

การปรับปรุงสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซล
โดยใช้แอลกอฮอล์เป็นส่วนผสม

ปริญญานิพนธ์
ของ
อรุณ ไชยพันธุ์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

ธันวาคม 2548

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การปรับปรุงสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซล
โดยใช้แอลกอฮอล์เป็นส่วนผสม

บทคัดย่อ
ของ
อรุณ ไชยพันธุ์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
ธันวาคม 2548

อรุณ ไชยพันธุ์ (2548) การปรับปรุงสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลโดยใช้แอลกอฮอล์เป็นส่วนผสม
ปริญญาานิพนธ์ วศม (วิศวกรรมเครื่องกล) กรุงเทพฯ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ คณะกรรมการควบคุม อาจารย์ ดร อุดมชัย จินะดิษฐ์, ผู้ช่วย
ศาสตราจารย์ วิจิต บัวแก้ว

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาจุดเหมาะสมของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล
เป็นเชื้อเพลิงหลัก และแอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงร่วม โดยการป้อนแอลกอฮอล์ชนิดเมทานอลเข้า
ทางท่อร่วมไอดีโดยตรง แล้วพิจารณาเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ การสิ้นเปลือง
เชื้อเพลิง การเผาไหม้และการสึกหรอของเครื่องยนต์ กับการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงอย่างเดียว
โดยการศึกษาจะทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลรอบสูง ที่ความเร็วรอบ 1200, 1500 , 2000
และ 2500 รอบต่อนาที โดยแต่ละความเร็วรอบจะทำการปรับแรงบิดที่ 50, 100 และ 150 นิวตัน
เมตรตามลำดับ ซึ่งช่วงความเร็วรอบ และแรงบิดดังกล่าว เป็นการทดสอบเสมือนตามสภาพการใช้
งานจริง

ผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้ การป้อนแอลกอฮอล์ชนิดเมทานอลเข้าทางท่อร่วมไอดี ผสม
กับน้ำมันดีเซลในห้องเผาไหม้ ในอัตราส่วน 1 6% ของน้ำมันดีเซล โดยปริมาตร สามารถใช้เดิน
เครื่องยนต์ดีเซลได้ดี โดยที่สมรรถนะเครื่องยนต์ใกล้เคียงกันกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็น
เชื้อเพลิงอย่างเดียว แต่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงโดยเฉลี่ย 3% การเผาไหม้พบว่าปริมาณ
ควันดำลดลงเฉลี่ย 20% และการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ปกติ

Diesel Engine Performance Enhancement

By Alcohol-Based Light Diesel

AN ABSTRACT

BY

AROON CHAIPHAN

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Engineering degree in Mechanical Engineering
at Srinakharinwirot University

December 2005

Aroon Chaiphan (2005) *Diesel Engine Performance Enhancement By Alcohol-Based Light Diesel* Master Degree thesis, M Eng (Mechanical Engineering) Bangkok Graduate School, Srinakharinwirot University Advisor Committee
Dr Udomchai Chinadit , Asst Prof Vichit Buakaew

The purpose of this thesis is to determine the optimum operating condition of the diesel engine which uses diesel oil as the primary fuel and alcohol as the secondary fuel by feeding methanol directly through the intake manifold

In the study the engine performance and the fuel consumption the combustion and engine wears were compared with those results from the engine used only diesel oil All test results were calculated and measured from the high speed engine ran at 1200, 1500, 2000 and 2500 rpm, respectively and at the torque of 50,100 and 150 N m at each rpm because they were engine speeds and torques simulated from the actual engine

From the test results it is concluded that the diesel engine with alcohol fed in to the air intake manifold 1.6% by volume to mix with the diesel oil in combustion chamber performed as well as the diesel engine used only diesel oil but the fuel consumption reduced by an average of 3%, smoke from the combustion chamber found to decrease by 20% and the wear of various parts measured normal

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การปรับปรุงสมรรถนะเครื่องยนดีดีเซล

โดยใช้แอลกอฮอล์เป็นส่วนผสม

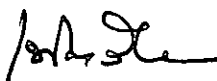
ของ

นาย อรุณ ไชยพันธุ์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวិศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

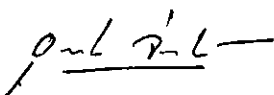


คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)

วันที่ 16 เดือน มกราคม พ.ศ. 2549

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์



ประธาน

(อาจารย์ ดร. อุดมชัย จินะดิษฐ์)



กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิจิต บัวแก้ว)



กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(พันเอก อาจารย์ สุภโชค สัมปัตตะวนิช)



กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(รองศาสตราจารย์ วีระ จันทน์วัฒนะ)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ เรื่อง การปรับปรุงสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลโดยใช้แอลกอฮอล์เป็นส่วนผสม สามารถดำเนินการไปด้วยความเรียบร้อย และประสบผลสำเร็จไปด้วยดี โดยได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานและบุคลากรดังนี้ คือ

อาจารย์ ดร. อุดมชัย จินะดิษฐ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชิต บัวแก้ว ที่ปรึกษาร่วมที่ได้ช่วยเหลือให้คำแนะนำ ให้ความคิดเห็น และแก้ไขปัญหาต่างๆ ในการวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ แผนกวิชาช่างยนต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ได้ อนุเคราะห์สนับสนุนเครื่องยนต์เพื่อใช้ทดสอบเก็บข้อมูลในการทำงานการวิจัย

ขอขอบคุณ คณาจารย์ในโครงการความร่วมมือหลักสูตรปริญญาโท มศว และ รร จปร ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ได้กรุณาอำนวยความสะดวกในการจัดหาสถานที่ เครื่องมือ และ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบสำหรับการทำงานการวิจัยนี้มาโดยตลอด

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่ให้ความช่วยเหลือทุกท่านซึ่งมิได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ในด้านต่างๆ อีกหลายด้าน และสมาชิกทุกคนในครอบครัวที่ช่วยให้กำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จ

อรุณ ไชยพันธุ์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทปริทัศน์วรรณกรรม	4
วัฏจักรผสม	9
การเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล	10
ทฤษฎีการเผาไหม้	12
การป้อนเมทานอลเข้าเครื่องยนต์ดีเซล	15
สมรรถนะของเครื่องยนต์	16
ไอเสียที่เกิดจากเครื่องยนต์ดีเซล	20
มาตรฐานมลพิษ	20
3 เครื่องมืออุปกรณ์และวิธีการทดลอง	25
เครื่องยนต์ดีเซล	27
ไดนาโมมิเตอร์	28
ชุดควบคุมไดนาโมมิเตอร์	29
อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ	30
อุปกรณ์วัดควันดำ	31
อุปกรณ์ป้อนเมทานอลเข้าทางท่อร่วมไอดี	32
วิธีป้อนเมทานอลเข้าทางท่อร่วมไอดี	33
อุปกรณ์วัดความเร็วลม	34
วิธีวัดความเร็วลม	34
วิธีการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์	35

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย	38
การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (Fuel Consumption, FC), เปอร์เซ็นต์ คว้นดำ (% คว้นดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และ อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual) ที่ความเร็วรอบของ เครื่องยนต์ 850 rpm (Idle Speed) ในภาวะปกติ (No Load)	40
การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (Fuel Consumption, FC), เปอร์เซ็นต์ คว้นดำ (% คว้นดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และ อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual) ในภาวะปกติ (No Load) เมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ที่องศาฉีดน้ำมัน 9, 12 และ 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน	42
การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (Fuel Consumption, FC), เปอร์เซ็นต์ คว้นดำ (% คว้นดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และ อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual) ในภาวะมีภาระ (Load) ที่องศาฉีดน้ำมัน 9, 12 และ 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และ แรงบิดของเครื่องยนต์ 50 N m	48
การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (Fuel Consumption, FC), เปอร์เซ็นต์ คว้นดำ (% คว้นดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และ อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual) ในภาวะมีภาระ (Load) ที่องศาฉีดน้ำมัน 9, 12 และ 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และ แรงบิดของเครื่องยนต์ 100 N m	54
การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (Fuel Consumption, FC), เปอร์เซ็นต์ คว้นดำ (% คว้นดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และ อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual) ในภาวะมีภาระ (Load) ที่องศาฉีดน้ำมัน 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และแรงบิดของ เครื่องยนต์ 130 N m	60

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4(ต่อ) ผลการวิจัย	38
การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (Fuel Consumption, FC), เปอร์เซ็นต์ ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และ อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual) ในภาวะมีภาระ (Load) ที่องศาฉีดน้ำมัน 9, 12 และ 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และ แรงบิดของเครื่องยนต์ 150 N m	62
ด้านการสึกหรอของเครื่องยนต์ได้แก่ ความโตของกระบอกสูบ แหวนลูกสูบ และ วัดความดันในกระบอกสูบ และวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้งาน ทุก 100 ชั่วโมง	68
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	71
สรุปผลการวิจัย	71
ข้อเสนอแนะ	73
บรรณานุกรม	74
ภาคผนวก ก	76
ภาคผนวก ข	108
ภาคผนวก ค	114
ประวัติย่อผู้วิจัย	121

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 องค์ประกอบของอากาศแห้ง	15
2 แสดงค่ามาตรฐานไอเสียของสหรัฐอเมริกา	21
3 แสดงค่ามาตรฐานมลพิษของ EEC	22
4 แสดงค่ามาตรฐานมลพิษตามค่ามาตรฐานของ EEC เมื่อใช้น้ำมันเกรดเป็นเกณฑ์	22
5 มาตรฐานมลพิษสำหรับยานพาหนะใหม่	23
6 มาตรฐานมลพิษทางอากาศจากรถใช้งาน (รถยนต์ดีเซล)	23
7 ขนาดความโตเฉลี่ยของกระบอกสูบก่อนและหลังการทดสอบ	68
8 น้ำหนักของแวนลูบก่อนและหลังการทดสอบ	69
9 ความดันกระบอกสูบก่อนการทดสอบ และทุก 100 ชั่วโมง	70
10 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์สภาวะปกติที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 850 rpm (Idle Speed) โดยป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ	76
11 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm โดยไม่ทำการป้อนเมทานอล และป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 0.8%, 1.6%, 3.2% และ 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร	77
12 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100 และ 150 N m โดยไม่ทำการป้อนเมทานอล	78
13 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100 และ 150 N m โดยป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 0.8% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร	79
14 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100 และ 150 N m โดยป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 1.6% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร	80
15 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100 และ 150 N m โดยป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 3.2% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร	81

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
16 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100 และ 150 N m โดยป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร	82
17 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm โดยไม่ทำการป้อนเมทานอล และป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 1.6% และ 6.4% โดยปริมาตร หลังจากทำการปรับองค์ประกอบน้ำมัน จาก 12 องค์ประกอบ เป็น 15 องค์ประกอบ ก่อนศูนย์ตายบน	83
18 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100, 130 และ 150 N m โดยไม่ทำการป้อนเมทานอล	84
19 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100, 130 และ 150 N m โดยป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 1.6% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร	85
20 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100, 130 และ 150 N m โดยป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร	86
21 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm โดยไม่ทำการป้อนเมทานอล และป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 1.6% และ 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร หลังจากทำการปรับองค์ประกอบน้ำมัน จาก 12 องค์ประกอบ เป็น 9 องค์ประกอบ ก่อนศูนย์ตายบน	87
22 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100 และ 150 N m โดยไม่ทำการป้อนเมทานอล	88
23 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100, 130 และ 150 N m โดยป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 1.6% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร	89

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
24 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100 และ 150 N m โดยป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 6 4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร	90
25 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 10	93
26 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 11	94
27 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 12	95
28 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 13	96
29 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 14	97
30 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 15	98
31 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 16	99
32 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 17	100
33 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 18	101
34 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 19	102
35 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 20	103
36 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 21	104
37 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 22	105
38 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 23	106
39 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 24	107

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงแผนภาพ P-V และ T-S ของวัฏจักรผสม	9
2 แสดงกระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล	12
3 การทำงานของไดนาโมมิเตอร์	17
4 แสดงการออกแบบทฤษฎีของวัฏจักรผสม	25
5 แสดงแผนภาพชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซล	26
6 แสดงเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ	27
7 แสดงไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสเหนี่ยวนำ (Eddy Current)	28
8 ชุดควบคุมไดนาโมมิเตอร์	29
9 อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ	30
10 แสดงอุปกรณ์วัดควันดำ	31
11 การติดตั้งอุปกรณ์ป้อนเมทานอล	32
12 อุปกรณ์วัดปริมาณการป้อนเมทานอล	32
15 วิธีการป้อนเมทานอลเข้าที่ท่อร่วมไอดี (intake manifold) ของเครื่องยนต์	33
14 อุปกรณ์วัดความเร็วลม	34
15 การวัดความเร็วของลมโดยใช้ Anemometer และ สเกลวัด	34
16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ (% Methanol) ที่องศาฉีดน้ำมัน 12 องศา ก่อนศูนย์ตายบน สำหรับตาราง 10	40
17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาฉีดน้ำมัน 9 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) สำหรับตาราง 21	42

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ

หน้า

- 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาฉีดน้ำมัน 12 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) สำหรับตาราง 11 44
- 19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาฉีดน้ำมัน 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) สำหรับตารางภาคผนวก สำหรับตาราง 17 46
- 20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาฉีดน้ำมัน 9 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 50 N m สำหรับตาราง 22, 23 และ 24 48
- 21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาฉีดน้ำมัน 12 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 50 N m สำหรับตาราง 12, 13, 14, 15 และ 16 50

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ

หน้า

- 22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาเจ็ดน้ำมัน 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 50 N m สำหรับตาราง 18, 19 และ 20 52
- 23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาเจ็ดน้ำมัน 9 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 100 N m สำหรับตาราง 22, 23 และ 24 54
- 24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาเจ็ดน้ำมัน 12 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 100 N m สำหรับตาราง 12, 13, 14, 15 และ 16 56
- 25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาเจ็ดน้ำมัน 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 100 N m สำหรับตาราง 18, 19 และ 20 58

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาฉีดน้ำมัน 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 130 N m สำหรับตาราง 18, 19 และ 20	60
27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาฉีดน้ำมัน 9 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 150 N m สำหรับตาราง 22, 23 และ 24	62
28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาฉีดน้ำมัน 12 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 150 N m สำหรับตาราง 12, 13, 14, 15 และ 16	64
29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาฉีดน้ำมัน 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 150 N m สำหรับตาราง 18, 19 และ 20	66
30 ขนาดความโตเฉลี่ยของกระบอกสูบก่อนและหลังการทดสอบ	68
31 น้ำหนักของแหวนลูกสูบก่อนและหลังการทดสอบ	69
32 ความดันกระบอกสูบก่อนและหลังการทดสอบ	69

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
33 ผลการตรวจสอบน้ำมันหล่อลื่นของ ที่ 100 ชั่วโมงแรก	114
34 ผลการตรวจสอบน้ำมันหล่อลื่นของ ที่ 200 ชั่วโมง	115
35 ผลการตรวจสอบน้ำมันหล่อลื่นของ ที่ 300 ชั่วโมง	116
36 มาตรฐานน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการทดสอบ	117
37 ผลการทดสอบปั๊มเชื้อเพลิง และหัวฉีด	118

สัญลักษณ์และคำย่อ

API	= สถาบันปิโตรเลียมแห่งอเมริกา	-
b	= สัมประสิทธิ์มวลสารสัมพันธ์	-
DI	= ตัวเลขดัชนีดีเซล	-
F	= แรง	N
F/A	= มวลของเชื้อเพลิงต่อมวลของอากาศ	-
F/A_{actual}	= มวลของเชื้อเพลิงต่อมวลของอากาศที่เป็นจริง	-
F/A_{theory}	= มวลของเชื้อเพลิงต่อมวลของอากาศทางทฤษฎี	-
FC	= การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	L/s
m_g	= อัตราการไหลมวลอากาศ	kg/s
m_f	= อัตราการไหลมวลเชื้อเพลิง	kg/s
M_{air}	= มวลอากาศ	kg
M_f	= มวลเชื้อเพลิง	kg
N	= ความเร็วรอบของเครื่องยนต์	rpm
p	= ความดัน	Pa
P_b	= แรงม้าเบรค	kW
r	= รัศมี	m
sfc	= อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ	g/kW•h
T	= อุณหภูมิ	K
T_r	= แรงบิด	N m
Ø	= อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ	-
ρ_{air}	= ความหนาแน่นของอากาศ	kg/m ³
ρ_{methanol}	= ความหนาแน่นของเมทานอล	kg/m ³
ρ_{diesel}	= ความหนาแน่นของน้ำมันดีเซล	kg/m ³

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปแล้วว่า น้ำมันปิโตรเลียมเป็นแหล่งพลังงานที่มีความสำคัญยิ่งต่อระบบเศรษฐกิจของทุกประเทศ หลังจากวิกฤติการณ์น้ำมันซึ่งมีผลกระทบทางเศรษฐกิจอย่างรุนแรงต่อประเทศต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อประเทศที่กำลังพัฒนาซึ่งไม่มีแหล่งน้ำมันของตนเอง ประเทศต่างๆ ได้เพิ่มความพยายามที่จะค้นหาแหล่งน้ำมันใช้เอง ในขณะเดียวกันก็ได้ให้ความสนใจแก่พลังงานแหล่งอื่นๆ เช่น พลังงานทดแทน (Renewable Energy) ประเภทต่างๆ ได้แก่ พลังงานลม พลังงานแสงแดด พลังงานน้ำ และแหล่งพลังงานที่ได้จากการแปรรูปวัสดุที่เหลือใช้จากการเกษตรและอุตสาหกรรม พลังงานอย่างหนึ่งที่ได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่กำลังพัฒนา ซึ่งมีพื้นฐานทางการเกษตร คือ พลังงานจากแอลกอฮอล์ (Alcohol) โดยที่ความสนใจนั้นส่วนใหญ่มุ่งไปที่การนำ เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol) ไปใช้ผสมน้ำมันแก๊สโซลีนหรือนำมาใช้ร่วมกับน้ำมันดีเซล เพื่อใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) ประเภทจุดระเบิด (Spark Ignition) และอัดระเบิด (Compression Ignition)

หลังจากที่ Rudolf Christian Karl Diesel ได้สร้างเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับในปี ค.ศ. 1895 แล้วนั้น เครื่องยนต์ดีเซลได้รับการพัฒนาให้มีขนาดกะทัดรัดมีความเร็วรอบสูงขึ้นและมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงขึ้นนอกจากนี้ยังมีการนำเอาเชื้อเพลิงอื่น เช่น เอทานอล (Ethanol), ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) มาใช้เป็นเชื้อเพลิงเสริมในเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อให้ช่วยประหยัดน้ำมันดีเซลในการนำเชื้อเพลิงมาใช้กับเครื่องยนต์รอบสูง (High Speed Engine) โดยเชื้อเพลิงนั้นจะต้องมีการปรับคุณสมบัติในการจุดระเบิดให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งการกำหนดคุณสมบัติในการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงจะกำหนดเป็นค่าของ ตัวเลขซีเทน (Cetane Number) ซึ่งปกติเครื่องยนต์ดีเซลรอบสูง จะใช้ค่า ตัวเลขซีเทน ประมาณ 45-60 จากการเปรียบเทียบ การใช้เชื้อเพลิงที่มีค่าตัวเลขซีเทนเท่ากับ 75 กับเชื้อเพลิงที่มีค่าตัวเลขซีเทน 50 พบว่าเชื้อเพลิงที่มีค่า ตัวเลขซีเทน สูงไม่ได้ช่วยให้สมรรถนะของเครื่องยนต์สูงขึ้น แต่กลับทำให้กำลังที่ได้ (Output) ต่ำลง และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption) สูงขึ้นถ้าใช้เชื้อเพลิงที่มีตัวเลขซีเทน ต่ำจะทำให้ระยะหน่วงการจุดระเบิด (Ignition delay) ยาวขึ้น

