การศึกษาสมรรถนะและแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม

A Study of Performance and Exhaust Gas in Diesel Engine Using the Mixture of Biodiesel and LPG

นัททีี จารุทรัพย์

Nuttee Jarusap

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2565

การศึกษาสมรรถนะและแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม

A Study of Performance and Exhaust Gas in Diesel Engine Using the Mixture of Biodiesel and LPG

นัททีี จารุทรัพย์

Nuttee Jarusap

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อวิทยานิพนธ์	การศึกษาสมรรถนะและแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม
ชื่อ นามสกุล	นัททที จารุทรัพย์
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร.ณทพร จินดาประเสริฐ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญญารัตน์ สายสิริรัตน์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ณทพร จินดาประเสริฐ)

..... กรรมการและเลขานุการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุนะ)

วันที่ 7 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2566

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาสมรรถนะและแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม

ชื่อ นามสกุล นัททที จารุทรัพย์

ชื่อปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)

สาขาวิชา และคณะ วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดน้ำมันไบโอดีเซลกับก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงร่วม โดยวิธีการป้อนก๊าซหุงต้มผ่านอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศก่อนเข้าท่อร่วมไอดี โดยการศึกษานี้ทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ยี่ห้อคูโบต้า รุ่น ET70 ขนาด 401 cc ทดสอบที่ความเร็ว 1,500 rpm โดยการปรับเพิ่มภาระที่จ่ายให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับจาก 500 W ไปจนถึงภาระสูงสุดที่ 3,500 W การปรับภาระเครื่องยนต์ให้เพิ่มขึ้นในแต่ละครั้งจะทำการปรับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ให้มีความเร็วรอบคงที่ ที่ 1,500 rpm และเครื่องยนต์ยังสามารถทำงานได้เป็นปกติ โดยการเพิ่มส่วนผสมของก๊าซหุงต้มให้ได้ปริมาณที่มากที่สุดร่วมกับน้ำมันไบโอดีเซลโดยจะอยู่ในช่วงร้อยละ 31-37 แล้วทำการบันทึกค่าต่าง ๆ ผลจากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมก๊าซหุงต้มเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล พบว่าแรงบิดที่ได้จากเชื้อเพลิงไบโอดีเซลผสมก๊าซหุงต้มไม่แตกต่างจากการใช้น้ำมันดีเซล และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงพบว่าสูงกว่าน้ำมันดีเซลอยู่ร้อยละ 3 - 9 แต่ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่สูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวร้อยละ 2 - 5 โดยสามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวที่ร้อยละ 13 ด้านปริมาณควันดำของน้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้มจะมีปริมาณควันดำน้อยกว่าทุกเชื้อเพลิง เมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมก๊าซหุงต้มมากขึ้น ให้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดพบว่าแรงบิดและปริมาณควันดำ มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าหากปรับอัตราส่วนผสมก๊าซหุงต้มเกินกว่าร้อยละ 37 จะทำให้เกิดการน็อกของเครื่องยนต์

คำสำคัญ : สมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล, น้ำมันไบโอดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม, ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์

Thesis Title A Study of Performance and Exhaust Gas in Diesel Engine Using the Mixture of Biodiesel and LPG
Author Nuttee Jarusap
Degree Master of Engineering (Mechanical Engineering)
Major Program Mechanical Engineering Faculty of Engineering
Academic Year 2022

ABSTRACT

This research was study of performance of diesel engine that used fuel of biodiesel and LPG as joint fuel. The method was by feeding LPG through equipment for mixing gas with air before going to intake manifold. This study tested with small size diesel engine of Kubota, model ET70, size 401 cc. The test was at the speed of 1,500 rpm by increasing the loading to the alternating current generator from 500 W to the maximum burden of 3,500 W. Each increase adjustment of the engine burden will adjust the speed of engine to have stable cycle speed at 1,500rpm and the engine could still operate normally by adding mixture of LPG at the maximum quantity along with biodiesel between 31-37% and the various values were recorded. The result from testing performance of diesel engine when using the mixture of biodiesel and LPG when comparing with using diesel, it was found that the torque received from the mixture of biodiesel and LPG not different from using diesel oil and the fuel consumption found to be higher than diesel at 3-9 % but gave higher heat efficiency than just diesel at 2-5 % which could save more expense than using only diesel at 13%. As for the black smoke quantity the mixture of biodiesel (B20) and LPG, it had less black smoke than every fuel. When adding more ratio of LPG to the two fuels, it was found that the torque and quantity of black smoke increased clearly. From this study, it was found that if adjusting the mixing ratio of LPG higher than 37%, it would cause engine knock-down.

Keywords : Performance of Diesel Engine, Mixture of Biodiesel and LPG, Heat Efficiency of Engine

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท และอาจารย์ ดร.ณทพร จินดาประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งให้คำปรึกษา แนะนำข้อคิดเห็น ช่วยเหลือ สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ เพื่อใช้ในการทำงานวิจัยทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ตลอดจนควบคุมการจัดทำเล่มวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จไปได้ด้วยดี รวมไปถึงคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่อำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อาจารย์ รวมถึงเจ้าหน้าที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์

ท้ายนี้ผู้จัดทำขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือตลอดจนท่านอาจารย์ที่ได้ให้ความรู้ ความสามารถจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วง

ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

นัททที จารุทรัพย์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูป	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฏ
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	3
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	25
3. การดำเนินงาน	
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	33
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	33
4. การทดสอบและผลการทดสอบ	
4.1 ขั้นตอนการทดสอบ	42
4.2 เงื่อนไขการทดสอบ	43
4.3 ผลการทดสอบ	43
5. สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดสอบ	50
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	50

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.3 ข้อเสนอแนะ	51
บรรณานุกรม	52
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	56

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ลักษณะและคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซล (B20) และ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG)	2
3.1	รายละเอียดทั่วไปของเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบ	34
3.2	สภาวะการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์	40

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การทดสอบหากำลังม้าของเจมส์	9
2.2	ความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ขณะทำงาน	10
2.3	กำลังม้าที่สูญเสียไปกับความเสียดทาน	11
2.4	เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบหากำลังม้าแบบ DIN	13
2.5	เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบกำลังม้าแบบ CUNA	13
2.6	เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบกำลังม้าแบบ SAE	14
2.7	กราฟกำลังและแรงบิด บนความเร็วของเครื่องยนต์ในรถยนต์ทั่วไป	16
2.8	กราฟกำลังและแรงบิด บนความเร็วของเครื่องยนต์ เจนเนอรัลมอเตอร์ส รุ่น L 35	18
2.9	กราฟความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เพลา บนความเร็วของเครื่องยนต์	19
2.10	กราฟความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เพลา บนอัตราส่วนความเข้มของไอดี	19
2.11	กราฟความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เพลาบนความจุของเครื่องยนต์	20
2.12	ปฏิกิริยาการเกิดทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน	23
2.13	ปฏิกิริยาการเกิดสบู่	24
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงาน Flow chart	32
3.2	ชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์	33
3.3	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ขนาด 7 กิโลวัตต์	34
3.4	เครื่องวัดควันดำ Bosch Smoke Meter	35
3.5	ชุดแผงแสดงภาระการทำงานของเครื่องยนต์	35
3.6	อุปกรณ์ชั่งน้ำหนักของถังก๊าซหุงต้ม	36
3.7	ชุดวัดปริมาณอากาศ	36
3.8	แผ่นออริฟิส Orifice Plate	37
3.9	ลักษณะการไหลของแผ่นออริฟิสแบบจุดศูนย์กลางเดียวกัน	37
3.10	การติดตั้งแผ่นออริฟิสและเครื่องมือวัดความดันแตกต่างชนิดมาโนมิเตอร์รูปตัวยู	37
3.11	แผ่นออริฟิสที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์	38
3.12	มานอมิเตอร์	38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.14	โรตามิเตอร์	39
3.15	ชุดมิกซ์เซอร์	40
3.16	แผนภาพการทดสอบ	40
4.1	กราฟแสดงอัตราการไหลของกบภาระของเครื่องยนต์ที่ 1,500 รอบต่อนาที	44
4.2	กราฟแสดงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับภาระของเครื่องยนต์ที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที	44
4.3	กราฟแสดงภาระของเครื่องยนต์กับประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่ ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที	45
4.4	กราฟแสดงภาระกับแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที	46
4.5	กราฟแสดงภาระของเครื่องยนต์กับปริมาณควันดำที่ ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที	47
4.6	กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างแรงบิดกับกำลังของเครื่องยนต์และ % LPG ที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที (น้ำมันดีเซลผสมแก๊สหุงต้ม LPG)	48
4.7	กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างแรงบิดกับกำลังของเครื่องยนต์และ % LPG ที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที (น้ำมันไบโอดีเซลผสมแก๊สหุงต้ม LPG)	48
4.8	กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณควันดำกับกำลังของเครื่องยนต์และ % LPG ที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที (น้ำมันดีเซลผสมแก๊สหุงต้ม LPG)	49
4.9	กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณควันดำกับกำลังของเครื่องยนต์และ % LPG ที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที (น้ำมันไบโอดีเซลผสมแก๊สหุงต้ม LPG)	49

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์และคำย่อ	ความหมาย	หน่วย
A	พื้นที่หน้าตัด	m^2
D	เส้นผ่านศูนย์กลาง	m
F	แรง	kN
G	ความร้อนต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนัก	kJ/kg
L	ความยาวระยะชัก	m
N	ความเร็วรอบ	rpm
P	กำลังเบรก	kW
P_m	ค่าความดันเฉลี่ยอินดิเคต	kN/m^2
P_mb	ค่าความดันเฉลี่ยอินดิเคตเบรก	kN/m^2
Q_{HV}	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	kJ/kg
Q_{in}	ความร้อนที่ส่งเข้า	kJ/kg
R	รัศมีของล้อช่วยแรง	m
V	ปริมาตรน้ำมันเชื้อเพลิง	m^3
h_f	ความสูญเสีย เนื่องจากความเสียดทานในท่อตรง	m
m_f	มวลของเชื้อเพลิง	kg
$\dot{\mathbf{m}}_\mathbf{f}$	อัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิง	kg/sec
BHP	แรงม้าเบรก	kW
FHP	แรงม้าฝืดหรือแรงม้าเสียดทาน	kW
IHP	แรงม้าอินดิเคต	kW
IP	กำลังงานอินดิเคต	W
bmep	ความดันเฉลี่ยขณะที่ทดสอบการเบรก	kPa
imep	ความดันเฉลี่ยภายในกระบอกสูบ	kPa
sfc	ความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ	g/kW-hr
η_t	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน	%
π	ค่าคงที่	3.1416

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันปัญหาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างยิ่งโดย เฉพาะอย่างยิ่งปัญหาทางด้านน้ำมันเชื้อเพลิง อันเนื่องมาจากการคมนาคมขนส่ง และในภาคอุตสาหกรรม ทำให้การผลิตภายในประเทศมีไม่เพียงพอต่อความต้องการซึ่งส่งผลให้ต้องนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศในปริมาณมาก โดยจากข้อมูลสถิติพลังงานปี 2555 พบว่าอัตราการใช้น้ำมันดีเซลมีปริมาณสูงถึง 353,000 บาร์เรลต่อวันหรือ 56.1 ล้านลิตรต่อวัน และประเทศไทยนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศเฉลี่ยสูงถึง 860,000 บาร์เรลต่อวันหรือคิดเป็นเงินประมาณ 1.1 ล้านล้านบาทต่อปี [กระทรวงพลังงาน, 2555] และในปี พ.ศ.2558 สหภาพยุโรปได้ประกาศใช้ มาตรฐานควบคุมไอเสียจากรถยนต์ หรือ Euro VI เพื่อควบคุมและลดการปล่อยก๊าซไอเสียจากรถยนต์ ทำให้ผู้ผลิตรถยนต์และผู้ใช้รถยนต์ตระหนักถึงความสำคัญของสารมลพิษไอเสียจากรถยนต์ที่จะส่งผลต่อสภาพแวดล้อมของโลก

โดยจากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยเกิดความสนใจที่จะศึกษาวิจัยเพื่อหาพลังงานทางเลือกที่มีส่วนช่วยในการลดภาระค่าใช้จ่ายในการนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศ ลดต้นทุนการผลิต และสารมลพิษไอเสียที่ปล่อยออกจากรถยนต์ ด้วยการใช้พลังงานทดแทน นั้นคือการใช้พลังงานจากก๊าซธรรมชาติหรือก๊าซหุงต้ม (LPG) ซึ่งสามารถผลิตได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ชั้นบนสุดของการกลั่นปิโตรเลียมที่มีอยู่แล้วในกระบวนการผลิต จากงานวิจัยทางด้านก๊าซหุงต้ม หรือก๊าซแอลพีจี (LPG) ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันมีราคาในการผลิตที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล และยังมีราคาถูกกว่าน้ำมันดีเซลที่จำหน่ายอยู่ในปัจจุบัน จึงเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกอีกทางหนึ่งที่ช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายในการนำเข้าน้ำมันดิบได้ ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยหลาย ๆ งานวิจัยยังพบว่าก๊าซหุงต้ม (LPG) นั้นสามารถนำเอามาผสมใช้เป็นเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันดีเซลได้ เพื่อเป็นการลดการใช้น้ำมันดีเซลลง อีกทั้งยังสามารถช่วยลดการปล่อยแก๊สไอเสียที่เป็นมลพิษทางอากาศได้มากกว่าการใช้น้ำมันเพียงอย่างเดียว โดยจากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการใช้น้ำมันดีเซลผสมก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง ที่มีการศึกษาทดลองกับเครื่องยนต์ขนาดเล็กที่ใช้ในการเกษตรยังพบว่ามีอีกหลายปัจจัยที่ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลผสมก๊าซธรรมชาติที่มีการทดลองด้วยวิธีการต่าง ๆ ยังไม่ครบคุมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ที่นำมาทำการวิจัย

ซึ่งข้อมูลด้านงานวิจัยเกี่ยวกับการนำก๊าซหุงต้มมาใช้เป็นเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันดีเซลยังมีไม่เพียงพอต่อการตัดสินใจหรือการเลือกใช้ ในการแก้ไขปัญหาด้านนโยบายพลังงาน อีกทั้งในปัจจุบันทางด้านเครื่องยนต์ดีเซลไม่ว่าจะเป็นเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ใช้ในการเกษตร หรือเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ในการขนส่งคมนาคมเองก็ได้มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลง เพิ่มเทคโนโลยีเข้าไปมาก ไม่ว่าจะเป็นระบบการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง หัวฉีดแบบต่าง ๆ ระบบการอัดอากาศ องศาการจุดระเบิด เป็นต้น ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนส่งผลต่อสมรรถนะ การสึกหรอของเครื่องยนต์ สารมลพิษจากไอเสียของเครื่องยนต์ เมื่อใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง และคุณลักษณะการเผาไหม้ของก๊าซหุงต้มที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันดีเซล

ซึ่งที่ผ่านมาการวิจัยที่เกี่ยวกับเรื่อง สมรรถนะของเครื่องยนต์ รวมถึงการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม (LPG) ยังมีงานวิจัยค่อนข้างน้อย โดยงานวิจัยส่วนใหญ่ที่ผ่านมามุ่งเน้นไปในเรื่องของคุณสมบัติของเชื้อเพลิง การทดสอบสมรรถนะ และจะทดสอบในอัตราส่วนผสมของก๊าซหุงต้มที่ไม่เกินร้อยละ 30 เป็นส่วนใหญ่ เพราะฉะนั้นผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่าควรจะมีการทดสอบในอัตราส่วนใกล้เคียงร้อยละ 30 เพิ่มเติม เพื่อเป็นการขยายอัตราส่วนผสมและยืนยันผลการทดลองของงานวิจัยที่ผ่านมาให้เห็นผลชัดเจนมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม (LPG)

1.2.2 เพื่อศึกษาการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสม ก๊าซหุงต้ม (LPG)

1.2.3 เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำมันไบโอดีเซลและก๊าซหุงต้ม (LPG) เมื่อใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม (LPG) โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลแบบ 1 ลูกสูบ 4 จังหวะ ยี่ห้อคูโบต้า รุ่นET70 ขนาด 401 ซีซี

1.3.2 ศึกษาการปลดปล่อยสารมลพิษจากไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม (LPG)

1.3.3 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำมันไบโอดีเซลและก๊าซหุงต้ม (LPG) ของเครื่องยนต์ดีเซล ในอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ทราบตัวแปรที่มีผลต่อสมรรถนะและสารมลพิษจากไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล ที่ใช้น้ำมันน้ำมันไบโอดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม (LPG)

1.4.2 ได้รู้ข้อมูลการใช้พลังงานทดแทน พร้อมพัฒนาต่อยอดในภาคอุตสาหกรรมต่อไป

1.4.3 ผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยสามารถนำไปสู่การพัฒนาในอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันทดแทนสำหรับยานยนต์

1.4.4 สามารถนำผลงานที่ได้จากการศึกษาวิจัย ตีพิมพ์ลงในวารสารวิชาการและนำเสนอในที่ประชุม

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดทำโครงงานนี้ได้พิจารณาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการนำไปใช้ประกอบการจัดทำ การติดตั้งเครื่องยนต์บนเครื่องทดสอบสมรรถนะ จะต้องทำความเข้าใจกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการหากำลังเครื่องยนต์ เพื่อที่จะใช้เครื่องมือต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพในการคำนวณหากำลังเครื่องยนต์ที่แท้จริง ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 เครื่องยนต์พลังงานร่วม

ในปัจจุบันประเทศไทยนั้นจะต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศเป็นหลัก จากข้อมูล ในปี 2554 ที่ผ่านมาพบว่ากว่า 60% ของความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้นมาจากการนำเข้า โดยมีสัดส่วนการนำเข้าน้ำมันสูงถึง 80% ของปริมาณการใช้น้ำมันทั้งหมดภายในประเทศ และยังมีแนวโน้มจะสูงขึ้นอีกเพราะไม่สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตปิโตรเลียมในประเทศได้ทันกับความต้องการใช้งาน การพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างจริงจังจะช่วยลดการพึ่งพาและการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงและพลังงานชนิดอื่น และในปัจจุบันภายในประเทศไทยเองนั้นก็ได้มีการคิดค้นหาพลังงานทางเลือก ที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงร่วมหรือทดแทนน้ำมันนั้นเอง ซึ่งพลังงานทดแทนที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันก็ได้แก่ น้ำมันไบโอดีเซล เอทานอล พลังานงานชีวมวล พลังงานไฮโดรเจน ซึ่งพลังงานที่กล่าวไปนี้ก็ได้มีการคิดค้นและพัฒนากันอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งสามารถใช้แทนน้ำมันได้เป็นอย่างดี ซึ่งพลังงานดังกล่าวนั้นมีราคาถูกกว่าน้ำมันและปล่อยมลพิษน้อยกว่าน้ำมันอีกด้วย ในปัจจุบันนั้นคนในประเทศก็ใช้พลังงานทางเลือกกันเป็นจำนวนค่อนข้างมากซึ่งสามารถช่วยลดการนำเข้าเชื้อเพลิงได้ (กระทรวงพลังงาน, 2552)

2.1.2 ประวัติความเป็นมาของน้ำมันดีเซล

ปัจจุบันเครื่องยนต์ประเภทอัดอากาศ หรือที่รู้จักกันดีในชื่อว่าเครื่องยนต์ดีเซล เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในรถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล เพราะทั้งประหยัดและมีประสิทธิภาพในการใช้งานดีมากชนิดหนึ่ง และผลงานชิ้นนี้ก็ได้เกิดจากความทุ่มเทของนักวิศวกรผู้หนึ่งที่ชื่อว่า รูดอล์ฟ ดีเซล เกิดเมื่อวันที่ 18 มีนาคม ค.ศ. 1858 ที่กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส แต่อันที่จริงแล้ว เขาเป็นชาวเยอรมัน แต่บิดามารดาได้อพยพมาอยู่ที่ฝรั่งเศส ดีเซลเกิดมาในตระกูลที่มีฐานะดีพอสมควร ทำให้เขาได้รับ

การศึกษาที่ดีมาก อีกทั้งเขาเป็นคนที่มีความเฉลียวฉลาด สำหรับการศึกษาขั้นต้น รูดอล์ฟ ดีเซล ได้เดินทางไปศึกษาต่อที่ประเทศอังกฤษ หลังจากนั้นเขาได้เดินทางไปศึกษาที่โรงเรียนอาชีวศึกษาที่ อ็อกซ์เบิร์ก ประเทศเยอรมันนี รูดอล์ฟ ดีเซล มีผลการเรียนที่ดี โดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ และเครื่องกลต่าง ๆ หลังจากจบการศึกษาจากโรงเรียนอาชีวศึกษาด้วยผลการเรียนทีดีเยี่ยม ทำให้เขาได้รับทุนสำหรับศึกษาต่อที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีกรุงมิวนิค ประเทศเยอรมันนี และในระหว่างนี้เองที่ทำให้เขารู้จักเครื่องยนต์ชนิดต่าง ๆ มากขึ้น โดยเฉพาะเครื่องจักรไอน้ำ ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ที่ทันสมัยที่สุดในเวลานั้น แต่ก็ไม่มีประสิทธิภาพในการใช้งานเท่าที่ควร โดยเครื่องจักรไอน้ำนี้ประกอบไปด้วยเตาเผา หม้อน้ำ และปล่องไฟ ซึ่งเมื่อนำมาประกอบกันแล้วดูรุ่มร่ามและใช้การได้ยาก อีกทั้งยังต้องใช้พลังงานจำนวนมากสำหรับให้เครื่องทำงานจากนั้นดีเซลก็ให้ความสนใจเกี่ยวกับเรื่องเครื่องจักรไอน้ำเป็นอย่างมาก อีกทั้งเขายังต้องการที่จะพัฒนาปรับปรุงให้เครื่องกลชนิดนี้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น รูดอล์ฟ ดีเซล เริ่มต้นการศึกษาเครื่องจักรไอน้ำอย่างละเอียดตั้งแต่ประวัติความเป็นมา วิธีการ จุดเด่น และจุดด้อยของเครื่องจักรไอน้ำ ดีเซลได้รับคำแนะนำความรู้เหล่านี้จาก ศาสตราจารย์คาร์ฟอน ลินเด อาจารย์ของเขานั่นเอง ซึ่งท่านได้ศึกษาเรื่องนี้มาเป็นเวลานานแล้ว หลังจากที่ได้ทำการศึกษามาเป็นระยะเวลาหนึ่งทำให้รู้ความจริงเกี่ยวกับสิ่งนี้ในข้อที่ว่า เมื่อลดความร้อนลงมาเรื่อย ๆ จะทำให้เกิดพลังงานขึ้นมาได้ ซึ่งเป็นผลจากความร้อนนั่นเอง ทำให้ดีเซลเกิดความคิดที่จะนำพลังงานดังกล่าวมาใช้ในการเดินเครื่องจักรไอน้ำ และนั่นคือแนวทางสำคัญในการพัฒนาเครื่องยนต์ของในเวลาต่อมา หลังจากจบการศึกษาจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี กรุงมิวนิค ประเทศเยอรมนี รูดอล์ฟ ดีเซล ได้เดินทางกลับบ้านเกิดที่กรุงปารีส และได้เข้าทำงานในโรงงานประกอบเครื่องทำน้ำแข็งของลินเดในหลายตำแหน่งหน้าที่ ได้แก่ ตัวแทนซื้อขาย คนคุมงาน ประดิษฐ์ซ่อมเครื่องกล ผู้อำนวยการและที่ปรึกษา แม้ว่าเขาต้องทำงานอย่างหนัก และรับหน้าที่ในหลายตำแหน่ง แต่ก็ทำงานด้วยความตั้งใจ และแน่วแน่ว่าจะต้องทำงานเหล่านี้ให้ดีในทุกหน้าที่ที่เขารับผิดชอบ ทั้งด้วยเหตุผลหลายประการ ประการแรกลินเดซึ่งเป็นทั้งอาจารย์และนายจ้างของเขา ได้ชี้แจงแก่เขาว่าการทำงานภายในโรงงานแห่งนี้ ถือว่าเหมือนได้เข้าศึกษาในระดับปริญญาเอกทางวิศวกรรมศาสตร์เลยก็ว่าได้เพราะไม่ได้ฝึกทักษะทางด้านวิชาการเท่านั้น ยังได้ประสบการณ์ชีวิตจากด้านอื่นอีกด้วย อีกประการหนึ่งเขาต้องการสร้างเนื้อ สร้างตัวให้ได้เร็วที่สุด เพราะเขาได้แต่งงานกับหญิงชาวเยอรมันผู้หนึ่ง แต่ต้องแยกกันอยู่เพราะดีเซลไม่มีเงิน เพียงพอที่จะเลี้ยงดู ต่อมาเมื่อลินเดเปิดโรงงานประกอบเครื่องทำน้ำแข็งขึ้นในเมืองมิวนิค ดีเซลได้ขอลินเดให้เขาได้ย้ายไปทำงานที่นั่นทันที แต่ลินเดมีข้อแม้ว่า ห้ามไม่ให้ดีเซลยุ่งเกี่ยวกับเครื่องประกอบน้ำแข็งของลินเดอย่างเด็ดขาด แม้ว่านั่นไม่ใช่สิ่งที่ดีเซลต้องการแต่เขาก็รับปากลินเด และไม่ยุ่งเกี่ยวกับเครื่องประกอบน้ำแข็งเลยแม้แต่น้อย แม้ว่าดีเซลจะไม่ได้ยุ่งเกี่ยวกับเครื่องทำน้ำแข็งของลินเดเลย แต่เขาก็มีความคิดที่จะสร้างเครื่องกลชนิดอื่น ๆ

