardgas/question.asp?id=39711 [7 พฤศจิกายน 2562]

[13] ชนะ กสิภาร์. (2528). *ความแข็งแรงของวัสดุ.* กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[14] ชัยยง ศิริพรมงคลชัย. (2562). *นวัตกรรมต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร.* รายงานการวิจัย. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

[15] ชัยยง ศิริพรมงคลชัย. (2558). การประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรใน 6 อำเภอ พื้นที่จังหวัดนนทบุรีที่มีต่อเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตรที่ดัดแปลงโดยใช้ก๊าซแอลพีจีทดแทนน้ำมันดีเซล. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ.* 18(3), 72.

[16] ปิติณัตต์ ตรีวงศ์ และ เชษฐวุฒิ ภูมิพิพัฒน์พงศ์. (2557). การทดสอบศึกษาสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติที่อัตราส่วนการอัดต่างๆ. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม,* 10(2), 1.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[17] ชัยยง ศิริพรมงคลชัย. (2555). "การใช้ก๊าซแอลพีจีทดแทนน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์เล็กเพื่อการเกษตร," *การประชุมวิชาการนานาชาติ การยกระดับคุณภาพชีวิตและภูมิปัญญาท้องถิ่น*, เชียงใหม่ , ประเทศไทย, น.225-232.

[18] ณัฐวุฒิ พลศรี และ รัชพล สันติวรากร. (2554). การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลง เมื่อใช้น้ำมันเบนซิน ก๊าซหุงต้มและก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฉบับบัณฑิตศึกษา*, 11(1), 27.

[19] เนรมิตร กระแสร์ลม. (2553). การวิเคราะห์ผลกระทบการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงต่อการ สึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ สูบเดียว. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, 2(3), 1.

[20] ธนากร กรอบสนิท. (2552). *การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว(LPG) เป็นส่วนผสม*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. นครนายก: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[21] 108engine. (2543). *สเปคเครื่องยนต์ดีเซลอเนกประสงค์ 10-12 แรง*. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : https://www.108engine.com/agriculture_engine/Yanmar/Yanmar_TF120_DI.asp#.XsIre0QzbIV [5 พฤศจิกายน 2562]

[22] M. Bohner, H. Gerschler, H. Gobweiler, S. Leyer, W. Pichler, W. Saier, H. Schmidt and H. Zwickel, *Technology for the Automotive Trade Volume 2*, Germany: Vollmer GmbH&Co, 1989.

[23] H. Chandler, *Heat Treater's Guide Practices and Procedures for Irons and Steels*. USA: ASM International, 1995.

[24] J.B. Heywood, *Internal Combustion Engine Fundamentals*, Singapore: McGraw-Hill, 1988.

[25] K.V. Mitzlaff. (1988). *Engine for biogas*. Federal Republic of Germany.

[26] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2557). คุณสมบัติพิเศษของ NGV. *วารสารนโยบายพลังงาน*, ฉบับพิเศษ, 24.

[27] ศิริชัย เติมโชคเกษม. (2551). การเลือกใช้แก๊สเป็นพลังงานทางเลือก. *Executive Journal*, 28(1), 75.

[28] สุวรรณี สายสิน. (2557). ความแตกต่างของแก๊ส LPG และ แก๊ส NGV. *วารสาร มฉก.วิชาการ*, 17(34), 150.

[29] กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2550). กำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถจักรยานยนต์. *ราชกิจจานุเบกษา*, 124 (ตอนพิเศษ 29 ง), 9-10.

[30] คณิต วัฒนวิเชียร, วิรุตติ์ เกื้อกิตติวงศ์, อัคฆพงศ์ สถาวรินทุ และ วาทิต ตั้งพิสิฐโยธิน. (2552). "การพัฒนาเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดชนิดห้องเผาไหม้ล่วงหน้าให้เป็นอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับสังเกตการณ์การเผาไหม้แบบอัดตัวของละอองฝอย," *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23*, เชียงใหม่, ประเทศไทย.

บรรณานุกรม (ต่อ)

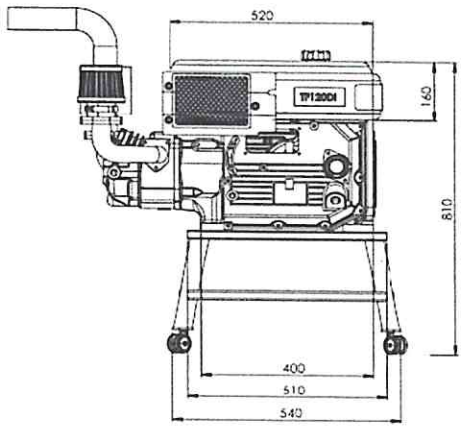
[31] กษวรรต ทิพพหา, เรวัต คำวัน, ปฏิญญา กรุดนาค, ชาลี ลอเวฟิน, พลอยตะวัน มหาวันน้ำ, ธรณิศวร์ ตีทายาท และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2561). การเพิ่มคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มรีไฟน์โดยผ่านการแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 และการทดสอบในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 25(1), 214-225.

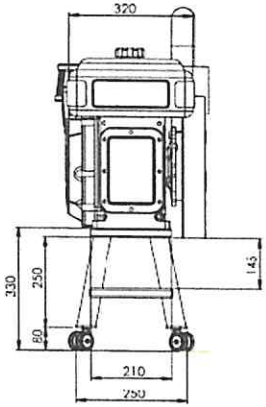
[32] RYT9. (2563). *ราคาก๊าซ LPG วันที่ 24 มกราคม 2563.* (ออนไลน์). สืบค้นจาก : https://www.ryt9.com/s/nepo/3088408 [15 พฤษภาคม 2563]

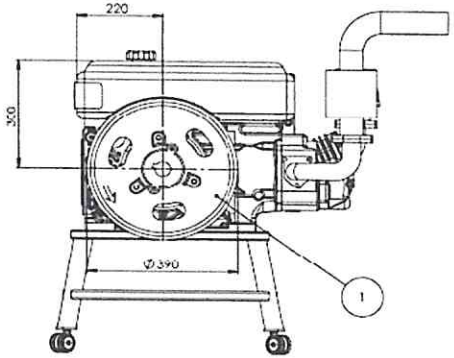
[33] ปตท. น้ำมันและการค้าปลีก. (2563). *ราคาขายปลีก กทม.และปริมณฑล.* (ออนไลน์). สืบค้นจาก : https://www.pttor.com/oilprice-capital.aspx

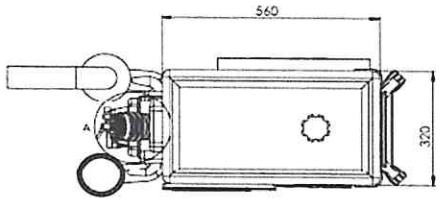
[34] กรมธุรกิจพลังงาน. (2563). กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล พ.ศ. 2563. *ราชกิจจานุเบกษา*, 137 (ตอนพิเศษ 135 ง), 11-14.