อันมีแนวโน้มที่จะทำให้การเผาไหม้แบบปริมาตรคงที่ (Constant Volume Combustion) เช่นเดียวกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ทั้งนี้เพราะจะเกิดจากการเผาไหม้อย่างรวดเร็วและรุนแรง แต่ถ้าค่าตัวเลขซีเทนสูงขึ้น ระหว่างการจุดระเบิด จะทำให้การเผาไหม้เกิดอย่างช้าๆ และไม่รุนแรงมีแนวโน้มการเผาไหม้เป็นแบบความดันคงที่ (Constant Pressure Combustion) ⁽⁴⁾

นับเป็นเวลานานมาแล้วที่รัฐบาลทุกยุคทุกสมัย มุ่งส่งเสริมการพึ่งพาตนเองด้านพลังงาน โดยการนำพลังงานสะอาดมาใช้ พร้อมทั้งออกมาตรการต่างๆ มากมาย เพื่อให้เกิดการแข่งขัน การพัฒนา การสร้างแรงจูงใจ และดำเนินการลดมลพิษต่างๆ ที่มาจากการเผาไหม้น้ำมันเพื่อให้สิ่งแวดล้อมและความเป็นอยู่ของประชาชนดีขึ้น

และจากการที่ภาคการคมนาคมขนส่งของประเทศ เป็นส่วนที่ใช้พลังงานมากที่สุด ซึ่งส่งผลให้เกิดมลพิษทางอากาศ จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนสูง และนับวันจะมีจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ จึงเป็นแรงผลักดันที่สำคัญในการปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลโดยเฉพาะเครื่องยนต์เก่า และผ่านการใช้งานมานานจะมีปัญหาในเรื่องของควันดำ ซึ่งมีบุคคลและคณะบุคคลได้พยายามศึกษาค้นคว้าและวิจัย หาวิธีลดปริมาณควันดำ ซึ่งมีอยู่หลายวิธีด้วยกันแต่ก็ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควรเมื่อนำมาใช้งานจริงในทางปฏิบัติ โดยเฉพาะปัญหามลภาวะจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลรอบสูง ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงกับมลภาวะทางอากาศเป็นอย่างมาก

1 2 วัตถุประสงค์

- 1 2 1 เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมของการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล
- 1 2 2 เพื่อประเมินสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลที่เปลี่ยนไป
- 1 2 3 เพื่อลดปริมาณมลภาวะ (เขม่า) จากการเผาไหม้อันเป็นการลดภาระด้านมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

1 3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1 3 1 ใช้เครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็วที่รอบปกติ 600-4500 รอบต่อนาที ขนาดไม่เกิน 150 kW
- 1 3 2 ใช้แอลกอฮอล์ชนิดเมทานอลเป็นเชื้อเพลิงร่วม โดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลัก

- 1 3 3 สมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลในงานวิจัยนี้ หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นจากการป้อนเมทานอลเข้าไปทางท่อร่วมไอดี และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับปริมาณควันดำทางท่อไอเสีย และหรือ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซล เมื่อภาระ (Load) เปลี่ยนไป

1 4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1 4 1 ช่วยลดมลพิษในอากาศจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์
 1 4 2 ได้ข้อมูลและวิธีการในการปรับปรุงไอเสีย (เขม่า) ของเครื่องยนต์ดีเซลรอบสูง
 1 4 3 ได้อัตราส่วนการใช้เมทานอลที่เหมาะสมในการป้อนเข้าทางท่อร่วมไอดี
 1 4 4 เป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งในการประยุกต์ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง
 1 4 5 สามารถใช้เมทานอลกับเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยไม่ต้องผสมในถังน้ำมันเชื้อเพลิง

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทปริทัศน์วรรณกรรม

การใช้แอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงในอดีต ได้มีการริเริ่มมาในหลายๆ ประเทศ นับตั้งแต่กระทรวงเกษตรของสหรัฐในปี พ.ศ. 2450 (1907) ได้จัดพิมพ์รายงานการวิจัย "การใช้แอลกอฮอล์และน้ำมันในเครื่องยนต์ที่ใช้ในการเกษตร" และต่อมาในปี พ.ศ. 2469 (1926) สหราชอาณาจักร โดยนาย Ross และ Ormaudy ได้รายงานผลการวิจัย การใช้แอลกอฮอล์ในเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน และประเทศบราซิลมีการสนับสนุนให้นำไปใช้เชิงพาณิชย์อย่างจริงจังภายใต้การสนับสนุนจากรัฐบาล ทำให้ต้นทุนการผลิตและแอลกอฮอล์ลดลงไปเรื่อย ๆ ปีละประมาณ 3% ปัจจุบันมีการลดต้นทุนกว่า 75% ส่งผลให้ให้ราคาแอลกอฮอล์ใกล้เคียงกับราคาน้ำมันมากขึ้นเป็นลำดับ ทำให้มีความเป็นไปได้มากขึ้นในการนำแอลกอฮอล์มาใช้เป็นเชื้อเพลิงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง

ในปี พ.ศ. 2528 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้มีพระราชกระแส ให้มีการศึกษาต้นทุนการผลิตแอลกอฮอล์จากอ้อย เนื่องจากน้ำมันมีการขาดแคลนและมีราคาแพง และทรงให้มีการแปรรูปอ้อยให้เป็นแอลกอฮอล์ และในปี พ.ศ. 2529 ก็เริ่มผลิต เอทานอลบริสุทธิ์ 91% ในอัตรา 2.8 ลิตรต่อชั่วโมง ที่ต้นทุน 56 บาท/ลิตร แต่หากใช้กากน้ำตาลของโรงงานกรมสรรพสามิต จะได้เอทานอลบริสุทธิ์ 95% ที่ราคา 24 บาท/ลิตร

ในปี พ.ศ. 2533 ทางฝ่ายเทคนิคของกลุ่มบริษัทสุราพิทย ก็ได้ช่วยกันปรับปรุงหอกลิ้นจนสามารถผลิตเอทานอลที่ 95% ในอัตรา 5 ลิตร/ชั่วโมง โดยใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบ ในราคาประมาณ 35 บาท/ลิตร ต่อมาในปี 2538 สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เสด็จพระราชดำเนินทรงเปิดโรงงานผลิตแอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิง ที่ บริษัทสุราพิทย น้อมเกล้าฯ ถวาย และดำเนินการกลั่นตลอดมาจนปัจจุบัน กำลังผลิต 25 ลิตร/ชั่วโมง หรือ 600 ลิตร/วัน ต้นทุนแบบธุรกิจ 32 บาท/ลิตร ถ้าไม่คิดต้นทุนจะมีค่าผลิต 12 บาท/ลิตร สำหรับเอทานอลบริสุทธิ์ 95%

ในปี พ.ศ. 2524 สมศักดิ์ สินประเสริฐ⁽¹⁷⁾ ได้ทำการวิจัย เรื่องสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้เมทานอล และน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ได้ศึกษาผลของการใช้ เมทานอลเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันดีเซล ในเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียว อัตราส่วนการอัด 21:1 ในการทดลองได้เดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวก่อนที่ความเร็วของเครื่องยนต์คงที่ค่าต่างๆ คือ 1000, 1500, 2000, 2500 และ 3000 รอบต่อนาที ต่อจากนั้น เดินเครื่องยนต์ด้วยเชื้อเพลิงร่วมที่

ความเร็วเดียวกัน และระหว่างเดินเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมกัน ได้มีการเปลี่ยนส่วนร่วมของเมทานอลในค่าต่างๆ กัน เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลองได้มีการปรับแต่งแก้ไข เพียงแต่ได้ติดตั้งคาร์บูเรเตอร์ เพื่อใช้สำหรับป้อนเมทานอลเพิ่มขึ้นบริเวณท่อไอดี ทำให้การป้อนเชื้อเพลิงทั้งสองแยกกันอย่างอิสระ จากผลการทดลองได้พิจารณาเปรียบเทียบสมรรถนะไอเสียจากเครื่องยนต์และสมมูลพลังงานของเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียว อัตราส่วนการอัด 21:1 ในการทดลองได้เดินเครื่องยนต์ผลการทดลองปรากฏว่า การใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันดีเซลสามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้ ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในขณะที่อัตราการผลิตก็เพิ่มขึ้นด้วย ไอเสียจากเครื่องยนต์มีควันน้อยลง แต่จะเกิดก๊าซไฮโดรคาร์บอนและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มขึ้น ส่วนกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ลดลงเล็กน้อย

ในปี พ.ศ. 2527 โกวิท ศตบุณดี⁽⁴⁾ ได้ศึกษาวิจัยเพื่อทดสอบหาคุณสมบัติของแอลกอฮอล์หนัก 2 ตัวคือ Iso-propyl alcohol (หรือ propanol) และ Iso-butyl-alcohol (หรือ butanol) เมื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงผสมกับน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล ซึ่งเครื่องยนต์ดีเซลที่เลือกไว้คือเครื่องยนต์ขนาดเล็กกำลังเครื่องประมาณ 8 แรงม้า ที่นิยมใช้กันทั่วไปในภาคเกษตรกรรม ยี่ห้อ Mitsubishi ผลปรากฏว่า แอลกอฮอล์ทั้งสองผสมกับน้ำมันเบนซิน หรือน้ำมันดีเซลได้เป็นอย่างดีปราศจากการแยกตัวเป็นตัวเพิ่มคุณสมบัติ octane rating อย่างดีที่ส่วนผสม 20% จะเพิ่ม octane rating ประมาณ 5-6 หน่วย ในด้านสมรรถนะเชื้อเพลิงผสมแอลกอฮอล์ประมาณ 15% ให้กำลังเครื่องยนต์เบนซินสูงสุดและสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยลง โดยไม่ต้องปรับตั้งคาร์บูเรเตอร์ใหม่ สำหรับเครื่องยนต์ประเภท Pre-combustion Chamber นั้น Propanol ไม่สามารถเดินเครื่องตัวเปล่าและรับโหลดได้ ส่วน butanol นั้นเมื่อผสมตามการทดลองถึง 40% ยังปรากฏว่าให้กำลังสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลล้วน ข้ายังสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยลงอีกถึงประมาณ 12% เมื่อส่วนผสม butanol ถึง 40% ในด้านการสึกหรอ ในเครื่องยนต์ดีเซลที่ทดสอบโดยใช้ butanol ปรากฏว่า การสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลที่ไต่ลดลงเป็นอัตราส่วนกับปริมาณเพิ่มขึ้นของ butanol ในอัตราส่วน 0% butanol 20% butanol 40% butanol ตามลำดับ

ในปี พ.ศ. 2531 จิรศักดิ์ จิระวารี⁽⁵⁾ ได้ทำวิจัยเรื่องการใช้แอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ คือ Ethanol ผสมกับสารเติม Iso-butyl Nitrate และ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันละหุ่งที่ผสมลงไป เพื่อช่วยหล่อลื่นระบบเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ที่ใช้เป็นเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ใช้ในกิจการการเกษตรของ Yanmar รุ่น SA 80 L สี่จังหวะสูบเดียว ไม่มีการดัดแปลงเครื่องยนต์ ผลการทดสอบปรากฏว่าที่ 23 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของ Iso-butyl Nitrate เครื่องยนต์มีแนวโน้มที่จะเริ่มเดินเครื่องได้ และที่ 27 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของ Iso-butyl

Nitrate เครื่องยนต์ Start ได้ดี และให้สมรรถนะดีโดยไม่อาการน็อค (knock) ได้ทำการทดสอบที่ความเร็วรอบคงที่ต่างๆ และแปรเปลี่ยนภาระกรรม (Load) พบว่าเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ Ethanol mixture ให้ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซล อุณหภูมิก๊าซไอเสียมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย ปริมาณ CO ในไอเสียมีค่าใกล้เคียงกัน และ Unburned Hydrocarbon มีค่าสูงกว่ากรณีที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงมาก ในด้านเศรษฐกิจการใช้ Ethanol mixture เป็นเชื้อเพลิงจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายประมาณ 4 เท่า ของการใช้น้ำมันดีเซล ทั้งนี้โดยเปรียบเทียบราคาต่อหนึ่งหน่วยพลังงาน

ในปี พ.ศ. 2531 บุรินทร์ วงษ์ศิริ⁽⁹⁾ ได้ทำการวิจัยการใช้แอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงเสริมสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล โดยการวิจัยนี้ศึกษาผลของการใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ กับเครื่องยนต์ดีเซลโดยป้อนเอทานอลเข้าคาร์บูเรเตอร์และผสมกับอากาศ ส่วนน้ำมันดีเซลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ผ่านหัวฉีดตามปกติ ใช้อัตราส่วนระหว่างเอทานอลและน้ำมันดีเซลต่างๆ กัน แล้วเปรียบเทียบอัตราความสิ้นเปลืองพลังงานต่อหน่วยของงาน ตลอดจนไอเสียและค่าใช้จ่ายกับกรณีใช้น้ำมันดีเซลล้วน ใช้ฟลูอิดไดนาโมมิเตอร์วัดแรงบิด

ในปี 2538 นายมนตรี ทวารโจน์⁽¹³⁾ ได้ทำการวิจัย เรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบการใช้แอลกอฮอล์ผสมน้ำมันดีเซล และน้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันก๊าด เป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซล ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการหาจุดเหมาะสมของเครื่องยนต์ที่ใช้ แอลกอฮอล์ผสมน้ำมันดีเซล และน้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันก๊าดเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล โดยพิจารณาเปรียบเทียบสมรรถนะการสึกหรอ และการวิเคราะห์ไอเสียของเครื่องยนต์ โดยมีการติดตั้งคาร์บูเรเตอร์ที่เหมาะสมเข้าที่ไอดีเพื่อทำหน้าที่ป้อนแอลกอฮอล์เข้าสู่ห้องเผาไหม้ และติดตั้งหม้อต้มแก๊สเพื่อให้อุ่นน้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันก๊าด ผลการทดลองที่ได้ คือ น้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันก๊าดในอัตราส่วน 10-12 ต่อ 1 โดยปริมาตร สามารถใช้เดินเครื่องยนต์ดีเซลได้ดี โดยที่สมรรถนะของเครื่องยนต์ใกล้เคียงกันกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเพียงแต่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกดต่ำกว่า 10% แรงบิดลดลง 2.44% ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคสูงกว่า 6.29% และความดันประสิทธิผลเฉลี่ยเบรกดต่ำลง 2.38% ส่วนแก๊สไอเสียมีส่วนประกอบของ CO₂, CO, O₂, NO_x และ HC ใกล้เคียงกัน การสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ไม่ผิดปกติ เพียงแต่มียางเหนียวๆ (Gum) จับอยู่บ้างในหัวฉีดและปั้มน้ำมันเชื้อเพลิงความดันสูง และได้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงอุดตันเร็วกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ต้องหมั่นทำความสะอาดบ่อยครั้ง การสตาร์ทเครื่องยนต์ครั้งแรกยาก ต้องสตาร์ทด้วยน้ำมันดีเซลก่อนทุกครั้ง ดังนั้น จากทฤษฎีข้างต้นคาดว่าแอลกอฮอล์

สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงร่วมกับเชื้อเพลิงหลัก (เบนซินและดีเซล) ได้โดยมีผลกระทบต่อเครื่องยนต์น้อยมาก

ในปี พ.ศ. 2544 ปกรณ์กิจ ตั้งสมบุรณ์ และคณะ⁽¹⁰⁾ ได้ศึกษาการใช้เอทานอลกับเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ โดยการดัดแปลงระบบฉีดเชื้อเพลิงให้สามารถใช้กับเชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลกับเบนซินในอัตราส่วน 100 : 1 ถึง 0 : 100 เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะ ความสิ้นเปลืองมลพิษของแก๊สเสีย ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลผสมกับน้ำมันเบนซินในสภาวะการทำงานต่างๆ จากการทดสอบกับเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ เมื่อปรับเวลาการฉีดเชื้อเพลิงให้เหมาะสำหรับการลดมลพิษในแก๊สเสีย พบว่าอัตราส่วนของเอทานอลที่เพิ่มขึ้นในน้ำมันเชื้อเพลิงจะทำให้สามารถปรับลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรคาร์บอนในแก๊สเสียมากยิ่งขึ้น (10% ที่อัตราส่วนผสมของเอทานอล ต่อเบนซิน เท่ากับ 10 ต่อ 90 จนถึง 80% ที่อัตราส่วน 100 ต่อ 0) กำลังม้าจะเพิ่มขึ้นประมาณ 5% ถึง 10% ที่รอบการหมุนและโหลดปานกลางถึงสูง ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรคาร์บอนจะน้อยกว่าเมื่อใช้เบนซินอย่างเดียว ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่มีอัตราส่วนผสม 15 ต่อ 85 ขึ้นไปจะเพิ่มประมาณ 10% ถึง 35%

ในปี พ.ศ. 2544 ลิขิต ไสหนู⁽¹⁵⁾ ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง เมื่อใช้เอทานอลบริสุทธิ์ 95% เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เบนซินเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงเบนซิน โดยได้ศึกษาถึงสมรรถนะการสึกหรอของเครื่องยนต์ในการทดสอบจะใช้เครื่องยนต์เบนซินสูบเดียว จำนวน 2 เครื่อง โดยเครื่องหนึ่งใช้กับเบนซิน และเครื่องหนึ่งใช้กับเชื้อเพลิง เอทานอล ซึ่งในเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลมีการดัดแปลงเครื่องยนต์โดยการเพิ่มขนาดของ Main jet ของคาร์บูเรเตอร์จากเบอร์ 72 เป็น 75 และปรับใช้คอกากาตเพียง 25% ของทั้งหมด ในการทดสอบความเร็วรอบเปลี่ยนตั้งแต่ 1500 ถึง 4000 รอบต่อนาที ภาระงานเต็มที่โดยให้ฟลูอิดไดนาโมมิเตอร์เป็นอุปกรณ์วัดแรงบิดเครื่องยนต์ การทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์ทำการทดสอบที่ภาระงานและความเร็วรอบคงที่ ที่ 1200 กิโลวัตต์ และ 3000 รอบต่อนาที ตามลำดับต่อเนื่องเป็นเวลา 100 ชั่วโมง ผลการทดสอบปรากฏว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลให้แรงม้าและกำลังต่ำกว่าประมาณ 3 - 4% ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่า 10-20% แต่อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่า 30 - 50% การสึกหรอไม่แตกต่างกัน ภายในห้องเผาไหม้บริเวณวาล์วไอดีมีเขม่าอยู่มากเป็นเขม่าสีเทาดำและแข็ง