ในระหว่างนี้เขาได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเครื่องจักร ดีเซลสามารถประดิษฐ์ เครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สแอมโมเนียแทนการใช้พลังงานไอน้ำได้ และเครื่องยนต์ที่อาศัยหลักการสันดาป ซึ่งเครื่องยนต์ของดีเซลก็ประสบความสำเร็จเป็นอย่างมาก แต่ผลงานที่สร้างชื่อเสียงให้กับดีเซลมากที่สุดก็คือ เครื่องยนต์แบบใช้อากาศอัด โดยดีเซลเกิดความคิดมาจากขณะที่เขากำลังนั่งสังเกตการณ์เครื่องเปลี่ยนความร้อนเป็นพลังงาน ซึ่งใช้ในการเดินเครื่องยนต์ผลิตน้ำแข็ง เขาได้นำหลักการเดียวกันนี้มาปรับปรุง และใช้ใน

เครื่องยนต์ชนิดใหม่ที่เขาเป็นผู้ประดิษฐ์ขึ้นให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นตามลำดับ ต่อมาเขาได้นำเครื่องยนต์แบบอัดอากาศนี้ไปทำการทดลอง แต่ในครั้งแรกนั้นยังไม่ประสบความสำเร็จ อีกทั้งยังเกิดระเบิดขึ้นอีกด้วยซึ่งเกือบทำให้เขาเสียชีวิต แม้ว่าการทดลองในครั้งแรกจะล้มเหลว แต่สิ่งที่เขาได้จากการทดลองในครั้งนี้ก็คือ ทฤษฎีเกี่ยวกับแรงดันอากาศที่ว่า “ความร้อนสามารถทำให้อากาศมีแรงดันเพียงพอสำหรับการจุดไฟให้ติดได้” ดีเซลยังคงพยายามประดิษฐ์เครื่องยนต์ของเขาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการค้นหาสาเหตุของการจุดระเบิดและหาทางแก้ไขปัญหานั้นได้และในที่สุดเครื่องยนต์เขาสามารถใช้ประโยชน์ได้แต่เครื่องยนต์ชนิดใหม่ที่ดีเซลได้ประดิษฐ์ขึ้น แต่ก็ยังมีข้อเสียอยู่ที่ผนังกระบอกสูบไม่แข็งแรงพอที่จะต่อความดันอากาศสูง ๆ ได้ดังนั้นดีเซลจึงหันมาปรับปรุงการประดิษฐ์กระบอกสูบโดยดีเซลได้ทดลองนำกระบอกสูบขนาดต่าง ๆ (สำนักหอประชุม และศูนย์สารสนเทศ วท. 2552)

2.1.3 ประวัติความเป็นมาของก๊าซหุงต้ม

ก๊าซหุงต้มเริ่มตั้งแต่สมัยอียิปต์โบราณ ก๊าซธรรมชาติปรากฏในรูปแบบของ “ ไฟลึกลับ ” ที่พวยพุ่งขึ้นมาจากรอยแยกของพื้นโลก

6,000 – 2,000 ปีก่อนคริสตกาล มีการบันทึกว่าค้นพบก๊าซธรรมชาติในประเทศอิหร่าน

900 ปีก่อนคริสตกาล มีบันทึกว่ามีการค้นพบก๊าซธรรมชาติในจีน

ปี ค.ศ. 1659 (พ.ศ. 2202) มีบันทึกว่ามีการค้นพบก๊าซธรรมชาติในประเทศอังกฤษ

ปี ค.ศ. 1815 (พ.ศ. 2358) : มีบันทึกว่ามีการค้นพบก๊าซธรรมชาติในสหรัฐอเมริกา

ปี ค.ศ. 1860 (พ.ศ. 2403) : รถยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงถูกพัฒนาขึ้นโดย Jean etienne Lenoir ชาวฝรั่งเศส แต่ช่วงนั้นยังไม่ได้รับความนิยม

ปี ค.ศ.1986 (พ.ศ. 2529) : ประเทศไทยเริ่มมีการผลิตก๊าซจากแหล่งก๊าซในอ่าวไทยโดยการปิโตรเลี่ยมแห่งประเทศไทย โดยนำแอลพีจี มาใช้ในการหุงต้ม และมีการสนับสนุนให้ดัดแปลงรถยนต์สาธารณะ เช่น รถแท็กซี่ สามล้อเครื่อง หรือ ตุ๊กตุ๊ก ให้มาใช้ แอลพีจี แทนน้ำมัน

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (แอลพีจี) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว หมายถึง ก๊าซไฮโดรคาร์บอนเหลว คือ โปรเปน โปรปิลีน นอร์-มัล บิวเทน ไอโซบิวเทน หรือบิวทีลีน อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ผสมกันเป็นส่วนใหญ่ โดย ทั่วไปเรามักเรียกก๊าซปิโตรเลียมเหลวนี้ว่า ก๊าซเหลว หรือก๊าซหุงต้ม ส่วนในวงการค้าและอุตสาหกรรม ชื่อที่เรารู้จักกันดี คือ แอลพีจี ซึ่งเป็นอักษรย่อ มาจาก Liquefied petroleum gas ก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีสภาพเป็นก๊าซที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ โดยมีน้ำหนักประมาณ 1 – 2 เท่าของอากาศการที่ได้ชื่อว่าปิโตรเลียมเหลวเนื่องจากก๊าซจะถูกอัดให้อยู่ในสภาพของเหลว ภายใต้ความดันเพื่อสะดวกต่อการเก็บและการขนส่ง เมื่อลดความดันก๊าซเหลวนี้จะกลายเป็นไอ สามารถนำไปใช้งานได้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว เป็นเชื้อเพลิงที่มีความสำคัญในปัจจุบัน ใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งในครัวเรือน ร้านอาหาร ภัตตาคาร พาณิชยกรรม อุตสาหกรรม และในรถยนต์ เนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงที่ขนส่งสะดวกไม่เปลืองที่เก็บ และที่สำคัญคือ เผาไหม้แล้วเกิดเขม่าน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น (Kaosod. 2015)

2.1.4 ประวัติความเป็นมาของน้ำมันไบโอดีเซล

ความโชคดีอย่างยิ่งของประชาชนชาวไทย ที่ได้เกิดและอาศัยอยู่ภายใต้พระบรมโพธิสมภารในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวผู้ทรงเปี่ยมด้วยพระเมตตาและพระปรีชาสามารถ พระวิสัยทัศน์ด้านพลังงานทดแทนที่ทรงเริ่มต้นศึกษาวิจัยขึ้นเมื่อ 20 ปีที่แล้ว ในขณะที่ราคาน้ำมันดิบในตลาดโลกมีราคาสูงขึ้น ทำให้ปัจจุบันประชาชนชาวไทยได้มีทางเลือกในการใช้พลังงานทดแทนที่คนไทยสามารถผลิตได้เอง สามารถลดปริมาณการนำเข้าได้เป็นจำนวนมาก คุณแก้วขวัญ วัชโรทัย เลขาธิการสำนักพระราชวัง กล่าวถึงพระราชดำริเรื่องเชื้อเพลิงชีวภาพของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวที่มีมานานกว่าสี่สิบปี ในหนังสือ 72 ปี แก้วขวัญ วัชโรทัย เลขาธิการพระราชวังว่าพระองค์ทรงรับสั่งมาตั้งแต่ พ.ศ. 2504 แล้วว่าค่ารถจะแพง ก็แปลว่าน้ำมันจะแพง บังเอิญผมรู้จักกับพวกอุตสาหกรรมน้ำมัน แล้วคุยเรื่องนี้ เขาบอกว่าเขาแข่งขันกัน มันก็ต้องลดราคาลงไปเรื่อย ๆ พระองค์ก็รับสั่งให้ทดลองผลิตแอลกอฮอล์ทำน้ำมันเชื้อเพลิง ทำเป็นน้ำมันแก๊สโซฮอล์ ดีโซฮอล์ ในสวนจิตรลดายทรงมีพระราชปรารภว่าเมืองไทยกำลังเห่อปลูกต้นยูคาลิปตัส ที่ไหน ๆ ก็ปลูกหมด ยูคาลิปตัส 3 ปี จึงจะตัดได้ แล้วท่านก็รับสั่งว่า ระหว่าง 3 ปีเขาจะเอาอะไรกิน แต่ถ้าเผื่อปลูกอ้อย ปลูกทุกปีขายได้ทุกปี แล้วก็เอาอ้อยมาทำแอลกอฮอล์ เอาแอลกอฮอล์มาผสมเบนซิน เราก็ทดลองผสมตั้งแต่ 10 เปอร์เซ็นต์ ทั้งเบนซินทั้งน้ำมันดีเซล ใช้ได้รถยนต์ของโครงการส่วนพระองค์ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์และดีโซลฮอล์ การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเชื้อเพลิงชีวภาพของโครงการโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา เริ่มต้นขึ้นในปี พ.ศ.2528 ด้วยพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงมีพระราชดำริว่าในอนาคตอาจเกิดการขาดแคลนน้ำมัน จึงมีประราชประสงค์ให้นำอ้อยมาผลิตแอลกอฮอล์เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยพระราชทานเงินทุนวิจัยเริ่มต้นเป็นจำนวน 925,500 บาท (สกล หาญสุทธิวารินทร์. 2562)

2.1.5 คุณสมบัติสำคัญของไบโอดีเซล

สามารถย่อยสลายได้เอง ตามกระบวนการชีวภาพในธรรมชาติ และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม น้ำมันไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงดีเซล จัดเป็นสารประเภทเอสเทอร์ทำจากน้ำมันพืชผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่ากระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน โดยให้น้ำมันพืชทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ เช่นเมทานอล หรือเอทานอล และมีด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา มีลักษณะเป็นเอสเตอร์ของกรดไขมัน เรียกว่า Fatty acid methyl ester น้ำมันดีเซล B20 คือ น้ำมันที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกดไขมัน (B100) ในอัตราส่วนร้อยละ 20 โดยปริมาตร (น้ำมันไบโอดีเซล 20% + ดีเซล 80%) โดยน้ำมันไบโอดีเซล (B100) นั้น เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพเหลวที่ผลิตได้จาก น้ำมันพืช และไขมันสัตว์ เช่น ปาล์ม มะพร้าว ถั่วเหลือง ทานตะวัน เมล็ดแรพ (Rape seed) สบู่ดำ หรือน้ำมันพืช น้ำมันสัตว์ที่ผ่านการใช้งานแล้ว เป็นต้น โดยสำหรับประเทศไทย ไบโอดีเซลส่วนใหญ่ ผลิตได้จากปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นผลิตผลจากการเกษตรของพี่น้องเกษตรกรจากภายในประเทศ จากสถานการณ์ฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 ในช่วงต้นปีที่ผ่านมา ทางกระทรวงพลังงานได้อุดหนุนราคาน้ำมัน เพื่อรณรงค์ให้ประชาชนผู้ใช้รถยนต์กระบะ หันมาใช้น้ำมันดีเซล B20 เพิ่มขึ้น เพื่อช่วยลดมลพิษทางอากาศจากฝุ่นละออง PM 2.5 ทำให้ราคาน้ำมันดีเซล B20 มีราคาถูก

กว่าราคาน้ำมันดีเซลปกติ หรือ B7 ซึ่งปัจจุบันได้มีการขยายเวลาลดราคาน้ำมันดีเซล B20 ให้ถูกกว่าดีเซลปกติลิตรละ 5 บาท ต่อไปอีก 2 เดือน โดยจะสิ้นสุดการอุดหนุนในวันที่ 31 กรกฎาคม 2562 ก็ยิ่งทำให้ผู้ใช้รถกระบะหลายๆ ท่าน ให้ความสนใจที่จะเปลี่ยนมาเติมน้ำมันไบโดดีเซล B20 กันมากขึ้น (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2550)

ตารางที่ 2.1 ลักษณะและคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซล (B20) และ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG)

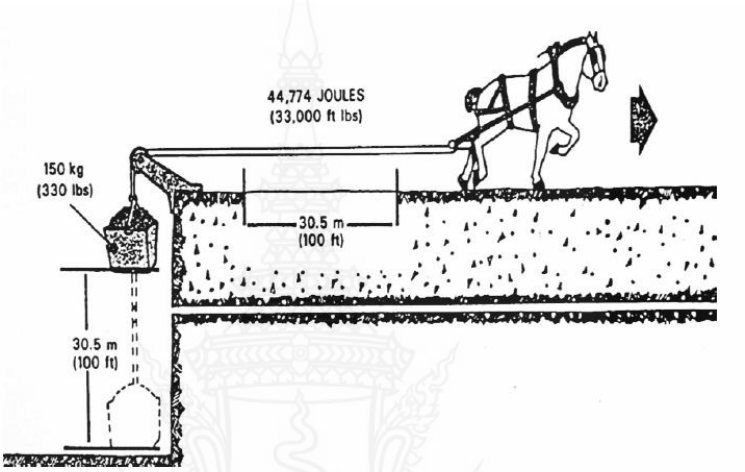
รายการ	น้ำมันไบโอดีเซล (B20)	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG)
ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6 °C	0.81-0.87	
Cetane number	50	
Octane number		95 - 110
ความหนืด cSt @ 40°C	1.8	
จุดไหลเท °C	10	
จุดวาบไฟ °C	52	
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (MJ/kg)	43.79	48.9 – 49.8
จุดเดือด		
โพรเพน		-42.1°C
บิวเทน		-0.5°C
ความดันไอ ณ อุณหภูมิ 37.8°C		
โพรเพน		16 kg/cm^2
บิวเทน		6 kg/cm^2
อุณหภูมิของจุดติดไฟ		
โพรเพน		460-580 °C
บิวเทน		410-550 °C

ที่มา : (Biodiesel Fuel,2013, Mueasantad, P Buakaew, V. & Asadamongkol, P.,2007)

2.1.6 ทฤษฎีกำลัง และกำลังม้าของเครื่องยนต์

เมื่อกล่าวถึงเครื่องยนต์ และการวัด การเปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์เราจะพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของขนาด และสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยส่วนใหญ่เครื่องยนต์ในรูปของขนาดความจุภายในกระบอกสูบ และกำลังที่ให้กับเราที่เราเรียกว่า กำลังม้า ปัจจุบันกำลังม้าของเครื่องยนต์เราสามารถใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพมาวัดได้แต่เราจะไม่วัดกำลังเครื่องยนต์โดยตรงเราจะวัดแรงบิดหรือแรงบิด (Torque) จากเครื่องยนต์ และนำค่าแรงบิดที่ได้ไปคำนวณหากำลังม้าของเครื่องยนต์อีกทีเครื่องมือที่ใช้วัดแรงบิดก็คือ ไดนาโมมิเตอร์ที่เรียกกันว่าเครื่องทดสอบกำลังเครื่องยนต์ วิศวกรยุคเครื่องจักรไอน้ำยุคต้น ๆ ได้ทำการเปรียบเทียบกำลังงานของเครื่องจักรไอน้ำตามกำลังงานที่ม้าทำได้

เพราะพาหนะที่ดีที่สุดในสมัยนั้นคงจะไม่มีอะไรที่อำนวยความสะดวกได้ดีที่สุดเท่ากับม้าแล้วสมัยที่เจมส์ วัตต์ ชาวอังกฤษได้ผลิตเครื่องจักรไอน้ำออกจำหน่ายเพื่อใช้แทนม้าในการยกถ่านหินขึ้นจากบ่อถ่านหิน เจมส์ วัตต์ ต้องคำนวณเปรียบเทียบกำลังเครื่องจักรไอน้ำกับกำลังม้าที่ใช้อยู่เพื่อให้ผู้ซื้อมองเห็นภาพพจน์ และเปรียบเทียบกำลังระหว่างม้ากับเครื่องจักรไอน้ำที่เขาผลิตขึ้น ดังนั้นจึงมีการใช้คำว่ากำลังม้า มาจนถึงปัจจุบัน เจมส์ วัตต์ ตรวจสอบหางานที่กระทำโดยม้าโดยเขาให้ม้าลากภาชนะบรรจุถ่านหินหนัก 330 ปอนด์ ขึ้นจากบ่อถ่านหินเป็นระยะ 100 ฟุต ดังรูปที่ 2.1 สามารถคำนวณหางานที่เกิดขึ้นได้จากสมการที่ 2.1 (Mohamed Y.E. Selim, 2003)



รูปที่ 2.1 การทดสอบหากำลังม้าของเจมส์ (Mohamed Y.E. Selim, 2003)

ในระบบอังกฤษหน่วยของกำลังคือ ฟุต–ปอนด์/นาที

กำลัง คือ งานที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยเวลา ถ้าม้าหนึ่งตัวสามารถลากภาชนะบรรจุถ่านหินหนัก 330 ปอนด์ ได้ระยะทาง 100 ฟุต ด้วยเวลา 1 นาที สูตรคำนวณกำลัง คือ

$$\text{Horsepower} = \frac{W}{t} \qquad (2.1)$$

หรือ

$$\text{Horsepower} = \frac{F \times s}{t} \qquad (2.2)$$

$$= \frac{330 \times 100}{1 \text{ min}}$$

1HP = 33,000ft.lb/min

ถ้าต้องการกำลังม้าในระบบ SI ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์สามารถคำนวณได้ดังนี้

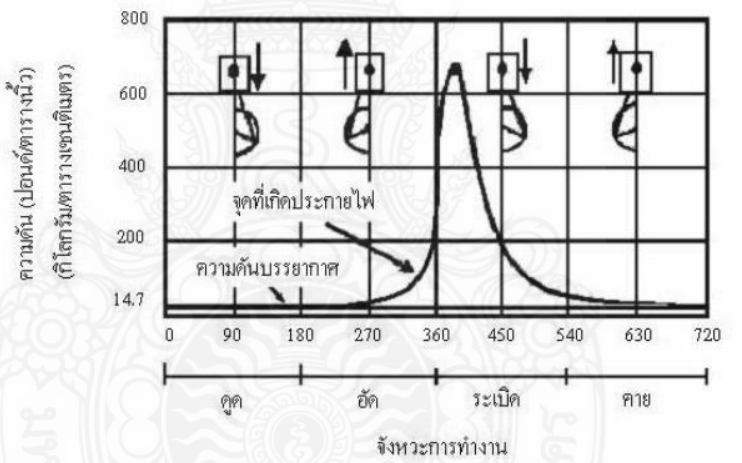
1 HP = 746 N·m/sec หรือ 0.746 kW

2.1.7 กำลังและกำลังม้าของเครื่องยนต์ (Power and horsepower)

กำลัง (Power) ของเครื่องยนต์ เป็นกำลังที่เครื่องยนต์ผลิตได้จากการเปลี่ยนรูปของพลังงานทางเคมีในรูปของน้ำมันเชื้อเพลิงมาอยู่ในรูปของพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงหรือน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศที่เกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์มาเป็นพลังงานกลที่ใช้ในการขับเคลื่อนต่างๆ

กำลังม้า (Horsepower) เป็นหน่วยที่ใช้วัดกำลังเป็นอัตราที่ม้า 1 ตัว สามารถที่จะทำงานได้ในเวลาอันจำกัด กำลัง และกำลังม้าที่สำคัญของเครื่องยนต์จำแนกออกได้ ดังต่อไปนี้

2.1.7.1 กำลังม้าอินดิเคต (Indicated Horsepower, IHP) เป็นกำลังม้าของเครื่องยนต์ที่ผลิตขึ้นภายในห้องเผาไหม้ในระหว่างกระบวนการเผาไหม้ของไอดีภายในกระบอกสูบ การวัดกำลังม้าอินดิ เคตต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ เรียกว่า ออสซิโลสโคป (Oscilloscope) วัดความดันในกระบอกสูบระหว่างจังหวะต่าง ๆ ความดันเหล่านี้จะใช้ในการหาค่ากำลังม้าอินดิเคตซึ่งมีค่าสูงกว่า กำลังม้าเบรกเสมอเพราะว่ากำลังบางส่วนสูญเสียไปเพื่อเอาชนะความฝืดในเครื่องยนต์ ดังรูปที่ 2.2 จะแสดงถึงความดันที่ต่อเนื่องกันตามจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ (Mohamed Y.E. Selim, 2003)