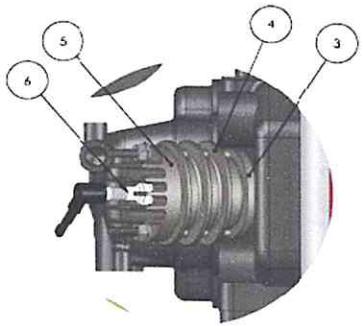
ภาคผนวก ก
รายละเอียดแบบโครงสร้าง



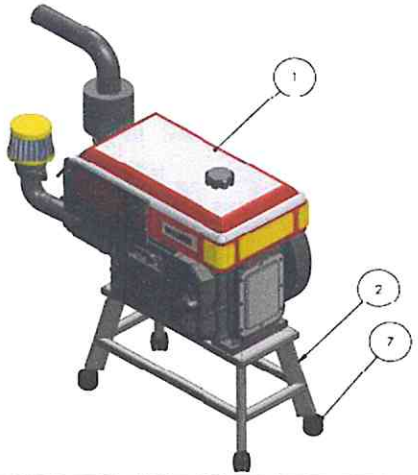






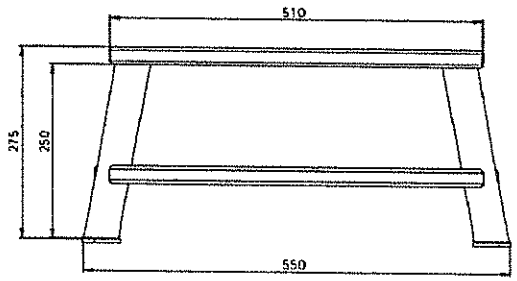


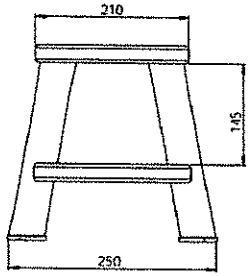
DETAIL A
SCALE 1 : 2

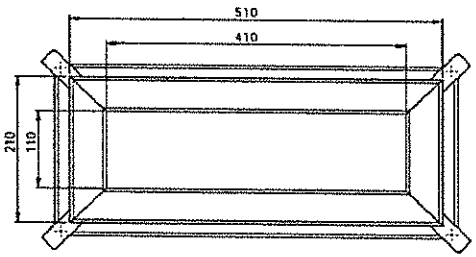


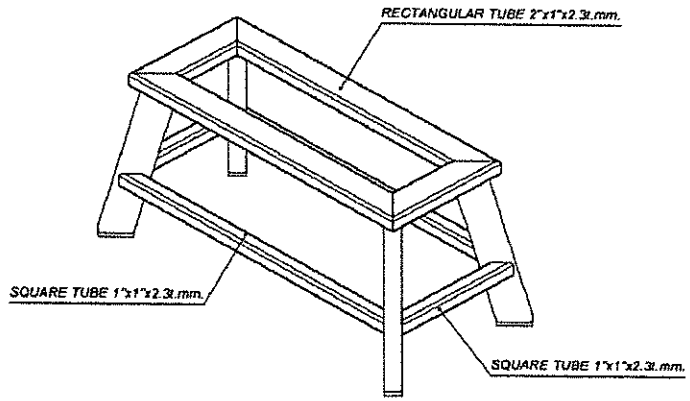
No.	DESCRIPTION	SPECIFICATION
1	ENGINE (YANMAR)	TF120DI
2	STEEL FRAME	REC.2"x1"x2.3t.mm.,SQ.1"x1"x2.3t.mm.
3	FLANGE	SS400
4	HOUSING	SS400
5	COVER	SS400
6	SPARK PLUG	STD
7	WHEEL	STD

POS	Part name and remark		Dimensions	Material	Req.	Drawing No.:
Scale 1:7.5		Name	Date	Rajamangala University Of Technology Suvarnabhumi Nonthaburi Campus		
Gen Tolerance ISO 2768	Draw	Thepprasit Prammanee	14-02-63			
	Checker					
	Title: Series practice dismanting injection pump fuel distributor,Type Axial Piston injection			Drawing No: TME15951N		