ในปี พ.ศ. 2544 ถวัลย์ แสงนา⁽⁸⁾ ได้ทำการศึกษาการใช้แอลกอฮอล์ผสมกับเบนซินในเครื่องยนต์เบนซิน โดยเอาน้ำมันเบนซินออกเทน 87, 91 และ 95 นำมาผสมกับเอทานอล 99.9% ที่อัตราส่วนของแอลกอฮอล์ที่ผสมกับน้ำมันเบนซินคือ ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 โดยปริมาตร

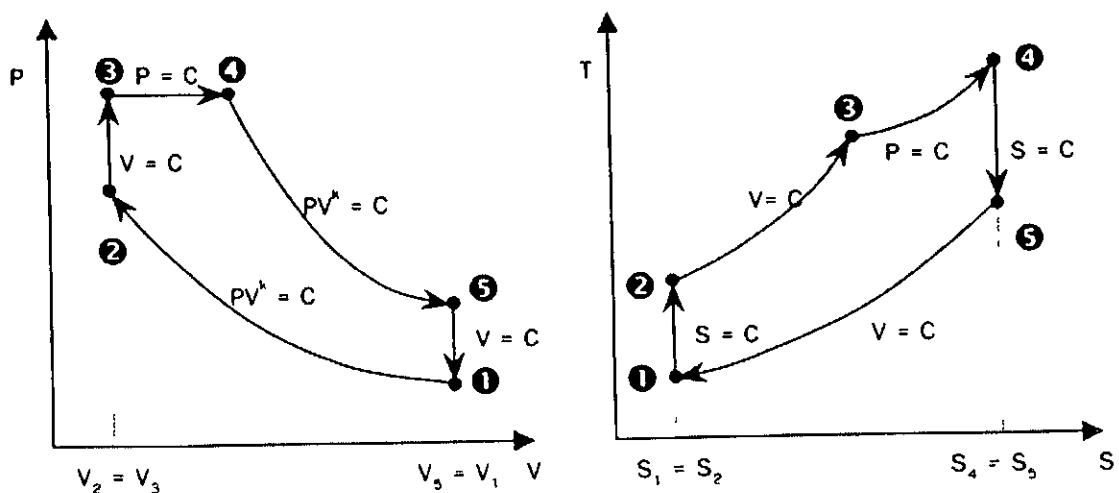
นำมาทดสอบกับเครื่องยนต์ที่ติดตั้งบนไดนาโมมิเตอร์ เพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ และมลพิษจากแก๊สเสียนำมาเปรียบเทียบกับน้ำมันที่ไม่ผสม จากการศึกษาเบนซิน 87 ผสมเอทานอลในสัดส่วนร้อยละ 10 โดยปริมาตร จะมีค่าออกเทน เทียบกับเบนซินออกเทน 91 เมื่อนำมาทดสอบทางด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์ พบว่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผสมเอทานอลร้อยละ 10 ไม่ทำให้กำลังของเครื่องยนต์ลดลงส่วนแรงบิดลดลงร้อยละ 1.7 ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงถึงร้อยละ 2.65 และมลพิษลดลงคือไฮโดรคาร์บอนลดลงร้อยละ 48.17 คาร์บอนมอนอกไซด์ลดลงร้อยละ 40.85 คาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 23.23

ในปี ค.ศ. 1993 A. Kowalewicz⁽¹⁹⁾ ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติน้ำมันเบนซินผสมเมทานอลในอัตราส่วน 0 - 15% โดยปริมาตรของเมทานอล และน้ำมันดีเซลผสมเมทานอล ในอัตราส่วนผสม 0 - 20% โดยปริมาตรของเมทานอลเพื่อเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของน้ำมันที่ไม่ผสมอะไรเลย พบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เมทานอลเป็นส่วนผสมมีการเผาไหม้ที่ดีกว่าและสะอาดกว่า ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีกว่าถึง 40% ให้กำลังเครื่องยนต์สูงกว่าและเกิดการสึกหรอของเครื่องยนต์น้อยกว่าแต่ต้องมีการปรับจูนที่เหมาะสมบางจุดเช่น เมื่อส่วนผสมเกิน 5% โดยปริมาตรของเมทานอล จะต้องมีการปรับหัวฉีดน้ำมันคาร์บูเรเตอร์เพื่อให้ได้อัตราส่วนอากาศกับน้ำมันที่เหมาะสม ต้องทำการอุ่นน้ำมันผสมก่อนการสตาร์ทเครื่องยนต์ที่เครื่องยนต์อยู่ในสภาวะที่เย็น มีการปรับแต่งทางเดินน้ำมันตั้งแต่คาร์บูเรเตอร์และสายน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อป้องกันการลัดตัวของไอน้ำมัน (Vapour lock) ที่จะไปทำลายชิ้นส่วนบางจุดอันเป็นเหตุให้เกิดสนิมและวัสดุบางส่วนเสียหายเร็ว

จากบทปริทัศน์วรรณกรรม พบว่าแอลกอฮอล์ชนิด เอทานอล และ เมทานอล สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงร่วมกับ น้ำมันแก๊สโซลีน และน้ำมันดีเซลได้ โดยการผสมร่วมกับเชื้อเพลิงหลัก หรือแยกกันป้อนเข้าเครื่องยนต์ และสามารถใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในได้ทั้ง 2 ชนิด แต่ในการทดสอบขั้นต้นยังขาดข้อมูลในเชิงลึก ในการวิจัยครั้งนี้ได้พิจารณาเลือกใช้แอลกอฮอล์ชนิด เมทานอล โดยวิธีป้อนเข้าทางท่อร่วมไอดี กับ เครื่องยนต์ดีเซล 4 สูบ ทั้งนี้เพราะว่า เมทานอล มีคุณสมบัติทางเคมี คือ มีโมเลกุลที่เล็กสุดในอนุกรมแอลกอฮอล์ และสามารถหาซื้อได้ง่าย จาก การวิจัยของ บุรินทร์ วงศ์ศิริ จึงนำไปสู่แนวความคิดในการทำวิจัยครั้งนี้

2.2 วัฏจักรผสม (Dual Cycle)

เป็นวัฏจักรเครื่องยนต์ความร้อนที่การป้อนความร้อนเข้าสู่ระบบเป็นแบบผสมระหว่างวัฏจักรออตโตหรือวัฏจักรปริมาตรคงที่รวมกับวัฏจักรดีเซลหรือวัฏจักรความดันคงที่ วัฏจักรนี้เป็นต้นแบบของเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็ว (High speed diesel cycle) หรือเป็นวัฏจักรที่มีคุณสมบัติเข้าใกล้วัฏจักรของจริงเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล คือการเผาไหม้ในช่วงแรกจะมีลักษณะปริมาตรคงที่ (วัฏจักรออตโต) แต่ในช่วงหลังจะเป็นแบบความดันคงที่ (วัฏจักรดีเซล) สาเหตุที่มีการเผาไหม้ดังกล่าวเนื่องจากการเผาไหม้ในช่วงแรกจะเป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีการระเหยตัวง่ายก่อนซึ่งเป็นในลักษณะเผาไหม้แบบทันทีทันใด ส่วนเชื้อเพลิงที่ระเหยตัวช้าจะเกิดการเผาไหม้ทีหลังเมื่ออุณหภูมิของห้องเผาไหม้สูงมากพอ ซึ่งการเผาไหม้ในครั้งหลังนี้ลูกสูบของเครื่องยนต์ได้เคลื่อนที่ลงซึ่งทำให้ความดันภายในห้องเผาไหม้คงที่หรือกรณีการเผาไหม้ในลักษณะนี้อาจเกิดจากการควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง โดยการฉีดน้ำมันในช่วงแรกจะฉีดเข้าห้องเผาไหม้ในปริมาณน้อย (ฉีดขณะลูกสูบเลื่อนขึ้นจนถึงจุดศูนย์ตายบนประมาณ 30 ถึง 40 องศา) ทำให้การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างฉับพลันเมื่อลูกสูบเลื่อนถึงจุดศูนย์ตายบน จากนั้นจึงฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณที่มากกว่าครั้งแรกเพื่อให้เกิดการเผาไหม้แบบความดันคงที่ วัฏจักรผสมแม้ว่าประสิทธิภาพทางความร้อนจะต่ำกว่าวัฏจักรออตโตแต่จะสูงกว่าวัฏจักรดีเซลและยังประหยัดเชื้อเพลิงน้อยกว่าวัฏจักรดีเซล วัฏจักรผสมประกอบด้วย 5 กระบวนการ เป็นระบบปิด ดังแสดงในภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงแผนภาพ P-V และ T-S ของวัฏจักรผสม

จากสภาวะที่ 1 ลูกสูบอยู่ที่จุดศูนย์ตายล่าง (BDC) ในกระบอกสูบบรรจุด้วยอากาศหรือสารทำงานอยู่เต็ม มีอุณหภูมิและความดันต่ำ

กระบวนการจาก 1 – 2 อากาศถูกอัดแบบอะไดแบติกแบบย้อนกลับได้ ทำให้อากาศหรือสารทำงานมีอุณหภูมิและความดันเพิ่มขึ้น จนกระทั่งมีปริมาตรเท่ากับปริมาตรห้องเผาไหม้หรือลูกสูบเลื่อนถึงจุดศูนย์ตายบน (TDC)

กระบวนการจาก 2 – 3 เป็นกระบวนการที่อากาศหรือสารทำงานได้รับความร้อนทำให้มีอุณหภูมิและความดันเพิ่มขึ้นอีก กระบวนการนี้ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลง จนมีความดันสูงสุดที่สภาวะที่ 3

กระบวนการจาก 3 – 4 เป็นกระบวนการที่อากาศหรือสารทำงานได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น ทำให้อากาศหรือสารทำงานขยายตัวแบบความดันคงที่ จนมีอุณหภูมิสูงสุดที่สภาวะที่ 4

กระบวนการจาก 4 – 5 เกิดการขยายตัวแบบอะไดแบติก จนลูกสูบเลื่อนลงถึงจุดศูนย์ตายล่าง (BDC) กระบวนการนี้จะเกิดการส่งผ่านงานออกกระบอก

กระบวนการจาก 5 – 1 อากาศหรือสารทำงานคายความร้อนออกสู่ภายนอกกระบอกโดยปริมาตรคงที่ จนกระทั่งอากาศหรือสารทำงานมีสถานะเหมือนจุดเริ่มต้นที่ 1 วงจักรพร้อมที่จะทำงานอีกครั้งในวงจรต่อไป⁽¹⁸⁾

2.3 การเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล (Internal Combustion Diesel Engine)

กระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล เป็นการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงและอากาศ ในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ซึ่งในจังหวะดูดเครื่องยนต์จะดูดเอาแต่อากาศเพียงอย่างเดียว แล้วอากาศนี้จะถูกอัด จนลูกสูบเคลื่อนที่เกือบถึงจุดศูนย์ตายบน อากาศที่ถูกอัดนี้จะมีความดันสูง และอุณหภูมิสูง เมื่อน้ำมันดีเซลถูกฉีดเข้ามา ละอองของน้ำมันที่ได้รับความร้อนจะกลายเป็นไอของน้ำมัน ไปผสมกับอากาศที่ดูดเข้ามาเกิดเป็นสารผสมขึ้น เมื่อสารผสมที่เกิดขึ้นในกระบอกสูบมีอัตราส่วนเชื้อเพลิงและอากาศพอดีกับการเผาไหม้ก็จะเกิดขึ้น ในเครื่องยนต์ดีเซลการเผาไหม้สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ช่วง คือ

1 ช่วงการหน่วงหรือการล่าช้าของการจุดระเบิด (Delay Period หรือ Ignition Delay) คือ ช่วงเวลาระหว่างที่เริ่มฉีดน้ำมันจนถึงจุดเริ่มติดไฟ ช่วงนี้มีความสำคัญมากต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ และรวมทั้งผลกระทบอย่างมากต่อเสียงการสั่นสะเทือนและไอเสีย เมื่อช่วงการหน่วงการจุดระเบิดขึ้นอยู่กับ ตัวเลขซีเทน (Cetane Number) ของเชื้อเพลิงอุณหภูมิและความดันของ

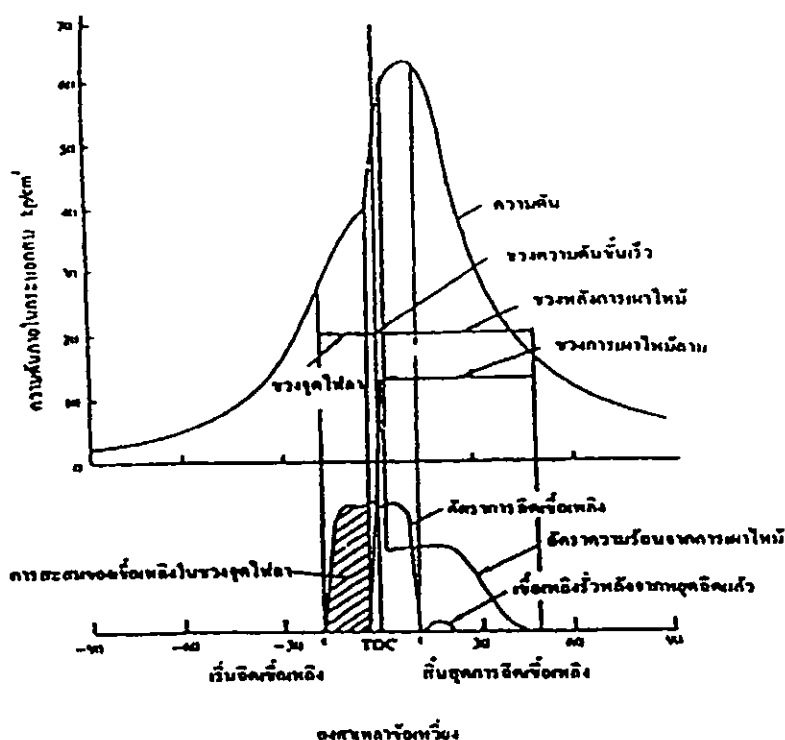
การอัดการตั้งเวลาการฉีดและการหมุนเวียนของก๊าซในระบบสูบ ช่วงนี้จะสั้นเมื่อตัวเลขซีเทนสูง ความดันและอุณหภูมิตั้งการฉีดน้ำมันเข้า (ก่อนจุด ศูนย์ตายบนไม่นาน)

ช่วงการหน่วงหรือการล่าช้าของการจุดระเบิด นี้เป็นผลรวมของการล่าช้าของการจุดระเบิดทางฟิสิกส์และทางเคมี (Physical Delay และ Chemical Delay) คือ ช่วงของการล่าช้าของการจุดระเบิด น้ำมันที่ถูกฉีดเข้ามาจะแตกตัวออกเป็นหยด และเมื่อได้รับความร้อนจะระเหยแล้วรวมตัวกับอากาศเป็นสารผสม หลังจากนั้นเป็นช่วงของการล่าช้าของการจุดระเบิดทางเคมี ในช่วงนี้ ไฮโดรคาร์บอนหนักในสารผสม จะแตกตัวเป็นไฮโดรคาร์บอนเบาแล้วเกิดการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศขึ้น

ปกติการล่าช้าของการจุดระเบิดทางฟิสิกส์ จะสั้นมากโดยเฉพาะถ้าเทียบกับน้ำมันเบนซิน แล้วจะเห็นว่าเวลาที่น้ำมันดีเซลระเหยนี้ใช้เวลาเพียง $1/3$ หรือ $1/2$ เท่าของน้ำมันเบนซิน เท่านั้น แล้วแต่อุณหภูมิไอดี ดังนั้น จะเห็นว่า การล่าช้าของการจุดระเบิดทางฟิสิกส์มีผลน้อยมาก ต่อ การล่าช้าของการจุดระเบิด ดังนั้นผลของการเผาไหม้จึงเป็นผลส่วนใหญ่เนื่องมาจาก การล่าช้าของการจุดระเบิดทางเคมี

2 ช่วงความดันขึ้นเร็ว (Rapid Pressure Rise Period) คือ ช่วงเวลาเริ่มติดไฟจนถึงความดันสูงสุด หรือช่วงที่ความดันเพิ่มอย่างรวดเร็ว ถ้าอัตราเพิ่มความดันสูงมากเกินไปทำให้เครื่องน็อก และเกิดการสั่นกำลั้งของเครื่องจะตกจะมีสารมลพิษในไอเสียมาก ถ้าช่วงอัตราความดันจะดีก็ต่อเมื่อช่วงจุดไฟล่าช้าสั้นยิ่งยาวอัตราความดันจะยิ่งสูงขึ้น ทั้งนี้เพราะถ้าช่วงจุดไฟล่าช้ายาวปริมาณเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้ามากในระบบจะสะสมมีมากขึ้น เมื่อเกิดการติดไฟก็จะติดหลายๆ จุดขึ้นพร้อมๆ กันทำให้ความดันเพิ่มสูงอย่างรวดเร็วเกินไป

3 ช่วงการเผาไหม้ลาม (Combustion Propagation Period) ความจริงแล้วการเผาไหม้ก็จะลามทันทีแต่ในช่วง 2 นั้น การเผาไหม้ลามอย่างรวดเร็วมาก สำหรับในช่วง 3 การลามจะค่อยสม่ำเสมอขึ้นแล้วก็ช้าลง ทั้งนี้เพราะเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้ามาอยู่เรื่อยจะระเหยและดึงความร้อนจากกระบอกสูบ เชื้อเพลิงที่ระเหยจะกระจายไปทั่วกระบอกสูบ และผสมกับอากาศและติดไฟต่อไป แต่การติดไฟที่สมบูรณ์จะใช้เวลาเพิ่มขึ้น เพราะสารผสมกระจายไปสม่ำเสมอ และปริมาณ O_2 ในกระบอกสูบก็ลดลงแก๊สไอเสียที่เกิดขึ้นก็เพิ่มขึ้นและวนเวียนไปรบกวนการเผาไหม้ กรณีเช่นนี้ เรียกว่าการแตกตัวเนื่องจากความร้อน (Thermal Decomposition)



ภาพประกอบ 2 แสดงกระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล

4 ช่วงหลังการเผาไหม้ (Blow – down Period) หรือหลังจากการเผาไหม้ ช่วงนี้น้ำมันหยุดฉีดแล้ว แต่การเผาไหม้ยังลามต่อไป เพื่อเพลิงที่กระจายไปรอบๆ กระบอกสูบที่ขาด O_2 และสารอนุภาคของแข็ง ที่เกิดก็จะลามติดไฟอย่างช้าๆ แม้ว่าลิ้นที่หัวฉีดจะปิดแล้วแต่ก็จะเกิดน้ำมันรั่วออกมาอีก เนื่องจากความดันที่ค้างในหัวน้ำมันของน้ำมันที่รั่ว บางที่เรียกว่า Secondary Injection (การฉีดตกค้าง) จะไม่สามารถเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ได้ จะทำให้เกิดควันดำและไฮโดรคาร์บอน ไอเสียที่ออกมาในช่วงหลังการเผาไหม้ งานที่ได้น้อยมากทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำ ฉะนั้นในช่วงนี้จึงมีแต่การเพิ่มอุณหภูมิไอเสียเท่านั้น⁽⁶⁾

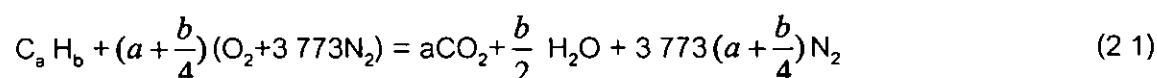
2.4 ทฤษฎีการเผาไหม้ (Combustion Theory)