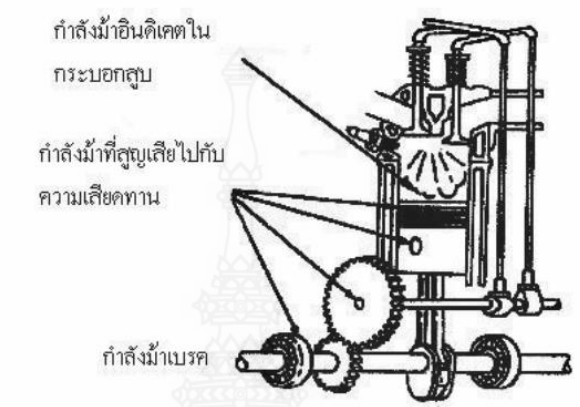


รูปที่ 2.2 ความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ขณะทำงาน (Mohamed Y.E. Selim, 2003)

รูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นตำแหน่งต่าง ๆ ตลอดจนทิศทางการเคลื่อนที่ของเพลาข้อเหวี่ยง ก้านสูบและลูกสูบในรอบการทำงานของเครื่องยนต์เห็นได้ว่าความดันในกระบอกสูบเมื่อเริ่มจังหวะดูดจะมีค่าโดยประมาณเท่ากับความดันบรรยากาศแล้วจะตกลงเล็กน้อยหลังจากลูกสูบเริ่มเคลื่อนตัวลง ทั้งนี้ก็เนื่องจากเกิดความล่าช้าในการจัดส่งไอดีเข้าบรรจุภายในกระบอกสูบเมื่อเริ่มจังหวะอัดความดันภายในกระบอกสูบจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามการเคลื่อนตัวของลูกสูบก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นถึงศูนย์ตายบนเล็กน้อย หัวเทียนจะจุดประกายไฟทำให้ไอดีซึ่งถูกอัดตัวอยู่ภายในกระบอกสูบเกิดการเผาไหม้ ณ จุดนี้จะเป็นจุดเริ่มต้นของจังหวะระเบิด ความดันอันเกิดจากการเผาไหม้ได้ดีจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแล้วจึงจะเริ่มลดลงจังหวะนี้จะต่อเนื่องไปจนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนตัวลงคล้อยหลังศูนย์ตายบนไปประมาณ 25 องศา ความดันก็จะตกลงอย่างรวดเร็วในตอนปลายของจังหวะระเบิดจะยังคงเหลือความดันอยู่ประมาณ 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และเมื่อจังหวะคายเริ่มขึ้นความดันก็จะลดลงเรื่อย ๆ จนเหลือ

เท่ากับความดันบรรยากาศในตอนปลายของจังหวะกราฟที่แสดงจะเป็นเครื่องตัดสินใจใน การหากำลังม้าประเภทนี้เพราะจะขึ้นอยู่กับความดันเฉลี่ยในจังหวะระเบิดลบด้วยความดันเฉลี่ยของจังหวะที่เหลือ และเนื่องจากกำลังม้าในบางส่วนจะถูกใช้ไปเพื่อชนะความเสียดทานจึงทำให้กำลังม้า อินดิเคตจึงมีค่าสูงกว่ากำลังม้าเบรก

2.1.7.2 กำลังม้าฝืด หรือกำลังม้าความเสียดทาน (Friction Horsepower, FHP)



รูปที่ 2.3 กำลังม้าที่สูญเสียไปกับความเสียดทาน (Mohamed Y.E. Selim, 2003)

เป็นกำลังม้าที่ใช้เพื่อเอาชนะความเสียดทาน เกิดขึ้นในขณะที่เครื่องยนต์กำลังทำงาน กำลังม้าประเภทนี้หาได้จากการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าทำการขับเครื่องยนต์แล้ววัดกำลังม้าที่มอเตอร์ใช้ขับในระหว่างทำการทดสอบเครื่องยนต์ต้องอยู่ในอุณหภูมิทำงานปกติแต่ไม่มีน้ำมันเชื้อเพลิงในคาร์บูเรเตอร์ นอกจากนั้นลิ้นเร่งจะต้องอยู่ในตำแหน่งเปิดสุด จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าที่ความเร็วต่ำ ความเสียดทานที่เกิดขึ้นค่อนข้างต่ำ และความเสียดทานจะสูงขึ้นตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ดังรูปที่ 2.3 แสดงถึงกำลังม้าที่สูญเสียไปกับความเสียดทานจะแตกต่างกันออกไปตามการออกแบบของเครื่องยนต์ และลักษณะของการนำเครื่องยนต์ไปใช้โดยทั่วไปจะมีค่า 10% กำลังม้าประเภทนี้จะไม่คงที่แต่เพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ สาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียดทานขึ้นในเครื่องยนต์ ได้แก่ แหวนลูกสูบ ความเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างแหวนลูกสูบกับผนังกระบอกสูบอาจสูงถึงประมาณ 75% ของความเสียดทานทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในเครื่องยนต์ดังนั้นจึงต้องมีความระมัดระวังอย่างมากในการปรับแหวนลูกสูบ

2.1.7.3 กำลังม้ากำหนด (Rated horsepower) เป็นกำลังม้าที่โรงงานผู้ผลิตเครื่องยนต์ได้กำหนดขึ้น เพื่อใช้สำหรับเลือกเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับงานที่ทำโดยมีวัตถุประสงค์ที่จะทำให้เครื่องยนต์ นั้น ๆ สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีอายุการใช้งานยาวนาน โดยทั่ว ๆ ไป กำลังม้าประเภทนี้จะมีค่าต่ำกว่ากำลังม้าเบรกสูงสุดประมาณ 20% สำหรับวิธีการกำหนดกำลังม้าเบรกสูงสุดของเครื่องยนต์เพื่อการใช้งานนั้นจะต้องกำหนดจากกำลังม้ากำหนดเป็นหลักหมายความว่ากำลังม้าเบรกสูงสุดของเครื่องยนต์ที่จะเลือกใช้นั้นต้องมีค่าสูงกว่ากำลังม้าที่เครื่องยนต์จะต้องใช้งานจริง ๆ ประมาณ 20% ทั้งนี้ก็เพื่อให้เครื่องยนต์เมื่อรับภาระเต็มที่แล้วทำงานแต่เพียงประมาณ 80% ของกำลัง

ม้าเบรกสูงสุดเท่านั้นจึงเป็นผลทำให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและมีอายุการใช้งานยาวนานอีกด้วย

2.1.7.4 กำลังม้าแก้ไข (Corrected horsepower) กำลังม้าเบรกมาตรฐานจะขึ้นอยู่กับข้อกำหนด ต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้นในขณะที่ทำการทดสอบเครื่องยนต์โดยทั่วไปจะทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 60 องศาฟาเรนไฮต์ (16 องศาเซลเซียส) ความดันบรรยากาศเท่ากับ 29.92 นิ้วปรอท หรือ 760 มิลลิเมตรปรอท (ความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเล) และสภาพอากาศแห้ง ดังนั้นถ้าความดันบรรยากาศ อุณหภูมิ และปริมาณความชื้นในอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากมาตรฐานที่ทำการทดสอบก็จะมีผลทำให้ค่ากำลังม้าของเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลงไปด้วย กำลังม้าแก้ไข (Corrected-horsepower) เป็นกำลังม้าที่เครื่องยนต์สามารถผลิตออกมาได้จริงภายใต้สภาพการทำงานที่แตกต่างกันออกไปจากข้อกำหนดการทดสอบมาตรฐานของเครื่องยนต์องค์ประกอบต่าง ๆ ที่นำมาประกอบการพิจารณาเกี่ยวกับการกำหนดกำลังม้าของเครื่องยนต์ในสภาพที่แตกต่างกัน

1) ในทุก ๆ ระดับความสูง 1,000 ฟุตเหนือระดับน้ำทะเล จะทำให้กำลังม้าของเครื่องยนต์ลดลงประมาณ 3.5%

2) ในทุก ๆ 1 นิ้วของความกดดันบรรยากาศที่ลดลงทำให้กำลังม้าของเครื่องยนต์ลดลงอีก 3.5%

3) ในทุก ๆ 10 องศาฟาเรนไฮต์ ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น จะทำให้กำลังม้าของเครื่องยนต์นั้นลดลง 1%

4) ในทุก ๆ 200 - 400 องศาฟาเรนไฮต์ ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น จากอุณหภูมิการทำงานของฝาสูบทำให้กำลังม้าของเครื่องยนต์ลดลง 10%

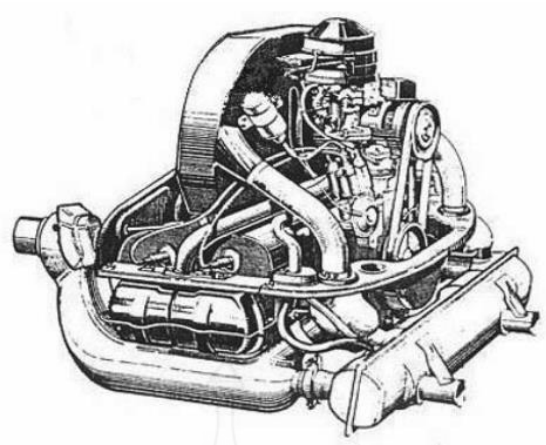
5) ในคุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิง ในสภาพทางกลไกของเครื่องยนต์ และสถานะของ การที่ปรับแต่งเครื่องยนต์จะมีผลต่อการผลิตกำลังม้าของเครื่องยนต์ด้วย

6) ในเครื่องยนต์ใหม่นั้นจะสามารถที่ผลิตกำลังม้าได้ต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่มีการใช้งานไปแล้วชั่วระยะเวลาหนึ่งทั้งนี้เนื่องจากความเสียดทานที่เกิดขึ้นภายในตัวของเครื่องยนต์ใหม่จะสูงกว่าที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์เก่า

ดังนั้น ในการทดสอบเครื่องยนต์ภายใต้สภาพที่แตกต่างไปจากมาตรฐานที่กำหนดจึงต้องมี การแก้ไขเพื่อให้ทราบกำลังม้าที่แท้จริงของเครื่องยนต์ ค่าองค์ประกอบการแก้ไข (Correction factor) ที่ใช้แก้ไขเพื่อให้ทราบกำลังม้าที่แท้จริงของเครื่องยนต์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.3

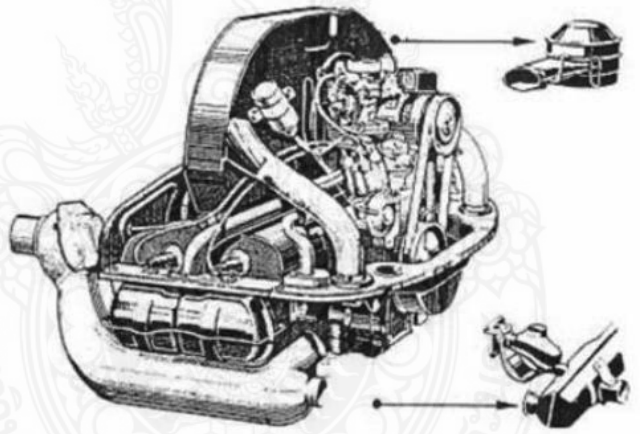
ค่าองค์ประกอบการแก้ไข = ค่าแก้ไข (T) × ค่าแก้ไข (P) × ค่าแก้ไข (H) (2.3)

2.1.7.5 กำลังม้าแบบเยอรมันหรือกำลังม้าเมตริก กำลังม้านี้คิดจากการออกแรงยกน้ำหนัก 75 กิโลกรัมแรง ใน 1 วินาที ได้งานระยะทาง 1 เมตร เป็นกำลังม้าที่ได้จากสภาพงานจริงเมื่อเปรียบเทียบกับแบบอื่น ๆ ตัวเลขน้อยกว่าวัดพร้อมด้วยส่วนประกอบทั้งหมดเหมือนสภาพใช้งานจริง ดังรูปที่ 2.4 แสดงเครื่องยนต์ที่ทดสอบหาแรงม้าแบบ DIN (Jin Kusaka and Takashi Okamoto, 2000)



รูปที่ 2.4 เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบหากำลังม้าแบบ DIN (Mohamed Y.E. Selim, 2003)

2.1.7.6 กำลังม้าแบบอิตาลี (Commissione Unificazione Normalizzone Autoveicoli) เป็นกำลังม้าแบบนี้จะทดสอบโดยการถอดหม้อกรองอากาศ และท่อไอเสียออก ทำให้การคายไอเสียทำได้ดีขึ้น แต่จะมีเสียงดังมากเมื่อทำการเปรียบเทียบกับกำลังม้าแบบ PS–DIN ตัวเลขจะสูงกว่าเล็กน้อย ดังรูปที่ 2.5 (Mohamed Y.E. Selim, 2003)



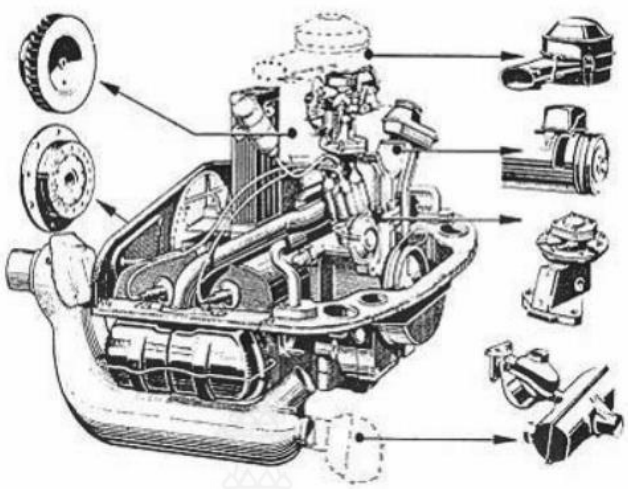
รูปที่ 2.5 เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบกำลังม้าแบบ CUNA (Mohamed Y.E. Selim, 2003)

2.1.7.7 กำลังม้าแบบอเมริกา (Horsepower - Society of Automotive Engineers, SAE-HP) ดังรูปที่ 2.6 เป็นการใช้วัดคำนวณเก็บภาษีจะมีค่าตัวเลขที่มีค่าสูงกว่ากำลังม้าแบบ PS–DIN ประมาณ 15 - 20% โดยการทดสอบจะแยกเป็นสองแบบ คือ

ก) Gross horsepower เป็นระบบที่อเมริกาใช้หากำลังม้า เพื่อต้องการกำลังสูงสุดโดยเอากำลังม้า ที่นำไปใช้งานอื่นมารวมด้วย เช่น กำลังที่เอาไปขับเจนเนอเรเตอร์ หรือพัดลม เป็นต้น

ข) Net horsepower (SAE-Net.HP) เป็นวิธีการวัดกำลังม้าของอเมริกาอีกแบบหนึ่งที่ติดอุปกรณ์ครบเหมือนกับใช้งานจริง ปัจจุบันอเมริกาได้เลือกใช้วิธีนี้สำหรับหากำลังม้าของ

เครื่องยนต์ เมื่อเปรียบเทียบกำลังม้าแบบเมตริกแล้ว SAE–Net.HP = 0.953 PS–DIN (Mohamed Y.E. Selim, 2003)



รูปที่ 2.6 เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบกำลังม้าแบบ SAE (Mohamed Y.E. Selim, 2003)

2.1.8 การทำงานของวัฏจักรเครื่องยนต์สี่จังหวะจุดระเบิดด้วยการอัด

2.1.8.1 จังหวะแรก จังหวะดูดเช่นเดียวกับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ยกเว้นตรงที่เป็นการดูดแต่อากาศเท่านั้นไม่มีการผสมเชื้อเพลิง

2.1.8.2 จังหวะที่สอง จังหวะอัดเช่นเดียวกับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ แต่เป็นการอัด ที่ความดันและอุณหภูมิสูงกว่า ในช่วงสุดท้ายของจังหวะนี้เชื้อเพลิงจะถูกฉีดเป็นฝอยตรงเข้าห้อง เผาไหม้และผสมกับอากาศร้อนจัดเชื้อเพลิงจะระเหยอย่างรวดเร็ว และลุกไหม้ขึ้นเอง ซึ่งเป็นการเริ่มต้นการเผาไหม้

2.1.8.3 การเผาไหม้ การเผาไหม้จะเกิดขึ้นเต็มที่ที่ศูนย์ตายบน เป็นการเผาไหม้ที่ความดันคงที่อย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิงและลูกสูบเริ่มเคลื่อนที่ลงสู่ศูนย์ตายล่าง

2.1.8.4 จังหวะที่สาม จังหวะกำลังจะเริ่มเมื่อการเผาไหม้สิ้นสุดและลูกสูบจะเคลื่อนที่ไปยังศูนย์ตายล่าง

2.1.8.5 การระบายไอเสียเช่นเดียวกับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ

2.1.8.6 จังหวะที่สี่ จังหวะคายไอเสียเช่นเดียวกับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ

2.1.9 แรงบิดและกำลัง

แรงบิดคือตัวบ่งชี้ความสามารถในการทำงานของเครื่องยนต์ เป็นผลของแรงที่กระทำต่อแขนหมุนซึ่งมีค่าความยาว จึงมีหน่วยเป็น N·m หรือ lbf.ft

แรงบิด T มีความสัมพันธ์กับงานดังนี้ :

$$2\pi T = wb = (bmep)Vd/n \quad (2.4)$$

โดย wb คือ งานเพลาของการทำงาน 1 รอบ

Vd คือ ความจุ

n คือ จำนวนรอบต่อหนึ่งวัฏจักร

สำหรับเครื่องยนต์วัฏจักรสองจังหวะ ซึ่งทำงานครบวัฏจักรในหนึ่งรอบ

$$2\pi T = Wb = (bmep)Vd \quad (2.5)$$

$$T = Wb = (bmep)Vd/2\pi \quad (2.6)$$

สำหรับเครื่องยนต์วัฏจักรสองจังหวะ ซึ่งทำงานครบวัฏจักรในหนึ่งรอบ

$$T = Wb = (bmep)Vd/4\pi \quad (2.7)$$

เราใช้ความดันผลเฉลี่ยเพลา (bmep) และงานเพลา (Wb) ในสามการข้างบนนี้ เพราะเราวัดแรงบิดที่เพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ของรถยนต์ของรถยนต์ในยุคปัจจุบัน มีค่าแรงบิดสูงสุดประมาณ 200 ถึง 300 N·m ที่ความเร็วรอบประมาณ 4,000 ถึง 6,000 rpm เราเรียกตำแหน่งที่เครื่องยนต์ให้แรงบิดสูงสุดว่า ความเร็วรอบแรงบิดสูงสุด (Maximum brake torque speed) เป้าหมายในการออกแบบเครื่องยนต์รถยนต์ยุคนี้ คือการทำให้กราฟแรงบิด (รูปที่ 2.7) เป็นเส้นราบ และมีค่าสูงทั้งช่วงความเร็วรอบสูงและความเร็วต่ำ เครื่องยนต์ดีเซลมักมีแรงบิดสูงกว่าเครื่องยนต์เบนซินขนาดเดียวกัน ส่วนเครื่องยนต์ขนาดใหญ่ มักมีแรงบิดสูง และความเร็วรอบแรงบิดสูงสุด (MBT) อยู่ในย่านความเร็วต่ำ

กำลัง (Power) คือ อัตรางานต่อหน่วยเวลาของเครื่องยนต์ ถ้ากำหนดให้ n = จำนวนรอบต่อหนึ่งวัฏจักร และ N = ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ จะได้ว่า

$$\dot{W} = WN/n \quad (2.8)$$

$$\dot{W} = 2\pi NT \quad (2.9)$$

$$\dot{W} = (1/2n)(MEP)Ap\overline{Up} \quad (2.10)$$

$$\dot{W} = (mep)Ap\overline{Up}/4 \text{ วัฏจักร 4 จังหวะ} \quad (2.11)$$

$$\dot{W} = (mep)Ap\overline{Up}/4 \text{ วัฏจักร 2 จังหวะ} \quad (2.12)$$

โดย W คือ งานเพลาของการทำงาน 1 รอบ

Ap คือ ความจุ

$\overline{Up}$ คือ จำนวนรอบต่อหนึ่งวัฏจักร

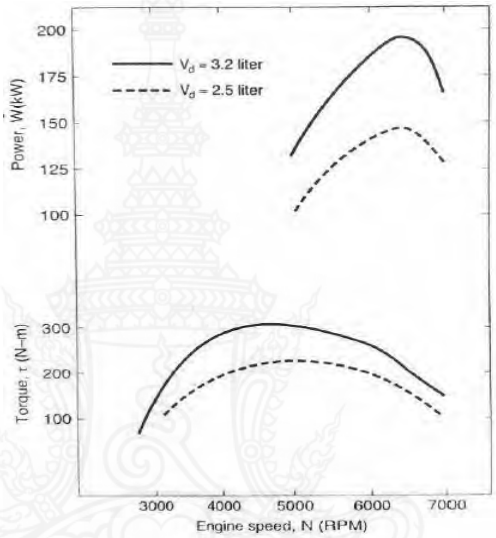
เราสามารถที่จะทำการกำหนดคำจำกัดความของกำลังต่างๆ กำลังเพลา (Brake power) กำลังบ่งชี้สุทธิ (Net indicated power) กำลังบ่งชี้รวบยอด (Gross indicated power) กำลังเสียดทาน (Friction power) และแม้กระทั่งกำลังสูบ (Pumping power) ได้ ด้วยค่างานและความดันผลเฉลี่ยในสมการ (2.8 - 2.12) ดังนี้

$$\dot{W} = \eta m \dot{W}i \quad (2.13)$$

$$(\dot{W}i)net = (\dot{W}i)gross - (\dot{W}i)pump \quad (2.14)$$

$$\dot{W}b = \dot{W}i - \dot{W}f \quad (2.15)$$

โดย ηm คือ ค่าประสิทธิภาพเชิงกลของเครื่องยนต์



รูปที่ 2.7 กราฟกำลังและแรงบิด บนความเร็วของเครื่องยนต์ในรถยนต์ทั่วไป (Mohamed Y.E. Selim, 2003)

จากรูปที่ 2.7 แรงบิดสูงสุดเกิดขึ้นเมื่อมีการประจุไอดีเข้าสู่กระบอกสูบได้มากที่สุด และความดันมีค่าสูงสุด ส่วนกำลังเพลาของเครื่องยนต์ซึ่งลดลงที่ความเร็วสูงเพราะระยะเวลาที่ลิ้นเปิดไอดีไหลเข้าสั้นลง รวมทั้งถูกหักล้างโดยแรงเสียดทานซึ่งเพิ่มขึ้นตามความเร็วของเครื่องยนต์ ซึ่งช่วงแรกจะลดลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นเพราะช่วงเวลาในการสูญเสียความร้อนสั้นลง และกลับเพิ่มขึ้นตามความเร็วของเครื่องยนต์ที่ความเร็วสูง เพราะแรงเสียดทานเพิ่มขึ้นค่านี้จะต่ำลงทุกย่านเมื่อเพิ่มอัตราส่วนการอัดซึ่งทำให้ประสิทธิภาพความร้อนเพิ่มขึ้น

ใช้ kW = เป็นหน่วยของกำลัง แต่กำลังม้า (hp) ก็ยังเป็นหน่วยที่นิยมใช้กันอยู่

1 hp = 0.7457 kW = 2545 BTU/hr = ft.lbf/sec

1 kW = 1.341 hp

กำลังของเครื่องยนต์มีค่าตั้งแต่เพียงไม่กี่วัตต์จากเครื่องยนต์ของเครื่องบินเล็ก ไปจนถึงหลายพันวัตต์ต่อสูบของเครื่องยนต์สถิตและเครื่องยนต์ของเรือเดินสมุทร เครื่องยนต์ที่แพร่หลายใน