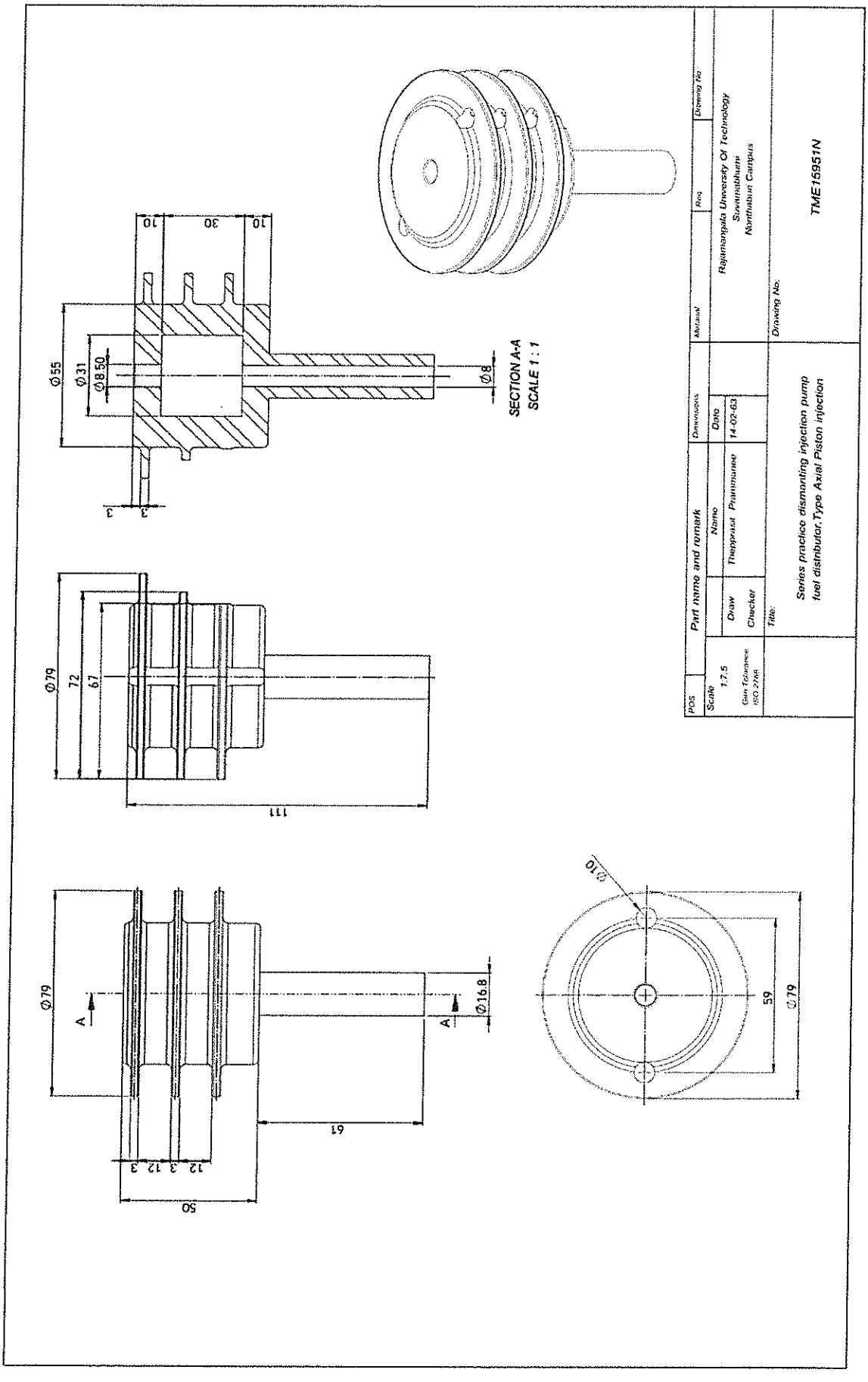
No.	DESCRIPTION	SPECIFICATION
1	ENGINE (YANMAR)	TF120DI
2	STEEL FRAME	REC.2"x1"x2.3t.mm ,SQ.1"x1"x2.3t.mm
3	FLANGE	SS400
4	HOUSING	SS400
5	COVER	SS400
6	SPARK PLUG	STD
7	WHEEL	STD

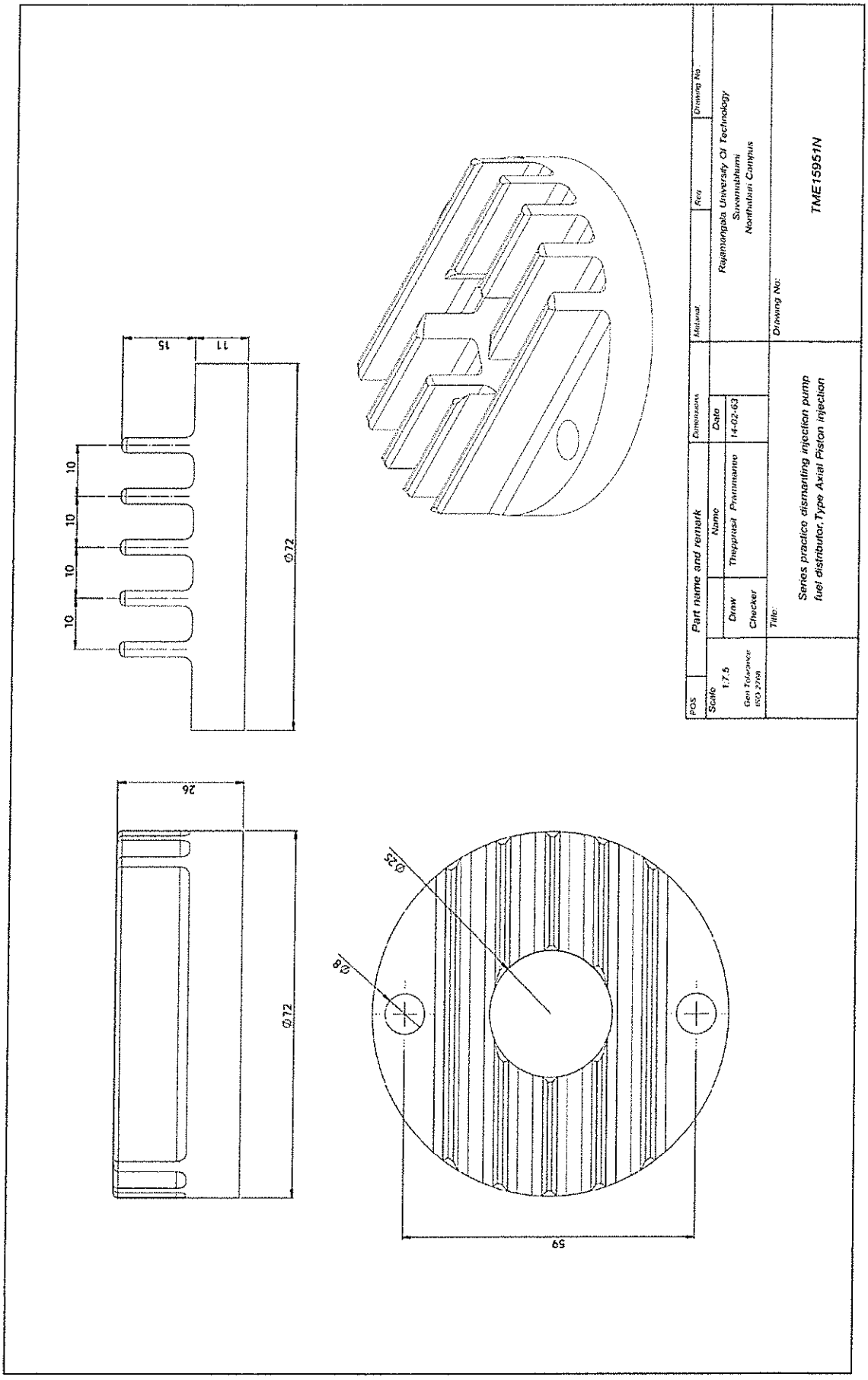
POS	Part name and remark	Dimensions	Material	Req.	Drawing No.
Scale 1:7.5		Name	Date		
Gen Tolerance ISO 2768	Draw	Thepprasit Prammanee	14-02-63		
	Checker				