กระบวนการเผาไหม้ของส่วนผสมของน้ำมันและอากาศ ในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ เป็นกระบวนการหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อ กำลัง ประสิทธิภาพ และปริมาณแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์

ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ระหว่างการเผาไหม้จึงเป็นสิ่งจำเป็นในการที่จะเข้าใจการทำงานของเครื่องยนต์

การเผาไหม้ คือ การทำปฏิกิริยาระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิเจนและเกิดเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic Combustion) ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทไฮโดรคาร์บอนที่สมบูรณ์ ผลิตภัณฑ์ (Product) ที่ได้จากปฏิกิริยาจะประกอบด้วยน้ำ (H_2O) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แต่ถ้าการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะมีคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ออกมาด้วย⁽⁷⁾

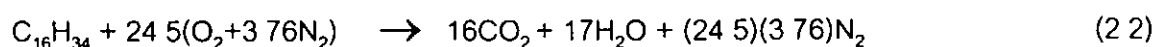
สำหรับปฏิกิริยาของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน ทั่วๆ ไป คือ C_xH_b ทำปฏิกิริยากับอากาศ ซึ่งประกอบด้วย N_2 3.76 โมล ต่อ O_2 1 โมล จะได้สมการดังนี้



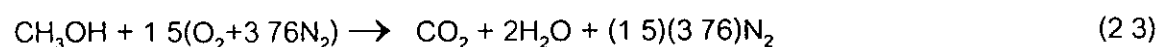
สมการข้างต้นนี้ เป็นสมการการทำปฏิกิริยาทางเคมีอย่างถูกต้องตามทฤษฎี ซึ่งเรียกสมการนี้ว่า "Stoichiometric Equation"

จะเห็นว่าสมการเคมีข้างต้น จำนวนโมลของสารที่ทำปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน a และ b เท่านั้น

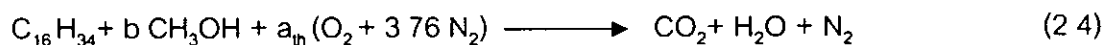
สมการการสันดาปของน้ำมันดีเซล และเมทานอล มีดังนี้คือ
การสันดาปของน้ำมันดีเซล



การสันดาปของเมทานอล



จากสมการการสันดาปที่ 2.2 และ 2.3 สามารถเขียนเป็นสมการการสันดาปได้ดังนี้



$$\text{โดยที่} \quad b = \frac{1}{\frac{y \rho_{\text{methanol}} / 32}{x \rho_{\text{diesel}} / 126}} = \frac{x \rho_{\text{diesel}} / 126}{y \rho_{\text{methanol}} / 32} \quad (2.5)$$

$$\begin{aligned} x &= \text{จำนวนปริมาตรของน้ำมันดีเซล (cc)} \\ y &= \text{จำนวนปริมาตรของเมทานอล (cc)} \\ 126 &= \text{น้ำหนักโมเลกุลของน้ำมันดีเซล (kg/kmol)} \\ 32 &= \text{น้ำหนักโมเลกุลของเมทานอล (kg/kmol)} \end{aligned}$$

ช่วงในการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่ใช้การเผาไหม้ จะต้องใช้อากาศและเชื้อเพลิงมาทำปฏิกิริยากันโดยอากาศแห้งประกอบด้วยส่วนผสมของก๊าซหลายชนิดได้แก่ออกซิเจน (O_2) 21% ไนโตรเจน (N_2) 78%, อาร์กอน (Ar) 0.94% โดยปริมาตรและก๊าซที่เหลือเป็นก๊าซอื่นๆ แต่ในอากาศนั้นตามปกติจะมีไอน้ำอยู่ด้วย ซึ่งปริมาณของไอน้ำจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เป็นอัตราส่วนที่ใช้วัดปริมาณไอน้ำในอากาศซึ่งเป็นอัตราส่วนของความดันย่อยของไอน้ำที่มีในอากาศขึ้นต่อความดันอิมัตว เราสามารถจะหาปริมาณไอน้ำในอากาศได้จากแผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart) อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb) และอุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb)

ตาราง 1 องค์ประกอบของอากาศแห้ง

Gas	ppm by volume	Molecular Weight	Mole Fraction
O ₂	209,500	31.998	0.2095
N ₂	780,900	28.012	0.7905
A	9,300	38.948	-
CO ₂	300	44.01	-
Air	1,000,000	28.976 = M _{air}	1.0000

ที่มา John B. Heywood

ความหนาแน่นของอากาศแห้งสามารถหาได้โดยคิดอากาศแห้งเป็นแก๊สอุดมคติ จากสมการของสภาวะ หรือกฎของแก๊สอุดมคติ

$$\rho_{\text{air}} = \frac{3.483 \times 10^{-3} p(\text{Pa})}{T(\text{K})} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (2.6)$$

ซึ่งค่าความหนาแน่นของอากาศแห้งที่ 1 ความดันบรรยากาศ เท่ากับ 1.0133×10^5 Pa ที่ 25 °C หรือ เท่ากับ 1.184 kg/m^3 ⁽²⁰⁾

2.5 การป้อนเมทานอลเข้าเครื่องยนต์ดีเซล

ตามปกติการป้อนเชื้อเพลิงเข้าเครื่องยนต์ดีเซล จะใช้หัวฉีดฉีดเชื้อเพลิงที่มีความดันสูงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ แต่เนื่องจากคุณสมบัติบางประการของเมทานอลต่างกับน้ำมันดีเซล ดังนั้นการป้อนเมทานอลเข้าเครื่องยนต์จึงอาจทำได้หลายวิธี คือ

2.5.1 ป้อนเข้าโดยตรงเข้าที่ปั๊มเชื้อเพลิง โดยใช้หัวฉีดฉีดเมทานอลเข้าเครื่องยนต์ ลักษณะเดียวกับการฉีดน้ำมันดีเซลทดแทนน้ำมันดีเซลทั้งหมด (100%) แต่เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซล ได้ออกแบบหัวฉีดมาสำหรับใช้กับน้ำมันดีเซล ไม่เหมาะกับเมทานอล จึงจำเป็นต้องมีการ

ออกแบบหัวฉีดและห้องเผาไหม้ ตลอดจนรายละเอียดอื่นๆ ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของเมทานอล ซึ่งจะต้องมีการวิจัยกันอย่างละเอียดอีกมาก

2 5 2 ป้อนโดยการผสมกับน้ำมันดีเซล (Blending) ก่อนแล้วจึงฉีดเข้าเช่นเดียวกับวิธีที่ 2 5 1 แต่วิธีนี้ยังมีปัญหาอยู่ที่ว่า เมทานอลไม่สามารถรวมตัวกับน้ำมันดีเซลได้ จึงจำเป็นต้องหาวิธีที่ทำให้มันรวมตัวกันให้ได้เสียก่อน เช่น เติมน้ำมันที่ช่วยในการรวมตัว เป็นต้น ซึ่งก็จะต้องมีการพัฒนากันต่อไป

2 5 3 ป้อนแยกกันต่างหาก โดยป้อนเข้าทางท่อร่วมไอดี (Air Intake Manifold) วิธีนี้จะใช้การป้อนแยกกันคนละแห่ง น้ำมันดีเซลยังคงใช้หัวฉีดฉีดเข้าเหมือนเดิม และ ให้เมทานอลเข้าทางไอดี ซึ่งเมทานอลจะถูกดูดพร้อมกับอากาศในจังหวะดูดของเครื่องยนต์เข้าสู่ห้องเผาไหม้โดยมีการปรับปริมาณของเมทานอลและอากาศให้เหมาะสมโดยไม่ให้เกิดการ Knock ของเครื่องยนต์⁽¹⁸⁾

2 6 สมรรถนะของเครื่องยนต์

ปัจจุบันเครื่องยนต์ดีเซลกำลังเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย สำหรับใช้เป็นต้นกำเนิดกำลัง ทั้งนี้เนื่องจากสามารถให้ประสิทธิภาพทางความร้อนได้ทุกขนาดแรงม้า อาจจะได้ตั้งแต่ 5 แรงม้า จนถึงกว่า 10,000 แรงม้า ประสิทธิภาพของเครื่องในขณะที่รับภาระก็สูงกว่าเครื่องชนิดอื่นด้วย แม้แต่เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กชนิดความเร็วรอบสูง ก็กำลังเข้ามาใช้งานแทนเครื่องยนต์เบนซิน จะเห็นได้ว่ามีไม่น้อยที่รถยนต์นั่งและรถบรรทุกใช้ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซล เนื่องจากน้ำมันและค่าบำรุงรักษา ราคาถูก ให้กำลังงานออกมาสูง ถือว่าเป็นสมรรถนะที่ดีของเครื่องยนต์ ดังแสดงออกได้โดย ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบที่สำคัญๆ คือ กำลังของเครื่องยนต์ ทอร์ค หรือแรงบิด ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง สมรรถนะของเครื่องยนต์ ช่วยให้ทราบถึงคุณลักษณะเฉพาะตัวของเครื่อง เพื่อใช้เป็นข้อเปรียบเทียบของเครื่องยนต์ ดังนั้นจึงพบว่าบริษัทที่ผลิตและจำหน่ายเครื่องยนต์จะบอกให้ทราบถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์นั้นๆ ด้วย

2 6 1 สมรรถนะเครื่องยนต์กำหนดจาก

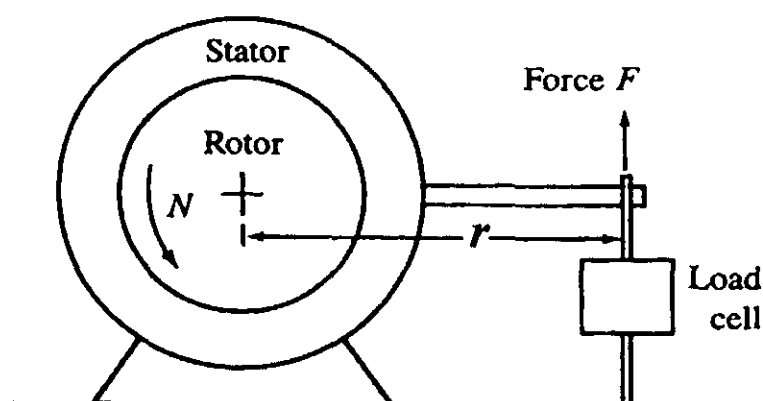
- 1 กำลังงานสูงสุด (หรือแรงบิดสูงสุด) ที่ใช้งานได้ ณ ความเร็วรอบในย่านการทำงาน of เครื่องยนต์

2 ย่านความเร็วรอบและกำลังงาน ที่เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างน่าพอใจ

2.6.2 นิยามที่ใช้เกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องยนต์

- กำลังงานพิกัดสูงสุด (Maximum Rate Power) คือ อัตรากำลังสูงสุดที่เครื่องยนต์ทำได้ในช่วงสั้นๆ
- กำลังงานพิกัดปกติ (Normal Rate Power) คือ กำลังงานสูงสุดที่เครื่องยนต์ทำได้อย่างต่อเนื่อง
- ความเร็วพิกัด (Rated Speed) คือ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ณ จุดให้กำลังงาน

2.6.3 แรงบิดเบรกและกำลังงานเบรก (T_b , P_b) คือ แรงบิดและกำลังงาน ที่ได้จากเพลาส่งกำลังออกจากเครื่องยนต์จริงๆ สามารถหาได้โดยการทดสอบ



ภาพประกอบ 3 การทำงานของไดนาโมมิเตอร์

การวัดแรงบิดเครื่องยนต์ปกติวัดจาก ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) ซึ่งต่อ Rotor เข้ากับเพลาส่งกำลังเครื่องยนต์ตัว Rotor จะส่งกำลังมายัง Stator โดยการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า หรือโดยของเหลว หรือแรงเสียดทาน แรงบิดจาก Stator จะถูกวัดแรงที่ปลายแขนแรง และคำนวณแรงบิดเครื่องยนต์ (Torque) ตามสมการ

$$T_r = F \times r \text{ (N m)} \quad (2.7)$$

และกำลังเบรก

$$P_b = 2\pi T_r N \text{ (kW)} \quad (2.8)$$

2.6.4 อัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะ (Specific Fuel Consumption, sfc)

ในการทดสอบเครื่องยนต์ การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะถูกวัดเป็นอัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิง ($\dot{m}_f$) ซึ่งเครื่องยนต์ขนาดใหญ่จะมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก ดังนั้นเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการเปรียบเทียบได้ จึงกำหนดในรูปของการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ ซึ่งเป็นอัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิงต่อหน่วยกำลังที่ให้ออกมาและเป็นการวัดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ในการใช้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตงานออกมา ตามสมการ

$$sfc = \frac{\dot{m}_f}{P_b} \text{ (g/kW}\cdot\text{h)} \quad (2.9)$$

2.6.5 อัตราส่วนระหว่างเชื้อเพลิงต่ออากาศ (F/A)

อัตราการไหลของมวลอากาศ ($\dot{m}_a$) และอัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิง ($\dot{m}_f$) มักจะถูกวัดในการทดสอบเครื่องยนต์ อัตราส่วนของอัตราการไหลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ในการกำหนดสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์

นิยามของสัดส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ (F/A) Stoichiometric Equation มีค่า

$$(F/A)_s = \text{มวลของเชื้อเพลิงต่อมวลของอากาศ} \quad (2.10)$$

สำหรับส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ อาจมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า ค่าตามทฤษฎี ก็ทำให้เกิดการเผาไหม้ได้ ถ้าหากส่วนผสมมีอากาศมากกว่าทางทฤษฎี คือมีอากาศส่วนเกิน เรียกว่า ส่วนผสมบาง (Fuel lean) อากาศส่วนเกินนี้จะไม่ทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิงและเหลือออกมาเป็นไอเสีย ในส่วนการเผาไหม้ที่มีส่วนผสมอากาศน้อยกว่าค่าตามทฤษฎีเรียกว่า ส่วนผสมหนา (Fuel rich)

เนื่องจากส่วนประกอบสารที่ได้จากการเผาไหม้ จะแตกต่างกันสำหรับส่วนผสมบางและส่วนผสมหนา และเนื่องจากอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศพอดีจะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของเชื้อเพลิง ดังนั้น จึงมีการกำหนดส่วนประกอบของสารผสมในรูปของอัตราส่วนของ อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศจริง / อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศพอดี ซึ่งได้แก่

อัตราส่วนสมมูลของเชื้อเพลิงต่ออากาศ (Fuel / air equivalence ratio, ϕ)

$$\phi = \frac{(F/A)_{\text{actual}}}{(F/A)_s} \quad (2.12)$$

สำหรับส่วนผสมบาง $\phi < 1$

สำหรับ Stoichiometric $\phi = 1$

สำหรับส่วนผสมหนา $\phi > 1$

$$\text{อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ (F/A)} = \frac{m_f}{m_a} \quad (2.13)$$

สำหรับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด จะมีอัตราส่วน $0.014 \leq F/A \leq 0.056$ ⁽²⁰⁾

2.7 ไอเสียที่เกิดจากเครื่องยนต์ดีเซล

ในเครื่องยนต์ดีเซลสารมลพิษจากเครื่องยนต์ที่มีปริมาณมากที่สุดจากไอเสียคือ ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และอนุภาคของแข็ง (ควันดำ) มีไฮโดรคาร์บอน HC และคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) บ้างแล้วแต่กรณีนอกจากนั้นภาวะมลพิษที่ถือว่าร้ายแรงอีกคือกลิ่นและเสียง และแอลดีไฮด์ จะเห็นว่าแตกต่างจากเครื่องยนต์เบนซิน ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการทำงานการสันดาปภายใน กระบอกสูบและคุณสมบัติของเชื้อเพลิง⁽²⁾

2.8 มาตรฐานมลพิษ

มาตรฐาน และกฎหมายควบคุมมลพิษจากเครื่องยนต์ละโรงงานอุตสาหกรรมของแต่ละประเทศมีความแตกต่างกันแล้วสถานการณ์และความเหมาะสม ซึ่งปกติมักมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ปกติมลพิษที่เกิดจากรถยนต์ที่สำคัญได้แก่ แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และไนโตรเจนออกไซด์ นอกจากนี้แก๊สดังกล่าวยังเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมและโรงงานพลังงานความร้อนต่างๆ ความรุนแรงของปัญหาเกี่ยวกับมลพิษอาจแตกต่างกัน เช่น เมืองที่มีความหนาแน่นของรถยนต์มากๆ ก็จะมี ความรุนแรงของปัญหามากกว่า เป็นต้น ซึ่งมาตรฐานมลพิษที่มีอยู่ ณ ปัจจุบัน ได้แก่

2.8.1 มาตรฐานมลพิษของสหรัฐอเมริกา

การควบคุมมลพิษจากแก๊สไอเสียครั้งแรก โดยออกกฎข้อบังคับที่รัฐแคลิฟอร์เนียของประเทศสหรัฐอเมริกาเมื่อปี ค.ศ. 1960 ดังนั้นความเป็นมาของการควบคุมมลพิษจากรถยนต์ในประเทศสหรัฐอเมริกาพอสรุปได้ ดังนี้

- ปี ค.ศ. 1943 ที่เมือง ลอสแอนเจลิสเกิดหมอกควันอย่างรวดเร็วสาเหตุเกิดจากควันไอเสียของรถยนต์ เนื่องจากเมืองดังกล่าวมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วมีรถยนต์เป็นจำนวนมาก
- ปี ค.ศ. 1952 ศาสตราจารย์เฮเกน สมิท (A J Haagen Smith) แห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียได้หยิบยกปัญหาไอเสียจากรถยนต์ซึ่งเป็นเหตุของปัญหาม่านควันซึ่งกันแสงอาทิตย์ส่องลงมายังโลกมาพิจารณา

- ปี ค.ศ. 1960 มีการประกาศกฎหมายควบคุมมลภาวะจากไอเสียของรถยนต์ โดยเฉพาะแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรคาร์บอน ในรัฐแคลิฟอร์เนีย
- ปี ค.ศ. 1970 มีการนำพระราชบัญญัติอากาศสะอาดมาใช้ ได้กำหนดค่ามาตรฐานหรือค่ามากที่สุดของระดับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และไนโตรเจนออกไซด์ จากแก๊สไอเสียรถยนต์ ให้เหมาะสมสำหรับรถที่ผลิตในอเมริกาส่วนใหญ่ และนำมาใช้ในปี ค.ศ. 1975 และพระราชบัญญัตินี้ดังกล่าวเป็นพื้นฐานของมาตรฐานการควบคุมมลภาวะในปัจจุบันของสหรัฐอเมริกา นับจากนั้นมากกฎหมายในลักษณะคล้ายคลึงกันได้ถูกบัญญัติขึ้นมาในประเทศญี่ปุ่น ยุโรป และประเทศอื่นๆ ตามลำดับ

ตาราง 2 แสดงค่ามาตรฐานไอเสียของสหรัฐอเมริกา

เมืองที่กำหนด	ค่ากำหนดแก๊สที่ควบคุม (กรัม/ไมล์)		
	CO	HC	NO _x
สหพันธ์	3.4	0.41	1.0
รัฐแคลิฟอร์เนีย	7.0	0.39	0.4

ค่า NO_x ซึ่งกำหนดขึ้นสำหรับรถยนต์ในรุ่นปี 1989 เป็นต้นไป (บางรุ่นอาจยอมให้มีค่าถึง 0.7 ได้) สำหรับแคลิฟอร์เนีย