ท้องตลาดมาก คือขนาด 1.5 ถึง 5 kW (2 ถึง 7 hp) ใช้สำหรับเครื่องตัดหญ้า เลื่อยยนต์ ฯลฯ เครื่องยนต์ติดท้ายเรือขนาดเล็กจะมีกำลังระหว่าง 2 ถึง 40 kW (3 ถึง 50 hp) หรือมากกว่านี้สำหรับเครื่องยนต์ ขนาดใหญ่ ส่วนเครื่องยนต์ของรถยนต์ยุคปัจจุบัน มีกำลังระหว่าง 40 ถึง 220 kW (50 ถึง 300 hp) ที่น่าสังเกตก็คือ รถเก๋งขนาดกลางที่ตัวถังถูกออกแบบตามหลักพลศาสตร์อากาศ ใช้กำลังเพียง 5 ถึง 6 kW (7 ถึง 8 hp) เท่านั้น ในการรักษาความเร็วคงที่ 88 กิโลเมตรต่อชั่วโมง บนทางราบ แรงบิดและกำลังเป็นฟังก์ชันของความเร็วรอบ ที่รอบต่ำแรงบิดจะเพิ่มเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น และเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นอีก แรงบิดจะเพิ่มจนถึงค่าสูงสุดแล้วจะลดลงตาม รูปที่ 2.7 และ 2.8 เพราะยิ่งความเร็วรอบเพิ่มขึ้นไอดีจะยิ่งถูกประจุเข้ากระบอกสูบได้น้อยลง เนื่องจากช่วงเวลาที่ลิ้นไอดีเปิดสั้นลง

กำลังบ่งชี้ (Indicated power) เพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ส่วนกำลังเพลา (brake power) จะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบจนถึงค่าสูงสุด แล้วลดลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นอีก เพราะถูกหักล้างด้วยแรงเสียดทานภายในเครื่องยนต์ซึ่งเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบ และมีค่ามากโดยเฉพาะที่รอบสูง เครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนใหญ่มีค่ากำลังเพลาสูงสุดที่ ความเร็วรอบประมาณ 6,000 ถึง 7,000 rpm หรือประมาณ 1.5 เท่าของความเร็วรอบที่ ให้แรงบิดสูงสุด เราสามารถเพิ่มกำลังของเครื่องยนต์ โดยทำการเพิ่มความจุความดันผลเฉลี่ย และ/หรือ ความเร็วรอบ การเพิ่มความจุทำให้มวลและขนาดของเครื่องยนต์เพิ่มตามไปด้วย ซึ่งเป็นสิ่งไม่พึงประสงค์สำหรับการใช้งานในรถยนต์ด้วยเหตุผลดังกล่าว เครื่องยนต์ของรถยนต์สมัยใหม่จึงมีขนาดเล็กและทำงานที่รอบสูงและมักใช้อุปกรณ์ช่วยประจุไอดี เช่น เทอร์โบชาร์จเจอร์ หรือ ซูเพอร์ชาร์จเจอร์ เพื่อเพิ่มความดันผลเฉลี่ย เราสามารถเปรียบเทียบเครื่องยนต์ ด้วยวิธีต่างๆ ตามสมการต่อไปนี้

กำลังสัมพัทธ์ (Specific power)

$$SP = \dot{W}b/Ap \qquad (2.16)$$

กำลังต่อความจุ (Output per displacement)

$$OPD = \dot{W}b/Vd \qquad (2.17)$$

ปริมาตรสัมพัทธ์ (Specific volume)

$$SV = Vd/\dot{W}b \qquad (2.19)$$

น้ำหนักสัมพัทธ์ (Specific weight)

$$SW = G/\dot{W}b \qquad (2.19)$$

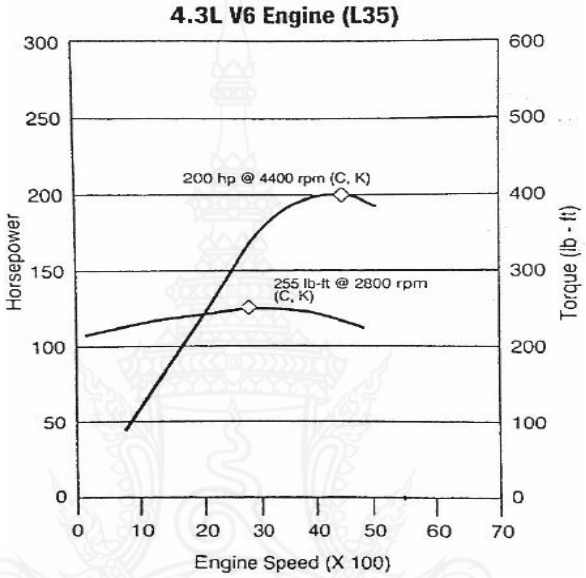
โดย $\dot{W}_b$ คือ กำลังเพลา

Ap คือ พื้นที่ขนาดตัดลูกสูบทุกสูบรวมกัน

Vd คือ ความจุ

G คือ น้ำหนักเครื่องยนต์

ค่าเหล่านี้มีความสำคัญสำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้ขับเคลื่อนยานพาหนะ เช่น เรือ รถ และโดยเฉพาะเครื่องบิน ซึ่งต้องการให้น้ำหนักเบาที่สุด ในขณะที่น้ำหนักของเครื่องยนต์ไม่มีความสำคัญสำหรับเครื่องยนต์สถิตขนาดใหญ่



รูปที่ 2.8 กราฟกำลังและแรงบิด บนความเร็วของเครื่องยนต์ เจนเนอรัลมอเตอร์ส รุ่น L 35

2.1.10 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์

กำหนดค่า ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ ดังนี้

$$sfc = \dot{m_f}/\dot{W} \qquad (2.20)$$

โดย $\dot{m_f}$ คือ อัตราการไหลของเชื้อเพลิง

$\dot{W}$ คือ กำลังของเครื่องยนต์

หากใช้กำลังเพลาในการคำนวณ เราจะได้ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เพลา ต่อความเร็วรอบ ความเข้มของไอดี และความจุของเครื่องยนต์ ดังรูปที่ 2.9 - 2.11

$$bsfc = \dot{m_f}/\dot{W_b} \qquad (2.21)$$

และถ้าใช้กำลังบ่งชี้ในการคำนวณ เราจะได้ความสิ้นเปลืองเอเพลิงสัมพัทธ์บ่งชี้ (Indicated specific fuel consumption)

$$isfc = \dot{m}f/\dot{W}i \qquad (2.22)$$

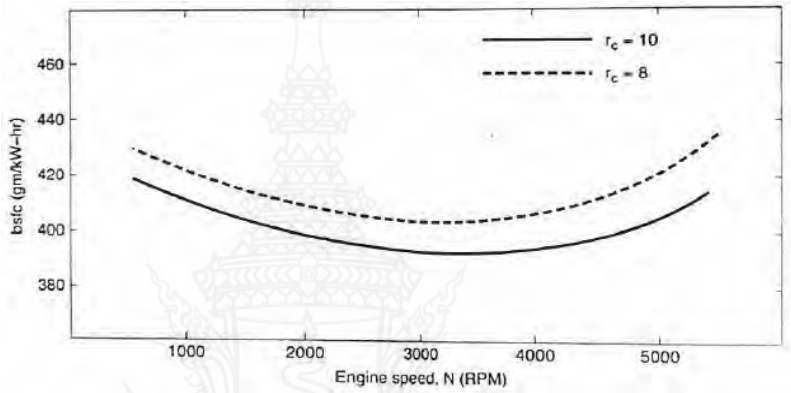
นอกจากนี้สามารถให้คำจำกัดความของความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์อื่นๆ ได้เช่น

fsfc คือ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เสียดทาน (Friction specific fuel consumption)

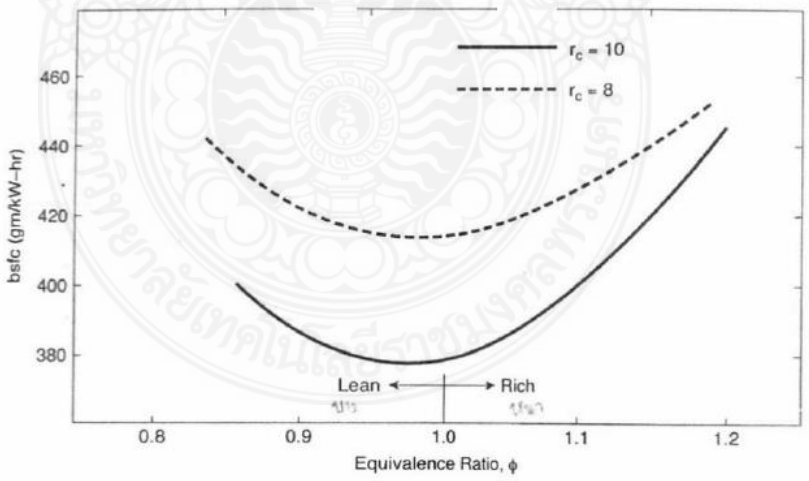
igsfc คือ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์รวบยอดบ่งชี้ (Indicated gross specific fuel consumption)

Insfc คือ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์สุทธิบ่งชี้ (Indicated net specific fuel consumption)

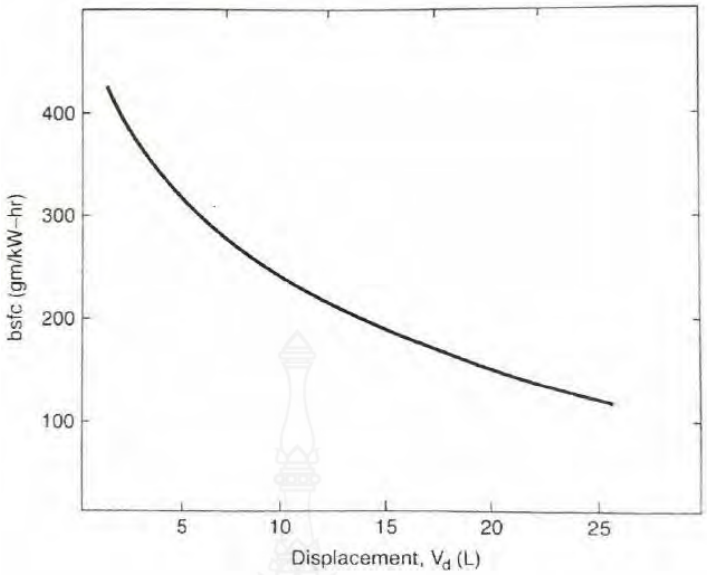
psfc คือ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์สูบ (Pumping specific fuel consumption)



รูปที่ 2.9 กราฟความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เพลา บนความเร็วของเครื่องยนต์ (Mohamed Y.E. Selim, 2003)



รูปที่ 2.10 กราฟความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เพลา บนอัตราส่วนความเข้มของไอดี (Mohamed Y.E. Selim, 2003)



รูปที่ 2.11 กราฟความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เพลาบนความจุของเครื่องยนต์ (Mohamed Y.E. Selim, 2003)

โดยทั่วไปความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์มีหน่วยเป็น g/kW-hr หรือ lbm/hp-hr แต่สำหรับยานพาหนะนิยมใช้อัตราส่วนระยะทางต่อปริมาณเชื้อเพลิง เช่น ไมล์ ต่อ แกลลอน (mpg) และตามมาตรฐาน SI นิยมใช้ค่าผกผันเป็นลิตร ต่อ 100 กิโลเมตร (L/100 km) ได้ มีการออกกฎหมายบังคับ ให้ลดความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถยนต์ลง เพื่อลดมลพิษในอากาศและสงวนแหล่งน้ำมันธรรมชาติใต้ดินไว้ การพัฒนาอย่างได้ผลต่อเนื่องตั้งแต่ช่วงต้นทศวรรษ 1970 ซึ่งรถยนต์นั่งส่วนใหญ่จะมี ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่า 16 L/100 km (15 mpg) ช่วยให้รถยนต์สมัยนี้มีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอยู่ระหว่าง 6 ถึง 8 L/100 km (40 ถึง 30 mpg) โดยเฉพาะรถขนาดเล็กในบางรุ่น ซึ่งจะมีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพียงไม่ถึง 4 L/100 km (60 mpg) เท่านั้น

2.1.11 สภาวะทำงานต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ ขณะให้กำลังสูง

หัวฉีดและคาบิวเรเตอร์ถูกปรับมาให้จ่ายเชื้อเพลิงสำหรับไอดีเข้ม ขณะเครื่องยนต์ให้กำลังสูงสุดและลิ้นผีเสื้อเปิดกว้างสุด (เช่น เมื่อออกรถอย่างเร็ว เร่งความเร็วขึ้นเขา เร่งเครื่องบินขึ้นจากสนามบิน) ระบบจุดระเบิดก็จะเลือกตำแหน่งจุดระเบิดล่า (Retard) ด้วยกำลังสูงสุดที่ได้นี้แลกกับความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่มีเพิ่มขึ้น ไอดีเข้มข้นนี้ลุกไหม้ได้เร็วและจะทำให้เกิดความดันสูงสุด อย่างรวดเร็วในตำแหน่งใกล้ศูนย์ตายบน ซึ่งอาจทำให้เครื่องยนต์ทำงานหยาบไปบ้าง ขณะเครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วสูง ช่วงเวลาที่ความร้อนถูกถ่ายเทให้กับกระบอกสูบสั้นมาก ไอเสียและลิ้นไอเสียจึงร้อนจัด และเพื่อให้เปลวไฟมีความเร็วสูงขณะลิ้นผีเสื้อเปิดกว้าง จะไม่มีการป้อนกลับไอเสียในช่วงนี้ ซึ่งทำให้ระดับของ NOx สูงขึ้น มีวิธีเพิ่มกำลังของเครื่องยนต์ที่น่าสนใจอีกวิธีหนึ่งนั่นคือการใช้ไอดีจาง เครื่องยนต์ของรถแข่งบางรุ่นใช้หลักการนี้ ไอดีจางจะลุกไหม้ได้ช้าการสันดาปจึงกินเวลาเลยศูนย์ตายบนไปพอสมควร และช่วงที่ความดันสูงจึงเลยไปถึงจังหวะทำงานและจะช่วยให้กำลังเพิ่มขึ้น การสันดาปที่เกิดขึ้นล่านี้ทำ

ให้ไอเสียร้อนมากและเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนซึ่งเหลือจากไอดีจาง ก็จะทำให้ลิ้นและน่าลิ้นไอเสียชำรุดอย่างรวดเร็วจากการออกซิเดชัน การเปลี่ยนลิ้นไอเสียบ่อยครั้งทำได้เฉพาะกับเครื่องยนต์แข่งเท่านั้นการทำงานในลักษณะนี้ของเครื่องยนต์ ต้องอาศัยจังหวะจุดระเบิดซึ่งจะถูกปรับให้เหมาะสมเป็นพิเศษด้วย

2.1.11.1 ขณะใช้ความเร็วคงที่ (Cruising operation) การใช้ความเร็วคงที่ขณะเดินทางไกลหรือการบินทางไกลของเครื่องบินจะต้องใช้กำลังส่วนน้อยของเครื่องยนต์เท่านั้น จึงต้องเน้นความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเป็นหลักโดยใช้ไอดีเจือจางและ จะใช้การป้อนกลับไอเสีย จังหวะจุดระเบิดจะถูกร่นมาล่วงหน้าเพื่อเป็นการชดเชยกับเปลวไฟที่ลามด้วยความเร็วต่ำลงระยะทางที่ได้ต่อเชื้อเพลิงที่ใช้ (กิโลเมตรต่อลิตร) จะสูงขึ้น แต่ประสิทธิภาพของความร้อนจะลดลงเพราะความเร็วของเครื่องยนต์ซึ่งต่ำทำให้มีเวลาของการสูญเสียพลังงานความร้อนในแต่วัฏจักรมากขึ้น

2.1.11.2 ที่รอบเดินเบาและที่ความเร็วต่ำ (Idle and low engine speed) ที่ความเร็วต่ำมากลิ้นผีเสื้อจะปิดเกือบสนิทจะทำให้เกิดสุญญากาศค่าสูงในท่อไอดี และ ไอเสียตกค้างมากในช่วงที่ลิ้นเปิดพร้อมกัน (Overlap) จึงต้องใช้ไอดีเข้มมาช่วยทำให้การสันดาปดีขึ้น แต่ก็ส่งผลให้ไฮโดรคาร์บอนและคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียมีปริมาณมาก อาจมีการจุดระเบิดไม่ติดหรือการสันดาปไม่ทั่วถึงเกิดขึ้นบางสูบที่รอบเดินเบา อัตราการจุดระเบิดไม่ติดเพียง 2% ก็จะสามารถทำให้ปริมาตรสารพิษในไอเสีย มีค่าเกินมาตรฐานได้ 100 ถึง 200%

2.1.11.3 เมื่อสิ้นผีเสื้อปิดขณะเครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วสูง (Closing throttle at high engine speed) เมื่อต้องการลดความเร็วอย่างทันทีทันใด โดยการถอนคันเร่งเพื่อปิดลิ้นผีเสื้อขณะที่ เครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วสูง จะเกิดสุญญากาศสูงในท่อไอดีทำให้ไอเสียตกค้างในปริมาณมาก เชื้อเพลิงเข้มมากและเกิดการสันดาปไม่ทั่วถึง การจุดระเบิดไม่ติดและก่อให้เกิดมลพิษในไอเสียสูง จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ในสภาวะการทำงานเช่นนี้ของเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่ใช้คาบิวเรเตอร์ จะประสบกับปัญหาของการสันดาปเป็นพิเศษ เพราะสุญญากาศที่เกิดขึ้น จะดูดเชื้อเพลิงออกมาผสมกับอากาศในอัตราที่สูงมาก ทำให้ไอดีเข้ม และเกิดการสันดาปได้ยาก ไฮโดรคาร์บอนและคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียจึงมีปริมาณมาก ระบบควบคุมเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบหัวฉีด จะหยุดการจ่ายเชื้อเพลิงในสภาวะนี้ทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้ราบเรียบกว่ามาก

2.1.11.4 การติดเครื่องยนต์เย็น (Starting a cold engine) การติดเครื่องยนต์ที่เย็น ต้องจ่ายเชื้อเพลิงในปริมาณที่เกิน เพื่อให้เชื้อเพลิงระเหยกลาย เป็นไอได้เพียงพอสำหรับการสันดาป ผนังของท่อไอดีและผนังของกระบอกสูบที่ยังเย็นอยู่ทำให้เชื้อเพลิงระเหยได้ในอัตราที่น้อยกว่ามาก เมื่อเทียบกับขณะที่มีอุณหภูมิใช้งานเชื้อเพลิงที่ยังเย็นอยู่ก็มีการไหลที่ไม่ดีพอเครื่องยนต์ซึ่งถูกขับด้วยมอเตอร์สตาร์ทก็หมุนด้วยความเร็วต่ำ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการที่ไอดีถูกอัดก็สูญไปกับการถ่ายเทความร้อนให้แก่ผนังกระบอกสูบซึ่งยังเย็นอยู่ น้ำมันหล่อลื่นซึ่งยังเย็นและมีความหนืดสูง ก็ต้านการหมุนของเครื่องยนต์ให้ช้าลงอีก ตัวแปรเหล่านี้ล้วนทำให้เครื่องยนต์ที่ยังเย็นต้องการไอดีที่เข้มมากบางครั้งอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง อาจต้องสูงถึง 1:1 แม้ทุกส่วนของเครื่องยนต์จะเย็นเชื้อเพลิงส่วนหนึ่งก็ยัง

สามารถระเหยได้และผสมกับอากาศในสัดส่วนที่ติดไฟได้ ไอดีจึงถูกสันดาปและทำให้เครื่องยนต์เริ่มร้อน หลังทำงานเพียงไม่กี่วัฏจักร ต่อจากนั้นเพียงไม่กี่วินาทีก็สามารถทำงานได้ในสภาวะปกติ แต่ก็ต้องรอให้เวลาผ่านไปหลายนาทีจนกว่าเครื่องยนต์จะร้อนถึงอุณหภูมิใช้งาน เชื้อเพลิงตกค้างที่ไม่ยอมระเหยในช่วงแรกจะเริ่มระเหยและทำให้ไอดีเข้มเกินไป จึงเป็นช่วงที่ปริมาณไฮโดรคาร์บอนและคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียสูง และแคทาลิทิค คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งยังเย็นอยู่ก็ไม่สามารถกำจัดมลพิษดังกล่าวนี้ได้ เราสามารถซื้อสารช่วยให้เครื่องยนต์ติดในขณะอากาศเย็นจัดมาใช้ได้ เช่น ไดเอธิลอีเธอร์ ซึ่งมีความดันไอสูงมากและระเหยได้เร็วกว่าแก๊โซลีน ช่วยทำให้ไอดีเข้มขึ้นและจะลุกไหม้ได้ง่าย สารประเภทนี้มีจำหน่ายเป็นกระป๋องโดยพ่นเข้าทางท่อไอดีขณะติดเครื่องยนต์ (รถยนต์ภายในประเทศไทยไม่มีความจำเป็นต้องใช้ เพราะอุณหภูมิไม่ต่ำมาก)

2.1.12 ไบโอดีเซล

ด้วยในสถานะการณ์ปัจจุบันประสบกับปัญหาปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง รวมถึงปริมาณน้ำมันสำรองที่ลดลงจากากรใช้งาน ส่งผลให้นำมันมีราคาสูงขึ้น สาเหตุที่สำคัญอย่างหนึ่งเนื่องมาจากปริมาณเครื่องยนต์ดีเซลที่เพิ่มมากขึ้น จึงได้มีการส่งเสริมงานสำรวจและศึกษาค้นคว้าเพื่อหาแหล่งพลังงานทดแทน หลายประเทศทั่วโลกกำลังศึกษาเทคโนโลยีใหม่เพื่อการผลิตพลังงานจากมวลชีวภาพที่มีอยู่ในธรรมชาติซึ่งผลิตทดแทนได้โดยไม่หมดไป ตราบใดที่มีแสงอาทิตย์เพื่อการเจริญเติบโตของพืช อย่างไรก็ตามข้อควรคำนึงถึงในการเลือกใช้พลังงานทางเลือกที่สำคัญคือ ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสภาพแวดล้อมเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันจากฟอสซิล และความสามารถในการควบคุมแหล่งพลังงานให้ผลิตได้ต่อเนื่องและไม่มีวันหมด ไบโอดีเซลจึงนับเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจและมีผู้ศึกษากันอย่างมากในปัจจุบัน