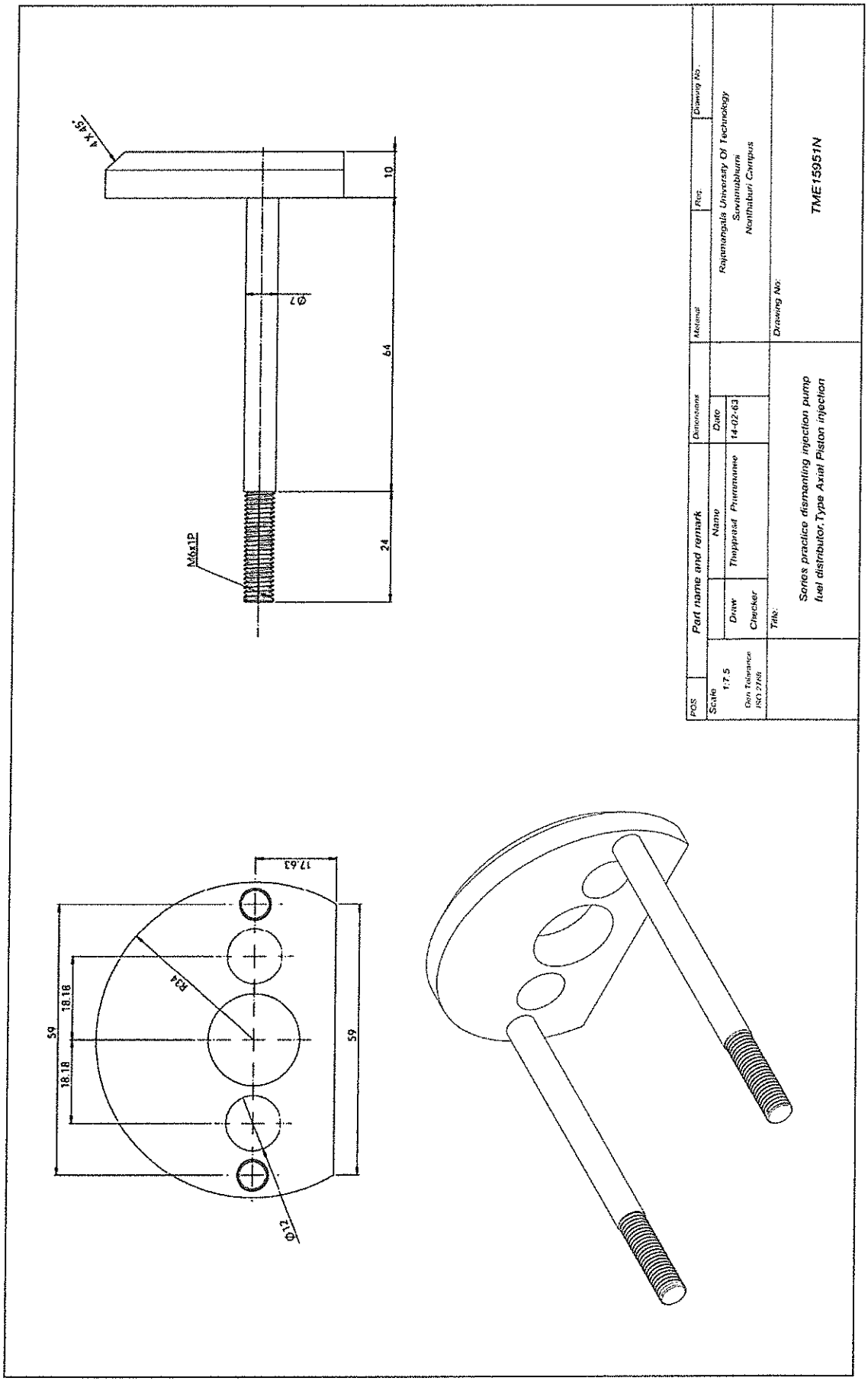
Rajamangala University Of Technology Suvarnabhumi Nonthaburi Campus