2.8.2 มาตรฐานมลพิษประชาคมยุโรป

กลุ่มประเทศยุโรปส่วนใหญ่ จะใช้มาตรฐานทางมลพิษแตกต่างไปจากสหรัฐอเมริกา เช่น ประเทศสวีเดนและสวิตเซอร์แลนด์ จะใช้มาตรฐานมลพิษหรือมลภาวะของ EEC (European Economic Community) ซึ่งมาตรฐาน EEC ได้พัฒนาโดยกลุ่มตลาดร่วมประชาคมยุโรปมีอยู่ 3 แบบคือ แบบที่ 1 คือ ทดสอบโดยนำรถยนต์วิ่งบนแชลชีสไดนาโมมิเตอร์ การทดสอบแบบนี้ คล้ายคลึงกับการทดสอบของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเริ่มทดสอบที่เครื่องยนต์อุณหภูมิต่ำ (ให้รถยนต์ที่จะทดสอบเปียกโชกด้วยน้ำอย่างต่ำ 6 ชั่วโมง) ที่อุณหภูมิ 20°C – 30°C ในการทดสอบ น้ำหนักของ CO, HC, และ NO_x ถูกตรวจวัดขณะที่รถยนต์วิ่งครบ 1 วงจักรการทดสอบ ซึ่งมีทั้งหมด 15 รูปแบบการทดสอบ รวมถึงการเดินเบา การเร่ง การตรวจวัดความหนาแน่นของ

คาร์บอนมอนอกไซด์ขณะเดินเบาโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ และแบบที่ 3 จะเป็นการตรวจวัดแก๊สที่ระบายจากเครื่องยนต์

ตาราง 3 แสดงค่ามาตรฐานมลพิษของ EEC

รถยนต์โดยสารที่มี น้ำหนักบรรทุก 2.5 ตัน หรือน้อยกว่า	ปริมาตรความจุกระบอกสูบ (cc)	ปริมาณแก๊สพิษ (กรัม/รอบการทดสอบ)		
		CO	HC	NO _x
น้อยกว่า	น้อยกว่า	45	15	6
	1,400-2000	30	8	6
	มากกว่า 2,000	25	6.5	3.5

ตาราง 4 แสดงค่ามาตรฐานมลพิษตามค่ามาตรฐานของ EEC เมื่อใช้น้ำหนักรถเป็นเกณฑ์

สารมลพิษ (กรัม/รอบการทดสอบ)	น้ำหนักรถยนต์ (กิโลกรัม)								
	750	850	1020	1250	1470	1700	1930	2150	>2150
CO	100	109	112	234	152	167	186	203	220
HC	8.0	8.4	8.7	9.4	10.1	10.8	11.4	14.1	12.8

กรณีใช้น้ำหนักรถยนต์เป็นตัวกำหนดสารมลพิษตามค่ามาตรฐานของ EEC ดังแสดงในตาราง ที่จำนวน 1 รอบการทดสอบของ Economic Commission for Europe เท่ากับ 4.05 กิโลเมตร (2.54 ไมล์) สำหรับรถยนต์ใหม่ขณะติดเครื่องเฉยๆ และเครื่องยนต์มีอุณหภูมิทำงานต้องมีปริมาณ คาร์บอนมอนอกไซด์ไม่เกิน 4.5 เปอร์เซ็นต์⁽¹⁸⁾

283 มาตรฐานมลพิษของประเทศไทย (มาตรฐานมลพิษจากแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่จากยานพาหนะ)

มาตรฐานมลพิษสำหรับยานพาหนะใหม่

ตาราง 5 มาตรฐานมลพิษสำหรับยานพาหนะใหม่

ประเภทมาตรฐาน	ระดับที่	มาตรฐานอ้างอิง	หมายเลขมาตรฐานของ สมอ	ประกาศในราชกิจจานุเบกษา (มาตรฐานทั่วไป)	ประกาศในพระราชกฤษฎีกา (มาตรฐานบังคับ)
1 รถยนต์ ดีเซลขนาดเล็ก	4	94/12/EC สำหรับเครื่องยนต์ ระบบ Direct Injection	มอก 1435-2540	เล่มที่ 114 ตอนที่ 90 ง วันที่ 11 พฤศจิกายน 2540	1 มกราคม 2542 30 กันยายน 2544
	5	96/69/EC น้ำหนักอ้างอิง ไม่เกิน 1 250 กก - น้ำหนักอ้างอิง มากกว่า 1 250 กก สำหรับเครื่องยนต์ ระบบ Direct Injection	มอก 1875 2542	เล่มที่ 114 ตอนที่ 90 ง วันที่ 11 พฤศจิกายน 2540	1 ตุลาคม 2542 1 ตุลาคม 2543* 30 กันยายน 2544*
2 รถยนต์ ดีเซลขนาดใหญ่	2	95/542(A)/EEC (EURO 1)	มอก 1290-2538	เล่มที่ 112 ตอนที่ 77 ง วันที่ 26 กันยายน 2538	12 พฤษภาคม 2541
	3	95/542(B)/EEC (EURO 2)	มอก 1295 2541	เล่มที่ 112 ตอนที่ 77 ง วันที่ 26 กันยายน 2538	23 พฤษภาคม 2543

ที่มา * เป็นมติคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ มาตรฐานระดับที่ 5 อยู่ระหว่างการนำเสนอคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

มาตรฐานมลพิษทางอากาศจากรถใช้งาน (รถยนต์ดีเซล)

ตาราง 6 มาตรฐานมลพิษทางอากาศจากรถใช้งาน (รถยนต์ดีเซล)

ประเภทรถ	มลพิษ	คามมาตรฐาน	เครื่องมือ	วิธีตรวจวัด
รถยนต์ดีเซล	ควันดำ	50%	เครื่องมือวัดควันดำระบบกระดาษกรอง	ตรวจวัดขณะรถยนต์จอดอยู่กับที่ไม่มีภาระ โดยเร่งเครื่องยนต์อย่างรวดเร็วจนสุดคันเร่ง
		45%	เครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสง	
		40%	เครื่องมือวัดควันดำระบบกระดาษกรอง	ตรวจวัดขณะรถยนต์มีภาระ และอยู่บนเครื่องทดสอบที่มีความเร็วรอบร้อยละ 60 ของความเร็วรอบที่ให้กำลังสูงสุด
		35%	เครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสง	

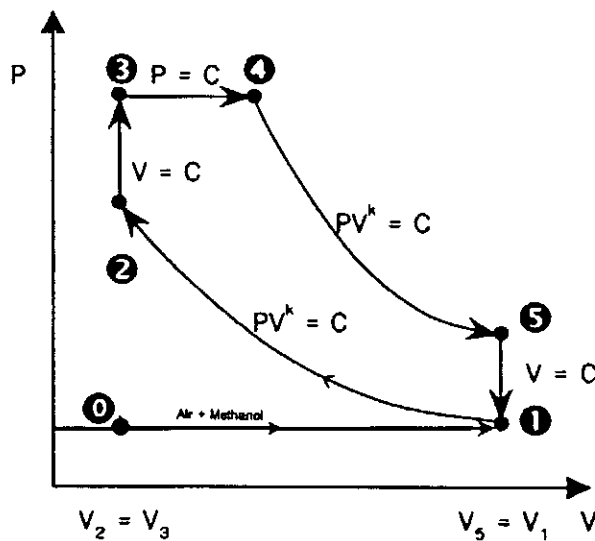
ที่มา ดัดแปลงจาก

- 1 ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2540) เรื่อง การกำหนดมาตรฐานค่าควันท้าจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ลงวันที่ 17 มิถุนายน 2540 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 114 ตอนที่ 76 ง ลงวันที่ 23 กันยายน พ.ศ. 2540
- 2 ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2541) เรื่อง การกำหนดมาตรฐานค่าควันท้าจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ลงวันที่ 9 กันยายน 2541 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 115 ตอนพิเศษที่ 100 ง ลงวันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ. 2541⁽¹⁾

บทที่ 3

เครื่องมือ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

ในการทำวิจัยครั้งนี้ เริ่มต้นจากการวิเคราะห์แผนภาพ P-V (P-V Diagram) ของวัฏจักรผสม (Dual Cycle) ซึ่งเป็นวัฏจักรใช้งานจริง เพื่อหาจุดเติมเมทานอล พบว่า ควรเติมเมทานอลในจังหวะ 0 -> 1 ซึ่งเป็นจังหวะดูด (Intake) โดยเป็นแนวความคิดทางทฤษฎีการทำงานของวัฏจักร ดังภาพประกอบ 4

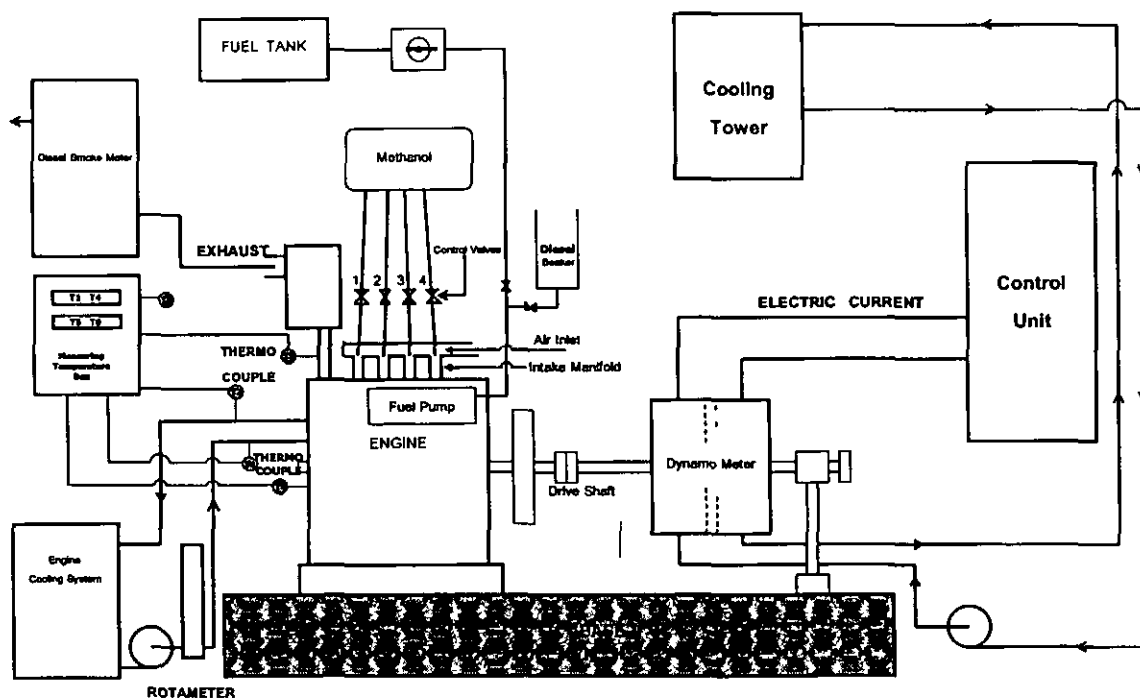


ภาพประกอบ 4 แสดงการออกแบบทฤษฎีของวัฏจักรผสม

จากรูปสามารถอธิบายหลักการทำงานได้ ดังนี้

- 0 -> 1 ดูด, อากาศและเมทานอล (Intake/pure air + Methanol)
- 1 -> 2 อัด, อากาศและเมทานอล (Compression/pure air + Methanol)
- 2 -> 3 เริ่มเกิดการเผาไหม้แบบปริมาตรคงที่ (Intake/Compression with Quasi-constant volume Combustion)
- 3 -> 4 เกิดการเผาไหม้แบบความดันคงที่ (Combustion/Flame Propagation with Constant Pressure)
- 4 -> 5 ขยายตัว, ไม่มีเปลวไฟ (Flameless Expansion or Adiabatic Expansion)
- 5 -> 1 คายไอเสีย (Exhaust/Blow down)

จากภาพประกอบ 4 ข้างบน ทำให้สามารถเขียนแผนภาพชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล ได้ดังนี้



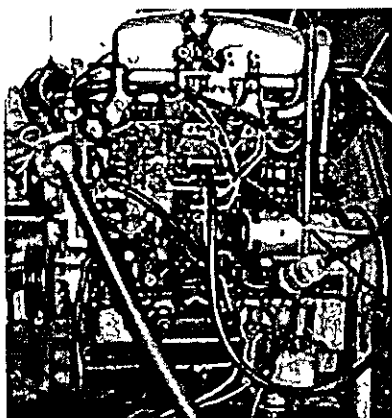
ภาพประกอบ 5 แสดงแผนภาพชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซล

จากแผนภาพประกอบ 5 เครื่องยนต์ (Engine) จะเริ่มทำงานได้เมื่อ ทำการป้อนน้ำมันดีเซลจากดีเซลบีกเกอ (Diesel Beaker) ไปยังปั๊มเชื้อเพลิง (Fuel Pump) หลังจากนั้นจึงทำการปรับปริมาณการป้อนเมทานอลด้วยวาล์วควบคุม (Control Valves) ทั้ง 4 ตัว โดยปรับให้มีอัตราการไหลเท่าๆ กัน แล้วทำการป้อนเข้าทางท่อร่วมไอดี (Intake Manifold) ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อเครื่องยนต์ทำงานแล้ว วัดอัตราการไหลของน้ำมันดีเซลและอัตราการไหลของอากาศ (Air Inlet) กำลังของเครื่องยนต์ที่ส่งผ่านเพลาลูก (Drive Shaft) ไปยังไดนาโมมิเตอร์ (Dynamo Meter) ซึ่งมีชุดควบคุม (Control Unit) ภาระ (Load) ที่ต้องการทดสอบ แล้วทำการวัดปริมาณไอเสีย (% ควันดำ) ที่ความเร็วรอบ และภาระต่างๆ ทำการจดบันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงของ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel Consumption, FC) และอัตราการป้อนเมทานอลที่ใช้ไป จากนั้นทำการวัดอุณหภูมิตามจุดต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิน้ำเข้า อุณหภูมิน้ำออก อุณหภูมิไอเสีย และอุณหภูมิห้อง และในช่วงทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์ จะเปลี่ยนการป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงจากดีเซลบีกเกอ

ไปใช้น้ำมันดีเซลจากถังน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Tank) แทน ส่วนการป้อนเมทานอลยังใช้อุปกรณ์การป้อนชุดเดิม

อุปกรณ์การทดสอบ

3 1 เครื่องยนต์ดีเซล (Diesel Engines)

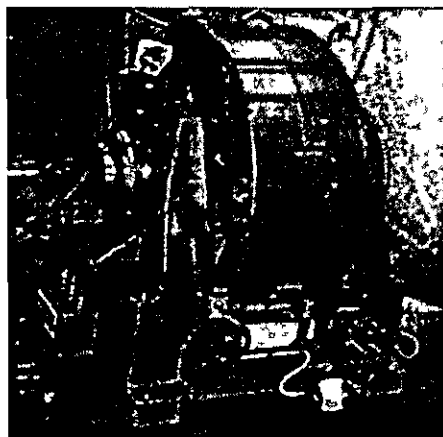


ภาพประกอบ 6 แสดงเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ เป็นเครื่องยนต์ยี่ห้ออีซูซุ ที่มีสภาพพร้อมที่จะใช้งานประมาณ 70-80% โดยมีข้อมูลทางเทคนิคต่างๆ ดังต่อไปนี้

เครื่องยนต์ / รุ่น	อีซูซุ /4JA1
แบบเครื่องยนต์	4 สูบ 4 จังหวะ (เรียงแนวตั้ง)
ขนาดกระบอกสูบ	93 mm
ระยะชัก	92 mm
ความจุกระบอกสูบ	2,499 cc
อัตราส่วนการอัด	18.4 ต่อ 1
กำลังงานสูงสุด	90 hp ที่ 4,200 rpm
แรงบิดสูงสุด	17.5 kg m ที่ 2,000 rpm
องศาฉีดน้ำมัน	12 องศา ก่อนศูนย์ตายบน
ลักษณะห้องเผาไหม้ / หัวฉีด	Direct injection

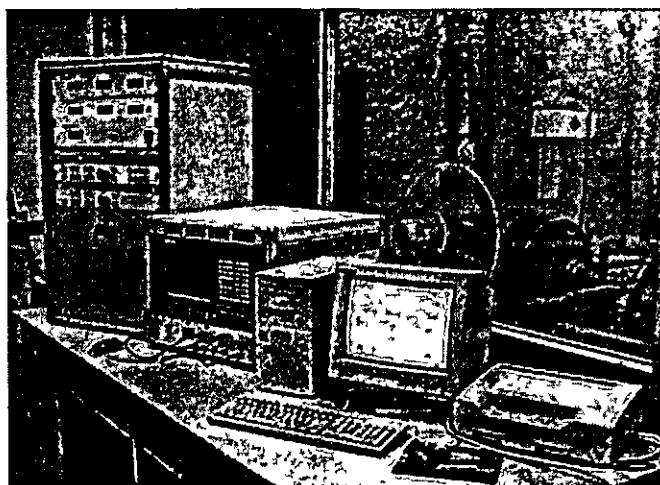
3.2 ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamo Meter)



ภาพประกอบ 7 แสดงไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสเหนี่ยวนำ (Eddy Current)

แบบกระแสเหนี่ยวนำ	รุ่น Froude Consine
ชนิด	AG 250 Project 00468
ความเร็วรอบสูงสุด	6000 rpm
ระบบระบายความร้อน	ระบายความด้วยน้ำ
การวัดแรงบิด	แบบโหลดเซลล์ (Load Cell)
ความเร็วเครื่องยนต์	เซ็นเซอร์ความเร็ว (Speed Sensor)

3.3 ชุดควบคุมไดนาโมมิเตอร์ (Control Unit)



ภาพประกอบ 8 ชุดควบคุมไดนาโมมิเตอร์

ชุดควบคุมและประมวลผล (Control Unit) การทำงานของเครื่องยนต์และไดนาโม ที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งทำหน้าที่ควบคุม ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และภาระแรงบิด (Torque) ของไดนาโมมิเตอร์

ผลิตโดย

Hewlett Packard

ระบบปฏิบัติการ

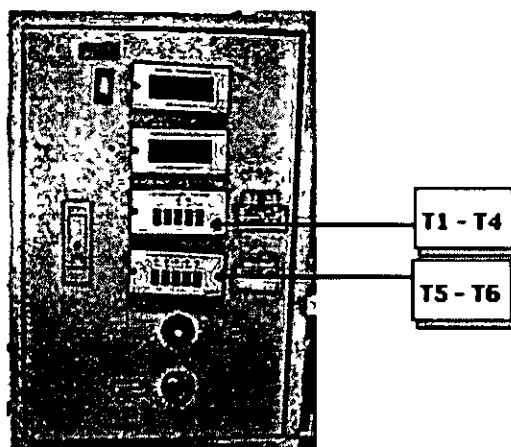
Windows 98

โปรแกรมควบคุม

Compend 20000

Microsoft Excel

3 4 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Measuring Temperature Box)