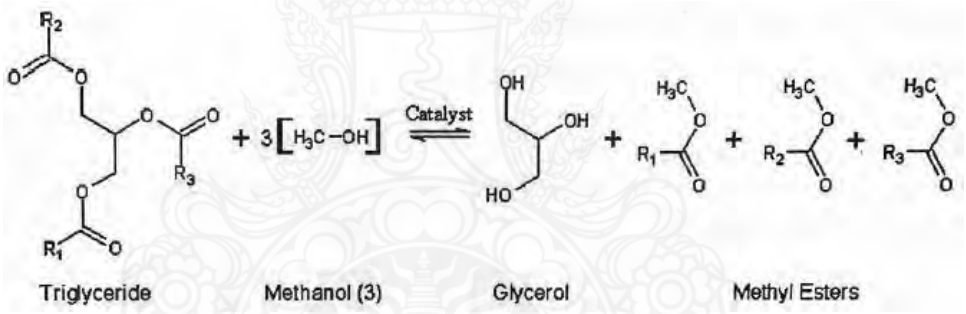
ไบโอดีเซล คือ แอลคิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ผลิตได้โดยกระบวนการปฏิกิริยาทางเคมี โดยนำน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์มาทำปฏิกิริยาร่วมกับแอลกอฮอล์ สุดท้ายของปฏิกิริยาก็จะได้แอลคิลเอสเทอร์ของกรดไขมันหรือไบโอดีเซลนั้นเอง นอกจากนี้แล้วจะเกิดกลีเซอรีนเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมอีกชนิดหนึ่งด้วย ข้อดีของการใช้ไบโอดีเซลมีมากมาย เช่น สามารถลดปริมาณการนำเข้าน้ำมันดิบได้อย่างมหาศาล ยิ่งกว่านั้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล การใช้ไบโอดีเซลยังช่วยรักษาสภาพแวดล้อมให้ดีขึ้นได้ วัตถุดิบที่นำมาผลิตไบโอดีเซลคือน้ำมันพืชชนิดต่างๆ การเลือกชนิดของน้ำมันนั้นโดยหลักแล้วอยู่ที่พืชชนิดใดเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีในพื้นที่นั้นๆ เช่น น้ำมันจากถั่วเหลืองที่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบในประเทศสหรัฐอเมริกา น้ำมันจากเมล็ดเรปนิยมใช้เป็นวัตถุดิบในยุโรป ส่วนน้ำมันที่ใช้แล้วในครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมอาหารมักนิยมใช้ในประเทศที่มีพื้นที่เกษตรน้อย เช่น ประเทศญี่ปุ่น และสำหรับประเทศไทยนั้นได้มีการส่งเสริมให้ใช้วัตถุดิบหลักจาก ปาล์มดิบ สบู่ดำ และน้ำมันที่ใช้แล้ว อีกทั้งยังมีการส่งเสริมการผลิตไบโอดีเซลในชุมชน ลัเพิ่มพื้นที่การปลูกปาล์มและสบู่ดำให้มีปริมาณที่มากพอเพื่อผลิตไบโอดีเซล อย่างไรก็ตามเรื่องสำคัญที่สุดคือการควบคุมมาตรฐานของไบโอดีเซลที่ผลิตขึ้นให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อให้สามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ได้โดยไม่เกิดปัญหาใดๆ ทั้งนี้การนำไบโอดีเซลมาใช้งานสามารถนำมาใช้ได้โดยตรงโดยไม่ต้องทำการผสม หรือนำมาผสมกับน้ำมันดีเซลก่อนการนำไปใช้

ซึ่งจะมีชื่อเรียกตามอัตราส่วนการผสมระหว่างไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซล เช่น หากนำไบโอดีเซลที่ได้ไปใช้งานโดยตรงโดยไม่ทำการผสมจะเรียกว่า B100 หรือถ้านำไบโอดีเซลไปผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 1 ต่อ 4 โดยปริมาตร (ไบโอดีเซล 20 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันดีเซล 80 เปอร์เซ็นต์) จะเรียกว่า B20

ไบโอดีเซลมีสมบัติในการย่อยสลายทางชีวภาพ มีปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสียน้อยกว่าน้ำมันดีเซล มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่า มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าน้ำมันดีเซลทั่วไป รวมทั้งไบโอดีเซลไม่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบจึงไม่ก่อให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำให้ไบโอดีเซลเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าน้ำมันดีเซลทั่วไป (อนุชา พรมวังขวา และ ชัยชาญ ฤทธิเกริกไกร, 2550)

2.1.13 ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน

ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน คือ ปฏิกิริยากาแลกเปลี่ยนเคลื่อนย้ายหมู่แอลคิล (Alkyl) ของเอสเทอร์ (Ester) หรือไทรกลีเซอไรด์กับแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอล เกิดเป็นสารประกอบเอสเทอร์ตัวใหม่ หรือมอโนแอลคิลเอสเทอร์ (mono-alkylester) ได้แก่สารจำพวกเมทิลเอสเทอร์ ดังแสดงในภาพ

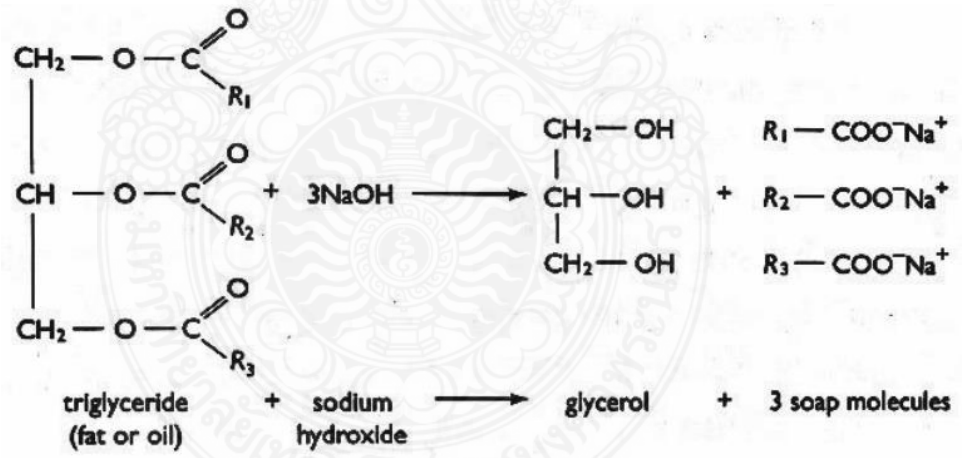


รูปที่ 2.12 ปฏิกิริยาการเกิดทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Mohamed Y.E. Selim,2003)

วิธีการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมที่สุดในปัจจุบัน ซึ่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันนั้นเป็นชื่อเรียกโดยทั่วไปของปฏิกิริยาอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่สามารถใช้ลดความหนืดของไทรกลีเซอไรด์ และเพิ่มสมบัติทางเชื้อเพลิงให้มีลักษณะคล้ายกับน้ำมันดีเซล สามารถทำได้โดยการนำไทรกลีเซอไรด์ในน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ที่ใช้แล้วและยังไม่ได้ทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันกับแอลกอฮอล์โซ่สั้น เช่น เอทานอล หรือเมทานอล ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ที่สุดเนื่องจากมีราคาถูกเมื่อเทียบกับแอสกอฮอล์ชนิดอื่น สำหรับตัวเร่งปฏิกิริยานั้นสามารใช้ได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี กรด ด่าง หรือตัวเร่งชีวภาพ เช่น ลิเพส และเมื่อทำปฏิกิริยาจนเสร็จสมบูรณ์จะได้ผลิตภัณฑ์ออกมาเป็นกลีเซอรอล และเอสเทอร์ของกรดไขมัน หรือน้ำมันไบโอดีเซล (Mohamed Y.E. Selim,2003)

ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันนั้น สามารถใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาได้หลากหลายชนิดไม่ว่าจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางเคมีหรือทางชีวภาพ ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาแต่ละประเภทจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป สำหรับการที่ใช้สารเคมีเป็นตัวเร่งปฏิกิริยานั้น สารเคมีที่นำมาใช้ส่วนใหญ่มักจะใช้

สารเคมีประเภทกรด เช่น กรดซัลฟิวริก หรือด่าง เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลในเชิงอุตสาหกรรมจะใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เนื่องจากสามารถให้ผลผลิตไบโอดีเซลที่สูง รวดเร็ว และต้นทุนต่ำ เนื่องจากไม่ต้องการอุณหภูมิและความดันในการทำปฏิกิริยาที่สูงมากนัก นอกจากนี้ยังมีข้อได้เปรียบที่ดีกว่าการใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยามาก ไม่ว่าจะเป็นการทำปฏิกิริยาสามารถให้ผลผลิตที่สูงกว่าภายใต้สภาวะที่ไม่รุนแรง และใช้เวลาการทำปฏิกิริยาที่สั้นกว่าภายใต้สภาวะเดียวกัน นอกจากนี้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นด่างยังมีความกัดกร่อนต่อเครื่องมือน้อยกว่าการใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา อีกทั้งยังใช้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่น้อยกว่าการใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จึงสามารถลดต้นทุนของแอลกอฮอล์ลงได้ด้วย อย่างไรก็ตามการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นด่างก็มีข้อเสียเช่นเดียวกัน ถึงแม้จะใช้อุณหภูมิและแอลกอฮอล์ในการทำปฏิกิริยาที่ต่ำกว่าการใช่กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา แต่ก็ยังอยู่ในระดับที่สูงกว่าการใช้ตัวเร่งชีวภาพ หรือลิเพสอยู่พอสมควร นอกจากนี้การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีตัวเร่งเป็นด่างจะมีความไวต่อลักษณะของน้ำมันที่ใช้เป็นสารตั้งต้น โดยการใช้ด่างเร่งปฏิกิริยาจะเหมาะสมกับน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิสระสูง และมีส่วนระกอบของน้ำต่ำ ซึ่งจัดเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพสูงเท่านั้น การใช้น้ำมันที่ใช้แล้วซึ่งมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงและมีน้ำเป็นส่วนประกอบอาจก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสบู่ (saponification) ระหว่างการผลิตไบโอดีเซลซึ่งมีผลต่อปริมาณผลผลิตไบโอดีเซลที่ได้รับให้มีจำนวนที่ลดลงและยังทำให้ยากต่อการแยกกลีเซอรอลที่เป็นผลผลิตร่วมออกจากผลิตภัณฑ์ (Mohamed Y.E. Selim, 2003)



รูปที่ 2.13 ปฏิกิริยาการเกิดสบู่ (Mohamed Y.E. Selim,2003)

2.2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการทำการวิจัยครั้งนี้ มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

Sherry Slater [1] ได้ศึกษาผลของเครื่องยนต์ดีเซล ที่ถูกปรับให้ใช้ได้ 2 ระบบ เพื่อเป็นการประหยัดน้ำมันดีเซล และเป็นการลดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม การใช้น้ำมันในการสันดาปภายในเครื่องยนต์ก่อให้เกิดก๊าซเสียปริมาณมาก จากการเพิ่มขึ้นของการใช้ยานพาหนะ พลังงานเหล่านี้ก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยก๊าซพิษสู่บรรยากาศในปริมาณสูง เช่น CO, NO_x ควันและสสารขนาดเล็ก ที่ถูกปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์ จากข้อมูลข้างต้นแหล่งพลังงานในปัจจุบันนั่นคือน้ำมันจะถูกแทนที่ด้วยแหล่งพลังงานทางเลือกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ทดลองโดยใช้เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ 1 ลูกสูบ ที่ถูกปรับให้ใช้เชื้อเพลิงแบบ 2 ระบบ ซึ่งคาร์บูเรเตอร์กับท่อฉีดก๊าซแอลพีจีถูกติดตั้งที่ท่อร่วมไอดี ระบบการฉีดน้ำมันปรับใหม่ และทำการบันทึกข้อมูลผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยกำหนดให้สถานะเครื่องยนต์คงที่ ที่ 1,500 รอบต่อนาที ภายใต้สภาวะที่ต่างกัน โดยสามารถใช้ก๊าซแอลพีจีแทนได้ 50% ที่ภาระเครื่องยนต์ต่ำ และ 20% ที่ภาระเครื่องยนต์สูง โดยความเข้มของควันที่ปล่อยออกมาลดลง โดยค่าภาระเครื่องยนต์ในการเปลี่ยนจากระบบดีเซล เป็นเชื้อเพลิง 2 ระบบ อยู่ที่ 35%

B. Ashok และ คณะ [2] ได้ศึกษาทบทวนบทความเกี่ยวกับเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซ LPG โดยบทความที่ได้ศึกษาส่วนมากเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซ LPG ส่วนมากจะใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงหลัง และมีน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสำรอง โดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลแบบลูกสูบเดียว เพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ และการปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซ LPG โดยประสิทธิภาพและการปล่อยก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซ LPG นั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ภาระ ปริมาณของเชื้อเพลิง เวลาในการฉีดของเชื้อเพลิง โดยผลกระทบของภาระของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซ LPG นั้นจะสามารถรับภาระได้ตั้งแต่ช่วงความเร็วรอบต่ำ ไปถึงรอบกลาง ในขณะที่เครื่องยนต์มีภาระที่รอบสูง จะเกิดช่วงการจุดระเบิดที่ช้าลง หรืออาจเกิดอาการน็อกของเครื่องยนต์เกิดขึ้นตามมา ในส่วนของความเร็วรอบของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซ LPG จะให้ประสิทธิภาพของความเร็วรอบที่ดีกว่า โดยการศึกษาจากอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่สามารถนำก๊าซ LPG ผสมและฉีดเข้าไปปยังห้องเผาไหม้ได้สูงสุดถึง 54% ที่ความเร็วรอบต่ำกว่าหรือเท่ากับ 2,000 รอบต่อนาที ในช่วงความเร็วรอบสูงหากผสมในอัตราส่วน 40% ของเชื้อเพลิงทั้งหมด เครื่องยนต์จะสามารถเดินเครื่องได้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีโดยไม่มีการน็อกเกิดขึ้น จากการทดลองของงานวิจัยจะแบ่งเป็นการผสมก๊าซ LPG 10%, 20% ที่ 1,400 รอบต่อนาทีหรือสูงกว่า และที่ 30% ที่ 1,200 รอบต่อนาทีหรือสูงกว่า โดยเครื่องยนต์ไม่เกิดการน็อก ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซ LPG จะให้ประสิทธิภาพที่ดีขึ้นเมื่อมีความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงขึ้น ในการทบทวน

บทความพบว่าเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซ LPG จะมีประสิทธิภาพการทำงานร่วมไปถึงการปล่อยก๊าซไอเสียที่ใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ชนิดเดียวกันที่ใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว

M.Mohamed Musthafa [3] ได้ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพและการปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลแบบเชื้อเพลิงคู่ (LPG - ไบโอดีเซล) ที่เคลือบผิวและไม่เคลือบผิวโดยมีและไม่มีสารเติมแต่ง โดยทำการศึกษากับเครื่องยนต์กระบอกสูบเดี่ยวสี่จังหวะระบายความร้อนด้วยน้ำ และเครื่องยนต์ดีเซลแบบหัวฉีดตรง และดัดแปลงให้ใช้ LPG โดยใช้น้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลังที่มีและไม่มีสารเติมแต่ง Di-Tertiary Buty Perexide (DTBP) เป็นเชื้อเพลิงสำรอง เมื่อเชื้อเพลิงหลักถูกอัดผสมกับอากาศในท่อร่วมไอดี โดยวิธีการเร่งปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิคเคชั่นส์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพและการปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลที่มีสารเคลือบผิวโดยใช้ทำมันไบโอดีเซลผสมแอลพีจี และ ดีเซลผสมแอลพีจี ที่ผสมสารเติมแต่งและไม่ผสมสารเติมแต่ง โดยเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซลแบบไม่เคลือบผิว จากการศึกษาพบว่าการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ไบโอดีเซลร่วมกับก๊าซแอลพีจี ที่มีการเคลือบผิว ที่ผสมสาร DTBP เพิ่มประสิทธิภาพ 4.5% และลดลง 4.2% เมื่อการทำงานของเครื่องยนต์ถึง 80% จึงทำให้การปล่อยไอเสียลดลงระหว่าง 9 – 12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ที่ไม่เติมสารเคลือบผิวที่ใช้ก๊าซแอลพีจีร่วมกับน้ำมันดีเซล และยังลดการปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ลดลงมาถึง 32% ในเครื่องยนต์ที่เติมสารเคลือบผิว เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ที่ไม่เติมสารเคลือบผิว

D.B. Lata และ Ashok Misra [4] ได้ศึกษาระยะเวลาล่าช้าในการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ดีเซลร่วมกับก๊าซแอลพีจี โดยทำการทดลองกับเครื่องยนต์ดีเซล 4 สูบ 4 จังหวะแบบมีเทอร์โบชาร์จเจอร์ร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาด 62.5 kW ที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที โดยใช้ก๊าซแอลพีจีร่วมกับน้ำมันดีเซล ทำการทดสอบเพื่อวัดระยะเวลาหน่วงการติดไฟที่สภาวะโหลด 10 40 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการทดสอบพบว่าความสัมพันธ์ของการหน่วงเวลาในการจุดระเบิดสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล 4 สูบ 4 จังหวะ แบบมีเทอร์โบชาร์จเจอร์ และเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงร่วมในการจุดระเบิด พบว่า การจุดระเบิดล่าช้าขึ้นอยู่กับความดันและอุณหภูมิ และแรงอัดอากาศ แต่สำหรับในเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมกับก๊าซแอลพีจี มีค่าความดันสูงกว่า ถึง 6.56% และอุณหภูมิสูงกว่าถึง 14.6% ในขณะที่เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวมีความดันที่ 7.55% และอุณหภูมิ 33.3%

Zhan-Yi Wu, Horng-Wen Wu และ Cheng-Han Hung [5] ได้ศึกษาลักษณะการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซลโดยใช้น้ำมันไบโอดีเซลและก๊าซแอลพีจีเป็นส่วนผสม โดยทดลองในเครื่องยนต์ดีเซล คูโบต้า 1 สูบ 4 จังหวะ รุ่น RK-125 ระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ 1,500 รอบต่อนาที ที่ใช้ส่วนผสมน้ำมันดีเซล B10, B20, และ B40 น้ำมันไบโอดีเซล 20%, 30% และ 40% และอัตราส่วนแก๊สแอลพีจี ที่โหลด 30 – 90 % จากการทดสอบพบว่า เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมกับก๊าซ LPG มีการปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์ที่มีการปรับปรุงแล้วสบบูรณ์กว่า 90% เมื่อนำค่าจากการทดสอบมาเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว โดยค่าของเชื้อเพลิงและปริมาณก๊าซไอเสียและก๊าซไนโตรเจนออกไซต์ที่ดีนั้นจะมีอัตราส่วนผสมของน้ำมันดีเซล B10 รวมกับก๊าซ LPG 40% และมีการเปิดของ EGR ที่ 20% โดยที่อัตราส่วนดังกล่างยังช่วยให้คุณลักษณธการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ เวลาในการ

ฉีดของน้ำมันเชื้อเพลิง อัตราการปล่อยไอเสีย รวมไปถึงความล่าช้าในการจุดระเบิดของเครื่องยนต์จะมีการล่าช้าสูงกว่าในเครื่องยนต์ดีเซลปกติ นอกจากนี้อัตราส่วนผสมที่ไม่เหมาะสมก็จะทำให้เครื่องยนต์เดินเครื่องได้อย่างไม่สมบูรณ์ ดังนั้นเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ไบโอดีเซลผสมกับก๊าซ LPG ที่เหมาะสมควรจะมีการปล่อยก๊าซไอเสียให้ลดลง 52% และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ลดลง 31% ในขณะที่ภาระดของเครื่องยนต์อยู่ที่ 60% เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว

Emmanuel Anye Nganga และ Claude Valery Ngayihi Abbeb [6] ได้ศึกษาวิเคราะห์เชิงตัวเลขและทดลองสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลที่ดัดแปลงให้ใช้แอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำรอง โดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ Volkswagen ขนาด 4 ลูกสูบแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ให้กำลังงานสูงสุด 55 kW ในเวลา 20 นาที และวัดค่าแรงบิดสูงสุดได้ที่ 145 นิวตันเมตร ทั้งหมดคุมสั่งการทำงานและการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ จากการศึกษาทดลองพบว่าเครื่องยนต์โดยทั่วไปความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่สูงขึ้นและในทางกลับกันความดันในกระบอกสูบก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ในการศึกษาทดลองยังพบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของ LPG จาก 50% ไปจนถึง 60% ของแต่ละครั้งในการทดสอบจะพบว่าจะไปช่วยเพิ่มและปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีเซลที่ดัดแปลงให้ใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำรองนั้นดีขึ้น และยังช่วยลดการปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนลงอีกด้วย

กิตติศักดิ์ คำสินลา และคณะ [7] ได้ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิไอดีต่อคุณลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลแบบเชื้อเพลิงร่วมที่มีต่อคุณลักษณะการเผาไหม้และการทำงานของเครื่องยนต์ โดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล 4 สูบ เทอร์โบชาร์จเจอร์ ขนาด 2,494 ซีซี ที่ความเร็วรอบคงที่ 2,400 รอบต่อนาที โดยควบคุมให้มีปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติต่อเชื้อเพลิงทั้งหมดที่สัดส่วนเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพิ่มอากาศก่อนเข้าสู่กรองอากาศจาก 30 องศา จนถึง 60 องศา พบว่าอุณหภูมิของส่วนผสมที่ท่อร่วมไอดีเพิ่มไม่เกิน 12 องศา ผลการทดลองพบว่าสารมลพิษไฮโดรคาร์บอนลดลง 24 เปอร์เซ็นต์ และคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง 56 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผสมขาเข้าที่ร้อนขึ้นส่งผลให้ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนเพิ่มขึ้น 2 – 3 เท่า การปรับเปลี่ยนจังหวะมุมการฉีดดีเซล 30 องศา ถึง 50 องศา ก่อนถึงศูนย์ตายบนส่งผลให้ออกไซด์ของไนโตรเจนมีปริมาณลดลงราว 79 เปอร์เซ็นต์

เนรมิต กระแสลม [8] ได้ศึกษาการวิเคราะห์ผลกระทบการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงโดยนำเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ สูบเดียว มาลดอัตราส่วนเหลือ 11:1 และติดตั้งระบบจุดระเบิดที่ใช้ประกายไฟจากหัวเทียนและระบบจ่ายเชื้อเพลิงปิโตรเลียมเหลวเข้ากับเครื่องยนต์ ทำการทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์เป็นเวลา 500 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่ 50 และ 100 ชั่วโมง จนครบ 500 ชั่วโมง มาวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางเคมี ตรวจการสึกหรอบ่าวาล์ว แหวนลูกสูบ ลูกสูบ และกระบอกสูบ โดยการวัดชิ้นส่วน จากการทดลองพบว่าเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ให้ค่าแรงบิดและกำลังงานต่ำกว่าเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ดีเซลอย่างเดียวอยู่ 3 เปอร์เซ็นต์ และ 22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งการสึกหรอที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ทั้งสองไม่แตกต่างกัน ทั้งการวัดชิ้นส่วนและการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น ยกเว้นระยะจมวาล์วไอเสียที่สูงกว่า 30 เปอร์เซ็นต์