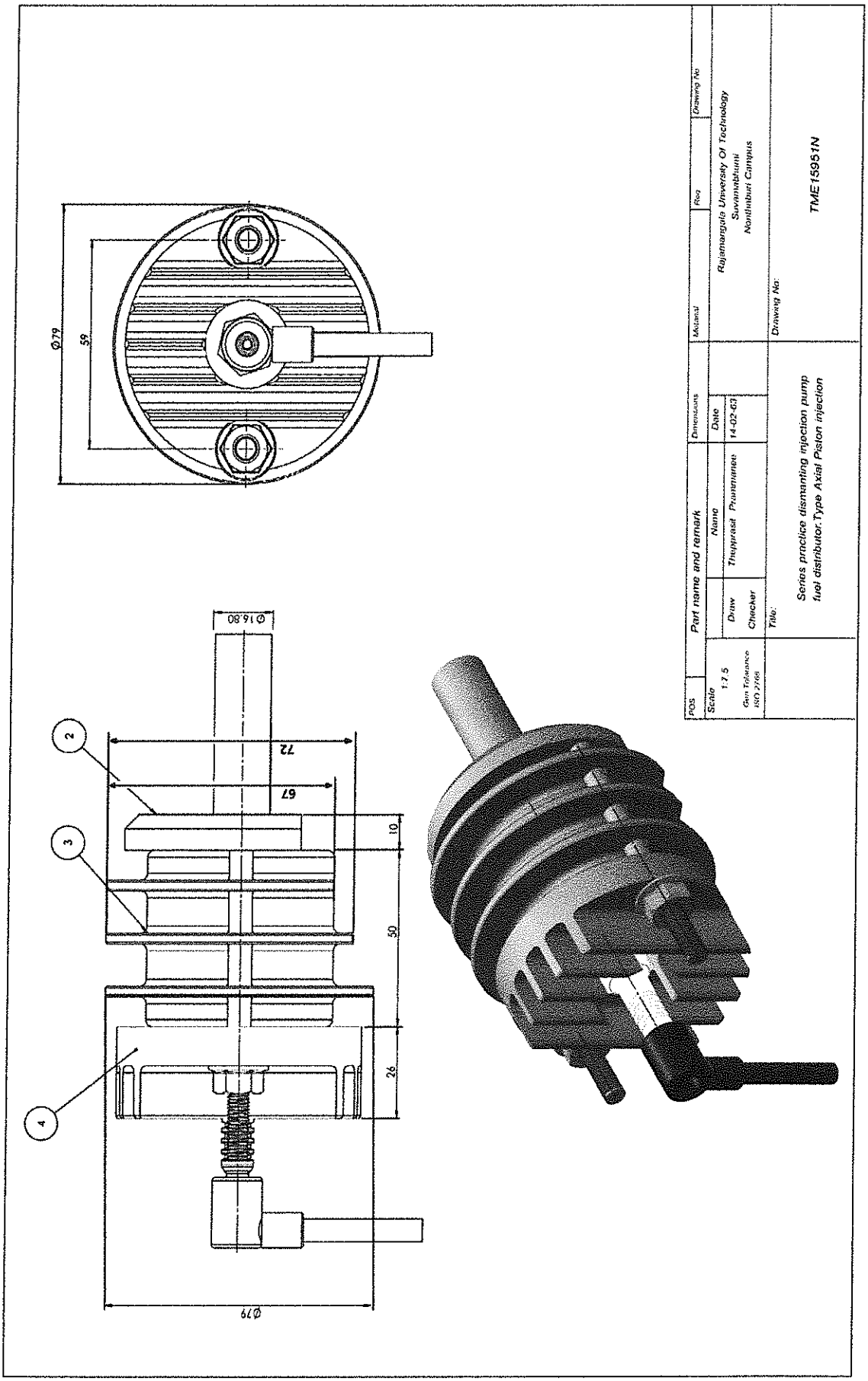
Title: Series practice dismanting injection pump fuel distributor,Type Axial Piston injection

Drawing No: TME15951N


SECTION A-A
SCALE 1 : 1
Ø55
Ø31
Ø8.50
Ø8
10
30
10
3
3
Ø79
72
67
111
Ø79
A
A
Ø16.8
61
50
12
3
12
3
Ø10
59
Ø79
POS
Scale
1:1.5
Gen Tolerance ISO 2768
Part name and remark
Name
Draw
Theppirasit Paimmanee
Checker
Dimension
Material
Req
Drawing No
Done
14-02-63
Rajamangala University Of Technology
Suvarnabhumi
Nonthaburi Campus
Drawing No.
TME16951N
Title:
Series practice dismanting injection pump
fuel distributor,Type Axial Piston injection


15
11
10
10
10
10
Ø72
26
Ø72
Ø25
Ø8
59
POS
Part name and remark
Material
Dimensions
Rem
Drawing No
Scale
1:7.5
Gen Tolerance ISO 2768
Name
Date
Draw
Thepprasit Prammanee
14-02-63
Checker
Title:
Series practice dismanting injection pump fuel distributor, Type Axial Piston injection
Rajamangala University Of Technology Suvarnabhumi Nonthaburi Campus
Drawing No:
TME15951N


4 X 45°
10
Ø7
64
24
M6x1P
17.63
59
18.18
18.18
59
R34
Ø12
POS
Part name and remark
Name
Dimensions
Material
Req.
Drawing No.
Scale
1:1.5
Gen Tolerance ISO 2768
Draw
Checker
Thipprasit Prinnanone
Date
14-02-63
Title:
Series practice dismanting injection pump fuel distributor,Type Axial Piston injection
Drawing No:
TME15951N
Rajamangala University Of Technology Suvarnabhumi Nonthaburi Campus


Ø79
59
Ø16.80
72
67
10
50
26
Ø79
2
3
4
POS
Scale
1:1.5
Gen Tolerance ISO 2768
Part name and remark
Name
Draw
Thupprasit Prommanee
Checker
Dimensions
Date
14-02-63
Material
Req
Drawing No
Title:
Series practice dismanting injection pump fuel distributor.Type Axial Piston injection
Rajamangala University Of Technology Suvarnabhumi Nonthaburi Campus
Drawing No:
TME15951N

ภาคผนวก ข
รายละเอียดเครื่องยนต์เล็กดีเซล YANMAR TF120 DI

ตารางที่ ข.1 รายละเอียดเครื่องยนต์เล็กดีเซล Yanmar 120DI [21]

ข้อมูลเทคนิค เครื่องยนต์ดีเซล ยันม่าร์ 12แรงม้า ทีเอฟ120 ไดเร็ค
Yanmar TF120 DI (TF120 DI-L, TF120 DI-H) Specification

รุ่น	TF120DI-L(หม้อน้ำรังผึ้ง) / TF120DI-H(หม้อต้ม)
แบบเครื่องยนต์	ดีเซล4จังหวะ1สูบนอน,ระบายความร้อนด้วยน้ำ
แบบเผาไหม้	Direct Injection (DI)
ความกว้างกระบอกสูบxช่วงชัก	92 x 96 มม.
ปริมาตรกระบอกสูบ	638 cc.
กำลังแรงม้าสูงสุด	12.0hp/2400rpm (8.8 kw./2400rpm)
กำลังแรงม้าต่อเนื่อง	10.5 hp/2400rpm (7.7kw./2400rpm)
อัตราส่วนแรงอัด	16.1 : 1
แรงบิดสูงสุด	N/A
การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	177กรัม-แรงม้า/ชั่วโมง
ทิศทางการหมุนของข้อเหวี่ยง	ทวนเข็มนาฬิกา ด้านล้อช่วยแรง
ระบบหล่อลื่น	ใช้แรงปั๊มเข้าระบบด้วย trochoid pump
ชนิดน้ำมันหล่อลื่น	SAE # 40 หรือ API (CD / SF)
ความจุน้ำมันหล่อลื่น	2.8 ลิตร
ความจุของน้ำระบายความร้อน	แบบหม้อน้ำรังผึ้ง 2.1ลิตร /หม้อต้ม11.8ลิตร
ระบบสตาร์ท	มือหมุน
ระบบไฟแสงสว่าง	12 V. 45 W.
ความจุถังน้ำมันเชื้อเพลิง	11 ลิตร
ขนาดเครื่องยนต์ (กxยxส)	355.5 x 704.0 x 549.0 มม.
น้ำหนักสุทธิของเครื่องยนต์	105.5 กก. / 102.5 กก.