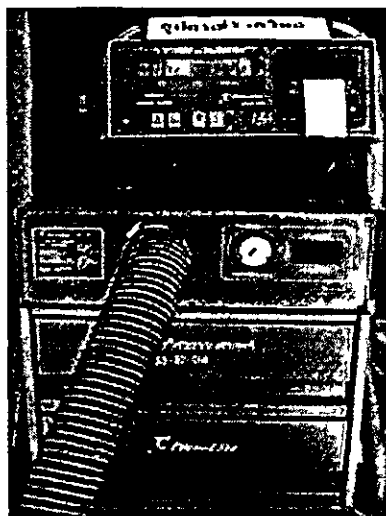


ภาพประกอบ 9 อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ

อุปกรณ์วัดอุณหภูมิจะรับสัญญาณจากอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Thermo Couple) ตามจุดต่างๆ ดังนี้

- อุณหภูมิน้ำเข้า (T₁)
- อุณหภูมิน้ำออก (T₂)
- อุณหภูมิห้อง (T₃)
- อุณหภูมิน้ำมันเครื่อง (T₄)
- อุณหภูมิไอเสีย (T₅)

3.5 อุปกรณ์วัดควันดำ (Smoke Meter)

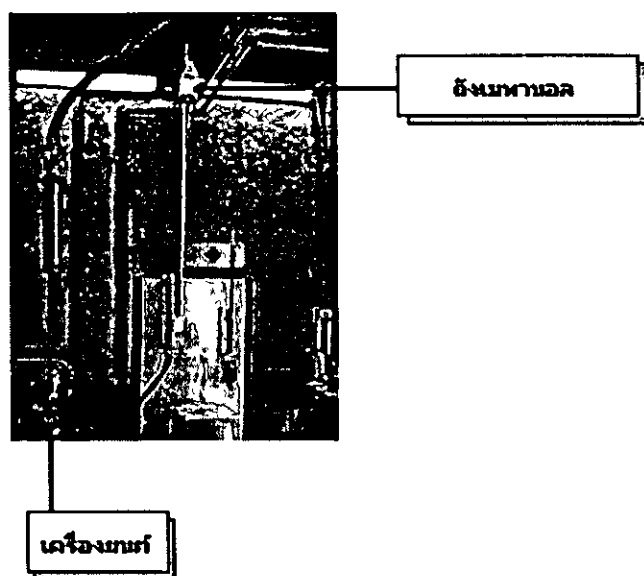


ภาพประกอบ 10 แสดงอุปกรณ์วัดควันดำ

เป็นเครื่องมือวัดควันดำของรถยนต์ดีเซล โดยใช้วิธีการวัดแบบทึบแสง การใช้อุปกรณ์วัดควันดำชนิดนี้ จะทำการวัดค่าของควันดำออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) โดยจะทำการวัด 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ควันดำออกมา

ผลิตโดย	Tecnotest Garage Equipment Production
รุ่น	Tecno Test รุ่น 460
อุณหภูมิสูงสุดในการทดสอบ	200 °C
ระบบไฟฟ้ากระแสตรง	12v

3.6 อุปกรณ์ป้อนเมทานอลเข้าทางท่อร่วมไอดี

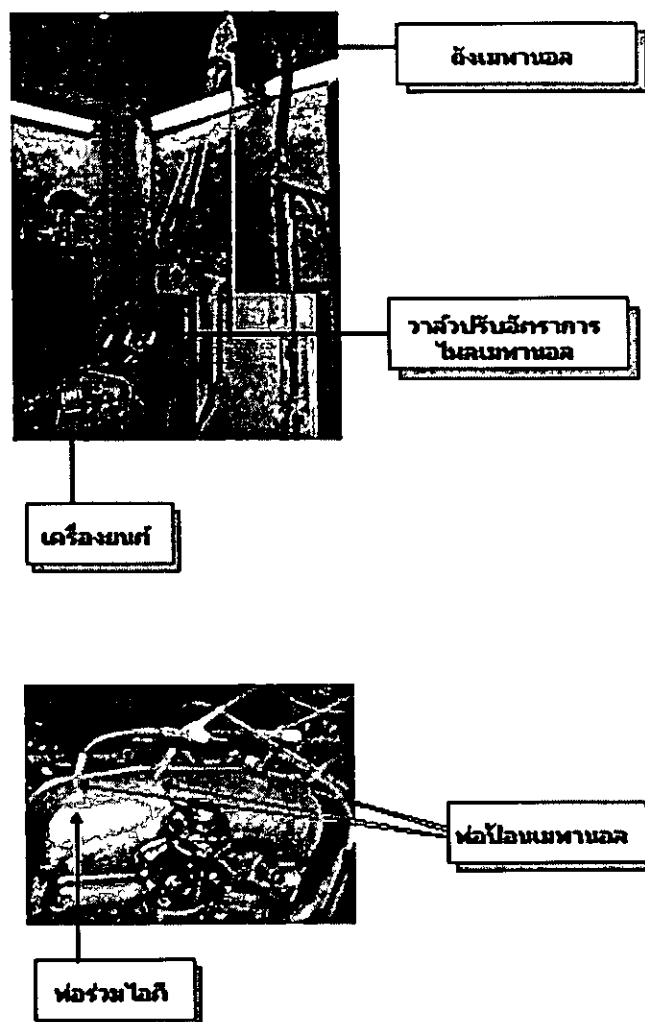


ภาพประกอบ 11 การติดตั้งอุปกรณ์ป้อนเมทานอล



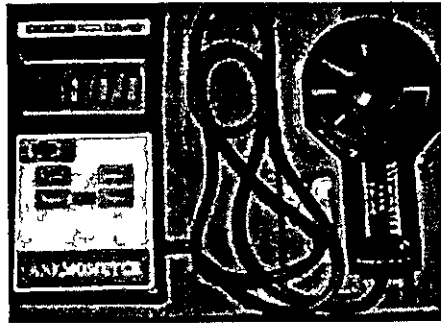
ภาพประกอบ 12 อุปกรณ์วัดปริมาณการป้อนเมทานอล

3.7 วิธีป้อนเมทานอลเข้าทางท่อร่วมไอดี



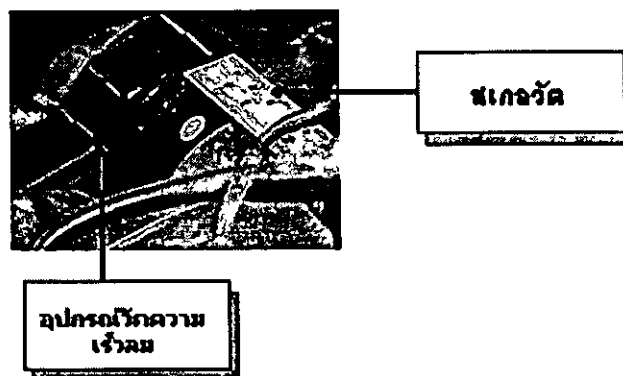
ภาพประกอบ 13 วิธีการป้อนเมทานอลเข้าที่ท่อร่วมไอดี (Intake Manifold) ของเครื่องยนต์

38 อุปกรณ์วัดความเร็วลม (Anemometer)



ภาพประกอบ 14 อุปกรณ์วัดความเร็วลม

39 วิธีวัดความเร็วลม



ภาพประกอบ 15 การวัดความเร็วของลมโดยใช้ Anemometer และ สเกลวัด

3 10 วิธีการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ ได้แบ่งเป็น 4 ช่วงด้วยกัน คือ

ช่วงแรก เป็นการเดินเครื่องยนต์ด้วยความเร็วรอบเดินเบา (Idle Speed) ที่ 850 rpm โดยใช้น้ำมันดีเซล (ปตท.) เป็นเชื้อเพลิงหลัก โดยมีตัวเลขซีเทน (55) และใช้เมทานอลเป็นเชื้อเพลิงร่วมผสมกับอากาศเข้าทางท่อร่วมไอดีในอัตราส่วนโดยประมาณไม่เกิน 10% โดยปริมาตรของน้ำมันดีเซล เข้าสู่ห้องเผาไหม้ (เพื่อหาปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนที่มากที่สุด ที่เครื่องยนต์สามารถทำงานได้)

ช่วงที่สอง ทำการทดสอบโดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว แล้วทำการปรับรอบเครื่องยนต์ที่ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ (Torque) เป็น 50, 100, 150 N m

ช่วงที่สาม ทำการทดสอบโดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลัก และใช้เมทานอลเป็นเชื้อเพลิงร่วม โดย

- ปรับค่าความเร็วรอบ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm
- ปรับค่าแรงบิดของเครื่องยนต์เป็น 50, 100, 150 N m
- ปรับองศาฉีดน้ำมัน ± 5 องศา ก่อนศูนย์ตายบน

ช่วงสุดท้าย เป็นการประเมินการสึกหรอของเครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบ

ขั้นตอนในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยเน้นการวัดปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำ และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง มีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1 ติดตั้งเครื่องยนต์เข้ากับชุดทดสอบ ได้แก่

- ไดนาโมมิเตอร์
- อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ
- อุปกรณ์วัดควันดำ
- อุปกรณ์ป้อนเมทานอล

2 ปรับองศาฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์ จากองศาปกติ แต่ละช่วงการทดสอบเพิ่มขึ้นและลดลงไม่เกิน 5 องศา ก่อนศูนย์ตายบน

3 ทำการอุ่นเครื่องยนต์ เพื่อให้เครื่องยนต์ปรับสภาวะ ให้พร้อมที่จะทดสอบ โดยทำการเดินเครื่องในตำแหน่งเดินเบา 850 – 1000 rpm ประมาณ 15 – 20 นาที

4 ปรับรอบของเครื่องยนต์ และแรงบิดของไดนาโมมิเตอร์

5 ทำการบันทึกค่าต่างๆ ตัวแปรหลัก และตัวแปรตาม ดังนี้

- แรงบิดของเครื่องยนต์ (Torque)
- กำลังงานเบรก (Brake Power)
- อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงดีเซล (Fuel Consumptions)
- อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงร่วมเมทานอล (% Methanol)
- อัตราการไหลของอากาศ (Air Inlet) ที่ทางเข้าท่อร่วมไอดี
- ค่าการปล่อยควันดำ (เปอร์เซ็นต์, %)
- อุณหภูมิน้ำเข้า – น้ำออก
- อุณหภูมิห้อง, ไอเสีย และน้ำมันเครื่อง

6 ปรับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm ตามลำดับ โดยปรับตั้งค่าแรงบิดของไดนาโมมิเตอร์เริ่มที่ 50 N m ของแต่ละความเร็วรอบ แล้วทำการทดสอบตามขั้นตอนที่ 3 – 6

7 ปรับเพิ่มค่าแรงบิดของไดนาโมมิเตอร์เพิ่มเป็น 100 และ 150 N m ตามลำดับ แล้วทำการทดสอบตามขั้นตอนที่ 3 - 6

8 ปรับองค์าเจ็ดน้ำมันเพิ่มขึ้นจากองค์าปกติประมาณไม่เกิน 5 องค์า โดยแบ่งการป้อนเมทานอลเป็น ดังนี้

8 1 ไม่ทำการป้อนเมทานอล

8 2 ทำการป้อนเมทานอลในอัตราที่ให้ผลอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และเปอร์เซ็นต์ควันดำที่น้อยที่สุด

8 3 ทำการป้อนเมทานอลในอัตราที่ให้ผลอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และเปอร์เซ็นต์ควันดำที่มากที่สุด

8 4 ทำการทดสอบ ตามขั้นตอนที่ 3 – 7

9 ปรับองค์าเจ็ดน้ำมันลดลงจากองค์าปกติประมาณไม่เกิน 5 องค์า โดยแบ่งการป้อนเมทานอลเป็น ดังนี้

9 1 ไม่ทำการป้อนเมทานอล

9 2 ทำการป้อนเมทานอลในอัตราที่ให้ผลอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และเปอร์เซ็นต์ควันดำที่น้อยที่สุด

9.3 ทำการป้อนเมทานอลในอัตราที่ให้ผลอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และเปอร์เซ็นต์ควันดำที่มากที่สุด

9.4 ทำการทดสอบ ตามขั้นตอนที่ 3 – 7

10 ทำการปรับรอบของเครื่องยนต์ที่ 1500 rpm และใช้ส่วนผสมของเมทานอลในอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด โดยทำการเดินเครื่องหลังจากเก็บข้อมูลเสร็จจนครบ 300 ชั่วโมง แล้วทำการถอดชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ออกมาตรวจสอบการสึกหรอ ได้แก่ ความโตของกระบอกสูบ แหวนลูกสูบ และวัดความดันในกระบอกสูบ

หมายเหตุ การทดสอบ

เนื่องจากความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ 1500 rpm เมื่อใช้เกียร์เดินหน้าสูงสุด (เกียร์ 5) จะได้ความเร็วของรถยนต์โดยประมาณ 55 - 60 กิโลเมตร ต่อ ชั่วโมง จากการทดสอบเมื่อครบ 300 ชั่วโมง ก็พบว่า จะได้ระยะทางโดยประมาณ 16,500 – 18,000 กิโลเมตร แต่ในการใช้งานจริงจะใช้เพียง 1 ใน 3 ของระยะทางโดยประมาณเท่านั้น ซึ่งเป็นระยะทางที่ครบวงจรรอบการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น (Engine Oil) ของเครื่องยนต์ ตามสภาพใช้งาน

บทที่ 4

ผลการวิจัย

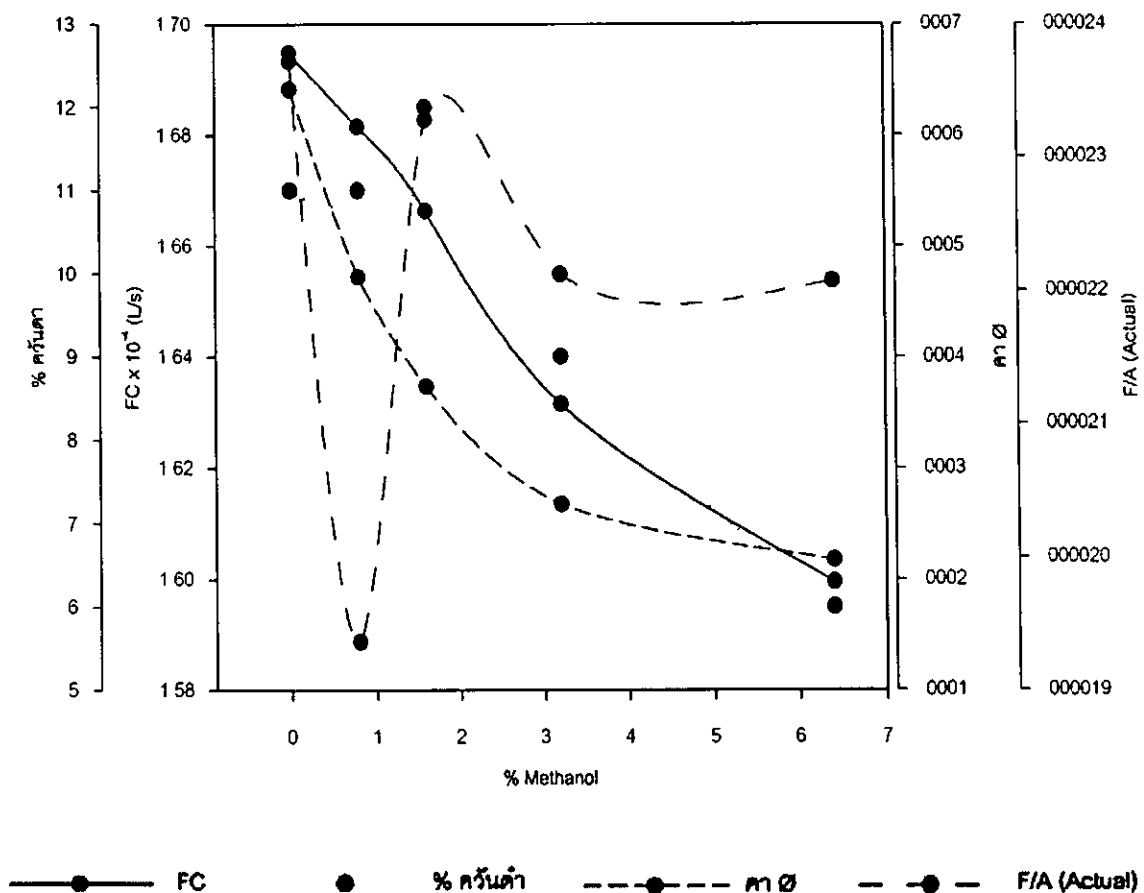
ในบทนี้จะแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์, อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) และเปอร์เซ็นต์ควันดำ เมื่อป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 0%, 0.8%, 1.6%, 3.2% และ 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร โดยใช้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed) 850, 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และใช้แรงบิดของเครื่องยนต์ (Torque) ที่ 50, 100 และ 150 N m และปรับองศาฉีดน้ำมันจากองศาปกติ (12 องศา ก่อนศูนย์ตายบน) เป็น 9 องศา และ 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน

ในการทดสอบ และเก็บข้อมูล เพื่อทำการวิเคราะห์และคำนวณ ดังภาพกราฟประกอบ ซึ่งพิจารณาตามภาระ (Load) ที่เครื่องยนต์ได้รับ และองศาฉีดน้ำมัน โดยแบ่งออกเป็นหัวข้อต่างๆ ดังนี้ คือ

- 1 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (Fuel Consumption, FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual) ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 850 rpm (Idle Speed) ในภาวะปกติ (No Load)
- 2 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (Fuel Consumption, FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual) ในภาวะปกติ (No Load) เมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ที่องศาฉีดน้ำมัน 9, 12 และ 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน
- 3 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (Fuel Consumption, FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual) ในภาวะมีภาระ (Load) ที่องศาฉีดน้ำมัน 9, 12 และ 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และแรงบิดของเครื่องยนต์ 50 N m
- 4 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (Fuel Consumption, FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual) ในภาวะมีภาระ (Load) ที่องศาฉีดน้ำมัน 9, 12 และ 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และแรงบิดของเครื่องยนต์ 100 N m

- 5 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (Fuel Consumption, FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual) ในภาวะมีภาระ (Load) ที่องศาฉีดน้ำมัน 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และแรงบิดของเครื่องยนต์ 130 N m
- 6 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (Fuel Consumption, FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual) ในภาวะมีภาระ (Load) ที่องศาฉีดน้ำมัน 9, 12 และ 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และแรงบิดของเครื่องยนต์ 150 N m
- 7 ด้านการสึกหรอของเครื่องยนต์ได้แก่ ความโตของกระบอกสูบ แหวนลูกสูบ และวัดความดันในกระบอกสูบ และวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้งานทุก 100 ชั่วโมง

4.1 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (Fuel Consumption, FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และ อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual) ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 850 rpm (Idle Speed) ในภาวะปกติ (No Load)



ภาพประกอบ 16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ (% Methanol) ที่ องศาฉนวนน้ำมัน 12 องศา ก่อนศูนย์ตายบน สำหรับตาราง 10

จากภาพประกอบ 16 แสดงกราฟข้อมูลที่ได้จากการเริ่มทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะปกติ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 850 rpm เพื่อหาปริมาณการป้อนเมทานอล ที่สามารถป้อนเข้าทางท่อร่วมไอดีได้ในปริมาณที่มากที่สุด โดยทำการป้อนเมทานอลในปริมาณอัตราส่วนต่างๆ คือ 0.8%, 1.6%, 3.2% และ 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล 500 ซีซี จากการทดสอบ ที่อัตราการป้อนเมทานอล 0.8% ไม่มีผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์ ที่ 1.6% เครื่องยนต์ทำงานได้ตามปกติ ที่ 3.2% เครื่องยนต์เริ่มจะทำงานไม่ปกติ (Knock) และที่ 6.4% เป็นอัตราการป้อนที่มากที่สุดที่เครื่องยนต์สามารถทำงานได้ ดังนั้น จึงเลือกอัตราการป้อนเมทานอล ที่ 1.6% และ 6.4% มาใช้ในการทดสอบของการปรับเปลี่ยนองศาฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจากองศาการฉีดน้ำมันปกติ