ปรีชา การินทร์ และ จินดา เจริญพรพาณิชย์ [10] ได้ศึกษาการใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมกับน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ โดยใช้แก๊ส LPG ทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล ขนาด 4 สูบ 4 จังหวะ ขนาด 2,499 ซีซี โดยไม่มีการปรับเปลี่ยนปริมาณการฉีดน้ำมันดีเซล วัดค่ากำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ ปริมาณควันดำจากไอเสีย และการอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ภาระ 500, 700 และ 900 kPa ทดสอบที่ความเร็ว 60, 80, 90, และ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากการทดลอง พบว่า ปริมาณควันดำจากไอเสียของเชื้อเพลิงผสม ที่ภาระปานกลาง มีค่าใกล้เคียงกับการใช้ดีเซลเพียงอย่างเดียว แต่จะมีภาระสูงมาก เนื่องจากไม่มีการปรับลดการฉีดน้ำมัน ทำให้อัตราส่วนเชื้อเพลิงสูงเกินไป ส่วนอัตราส่วนผสม LPG กับดีเซลมีค่าประมาณ 14 ต่อ 86 สามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณร้อยละ 38 มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว

พสิษฐ์ มือสันทัด และคณะ [11] ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กให้สามารถใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงร่วม เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลกับแก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงร่วม ทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที โดยป้อนแก๊สแอลพีจีเข้าทางท่อร่วมไอดีโดยตรงแล้วพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณแก๊สไอเสียจากการเผาไหม้ กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยวิธีการเพิ่มภาระให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับจาก 0, 10, 30, 50, 70, และ 90 เปอร์เซ็นต์ และภาระที่กำหนดสูงสุด 4,250 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที จากการทดสอบพบว่าที่ภาระเครื่องยนต์ 50 เปอร์เซ็นต์ คือภาระสูงสุดและสัดส่วนของน้ำมันดีเซลกับแอลพีจีสูงสุดเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ เครื่องยนต์สามารถเดินเครื่องได้ปกติ แต่มีสมรรถนะเครื่องยนต์ก็ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว และปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์และแก๊สไฮโดรคาร์บอนจากไอเสียสูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซลเพียงชนิดเดียว

สุร มะลิซ้อน และ ตะวัน สุจริตกุล [12] ได้ศึกษาการพัฒนาระบบควบคุมการน็อกของเครื่องยนต์ดีเซลอเนกประสงค์ทางการเกษตรที่ใช้เชื้อเพลิง โดยทำการทดสอบกับเครื่องสูบน้ำ ยี่ห้อมังกร ขนาด 2 นิ้ว ที่ความเร็ว 1,200 – 2,000 รอบต่อนาที ที่ความเร็วรอบคงที่ เพื่อทดสอบเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงระหว่าเครื่องยนต์ดีเซลล้วนกับเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับน้ำมันดีเซล โดยควบคุมการไหลของก๊าซที่เข้าเครื่องยนต์จนถึงภาวการณ์ทำงานที่เหมาะสมที่สุด จนเครื่องยนต์สามารถเดินเรียบ และมีความเร็วคงที่ ไม่เกิดอาการน็อกหรือการกระตุกของเครื่องยนต์ จากการทดสอบพบว่า ที่ความเร็วรอบ 1,600 รอบต่อนาที ที่ปริมาณก๊าซที่ป้อนเข้าเครื่องยนต์ 86.65 เปอร์เซ็นต์ ไม่พบการเกิดการน็อกหรืออาการกระตุกของเครื่องยนต์

เจียมศักดิ์ นันทนาเนตร [15] ได้ศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้แก๊สผสมน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง โดยพิจารณาเปรียบเทียบสมรรถนะ เขม่าควัน และแก๊สจากไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว เปรียบเทียบกับใช้แก๊สผสมน้ำมันดีเซล โดยทำการทดสอบด้วยเครื่องยนต์ 2 ชนิด คือ เครื่องยนต์ลูกสูบเดียว และเครื่องยนต์ 2 ลูกสูบ จากการทดสอบพบว่าการใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงร่วมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์ อีกทั้งยังช่วยลดควันดำและก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ลง เมื่อเครื่องยนต์รับภาระหนักโดยเฉพาะที่ความเร็วรอบต่ำพบว่าส่วนผสมของน้ำมันและแก๊สที่พอเหมาะ เพื่อจะได้ประสิทธิภาพทางความร้อนและไอเสียของเครื่องยนต์ที่ดีที่สุด

ก็ขึ้นอยู่กับแต่ละชนิดของเครื่องยนต์ และความเร็วรอบ ซึ่งปริมาณแก๊สที่ใช้ทดสอบกับเครื่องยนต์อยู่ระหว่างร้อยละ 20 – 30 ของเชื้อเพลิงทั้งหมดโดนน้ำหนัก

ธนากร กรอบสนิท [16] ได้ศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) เป็นส่วนผสมโดยศึกษาเชื้อเพลิงผสมระหว่างแอลพีจีกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่าง ๆ โดยน้ำหนัก ทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 2,446 ซีซี 4 สูบ 4 จังหวะ 89 แรงม้า แรงบิด 156 นิวตัน-เมตร ที่ 2,400 รอบต่อนาที ติดตั้งบนไดนาโมมิเตอร์ โดนทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 1,500 2,000 2,500 และ 3,000 รอบต่อนาที ที่โหลด 50, 90, และ 120 นิวตัน-เมตร จากการทดสอบพบว่าอัตราส่วนผสมที่เครื่องยนต์สามารถทำงานได้ตามปกติ โดยการผสมก๊าซแอลพีจีกับน้ำมันดีเซลโดยตรงอัตราส่วนผสมก๊าซแอลพีจีที่ 30% โดยน้ำหนัก คืออัตราส่วนผสมที่เครื่องยนต์สามารถเดินเครื่องได้โดนไม่มีการน็อก ด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่อัตราส่วน 30% มีอัตราการสิ้นเปลืองน้อยกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว มีค่าอัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงต่ำกว่าจึงทำให้เผาไหม้ไม่หมด ปริมาณแก๊สไอเสียเมื่อใช้เชื้อเพลิงร่วมสูงกว่าใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว จากการทดสอบยังพบว่าการสึกหรอของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงร่วมหรือใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวมีค่าการซึกหรอที่ไม่แตกต่างกันโดยวัดจากเครื่องมือวัดละเอียด

ธีรวัฒน์ จันทร์สว่าง และคณะ [17] ได้ศึกษาการเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม โดยทดสอบกับเครื่องยนต์คูโบต้า รุ่น ET70 กับน้ำมันดีเซล (B2) ทดสอบเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลที่ 1,500 รอบต่อนาที ที่ภาระเครื่องยนต์ประมาณ 3,500 วัตต์ เพื่อทำการวัดค่าแรงบิด เมื่อนำมาผสมก๊าซหุงต้ม ตามอัตราส่วนต่าง ๆ จากการทดสอบพบว่า เมื่อผสมก๊าซหุงต้มมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในอัตราส่วยต่าง ๆ ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล (B2) เพียงอย่างเดียว ซึ่งทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว

ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท [18] ได้ศึกษาการปลดปล่อยความร้อนและออกไซด์ของไนโตรเจนในเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มผสมกับน้ำมันดีเซล ในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 15 น้ำมันปาล์มโอเลอิน 100 % และน้ำมันดีเซล โดยทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียว และทดสอบที่ความเร็วรอบคงที่ 2,000 rpm โดยการวิเคราะห์ข้อมูลความดันในกระบอกสูบ และผลทดสอบพบว่า เมื่อผสมน้ำมันปาล์มในน้ำมันดีเซลมากขึ้น ส่งผลให้ความดันในกระบอกสูบมีค่าเพิ่มขึ้น จากการศึกษาพบว่าการผสมน้ำมันปาล์มเพิ่มขึ้น ทำให้ส่วนผสมน้ำมันมีความหนาแน่นมากขึ้น ทำให้เข็มในหัวฉีดเปิดก่อน จึงเกิดการฉีดเชื้อเพลิงก่อน เป็นจำนวน 0.5 – 1.7 องศาเพลาข้อเหวี่ยง เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล

พิพล บุญจันต๊ะ และคณะ [19] ได้ศึกษาการใช้เชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจีในเครื่องยนต์ดีเซล พบว่าปริมาณก๊าซแอลพีจีสามารถทดแทนน้ำมันดีเซลได้ประมาณ 30 % โดยปริมาณก๊าซแอลพีจีนี้ เมื่อผสมกับอากาศแล้วส่วนผสมยังไม่อยู่ในอัตราส่วนที่ลุกติดไฟเองได้ ดังนั้นเมื่อน้ำมันดีเซลที่ถูกฉีดเข้าไปยังห้องเผาไหม้ จึงเป็นตัวที่ทำให้ก๊าซรอบๆ ละอองน้ำมันดีเซลติดไฟ ซึ่งในรอบเดินเบาหรือขณะที่เครื่องยนต์ยังมีภาระไม่มาก ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ฉีดเข้าไปจึงมีไม่เพียงพอที่จะช่วยเผาไหม้กับก๊าซได้หมด จึงไม่ควรป้อนก๊าซเข้าไปในช่วงนี้ ซึ่งช่วงที่เหมาะสมในการป้อนก๊าซ คือ ช่วงที่เครื่องยนต์มีภาระปานกลางขึ้นไป

สุรศักดิ์ เลาหกุลเวทิต [20] ได้ศึกษาเรื่องการใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงเสริมในเครื่องยนต์ดีเซล โดยทดสอบกับเครื่องยนต์ HINO แบบ DM-100 6 สูบ ชนิด Precombustion chanmer โดยศึกษาด้านสมรรถนะและแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์ เปรียบเทียบกันระหว่างการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว กับการใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงเสริมกับน้ำมันดีเซล จากผลทดสอบขั้นต้นเพื่อศึกษาผลจากการเปลี่ยนแปลงมุมของการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง และหามุมที่เหมาสมเพื่อใช้ในการทดสอบ ขั้นที่สองทดสอบหาสมรรถนะและไอเสียที่ความเร็วรอบต่าง ๆ โดยการเปลี่ยนภาระให้กับเครื่องยนต์ และเปลี่ยนอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ของก๊าซหุงต้มกับอากาศที่ภาระสูงสุดของแต่ละความเร็วรอบ ผลการทดสอบพอว่ามุมเริ่มฉีดของน้ำมันดีเซลที่เหมาะสมในการเดินเครื่องโดยใช้ก๊าซหุงต้มเสริมคือ 18 องศา BTDC ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเมื่อใช้ก๊าซหุงต้มต่ำกว่าน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว ที่ภาระต่ำ เป็นเพราะการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ แต่ที่ภาระสูงๆ ก๊าซหุงต้มจะให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่สูงขึ้นอีกทั้งยังช่วยลดในเรื่องการปล่อยควันไอเสียลงได้ และสูงขึ้นเมื่อมีภาระเพิ่มสูงขึ้น ในอัตราส่วนสูงสุดที่ที่สามารถจ่ายได้ของก๊าซหุงต้มต่อเชื้อเพลิงทั้งหมดอยู่ที่ค่าประมาณ 50 – 60 % (โดยพลังงาน) และเมื่อพิจารณาด้านประสิทธิภาพเชิงความร้อนและแก๊สไอเสียที่เกิดขึ้นควรมีค่าอยู่ระหว่าง 30 – 40 %

Jin Kusaka และ Takssahi Okamoto [23] ได้ศึกษาการเผาไหม้และการปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงร่วม ซึ่งจะได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงโดยการฉีดก๊าซธรรมชาติก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ และต้องใช้น้ำมันดีเซลจุดนำก่อน โดยการใช้โปรแกรมจำลอง 3-CFD ในการทดสอบ เพื่อจำลองและวิเคราะห์การเผาไหม้ภายในห้องเผาไหม้ ผลการทดสอบพบว่าที่ภาระต่ำหรือรอบเดินเบาจะได้ THC และประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำ จากปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถแก้ไขโดยใช้ระบบ EGR และการอุ่นไอดีก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาด้านมลพิษ และเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนให้กับเครื่องยนต์

Mohamed Y.E. Selim [24] ได้ศึกษากระบวนการเผาไหม้และการน็อกของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้เชื้อเพลิงร่วม โดยทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล Ricardo E6 สามารถใช้เชื้อเพลิงร่วม และสามารถคำนวณหากำลังอัดในกระบอกสูบ มุมของเพลาข้อเหวี่ยง และยังสามารถทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์ โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัววิเคราะห์ ข้อมูลความเร็วรอบ มุมการฉีดเชื้อเพลิง แรงดันเชื้อเพลิง อัตราส่วนผสม และสัญญาณเสียงการเผาไหม้ การน็อก ค่าแรงบิด ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการเดินเครื่อง ผลการทดสอบพบว่าเสียงที่เกิดจากการเผาไหม้และการน็อก รวมถึงขีดจำกัดของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงร่วม โดยศึกษาจากก๊าซธรรมชาติ(มีเทนอย่างเดียวและก๊าซธรรมชาติอัด) และน้ำมันดีเซล ที่ความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้ ทำการวัดเสียงที่เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้ ขีดจำกัดของเครื่องยนต์ ในการจุดระเบิดวัดจากค่าแรงบิดที่ส่งออกมาร่วมกับการจุดระเบิดและการน็อกของเครื่องยนต์

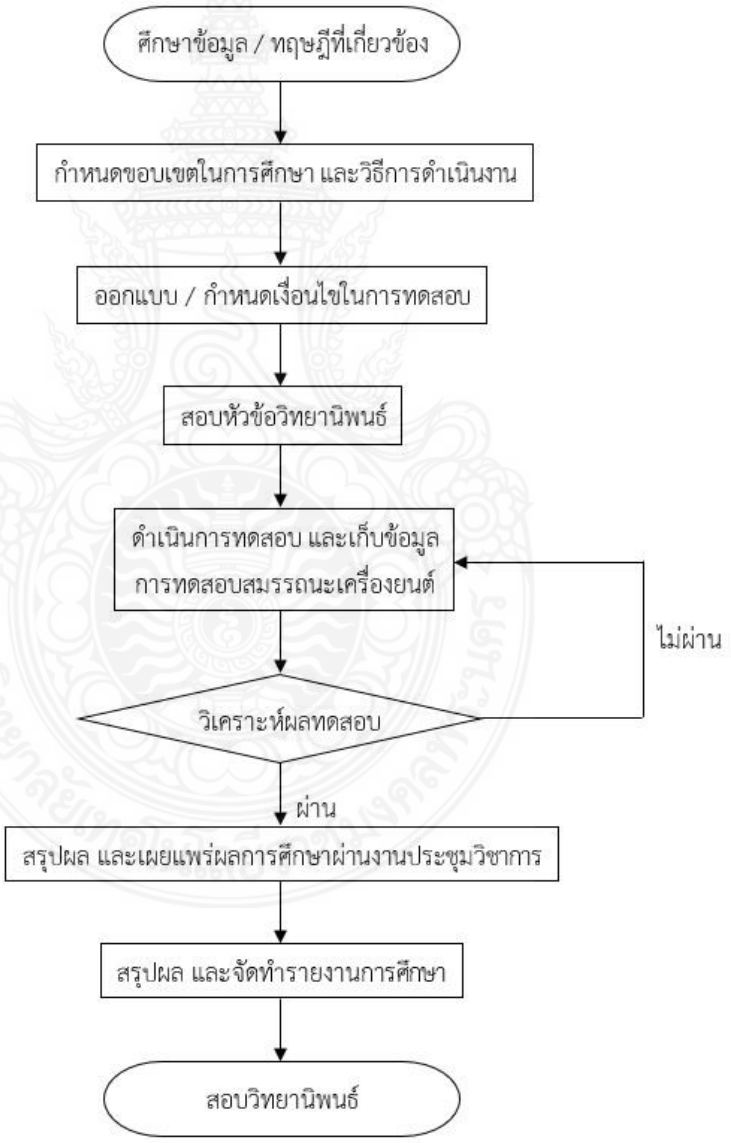
Saiful Bari [25] ได้ศึกษาผลกระทบของส่วนประกอบของคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในไบโอแก๊สที่นำไปใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องยนต์ดีเซล โดยการจำลองภาระของเครื่องยนต์ดีเซลโดยใช้ไบโอแก๊ส และทำศึกษาผลต่างของปริมาณมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่ออกจากเครื่องยนต์ดีเซ,เมื่อใช้เชื่อเพลิงร่วม ผลการทดสอบที่ได้คือมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งสองคือส่วนประกอบส่วนใหญ่ที่

มีอยู่ในไบโอแก๊สซึ่งส่วนที่เหลือจะเป็นไนโตรเจน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไฮโดรเจนซัลไฟล์ เมื่อเครื่องยนต์ดีเซลใช้เชื้อเพลิงร่วมโดยใช้ไบโอแก๊ส การเผาไหม้ไม่ดีเหมือนการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว สาเหตุหลักอาจเป็นเพราะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในไบโอแก๊ส

บทที่ 3

การดำเนินงาน

การจัดทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อดำเนินการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม (LPG) รวมถึงหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างก๊าซหุงต้ม (LPG) ต่อน้ำมันไบโอดีเซล (B20) ดังนั้นผู้จัดทำโครงงานมีขั้นตอนการดำเนินการแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน Flow chart

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1.1 ศึกษาข้อมูลทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบสมรรถนะ และอัตราส่วนผสมก๊าซหุงต้มกับน้ำมันไบโอดีเซล

3.1.2 กำหนดขอบเขตในการศึกษา และวางแผนดำเนินการวิจัย

3.1.3 ออกแบบและ กำหนดเงื่อนไขวิธีการทดสอบรวมถึงการปรับปรุงชุดทดสอบให้พร้อมทำการทดสอบ

3.1.4 ดำเนินการสอบหัวข้อวิทยานิพนธ์

3.1.5 ดำเนินการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม (LPG) และเก็บบันทึกผลการทดสอบ

3.1.6 วิเคราะห์ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม (LPG)

3.1.7 สรุปผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม (LPG) และเผยแพร่ผลการศึกษาผ่านงานประชุมวิชาการ

3.1.8 สรุปผลการศึกษา และจัดทำรายงานการศึกษา

3.1.9 สอบวิทยานิพนธ์

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.1 ชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

รูปที่ 3.2 ชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

อุปกรณ์ชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลประกอบด้วย

3.2.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ในการทดสอบสมรรนะของเครื่องยนต์ ได้นำเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระแสสลับขนาด 7 kW การทำงานจะอาศัยการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนกำลังของเครื่องยนต์ไปยังชุดแผงวงจรควบคุมหลอดไฟ

รูปที่ 3.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ขนาด 7 กิโลวัตต์

3.2.2 ชุดเครื่องยนต์ (Engine) เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องยนต์ยี่ห้อ คูโบต้า (KUBOTA) รุ่น ET70 เป็นเครื่องยนต์ดีเซล 1 สูบ 4 จังหวะ แบบ Direct Injection ข้อมูลของเครื่องยนต์ดังตารางที่ 3.1 เมื่อสตาร์ทเครื่องยนต์ เครื่องยนต์จะไปขับเจเนอเรเตอร์ เพื่อทำการวัดค่าต่าง ๆ ส่วนค่าที่วัดได้จากเครื่องยนต์โดยตรงจะประกอบไปด้วยค่าแรงบิด อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และความเร็วรอบของเครื่องยนต์

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดทั่วไปของเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบ

รุ่น	ET 70
แบบ	Direct Injection
จำนวนลูกสูบ	1
ขนาดกระบอกสูบ x ช่วงชัก mm	78 × 84
ปริมาตรช่วงชัก cm^3	401
กำลังเครื่องยนต์สูงสุด,แรงม้า kW / rpm	7 /2200
อัตราส่วนการอัด	23.5:1

การทดสอบครั้งนี้ได้มีการออกแบบอุปกรณ์การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซล (B20) น้ำมันดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม และน้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมแก๊สหุงต้ม (LPG) เป็นเชื้อเพลิงในการทดสอบเครื่องยนต์ ที่ภาระเครื่องยนต์ต่าง ๆ กัน ในการทำวิจัยต้องการเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งประกอบด้วย เครื่องยนต์ดีเซล เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาด 7,000 W แผงแสดงการทำงานด้วยหลอดไฟ ดังรูปที่ 3.4 และเครื่องมือวัดค่าต่าง ๆ ประกอบไปด้วย เครื่องชั่งน้ำหนัก อุปกรณ์วิเคราะห์ควันดำยี่ห้อ Bosch วัดค่าได้ 0.00 – 99.9 % และ อุปกรณ์ควบคุมปริมาณก๊าซ

3.2.3 เครื่องวัดควันดำ Bosch Smoke Meter รุ่น ETD020.0 FD764 ช่วง 0 – 99%

รูปที่ 3.4 เครื่องวัดควันดำ Bosch Smoke Meter

3.2.4 ชุดแผงแสดงภาระการทำงานของเครื่องยนต์ โดยใช้หลอดไฟขนาด 500 วัตต์ ต่อวงจรเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าควบคุมกรทำงานผ่านสวิตช์ควบคุม ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ชุดแผงแสดงภาระการทำงานของเครื่องยนต์

3.2.5 อุปกรณ์วัดน้ำหนักของถังก๊าซหุงต้ม (LPG) ใช้ในการหาอัตราการสิ้นเปลืองของก๊าซหุงต้ม (LPG) ที่จ่ายให้กับเครื่องยนต์ โดยใช้การชั่งน้ำหนักของถังก๊าซหุงต้มเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซหุงต้มที่จ่ายให้กับเครื่องยนต์ ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 อุปกรณ์ชั่งน้ำหนักของถังก๊าซหุงต้ม

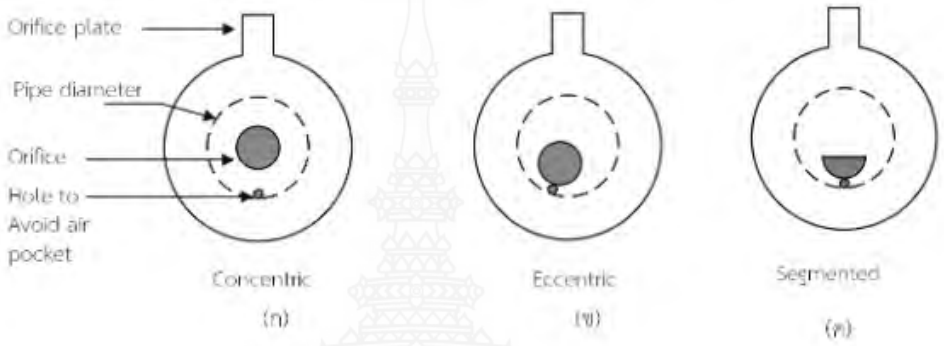
3.2.6 ชุดวัดปริมาณอากาศ จะประกอบไปด้วย

ก) ถังเก็บลมขนาด 200 ลิตร ทำหน้าที่จัดเรียงอากาศให้ราบเรียบก่อนผ่านเข้าเครื่องยนต์โดยถังเก็บปริมาณลมที่ใช้ในการทดสอบจะมีปริมาตรเป็น 500 เท่าของห้องเผาไหม้เครื่องยนต์ จึงเลือกใช้ถังลมขนาด 200 ลิตร ดังรูปที่ 3.7