ภาคผนวก ค
ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงและก๊าซแอลพีจี ณ วันที่ 24 มกราคม 2563

ตารางที่ ค.1 ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง ณ วันที่ 24 มกราคม 2563 [33]

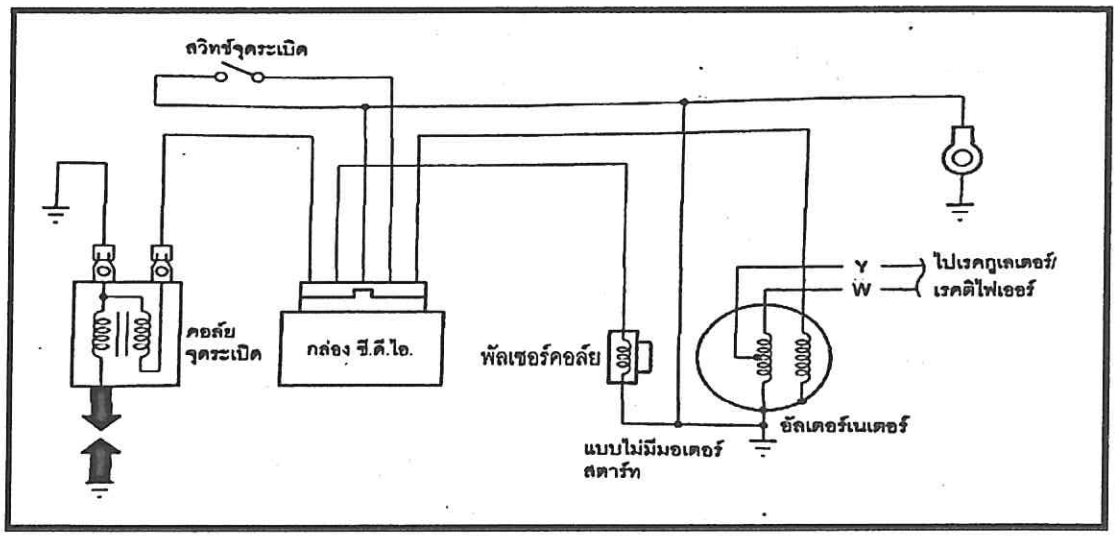
ราคาน้ำมันวันที่ 24/01/2020
Reported by Petroleum Division, EPPO
รายงานโดยส่วนปิโตรเลียม สนพ.
Tel 0-2612-1555 ext 567

ราคาขายปลีกมาตรฐาน ในเขต กทม. นนทบุรี ปทุมธานี และสมุทรปราการ หน่วย : บาท/ลิตร Retail Prices in Bangkok & Vicinities Unit : Baht/Litre	ปตท PTT	บางจาก BCP	เชลล์ Shell	เอสโซ่ Esso	เชฟรอน Chevron	ไออาร์พีซี IRPC	พีทีจี เอ็นเนอยี PT	Susco	เพียว Pure	ซัสโก้ ดีลเลอร์ SUSCO Dealers
แก๊สโซฮอล ออกเทน 95 (Gasohol 95-E10)	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65
แก๊สโซฮอล ออกเทน 95 (Gasohol 95-E20)	23.64	23.64	23.64	23.64	23.64		23.64	23.64	23.64	23.64
แก๊สโซฮอล ออกเทน 95 (Gasohol 95-E85)	19.64	19.64						19.64		
แก๊สโซฮอล ออกเทน 91 (Gasohol 91-E10)	26.38	26.38	26.38	26.38	26.38	26.38	26.38	26.38	26.38	26.38
เบนซิน ออกเทน 95 (ULG 95 RON)	34.06				34.51		34.56	34.36		34.36
ดีเซลหมุนเร็ว (HSD, 0.005%S)	27.39	27.39	27.39	27.39	27.39	27.39	27.39	27.39	27.79	27.39
ดีเซลหมุนเร็ว B10	25.39	25.39	25.39	25.39	25.39		25.39	25.39		25.39
ดีเซลหมุนเร็ว B20	24.39	24.39	24.79	24.39	24.39		24.39	24.39		24.39
ดีเซลหมุนเร็ว พรีเมียม	31.24	31.26	32.64	32.24	32.24					
มีผลตั้งแต่ (Effective Date)	24 Jan 05:00	24 Jan 05:00	24 Jan 05:00	24 Jan 05:00	24 Jan 05:00	24 Jan 05:00	24 Jan 05:00	24 Jan 05:00	22 Jan 00:01	24 Jan 05:00