ในด้านการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC)

จะเห็นได้ว่า การใช้เมทานอลมีผลช่วยให้การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณอัตราส่วนของเมทานอลที่เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับที่ไม่ได้ทำการป้อนเมทานอล โดยมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงเล็กน้อย

ในด้านควันดำ (% ควันดำ)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลช่วยให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำมีแนวโน้มลดลง แสดงว่าเมทานอลส่งผลทางบวก หรือช่วยให้การเผาไหม้ของน้ำมันดีเซลดีขึ้น

อย่างไรก็ตาม ถ้าปริมาณเมทานอลมากเกินไป (เกิน 6.4%) จะเกิดการเผาไหม้ก่อนถึงศูนย์ตายบน หรือเครื่องยนต์เกิดอาการ Knock

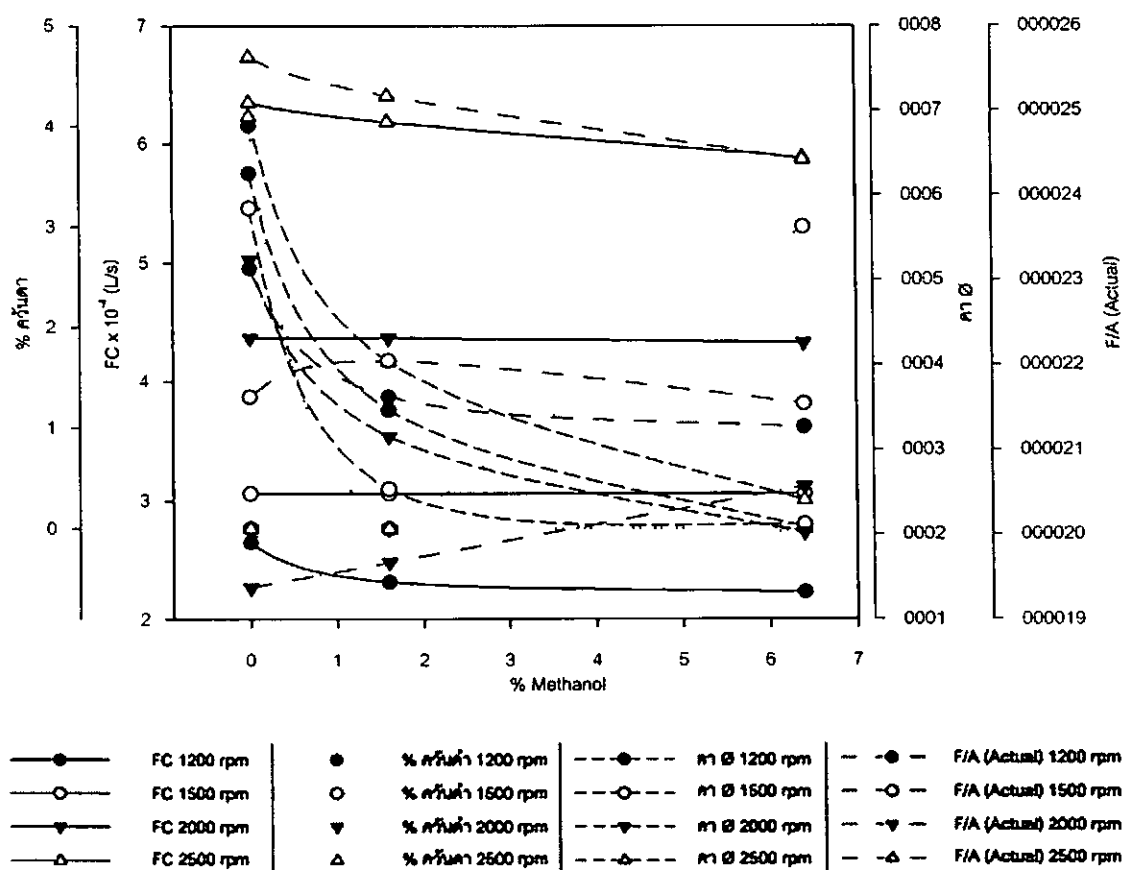
ในด้านอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนเมทานอลที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับการคำนวณทางทฤษฎี ซึ่ง $\phi < 1$ หรือเป็น ส่วนผสมบาง

ในด้านอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีแนวโน้มไปในทางเดียวกับค่าอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศ และมีค่าน้อยกว่าค่าในทางทฤษฎี ($0.014 \leq F/A \leq 0.056$)

4.2 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (Fuel Consumption, FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และ อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual) ในภาวะปกติ (No Load) เมื่อปรับเพิ่มความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ที่องศาฉีดน้ำมัน 9, 12 และ 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน



ภาพประกอบ 17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาฉีดน้ำมัน 9 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) สำหรับ ตาราง 21

จากภาพประกอบ 17 แสดงกราฟข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะปกติ เมื่อปรับความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นจากรอบเดินเบา และปรับองศาฉีดน้ำมันเป็น 9 องศา โดยทำการป้อนเมทานอลในปริมาณอัตราส่วน 16% และ 64% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล 500 ซีซี

ในด้านการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC)

จะเห็นได้ว่า ปริมาณเมทานอลที่ทำการป้อนเข้าทางท่อร่วมไอดี ยังคงมีผลช่วยให้การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงใกล้เคียงกัน ตามปริมาณอัตราส่วนของเมทานอลที่เพิ่มขึ้นซึ่งเป็นไปได้ว่าเมทานอลช่วยให้การเผาไหม้ดีขึ้น แม้เครื่องยนต์จะมีความเร็วรอบที่สูงขึ้น และองศาฉีดน้ำมันที่ลดลง

ในด้านควันทด (% ควันทด)

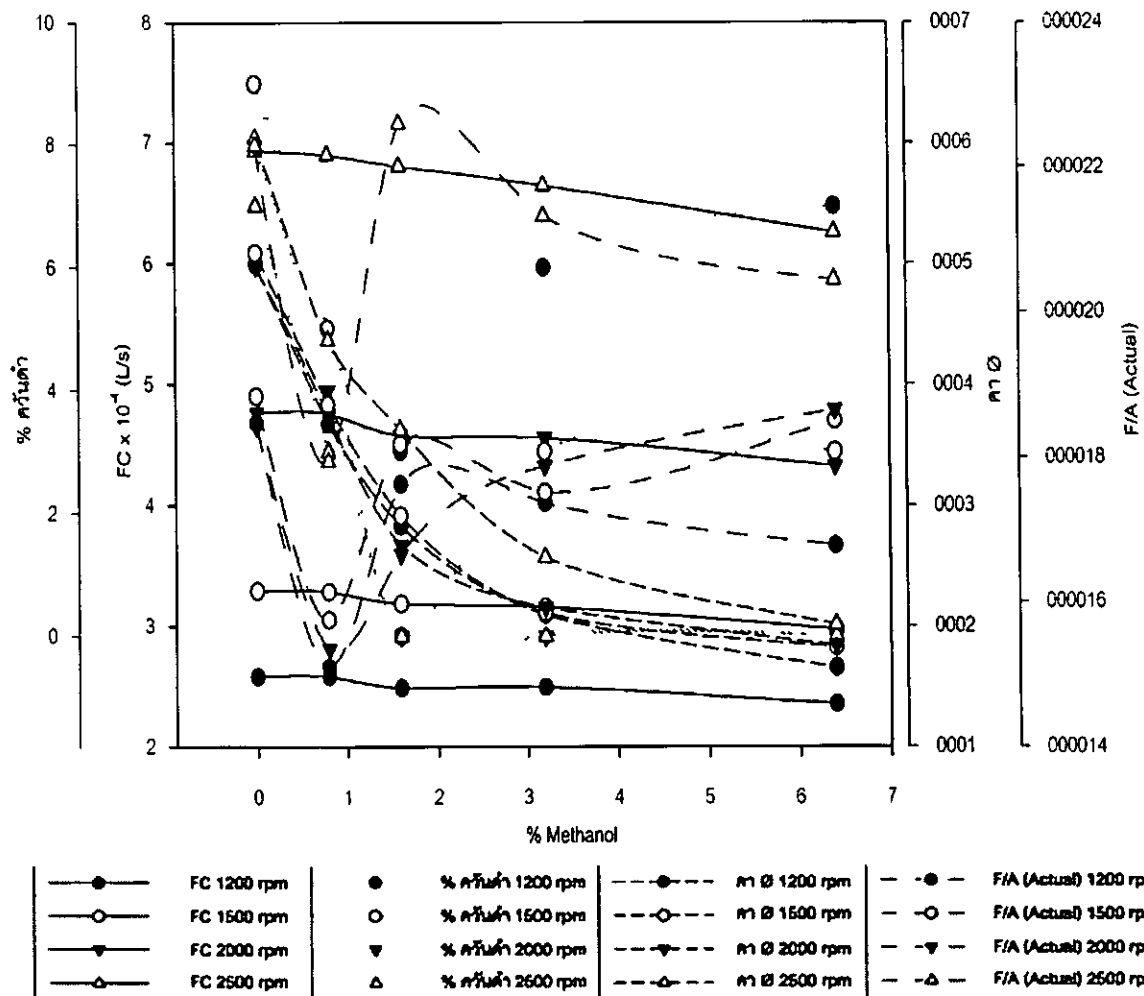
จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลช่วยให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันทดมีแนวโน้มลดลงทุกความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และทุกอัตราการป้อนเมทานอล แต่ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1500 rpm ที่อัตราการป้อนเมทานอล 64% มีเปอร์เซ็นต์ควันทดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ไม่เหมาะสมกับปริมาณอัตราส่วนเมทานอลที่ป้อนเข้าไป

ในด้านอัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนเมทานอลที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับการคำนวณทางทฤษฎี ซึ่ง $\phi < 1$ หรือเป็น ส่วนผสมบาง

ในด้านอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีแนวโน้มสิ้นเปลืองใกล้เคียงกัน จึงเป็นผลให้ควันทดลดลง และมีค่าน้อยกว่าค่าในทางทฤษฎี ($0.014 \leq F/A \leq 0.056$)



ภาพประกอบ 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์คว้นดำ (% คว้นดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาฉีดน้ำมัน 12 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) สำหรับตาราง 11

จากภาพประกอบ 18 แสดงกราฟข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะปกติ เมื่อปรับความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นจากรอบเดินเบา ที่องศาฉีดน้ำมันปกติ 12 องศา โดยทำการป้อนเมทานอลในปริมาณอัตราส่วนต่างๆ คือ 0.8%, 1.6%, 3.2% และ 6.4% ของน้ำมันดีเซล โดยปริมาตร เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล 500 ซีซี

ในด้านการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC)

จะเห็นได้ว่า ปริมาณการป้อนเมทานอล มีผลช่วยให้การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงใกล้เคียงกัน ตามปริมาณอัตราส่วนของการป้อนเมทานอลที่เพิ่มขึ้น

ในด้านควันดำ (% ควันดำ)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลช่วยให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำลดลงเป็นอย่างมาก ตามปริมาณอัตราส่วนของการป้อนเมทานอลที่เพิ่มขึ้น

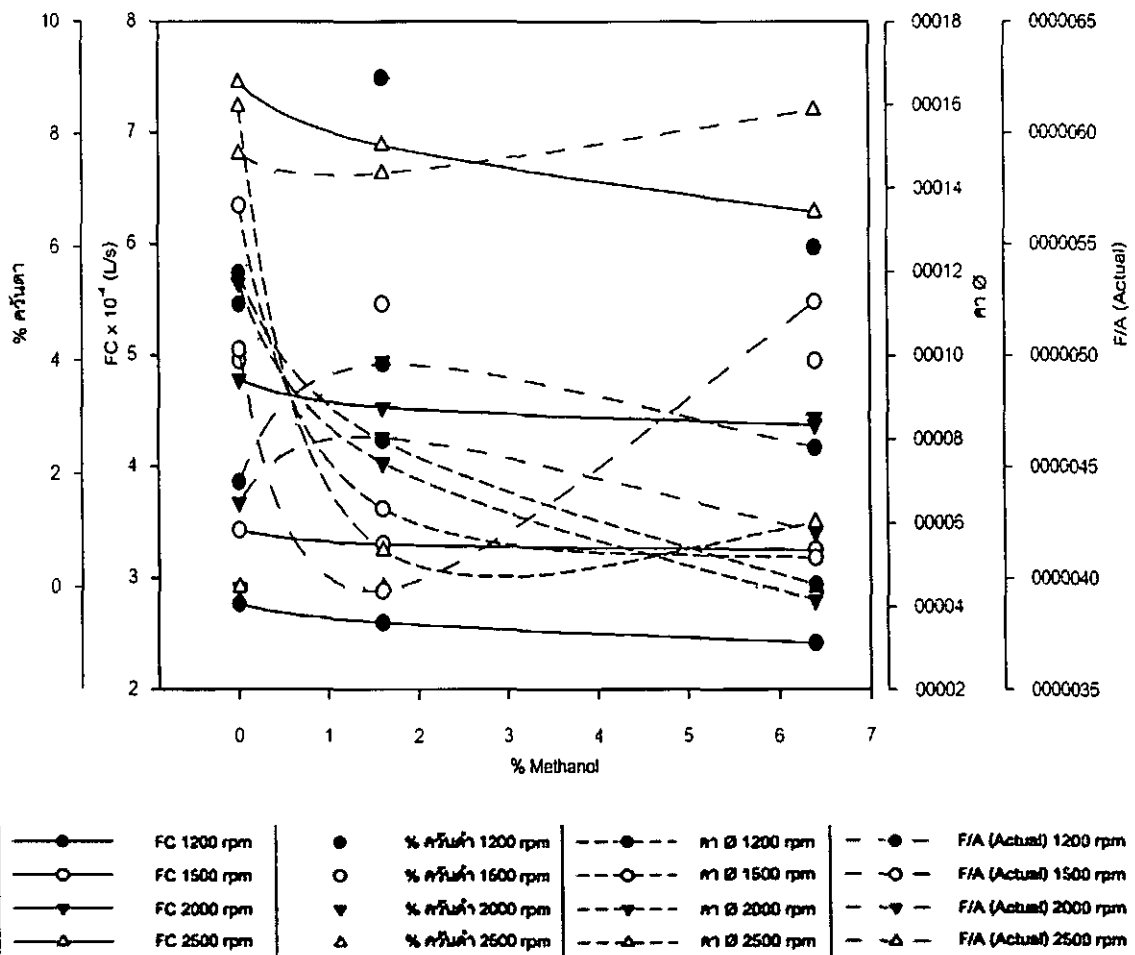
โดยปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 1.6% ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1500, 2000 และ 2500 rpm ปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำวัดได้ไม่มีค่า (ND) ที่ปริมาณการป้อนเมทานอล 3.2% ที่ความเร็วรอบ 2000 และ 2500 rpm ปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำวัดได้ไม่มีค่า และปริมาณการป้อนเมทานอล 6.4% ที่ความเร็วรอบ 2000 และ 2500 rpm ปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำวัดได้ไม่มีค่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ เมทานอลช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้น

ในด้านอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศ (Ø)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนเมทานอลที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับการคำนวณทางทฤษฎี ซึ่ง $\phi < 1$ หรือเป็น ส่วนผสมบาง

ในด้านอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีแนวโน้มลดลงใกล้เคียงกัน และมีค่าน้อยกว่าค่าในทางทฤษฎี ($0.014 \leq F/A \leq 0.056$)



ภาพประกอบ 19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์คว้นดำ (% คว้นดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องค์การน้ำมัน 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) สำหรับตารางภาคผนวก สำหรับตาราง 17

จากภาพประกอบ 19 แสดงกราฟข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะปกติ เมื่อปรับความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นจากรอบเดินเบา ที่องศาฉีดน้ำมัน 15 องศา โดยทำการป้อนเมทานอลในปริมาณอัตราส่วน 1.6% และ 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล 500 ซีซี

ในด้านการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC)

จะเห็นว่า ปริมาณเมทานอลที่ทำการป้อนเข้าทางท่อร่วมไอดี ยังคงมีผลช่วยให้การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงใกล้เคียงกันตามปริมาณอัตราส่วนของเมทานอลที่เพิ่มขึ้น แม้เครื่องยนต์จะมีความเร็วรอบที่สูงขึ้น และองศาฉีดน้ำมันที่เพิ่มขึ้น

ในด้านควันทด (% ควันทด)

จะเห็นว่า ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500 และ 2000 rpm เปอร์เซ็นต์ควันทดเพิ่มขึ้น เมื่อป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 1.6% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ องศาฉีดน้ำมันที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณควันทดเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นจึงมีแนวโน้มลดลง เมื่อความเร็วรอบเพิ่มสูงขึ้นเป็น 2500 rpm อัตราป้อนเมทานอลเพิ่มขึ้นเป็น 6.4% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ องศาฉีดน้ำมันที่เพิ่มขึ้นต้องมีอัตราการป้อนเมทานอลที่เพิ่มขึ้นด้วย จึงทำให้เปอร์เซ็นต์ควันทดลดลงเป็นอย่างมาก (ND)

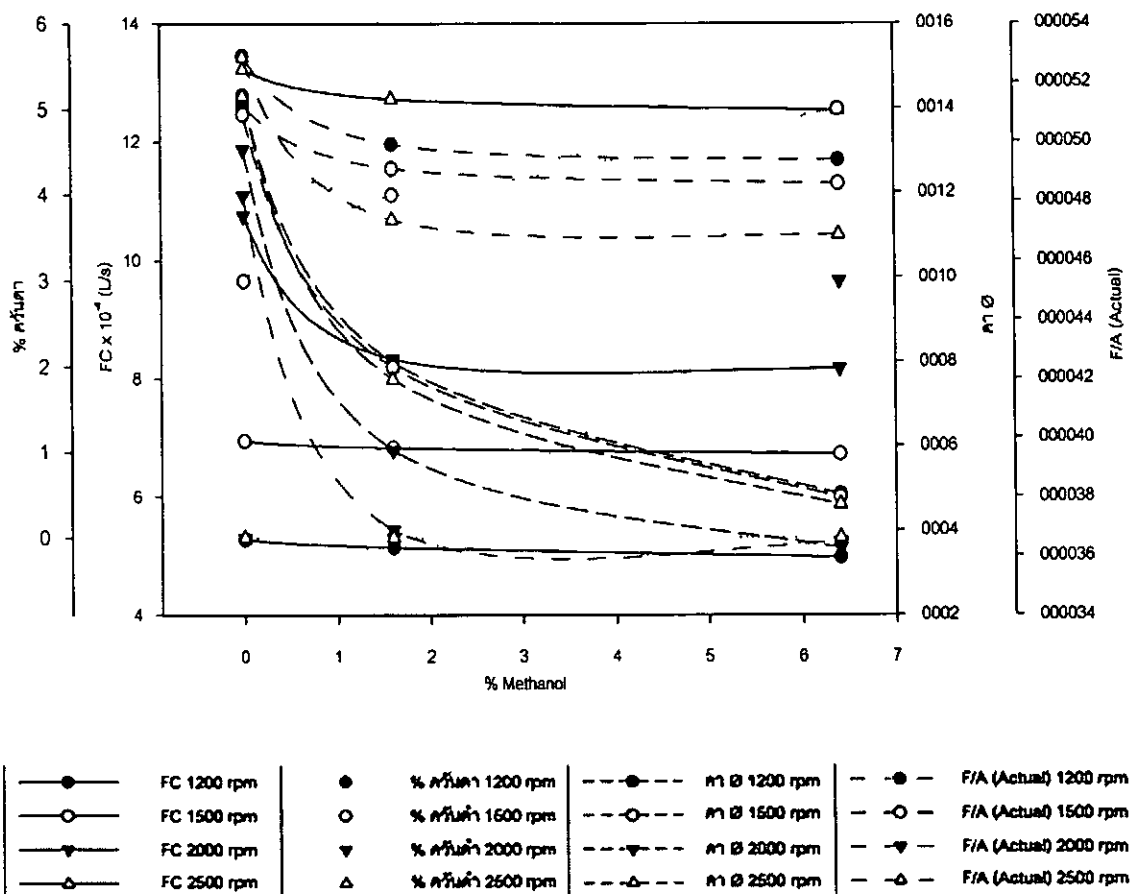
ในด้านอัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ)