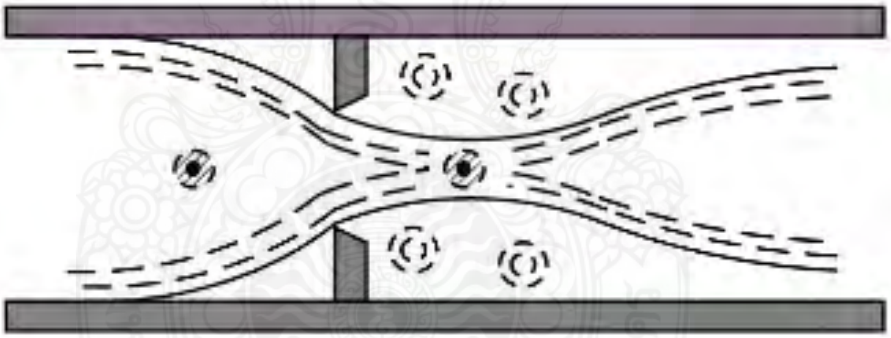
รูปที่ 3.7 ชุดวัดปริมาณอากาศ

ข) แผ่นออริฟิส (Orifice plate) เป็นอุปกรณ์ใช้วัดการไหล (Flow measurement) ของของไหล โดยวัดการไหลได้ทั้งของเหลวและก๊าซ แผ่นออริฟิสแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ ออริฟิสแบบจุดศูนย์กลางเดียวกัน (Concentric orifice) (รูปที่ 3.7) ออริฟิสแบบเยื้องศูนย์ (Eccentric orifice) (รูปที่ 3.7 ข) และออริฟิสชนิดที่มีช่องตรงกลางเป็นส่วนของวงกลม โดยตำแหน่งของช่องออริฟิสจะอยู่ด้านบนหรือด้านล่างก็ได้ ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ด้านล่าง (รูปที่ 3.7 ค) โดยทั่วไปแผ่นออริฟิสทำด้วยโลหะมีช่องเปิดวงกลมอยู่ตรงกลาง โดยช่องออริฟิสทางด้านของไหล ไหล

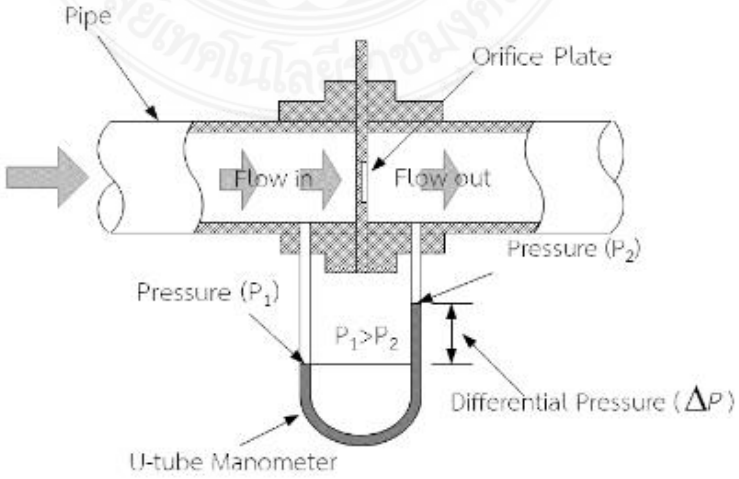
เข้าเป็นมุมฉาก และทางด้านขาออกขยายทำมุม 30° ถึง 45° เพื่อลดแรงเสียดทานให้ของไหลสามารถไหลผ่านได้อย่างสะดวก ซึ่งการใช้แผ่นออริฟิสสำหรับวัดอัตราการไหลนี้สามารถวัดการไหลได้เพียงทิศทางเดียวเท่านั้น โดยติดตั้งภายในท่อในลักษณะขวางทิศทางการไหล และติดตั้งเครื่องมือวัดความดันแตกต่าง (ΔP) ระหว่างความดันบริเวณด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นออริฟิส ซึ่งอาจเลือกใช้เครื่องมือวัดความดันแตกต่างชนิดใดก็ได้ โดยในรูปที่ 2 นี้เลือกใช้มาโนมิเตอร์รูปตัวยู (U-type manometer) นวภัทรา และ ทวีพล, 2555ออกแบบตามมาตรฐาน International Standard ISO 5167-2 Measurement of flow by means of pressure differential devices รูปที่ 3.8



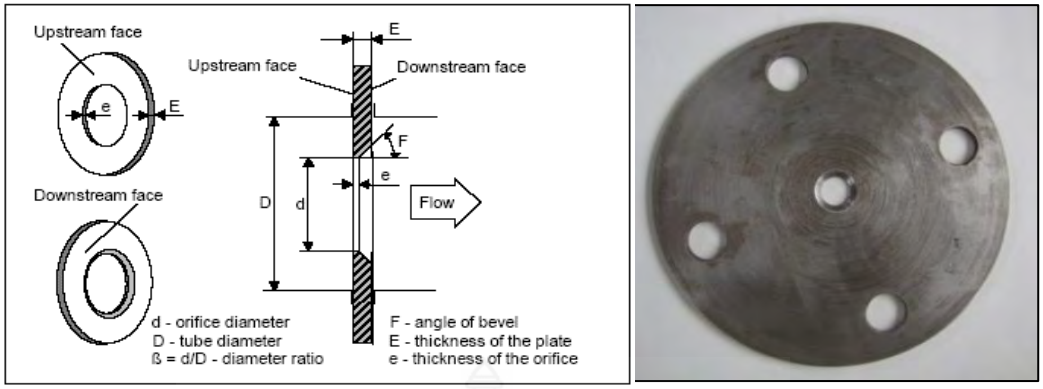
รูปที่ 3.8 แผ่นออริฟิส Orifice Plate



รูปที่ 3.9 ลักษณะการไหลของแผ่นออริฟิสแบบจุดศูนย์กลางเดียวกัน



รูปที่ 3.10 การติดตั้งแผ่นออริฟิสและเครื่องมือวัดความดันแตกต่างชนิดมาโนมิเตอร์รูปตัวยู



รูปที่ 3.11 แผ่นออริฟิสที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

ขนาดของแผ่นออริฟิสที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

D ความหนาของแผ่นออริฟิส อยู่ที่ขนาด 50.8 มิลลิเมตร

d ขนาดของรูกึ่งกลางแผ่นออริฟิส อยู่ที่ขนาด 12.7 มิลลิเมตร

E = 3.5 มิลลิเมตร

e = 1.016 มิลลิเมตร

F = 45 องศา

$\beta = 0.25$

CD = 0.6025

ค) มานอมิเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความดันอากาศ ก่อนผ่านเข้าเครื่องยนต์ โดยการวัดแรงลมที่ผ่านแผ่นออริฟิส ดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 มานอมิเตอร์

ง) อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิไอเสียที่ออกจากเครื่องยนต์ หรือ Thermocouple เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดค่าอุณหภูมิไของก๊าซไอเสียที่ออกจากเครื่องยนต์ โดยอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการ

ตรวจสอบค่าต่าง ๆ อุปกร์ตรวจวัดอุณหภูมิไอเสียที่ออกจากเครื่องยนต์ โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการวัดสมรรนะไอเสีย อยู่ที่ 0 – 1,200 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 3.13

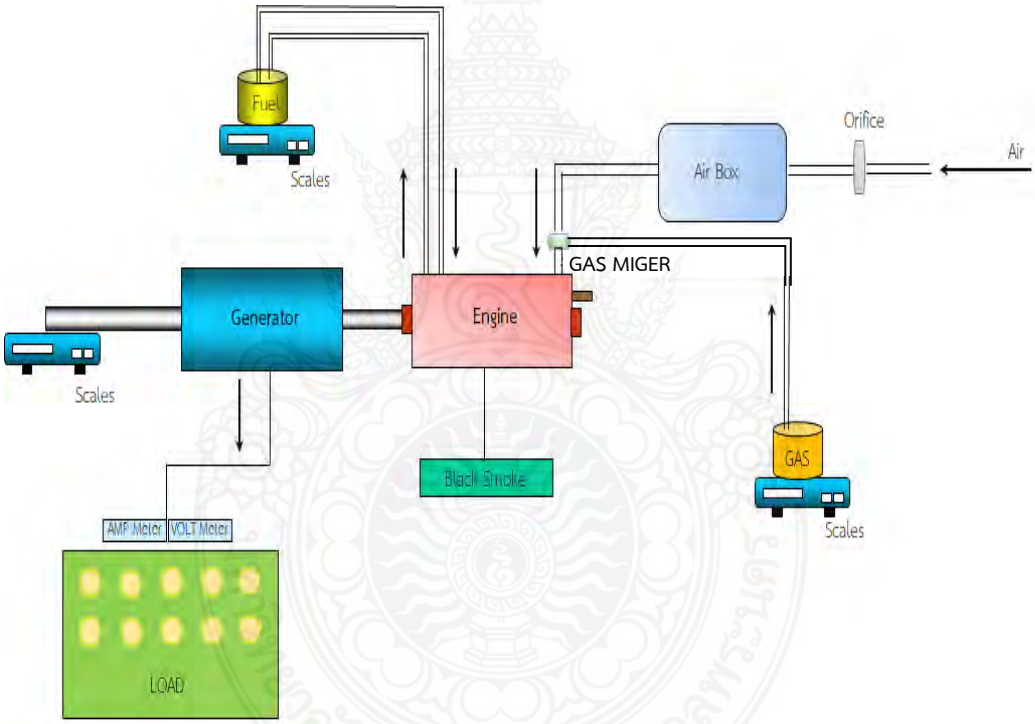
รูปที่ 3.13 อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิไอเสีย

จ) โรตามิเตอร์ (Rotameter) เป็นอุปกรณ์ใช้วัดการไหล (Flow measurement) ที่สามารถใช้วัดการไหลได้ทั้งของเหลวและก๊าซ โครงสร้างโดยทั่วไปของโรตามิเตอร์ประกอบด้วยท่อแก้วใสลักษณะเป็นรูปทรงกรวยวางตัวอยู่ในแนวตั้ง ภายในมีลูกลอย (Float) ที่สามารถเลื่อนขึ้นเลื่อนลงได้อย่างอิสระตามค่าอัตราการไหลของของไหลของก๊าซหุงต้มก่อนผ่านเข้าเครื่องยนต์ ดังรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.14 โรตามิเตอร์

ฉ) ชุดมิกซ์เซอร์ก๊าซ เป็นอุปกรณ์สำหรับผสมก๊าซหุงต้มกับอากาศก่อนผ่านเข้าเครื่องยนต์ โดยชุดมิกซ์เซอร์นี้จะมี คอคอด อยู่ช่วงระหว่างกลาง เพื่อทำให้อากาศกับก๊าซหุงต้มที่จ่ายผ่านเข้ามาสามารถรวมกันได้อย่างสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพที่ดีก่อนเข้าเครื่องยนต์ ดังรูปที่ 3.15

รูปที่ 3.15 ชุดมิกซ์เซอร์ก๊าซ



รูปที่ 3.16 แผนภาพการทดสอบ

ตารางที่ 3.2 สภาวะการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

รายการ	**สภาวะที่กำหนด**
ความเร็วรอบเครื่องยนต์	1,500±10 rpm
เชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ	Diesel/ Diesel+LPG / B20/ B20+LPG
ภาระของเครื่องยนต์	500 – 3,500 W
ปริมาณก๊าซหุงต้ม	31 – 37%

3.2.2 ทดสอบการทำงานของชุดทดสอบสมรรถนะ

3.2.2.1 ทดสอบติดเครื่องยนต์

3.2.2.2 ทดสอบชุดควบคุมปริมาณก๊าซหุงต้มของเครื่องทดสอบสมรรถนะ

3.2.2.3 ทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 ขั้นตอนการทดสอบ

4.1.1 ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบและตรวจสอบระบบหล่อเย็น

4.1.1.1 ตรวจสอบระดับน้ำมันเครื่องยนต์

4.1.1.2 ตรวจสอบระดับน้ำหล่อเย็นหรือน้ำหม้อน้ำ

4.1.1.3 ตรวจสอบระดับน้ำมันเชื้อเพลิง (น้ำมันไบโอดีเซล B20)

4.1.1.4 ตรวจสอบชุดเพลาของเครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

4.1.2 เตรียมอุปกรณ์ทดสอบและปรับตั้งเครื่องมือ

4.1.2.1 ติดตั้งเครื่องชั่งน้ำหนักถังก๊าซหุงต้ม (LPG)

4.1.2.2 ติดตั้งเครื่องชั้นน้ำหนักน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล (B20)

4.1.2.3 ติดตั้งเครื่องชั่งน้ำหนักกับแขนกดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

4.1.2.4 ตรวจสอบสวิตช์ควบคุมหลอดไฟ

4.1.2.5 ตรวจสอบอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์, เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิไอเสีย

4.1.2.6 ตรวจสอบชุดวาล์วควบคุมแรงดันแก๊สหุงต้ม (LPG)

4.1.3 ขั้นตอนการปรับตั้งและทดสอบ

4.1.3.1 สตาร์ทเครื่องยนต์ และปรับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่ 1,500 rpm

4.1.3.2 เปิด สวิตช์ควบคุมหลอดไฟ ที่ 500 W ไปถึง 3,500 W

4.1.3.3 จดบันทึกค่าในสภาวะต่าง ๆ ได้แก่ แรงบิด, อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง, อัตราการไหลของเชื้อเพลิง, ปริมาณควันดำ

4.1.3.4 กรณีใช้น้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง จะต้องปรับปริมาณก๊าซหุงต้มให้สัมพันธ์กับปริมาณน้ำมันไบโอดีเซล (B20) โดยที่เครื่องยนต์สามารถทำงานได้ปกติ จึงบันทึกค่าท่าระโหลดต่าง ๆ

4.2 เงื่อนไขในการทดสอบ

4.2.1 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ

การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลในครั้งนี้ จะใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการทดสอบด้วยกันทั้งหมด 4 ชนิด ที่ 1,500 รอบต่อนาที

4.2.1.1 น้ำมันดีเซล

4.2.1.2 น้ำมันดีเซลผผสมก๊าซหุงต้ม (LPG) ในอัตราส่วน 31 – 37 %

4.2.1.3 น้ำมันไบโอดีเซล (B20)

4.2.1.4 น้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม (LPG) ในอัตราส่วน 31 – 37 %

4.2.2 ภาระการทำงานของเครื่องยนต์

ในการศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลในครั้งนี้ นอกจากมีการกำหนดชนิดของเชื้อเพลิงดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ยังมีการควบคุมภาระการทำงานของเครื่องยนต์ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญในการทดสอบเครื่องยนต์ โดยจะทำการทดสอบภาระการทำงานของเครื่องยนต์ 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 วัตต์ (W)

4.2.3 ตัวแปรที่ศึกษา

จากการกำหนดเงื่อนไขตัวแปรสำคัญ ในการศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ในครั้งนี้ โดยมีการกำหนดชนิดของเชื้อเพลิง และภาระการทำงานของเครื่องยนต์ดังที่กล่าวมาข้างต้นแล้วนั้น ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์จะมีการศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้ต่างการทดสอบ ดังนี้

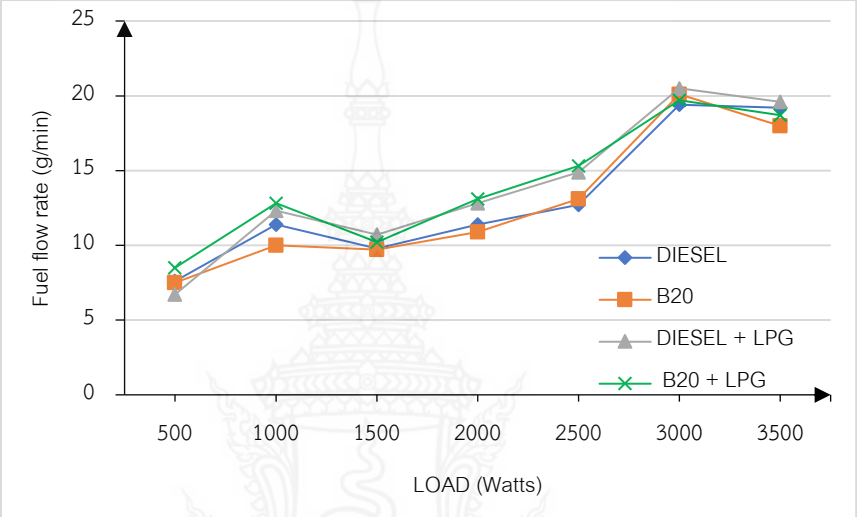
- แรงบิดของเครื่องยนต์
- อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
- อัตราการไหลของเชื้อเพลิง
- ปริมาณควันดำจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์

4.3 ผลการทดสอบ

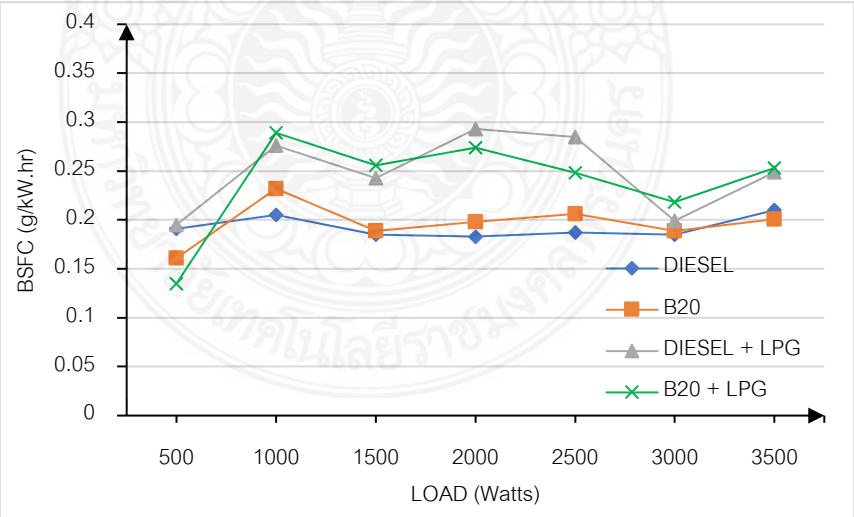
4.3.1 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

จากการทดสอบ พบว่า ในการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้เชื้อเพลิงผสมก๊าซหุงต้ม (LPG) สามารถใช้ก๊าซหุงต้มเป็นส่วนผสมร่วมกับน้ำมันไบโอดีเซล (B20) ในสภาวะวิกฤติอัตราส่วนที่ 31 – 37 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เครื่องยนต์ยังสามารถเดินเครื่องได้ตามปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซล (B20) และน้ำมันดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม ที่ภาระของเครื่องยนต์ ตั้งแต่ 500 ถึง 3,500 วัตต์ ที่ความเร็วคงที่ ที่ 1,500 รอบต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิด พบว่า เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม มีสมรรถนะที่

ใกล้เคียงกับ เครื่องยนต์น้ำมันดีเซลมากที่สุด ในขณะเดียวกันปริมาณควันไอเสียที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม ยังมีปริมาณที่น้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว และยังมีปริมาณที่น้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล (B20) เพียงอย่างเดียว ในสภาวะวิกฤติเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมก๊าซหุงต้มมากขึ้น ทั้งสองชนิดเชื้อเพลิงพบว่าแรงบิดและปริมาณควันดำ มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าหากปรับอัตราส่วนผสมก๊าซหุงต้มเกินกว่า 37 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เกิดการน็อกของเครื่องยนต์



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ภาระของเครื่องยนต์ที่ 1,500 รอบต่อนาที

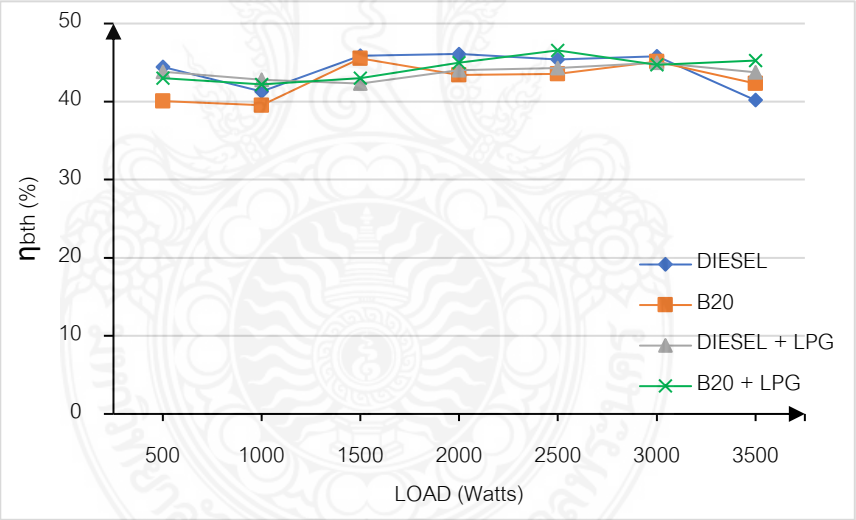


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับภาระของเครื่องยนต์ที่ 1,500 รอบต่อนาที

การเปรียบเทียบอัตราการไหลของเชื้อเพลิงกับภาระของเครื่องยนต์ที่ ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ค่าอัตราการไหลของน้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซล (B20) น้ำมันดีเซล

ผสมก๊าซหุงต้ม และน้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม (LPG) มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เมื่อภาระของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันน้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม จะมีการจ่ายเชื้อเพลิงที่มากกว่าเพื่อให้ได้ภาระงานที่เท่ากัน เมื่อเทียบกับอัตราการไหลของน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว

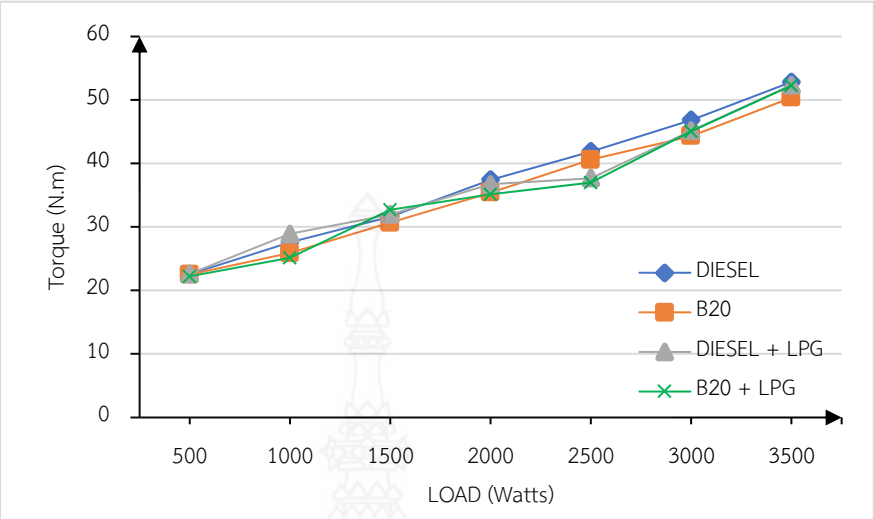
การเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Break Specific Fuel Consumption - BSFC) กับภาระของเครื่องยนต์ที่ ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของ น้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซล (B20) น้ำมันดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม และน้ำมันโบดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม(LPG) ในช่วงภาระต่าง ๆ มีแนวโน้มลดลง และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นสูงเมื่อเครื่องยนต์ทำงานเมื่อภาระสูงสุด จากกราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม (LPG) มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สูงกว่าน้ำมันดีเซล 3-9% ซึ่งอาจจะเกิดจากการผสมของเชื้อเพลิง 2 ชนิดทำให้การเผาไหม้ ไม่ดีเท่ากับน้ำมันชนิดอื่นที่ใช้น้ำมันเพียงชนิดเดียวในการทดสอบ เพื่อให้ได้ภาระงานของเครื่องยนต์ที่เท่ากันจึงต้องใช้ปริมาณน้ำมันที่มากกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Pasit. Mueasantad, Vichid. Buakaew, and Pichai. Asadamongkol, 2007)