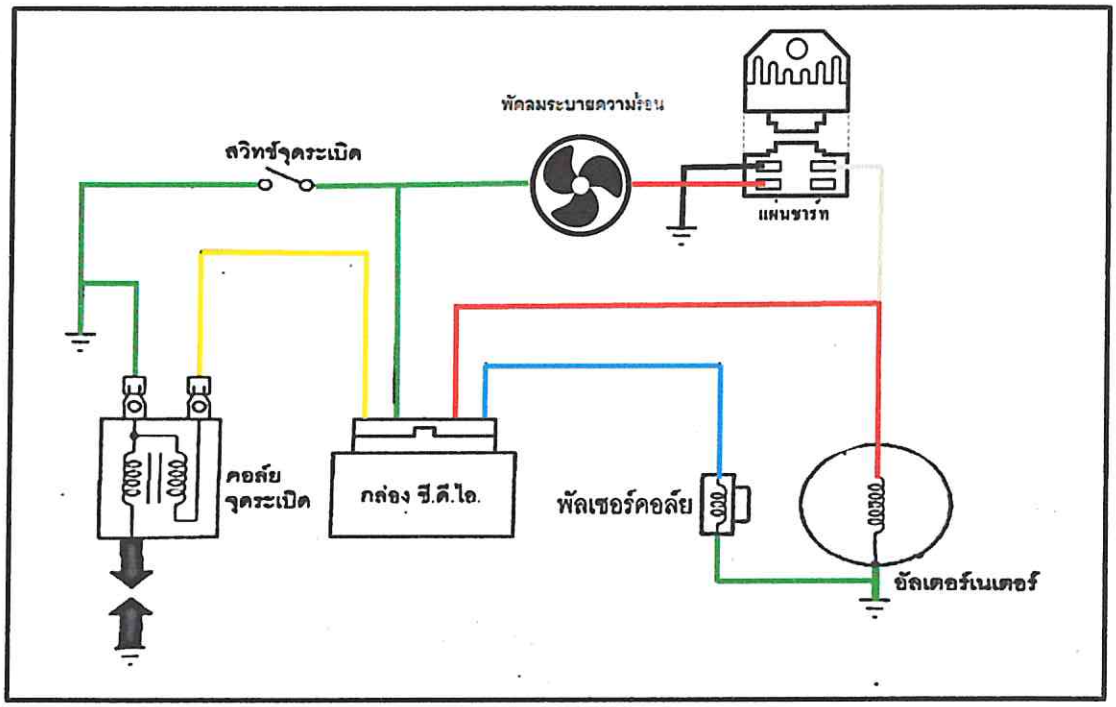
ตารางที่ ค.2 ราคาก๊าซหุงต้ม ณ วันที่ 24 มกราคม 2563 [32]

	ปตท. PTT	ดับบลิวพี WP	ยูนิคแก๊ส UNIQUE Gas	สยามแก๊ส Siam Gas	ออร์คิดแก๊ส Orchid Gas	พี เอ พี PAP	เอ็น เอส แก๊ส NS Gas	ทาคูนี TAKUNI	บิ๊กแก๊ส BIG Gas	ไทยแก๊ส Thai Gas	แสงทอง Saengthong
ราคาก๊าซ LPG สถานีบริการ : บาท/ลิตร Gas Station : Baht/litre	13.08	13.48	13.53	13.11-13.65	13.13	13.13	14.28	13.78	13.50	13.08	13.01-14.33
ราคาก๊าซ LPG บรรจุถัง (ก๊าซหุงต้ม) : บาท Cooking Gas : Baht											
- 4 กก. (kg.)	106-167	133-173	118-165	105-165	106-167	-	115-176	185	110-170	-	-
- 13.50 กก. (kg.)	-	327-363	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- 15 กก. (kg.)	363	363	363	363	363	363	395	364	360-370	-	-
- 48 กก. (kg.)	1,082-1,263	1,066-1,291	1,085-1,271	1,085-1,271	1,086-1,267	-	1,188-1,369	1,154	1,000-1,200	-	-
มีผลบังคับใช้วันที่ (Effective Date)	12 Jun	30 May	12 Jun	12 Jun	28 May	28 May	22 May	11 Jul	29 May	02 Sep	29 May

ภาคผนวก ง
วงจรระบบจุดระเบิด



รูปที่ ง.1 วงจรระบบจุดระเบิดแบบ AC- CDI



รูปที่ ง.2 วงจรไฟฟ้าของต้นแบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเกษตร

ภาคผนวก จ
วิธีการใช้งาน

วิธีการใช้งาน

จากสภาวะเริ่มต้นที่เครื่องยนต์มีการทำงานในแบบเครื่องยนต์ดีเซล ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เมื่อจะปรับเปลี่ยนสลับให้เครื่องยนต์ทำงานในแบบเครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง มีขั้นตอนดังนี้

1. ถอดท่อน้ำมันเชื้อเพลิงออกจากปั๊มฉีดเชื้อเพลิง ดังรูปที่ จ.1

รูปที่ จ.1 ถอดท่อน้ำมันเชื้อเพลิงออกจากปั๊มฉีดเชื้อเพลิง

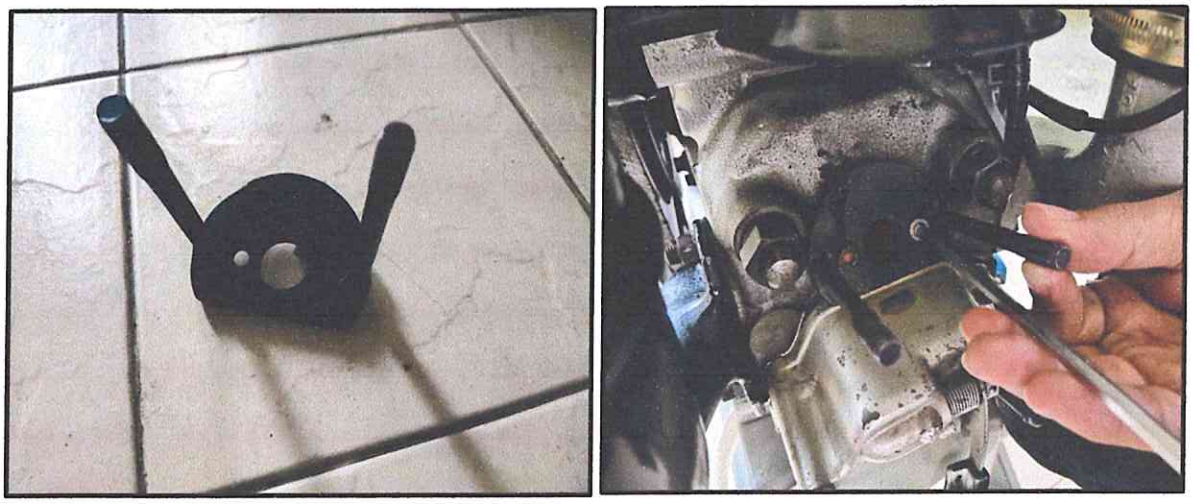
2. ต่อท่อน้ำมันไหลกลับจากปั๊มฉีดเชื้อเพลิงไปยังถังน้ำมันเชื้อเพลิง ดังรูปที่ จ.2