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงภาระของเครื่องยนต์กับประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที

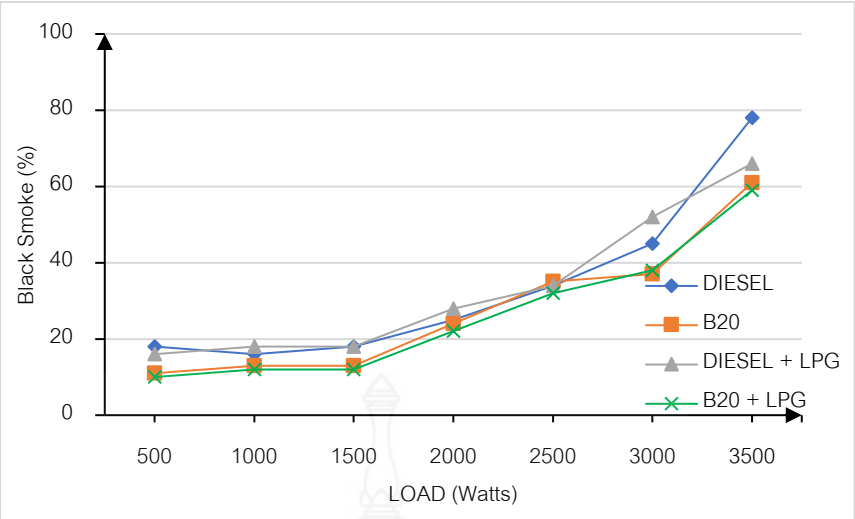
การเปรียบเทียบภาระของเครื่องยนต์กับประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่ ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที ดังแสดงในรูปที่ 4.3 จากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อปรับภาระของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของเชื้อเพลิงในช่วงโหลดต่าง ๆ ค่อนข้างใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของน้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ทั้งนี้เนื่องจากค่าความร้อนของเชื้อเพลิงของน้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสม

ก๊าซหุงต้มสูงกว่า จึงทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของน้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม จึงมากกว่า น้ำมันดีเซล และน้ำมันชนิดอื่นอยู่ 2 – 3 เปอร์เซ็นต์



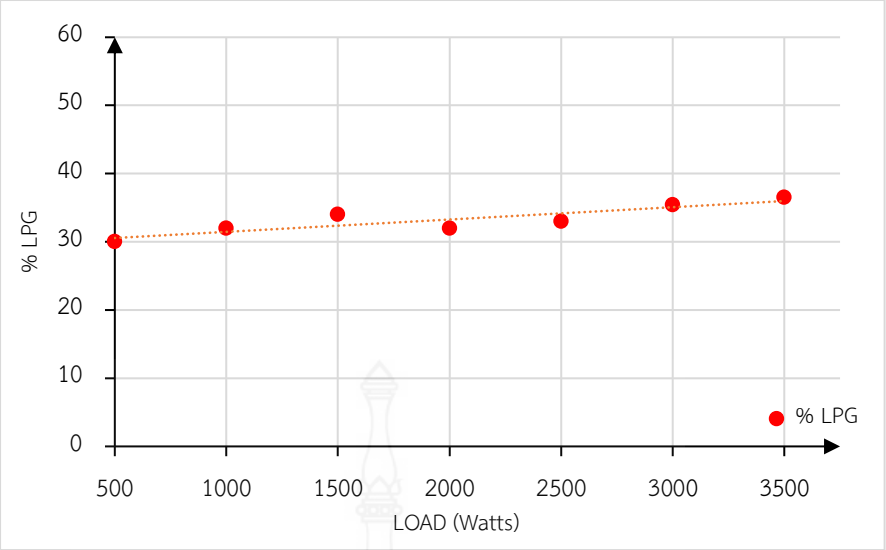
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงภาระกับแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที

การเปรียบเทียบภาระกับแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที ดังแสดงในรูปที่ 4.4 พบว่าค่าแรงบิดของน้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซล (B20) น้ำมันดีเซลผสมก๊าซหงต้ม และน้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม ทั้ง 4 ชนิด มีค่าแรงบิดที่ใกล้เคียงกัน จากรูปพบว่าเมื่อเครื่องยนต์มีภาระเพิ่มขึ้นทำให้แรงบิดของเครื่องยนต์เพิ่มสูงขึ้นปด้วย ซึ่งปกติแรงบิดจะแปรผันตามภาระของเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น น้ำมันดีเซล น้ำมันดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม น้ำมันไบโอดีเซล (B20) และน้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม มีค่าแรงบิดที่ใกล้เคียงกัน เมื่อแรงบิดของเครื่องยนต์มีค่าเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ภาระของเครื่องยนต์สูงขึ้นตามไปด้วย แต่เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม จะได้ค่าแรงบิดของเครื่องยนต์น้อยกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว

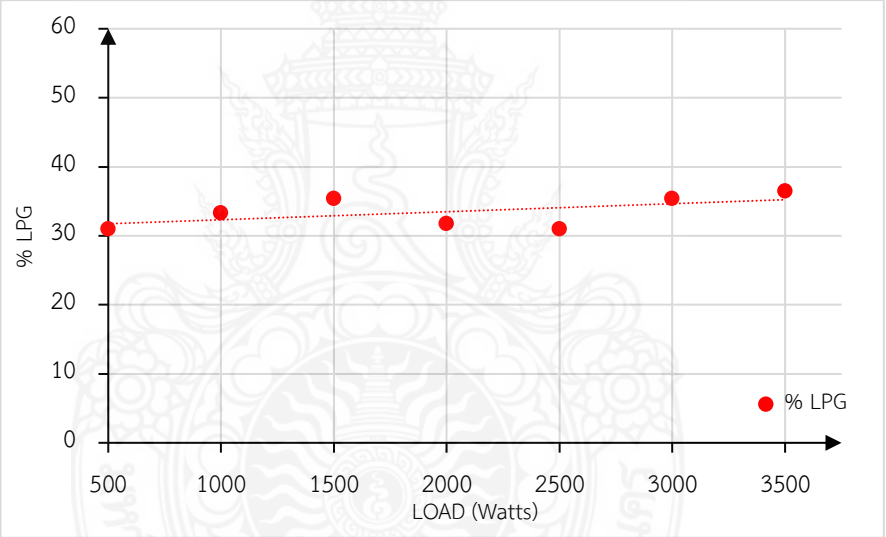


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงภาระของเครื่องยนต์กับปริมาณควันดำที่ ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที

การเปรียบเทียบระหว่างภาระของเครื่องยนต์กับปริมาณควันดำที่ ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที ดังแสดงในรูปที่ 4.5 เมื่อภาระเพิ่มขึ้นหรือส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น ปริมาณควันดำจากเชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีแนวโน้มที่สูงขึ้น จากรูปแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม จะมีปริมาณควันดำน้อยกว่าการใช้น้ำมันดีเซล ในภาระที่เท่ากัน เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว ปริมาณควันดำจะน้อยกว่าอยู่ 5 – 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานผลการวิจัยทั่วไปที่พบว่าเมื่อใช้น้ำมันไปโอดีเซลจะช่วยลดปริมาณควันดำจากเครื่องยนต์เนื่องจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น (Royal Thai Navy, 2013)

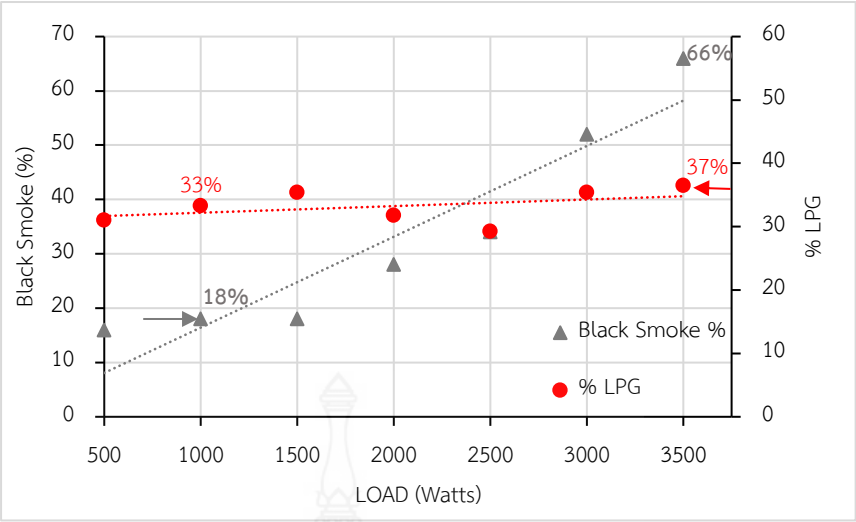


รูปที่ 4.6 กราฟแสดง % LPG ที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที เมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมแก๊สหุงต้ม

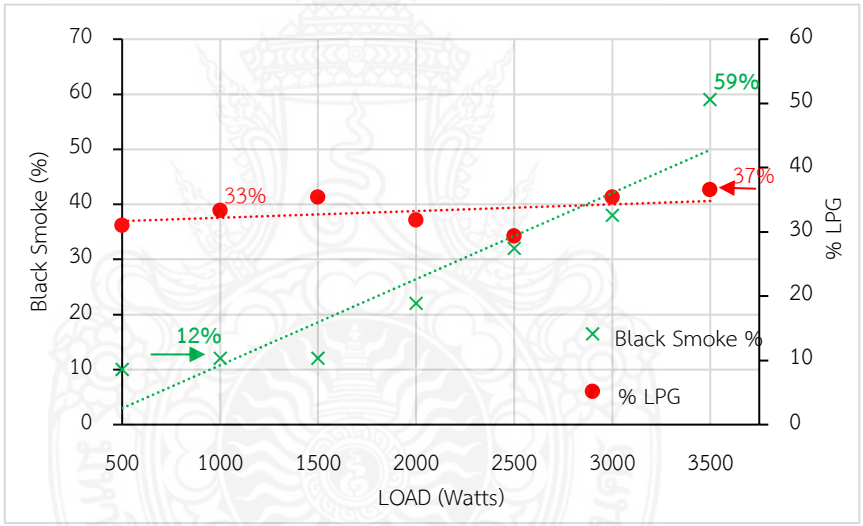


รูปที่ 4.7 กราฟแสดง % LPG ที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมแก๊สหุงต้ม

การเปรียบเทียบระหว่างภาระของเครื่องยนต์และ % LPG ที่ ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที ดังแสดงในรูปที่ 4.6 และ รูปที่ 4.7 เมื่อเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม มีภาระเพิ่มสูงขึ้น เปอร์เซ็นต์ของ LPG มีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย ตั้งแต่ 31 - 37 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แรงบิดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งในการทดสอบไม่พบปัญหาเครื่องยนต์น็อก แสดงว่าการเพิ่มของ LPG ผสมกับน้ำมันดีเซล หรือ น้ำมันไบโอดีเซล (B20) ในเครื่องยนต์ สามารถผสมกันได้ในสัดส่วนเกิน 30 เปอร์เซ็นต์ และเครื่องยนต์ยังสามารถทำงานได้ตามปกติ



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณควันดำกับภาระของเครื่องยนต์และ % LPG ที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที (น้ำมันดีเซลผสมแก๊สหุงต้ม LPG)



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณควันดำกับภาระของเครื่องยนต์และ % LPG ที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที (น้ำมันไบโอดีเซลผสมแก๊สหุงต้ม LPG)

การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณควันดำกับภาระของเครื่องยนต์และ % LPG ที่ ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที ดังแสดงในรูปที่ 4.8 และ รูปที่ 4.9 เมื่อภาระของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลผสมก๊าซหุงต้มเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ของ LPG มีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย ตั้งแต่ 31 - 37 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปริมาณควันดำเพิ่มสูงขึ้นตามที่ภาระเพิ่มสูงขึ้น ในขณะเดียวกัน เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม มีปริมาณควันดำในช่วงที่เครื่องยนต์มีภาระสูงขึ้น น้อยกว่า 3- 5 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการเพิ่มของ LPG ผสมกับน้ำมันไบโอดีเซล (B20) ในเครื่องยนต์ สามารถผสมกันได้ในสัดส่วนเกิน 30 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 5

สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลและการทดสอบ

เมื่อพิจารณาจากการทดสอบในครั้งนี้พบว่า ในการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้เชื้อเพลิงผสมก๊าซหุงต้ม (LPG) สามารถใช้ก๊าซหุงต้มเป็นส่วนผสมร่วมกับน้ำมันไบโอดีเซล (B20) พบว่าอัตราส่วนที่ 31 – 37 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมเมื่อนำก๊าซหุงต้ม (LPG) เมื่อผสมกับน้ำมันไบโอดีเซล (B20) โดยที่เครื่องยนต์ยังสามารถเดินเครื่องได้ตามปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซล (B20) น้ำมันดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม และน้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม ที่ภาระของเครื่องยนต์ตั้งแต่ 500 ถึง 3,500 วัตต์ ที่ความเร็วคงที่ ที่ 1,500 รอบต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิด พบว่า เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันไบโอดีเซล (B20) ผสมก๊าซหุงต้ม มีสมรรถนะที่ใกล้เคียงกับ เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมากที่สุด ในขณะเดียวกันปริมาณควันไอเสียที่ปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม มีปริมาณที่น้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว และยังมีปริมาณที่น้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล (B20) เพียงอย่างเดียว ในสภาวะวิกฤติเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมก๊าซหุงต้มมากขึ้น ทั้งสองชนิดเชื้อเพลิงพบว่าแรงบิดและปริมาณควันดำมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าหากปรับอัตราส่วนผสมก๊าซหุงต้มเกิน 37 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เกิดการน็อกของเครื่องยนต์

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 พื้นที่ของห้องทดสอบสมรรนะเครื่องยนต์ไม่เอื้ออำนวยต่อการทดสอบ เนื่องจากพื้นที่ในการทดสอบมีจำกัด ในบางช่วงเวลาไม่สามารถทำการทดสอบพร้อมกันได้ ประกอบกับมีการทดสอบพร้อมกันหลายกลุ่มงาน จึงทำให้การทดสอบเกิดการล่าช้า

5.2.2 เนื่องจากเครื่องยนต์และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบคอนข้างมีอายุการใช้งาน จึงจำเป็นต้องมีการวางแผนในการทดสอบ ตรวจสอบอุปกรณ์ และปรับปรุงอยู่ตลอดเวลาทำให้ความคืบหน้าในการทดสอบเกิดการล่าช้าออกไป

5.2.3 ในการปรับตั้งรอบเครื่องยนต์ จำเป็นต้องมีความชำนาญในการปรับตั้งรอบในแต่ละครั้ง เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถเดินเครื่องได้คงที่สม่ำเสมอ รวมไปถึงการปรับปริมาณก๊าซหุงต้ม

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 สถานที่ติดตั้งเครื่องทดสอบสมรรถะควรเป็นพื้นที่เปิดโล่ง มีอากาศถ่ายเท ชุดเครื่องทดสอบควรยึดติดให้แน่นไม่ควรเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ไปมาบ่อย เพราะจะทำให้ต้องปรับตั้งทุกครั้งก่อนมีการเริ่มทำการทดสอบ

5.3.2 ให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าต่าง ๆ ให้สามารถอ่านค่าได้ง่าย มีความแม่นยำ และเที่ยงตรง

บรรณานุกรม

[1] Sherry Slater, Feds urge use of blended gas, **The Journal Gazette**. Aug. 2011.

[2] B. Ashok, Swarup Kumar, Nayak, Purna and Chandra Mishra, **Combustion characteristics, performances and emissions of a biodiesel-producer gas dual fuel engine with varied combustor geometry,** Alexandria Engineering Journal, vol. 54, pp 105-126, 2015.

[3] M. Mohamed Musthafa, **A comparative study on coated and uncoated diesel engine performance and emissions running on dual fuel (LPG – biodiesel) with and without additive,** India Industrial Crops & Products, vol. 128, pp. 194–198, 2019.

[4] D.B. Lata and Ashok Misra, **Analysis of ignition delay period of a dual fuel diesel engine with hydrogen and LPG as secondary fuels,** International Journal of Hydrogen Energy, vol 36, pp 3746 – 3756, 2011.

[5] Zhan-Yi Wu, Horng-Wen Wu and Cheng-Han Hung, **Applying Taguchi method to combustion characteristics and optimal factors determination in diesel/biodiesel engines with port-injecting LPG,** Fuel, vol 117, pp 8 – 14, 2014.

[6] Emmanuel Anye Nganga and Claude Valery Ngayihi Abbeb, **Experimental and numerical analysis of the performance of a diesel engine retrofitted to use LPG as secondary fuel**, Applied Thermal Engineering, vol 136, pp 462 - 474, 2018.

[7] กิตติศักดิ์ คำสินลา และคณะ, **ผลกระทบของอุณหภูมิไอดีต่อคุณลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลแบบเชื้อเพลิงร่วม.** วิศวกรรมสาร มก, ฉบับที่ 82, ปีที่ 25, หน้า 33 – 45, ตุลาคม – ธันวาคม 2555.

[8] เนรมิต กระแสร์ลม, **การวิเคราะห์ผลกระทบการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงต่อการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ สูบเดียว,** วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, ฉบับที่ 3, ปีที่2, หน้า 1 – 13, กันยายน – ธันวาคม 2553.

[9] อนุชา พรมวังขวา และ ชัยชาญ ฤทธิเกริกไกร. **ไขประตูสู่ความรู้เรื่องไบโอดีเซล(1),** วารสารโลกพลังงาน, ฉบับที่ 35, ปีที่ 10, หน้า 49 – 46, เม.ย.-มิ.ย., 2550.

[10] ปรีชา การินทร์ และ จินดา เจริญพรพาณิชย์, **การศึกษาการใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมกับน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์,** การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย, ครั้งที่ 20, 18 – 20 ตุลาคม 2549, นครราชสีมา.

[11] พสิษฐ์ มือสันทัต และคณะ, **การพัฒนาเครื่องยนต์ขนาดเล็กให้สามารถใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงร่วม.** การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21, โรงแรมเวลคัมจอมเทียนบีช, 17 – 19 ตุลาคม 2550, ชลบุรี, หน้า 1,239 – 1,245.

[12] สุร มะลิซ้อน และ ตะวัน สุจริตกุล, **การพัฒนาระบบควบคุมการน็อคของเครื่องยนต์ดีเซลอเนกประสงค์ทางการเกษตรที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพแบบผสม,** การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23, (ME-NEET 23rd), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 4 – 7 พฤศจิกายน 2552, จ.เชียงใหม่.

[13] ศุภกฤษณ์ งามเมือง และทนงค์เกียรติ, **การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลเกษตรกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงผสมดีเซล/ไบโอดีเซล/น้ำ ในรูปแบบอิมัลชัน,** การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8, (TREQ-REUNION 8th), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 4 – 6 พฤศจิกายน 2558, จ.ปทุมธานี.

[14] ธงชัย พรรณสวัสดิ์, **ไบโอดีเซล,** เล่ม 1, กราฟิคคัล, 2550.

[15] เจียมศักดิ์ นันทนาเนตร, **สมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้แก๊สผสมน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง,** ปริญญานิพนธ์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2519.

[16] ธนากร กรอบสนิท, **การศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) เป็นส่วนผสม,** ปริญญานิพนธ์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ, 2552.

[17] ธีรวัฒน์ จันทร์สว่าง และคณะ, **การเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลผสมก๊าซหุงต้ม,** วิทยานิพนธ์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2554.

[18] ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท, **การศึกษาการปลดปล่อยความร้อน และออกไซด์ของไนโตรเจนในเครื่องยนต์ดีเซล ที่ใช้น้ำมันปาล์มผสม,** วิทยานิพนธ์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 2545

[19] พิพล บุญจันต๊ะ และคณะ, **การใช้เชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจีในเครื่องยนต์ดีเซล,** ปริญญานิพนธ์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2526.

[20] สุรศักดิ์ เลาหกุลเวทิต, **การใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงเสริมในเครื่องยนต์ดีเซล,** วิทยานิพนธ์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 2528

[21] นุกูล โกกิจ และคณะ, 2553, **การเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวที่ใช้แล้ว**: สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราช มงคลพระนคร.

[22] บริษัท ไคเนติคส์ คอร์ปอเรชั้น จำกัด, (2543), **ชุดทดสอบประสิทธิภาพแรงม้า**, เอกสารประกอบการอบรม กรุงเทพ.

[23] Jin Kusaka and Takashi Okamoto, **Combustion and exhaust gas emission characteristics of a diesel dual-fueled with natural gas,** Ph.D. dissertation, Dept. Mechanical. Eng., Waseda Univ., Japan, 2000.

[24] Mohamed Y.E. Selim, **Sensitivity of dual fuel engine combustion and knocking limits to gaseous fuel composition,** Ph. D. dissertation, Dept. Mechanical. Eng. Univ. Arab Emirates, 2003.

[25] Saiful Bari, **Effect of carbon dioxide on the performance of biogas/diesel duel-fuel engine,** Ph.D. dissertation, Dept. Mechanical, Sains Universcity, Malaysia, 1996.

[26] Kaosod. (2015, April 27). Network. [Online]. Avilable : http://www.kaosod.blogsport.com

[27] สกล หาญสุทธิวารินทร์. (2020, December 5), **ค้าๆขายๆกับกฎหมายธุรกิจ,** [Online]**.** Avilable : http://www.bangkokbiznews.com

[28] สำนักหอประชุม และศูนย์สารสนเทศ วท. (2010, November 30). **รูดอล์ฟ ดีเซล**, [Online]. Avilable : http://www.siweb1.dss.go.th/

ไม่มีเนื้อหาจากต้นฉบับ

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นามสกุล นัททที จารุทรัพย์
ที่อยู่ 68/142 หมู่ที่ 6 ตำบลไทรน้อย
อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี 11150
โทรศัพท์ 091-702-4552
E-mail zingernc@gmail.com

ประวัติการศึกษา

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคนครปฐม ปีการศึกษา 2549
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ปีการศึกษา 2552
ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ปีการศึกษา 2554

ตำแหน่งและที่ทำงานปัจจุบัน

บริษัท ซี.พี. ฟาซิลิตี้ แมเนจเม้นท์ จำกัด (สำนักงานใหญ่)
เลขที่ 3 อาคารซี.พี.ทาวเวอร์ 2 ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์
ถนนรัชดาภิเษก แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400
ตำแหน่งปัจจุบัน หัวหน้าช่างเทคนิค