รูปที่ จ.2 ต่อท่อน้ำมันไหลกลับจากปั๊มฉีดเชื้อเพลิงไปยังถังน้ำมันเชื้อเพลิง

3. ถอดหัวฉีดน้ำมันดีเซลออกจากฝาสูบ ดังรูปที่ จ.3

รูปที่ จ.3 ถอดหัวฉีดน้ำมันดีเซลออกจากฝาสูบ

4. ติดตั้งฐานห้องเผาไหม้เสริมเข้ากับฝาสูบแทนที่หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ดังรูปที่ จ.4



รูปที่ จ.4 ติดตั้งฐานห้องเผาไหม้เสริมเข้ากับฝาสูบ

5. ติดตั้งห้องเผาไหม้เสริมเข้ากับฐานห้องเผาไหม้เสริม ดังรูปที่ จ.5

รูปที่ จ.5 ติดตั้งห้องเผาไหม้เสริมเข้ากับฐานห้องเผาไหม้เสริม

6. ต่อปลั๊กหัวเทียนเข้ากับหัวเทียน ดังรูปที่ จ.6

รูปที่ จ.6 ต่อปลั๊กหัวเทียนเข้ากับหัวเทียน

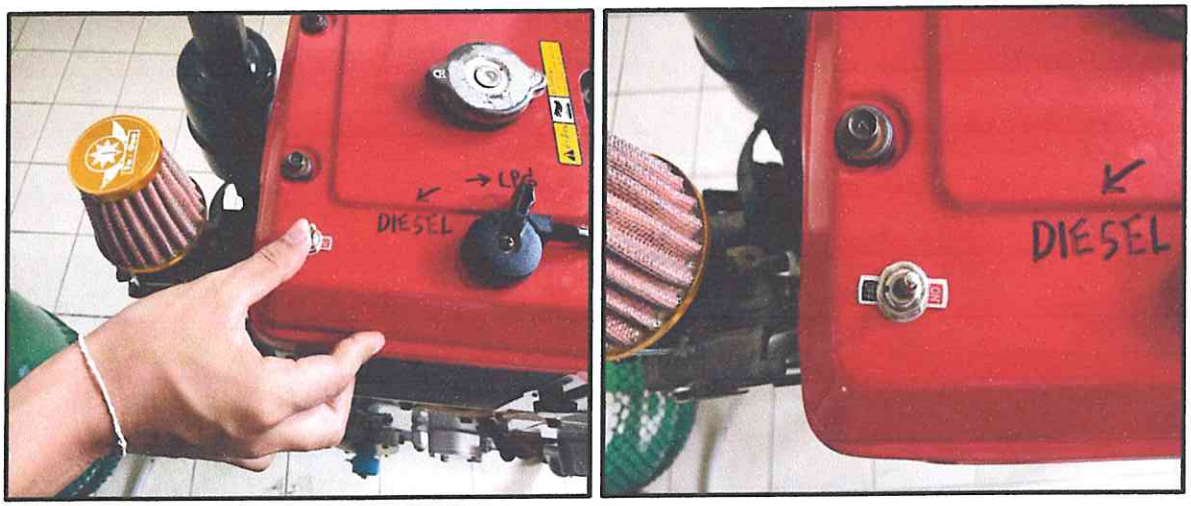
7. ปรับคันโยกให้อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศอยู่ที่ตำแหน่ง LPG ดังรูปที่ จ.7

รูปที่ จ.7 ปรับคันโยกให้อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศอยู่ที่ตำแหน่ง LPG

8. ติดตั้งเรกกูเลเตอร์ (หัววาล์วก๊าซ) เข้ากับถังก๊าซ ดังรูปที่ จ.8

รูปที่ จ.8 ติดตั้งเรกกูเลเตอร์ (หัววาล์วก๊าซ) เข้ากับถังก๊าซ

9. เปิดสวิตซ์จุดระเบิดให้อยู่ในตำแหน่ง ON ดังรูปที่ จ.9



รูปที่ จ.9 เปิดสวิตซ์จุดระเบิดให้อยู่ในตำแหน่ง ON

10. ทำการสตาร์ทเครื่องยนต์เพื่อใช้งาน ดังรูปที่ จ.10

รูปที่ จ.10 ทำการสตาร์ทเครื่องยนต์เพื่อใช้งาน

สำหรับการกลับไปใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงนั้น สามารถทำได้โดยการถอดห้องเผาไหม้เสริมออก แล้วติดตั้งหัวฉีดน้ำมันดีเซลแทนที่ห้องเผาไหม้เสริม ซึ่งจะเป็นลักษณะการทำงานในแบบเครื่องยนต์ดีเซล โดยจะต้องปรับคันโยกให้อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศอยู่ที่ตำแหน่ง Diesel

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – นามสกุล	ว่าที่ร้อยตรี ชัยยง ศิริพรมงคลชัย
ตำแหน่ง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สังกัด	สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
การศึกษา	พ.ศ. 2532-2535 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างยนต์
	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี
	พ.ศ. 2535-2537 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างยนต์
	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี
	พ.ศ. 2537-2540 ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
	ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี
	พ.ศ. 2545-2547 ปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (เครื่องกล)
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ประสบการณ์ในการสอน	ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
	วิชา เครื่องยนต์สันดาปภายใน
	วิชา กลศาสตร์ของไหล
	วิชา งานเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
ประสบการณ์ในการสอน	ระดับปริญญาตรี
	วิชา Internal Combustion Engines
	วิชา Engineering Dynamics
	วิชา Fluid Mechanics
	วิชา Gasoline Engine Work
เกียรติคุณสำคัญ	ข้าราชการพลเรือนดีเด่น “รางวัลครุฑทองคำ” ประจำปี พ.ศ. 2552
	รางวัล “คนดีศรีสุวรรณภูมิ” ประจำปี พ.ศ. 2553
เครื่องราชอิสริยาภรณ์	จัตุรถาภรณ์ ช้างเผือก (พ.ศ. 2543)
	ตริตาภรณ์ มงกุฎไทย (พ.ศ. 2546)
	ตริตาภรณ์ ช้างเผือก (พ.ศ. 2550)
	ทวีติยาภรณ์ มงกุฎไทย (พ.ศ. 2555)
	ทวีติยาภรณ์ ช้างเผือก (พ.ศ. 2560)