จะเห็นว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนเมทานอลที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับการคำนวณทางทฤษฎี ซึ่ง $\phi < 1$ หรือเป็น ส่วนผสมบาง

ในด้านอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual)

จะเห็นว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีแนวโน้มสิ้นเปลืองใกล้เคียงกัน และมีค่าน้อยกว่าค่าในทางทฤษฎี ($0.014 \leq F/A \leq 0.056$)

4.3 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (Fuel Consumption, FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และ อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual) ในภาวะมีภาระ (Load) ที่ องศาจืดน้ำมัน 9, 12 และ 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และแรงบิดของเครื่องยนต์ 50 N m



ภาพประกอบ 20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาจืดน้ำมัน 9 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และ แรงบิดของเครื่องยนต์ 50 N m สำหรับตาราง 22, 23 และ 24

จากภาพประกอบ 20 แสดงกราฟข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะมีภาระ (Load) ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยปรับองศาฉีดน้ำมันเป็น 9 องศา และแรงบิดของเครื่องยนต์ 50 N m แล้วทำการป้อนเมทานอลในปริมาณอัตราส่วน 1.6% และ 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล 500 ซีซี

ในการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอล มีผลช่วยให้การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงตามปริมาณอัตราส่วนของเมทานอลที่เพิ่มขึ้น ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2000 rpm จะมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงชัดเจน ช่วงอัตราการป้อน 0 – 1.6% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ที่อัตราการป้อนเมทานอล 1.6% เหมาะสมกับภาระ (Load) 50 N m

ในด้านควันทา (% ควันทา)

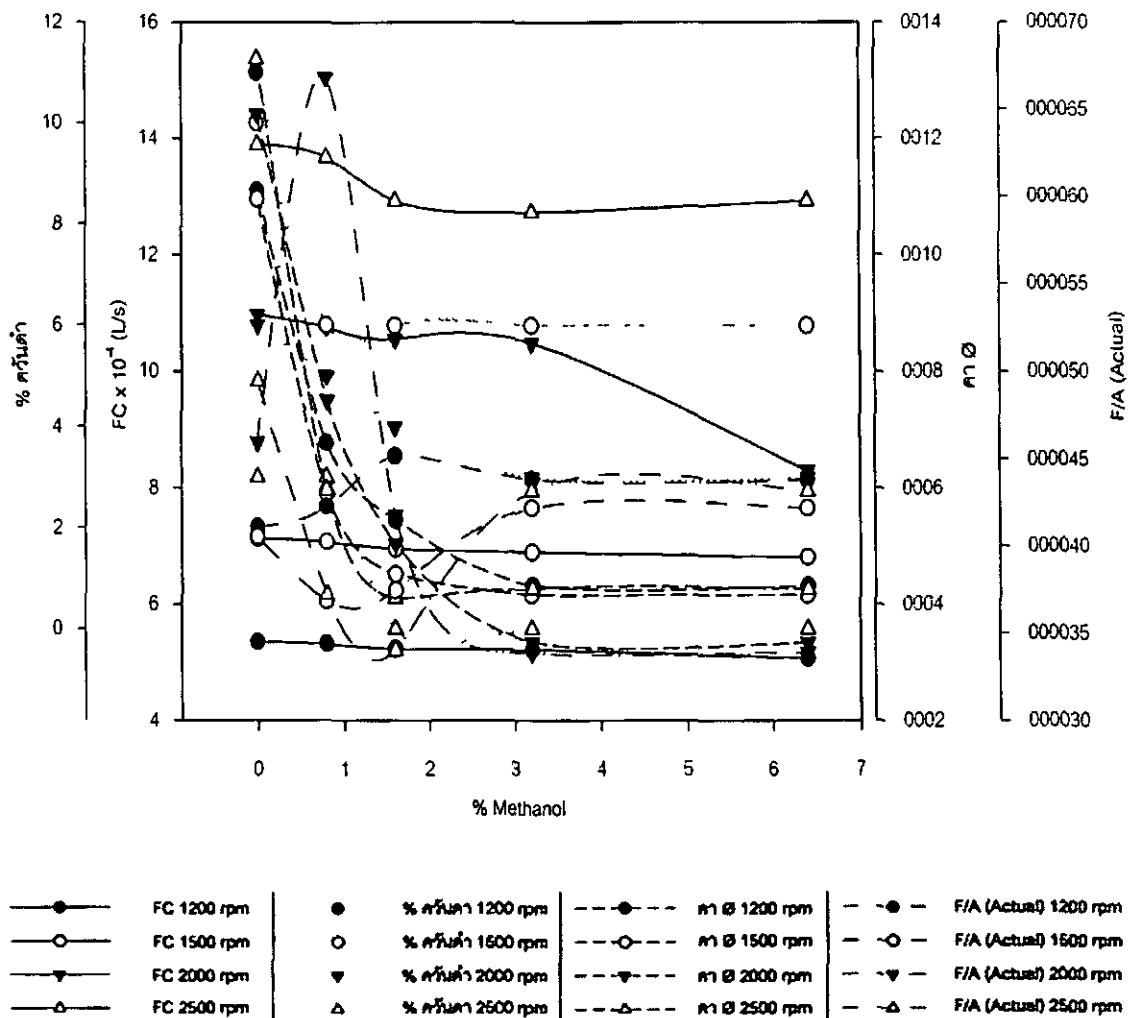
จะเห็นได้ว่า ปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันทามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500 และ 2000 rpm ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ องศาฉีดน้ำมันที่ลดลง และที่ภาระ (Load) 50 N m เมทานอลทำให้การเผาไหม้มีแนวโน้มไม่สมบูรณ์เท่าที่ควรจะเป็น แต่ที่ความเร็วรอบ 2500 rpm ปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันทาวัดได้ไม่มีค่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ การเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้น

ในด้านอัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนเมทานอลที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับการคำนวณทางทฤษฎี ซึ่ง $\phi < 1$ หรือเป็น ส่วนผสมบาง

ในด้านอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีแนวโน้มสิ้นเปลืองใกล้เคียงกัน และมีความน้อยกว่าค่าในทางทฤษฎี ($0.014 \leq F/A \leq 0.056$)



ภาพประกอบ 21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนมวลเชื้อเพลิงต่ออากาศ ($\varnothing$) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาจีดน้ำมัน 12 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 50 N m สำหรับตาราง 12, 13, 14, 15 และ 16

จากภาพประกอบ 21 แสดงกราฟข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะมีภาระ (Load) ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ที่องศาฉีดน้ำมันปกติ (12 องศา) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 50 N m แล้วทำการป้อนเมทานอลในปริมาณอัตราส่วนต่างๆ คือ 0.8%, 1.6%, 3.2% และ 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล 500 ซีซี

ในด้านการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอล มีผลช่วยให้การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงตามปริมาณอัตราส่วนของเมทานอลที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2000 rpm และที่ปริมาณการป้อนเมทานอลจาก 3.2% ไปเป็น 6.4% มีแนวโน้มลดลงที่ชัดเจน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ปริมาณการป้อนเมทานอล และองศาฉีดน้ำมัน 12 องศา มีความสัมพันธ์ที่เหมาะสมกับ ภาระ (Load)

ในด้านควันดำ (% ควันดำ)

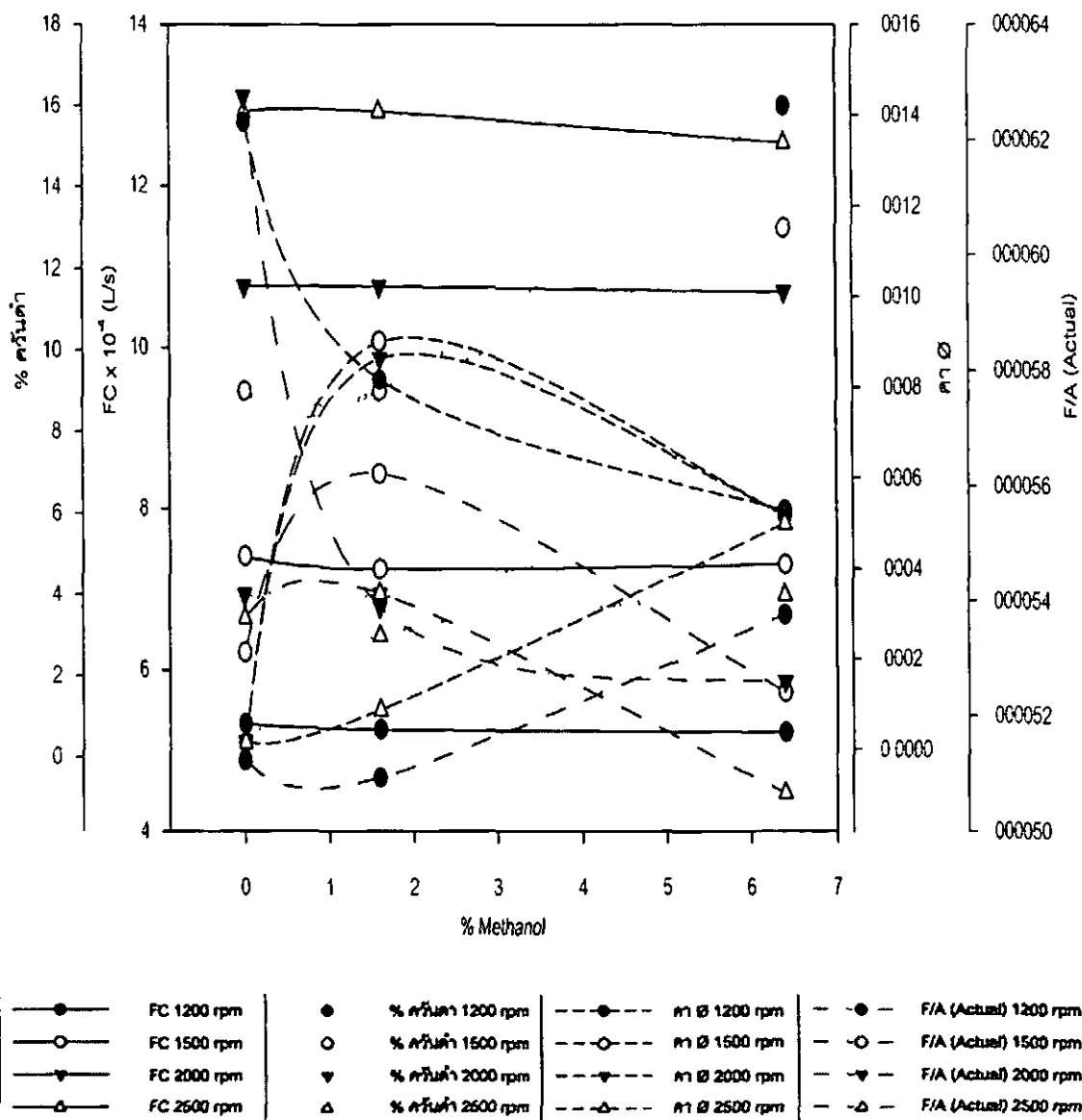
จะเห็นได้ว่า ในช่วงความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200 และ 1500 rpm ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 1.6% - 6.4% จะไม่เห็นความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ควันดำ ในช่วงความเร็วรอบ 2000 rpm ปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำมีแนวโน้มลดลง ในช่วงความเร็วรอบ 2500 rpm ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 1.6% - 6.4% เปอร์เซ็นต์วัดได้ไม่มีค่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ การฉีดน้ำมันที่ 12 องศา เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น และอัตราการป้อนเมทานอลที่เพิ่มขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์ควันดำลดลงเป็นอย่างมาก

ในด้านอัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนเมทานอลที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับการคำนวณทางทฤษฎี ซึ่ง $\phi < 1$ หรือเป็น ส่วนผสมบาง

ในด้านอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีแนวโน้มสิ้นเปลืองใกล้เคียงกัน และมีค่าน้อยกว่าค่าในทางทฤษฎี ($0.014 \leq F/A \leq 0.056$) แต่ที่ปริมาณการป้อนเมทานอล 0.8% และที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2000 rpm อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ อัตราการป้อนเมทานอลมีปริมาณน้อย



ภาพประกอบ 22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซนต์คว้นดำ (% คว้นดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาฉีดน้ำมัน 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 50 N m สำหรับตาราง 18, 19 และ 20

จากภาพประกอบ 22 แสดงกราฟข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะมีภาระ (Load) ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยปรับองศาฉีดน้ำมันเป็น 15 องศา และแรงบิดของเครื่องยนต์ 50 N m แล้วทำการป้อนเมทานอลในปริมาณอัตราส่วน 1.6% และ 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล 500 ซีซี

ในด้านการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอล มีผลช่วยให้การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงใกล้เคียงกันตามปริมาณอัตราส่วนของเมทานอลที่เพิ่มขึ้น

ในด้านควันดำ (% ควันดำ)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลทำให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณอัตราส่วนของเมทานอลที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ องศาฉีดน้ำมันที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำเพิ่มขึ้น

ในด้านอัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ)

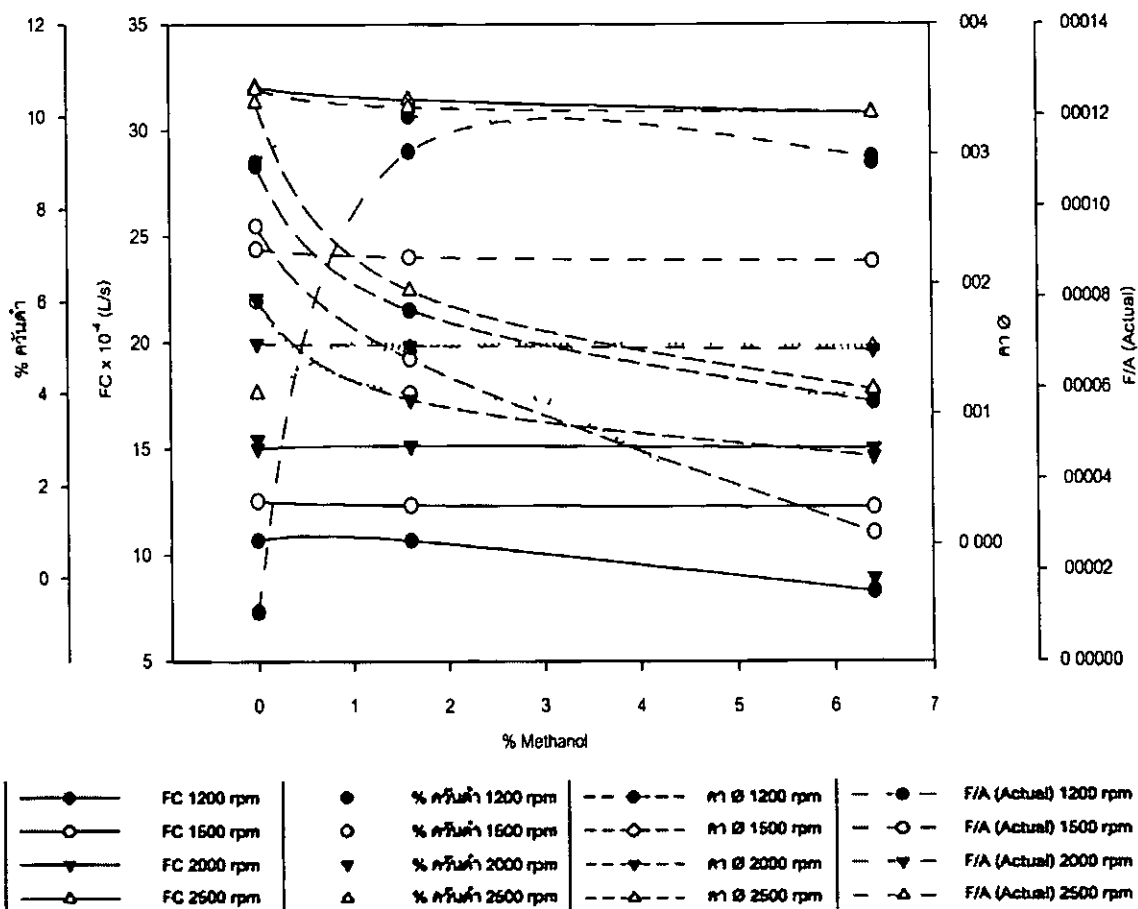
จะเห็นได้ว่า ที่ปริมาณการป้อนเมทานอล 1.6% ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1500 และ 2000 มีอัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศเพิ่มขึ้น แล้วลดลง เมื่ออัตราการป้อนเมทานอลเพิ่มเป็น 6.4%

ที่ความเร็วรอบ 2500 rpm อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และที่ความเร็วรอบ 1200 rpm อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะองศาฉีดน้ำมัน 15 องศา เหมาะสมกับ ความเร็วรอบ 1200 rpm ที่ภาระ (Load) 50 N m ทั้งนี้ค่าอัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศการเพิ่มขึ้นและลดลงน้อยมาก จึงเป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับการคำนวณทางทฤษฎี ซึ่ง $\phi < 1$ หรือเป็น ส่วนผสมบาง

ในด้านอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีแนวโน้มสิ้นเปลืองใกล้เคียงกัน และมีค่าน้อยกว่าค่าในทางทฤษฎี ($0.014 \leq F/A \leq 0.056$) ซึ่งที่ความเร็วรอบ 2000 rpm และที่ภาระ (Load) 50 N m เครื่องยนต์ทำงานเหมาะสมกับการฉีดน้ำมันที่ 15 องศา เนื่องจากค่าอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง

4.4 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (Fuel Consumption, FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และ อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual) ในภาวะมีภาระ (Load) ที่ องศาจีดน้ำมัน 9, 12 และ 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และแรงบิดของเครื่องยนต์ 100 N m



ภาพประกอบ 23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาจีดน้ำมัน 9 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และ แรงบิดของเครื่องยนต์ 100 N m สำหรับตาราง 22, 23 และ 24

จากภาพประกอบ 23 แสดงกราฟข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะมีภาระ (Load) ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยปรับองศาฉีดน้ำมันเป็น 9 องศา และแรงบิดของเครื่องยนต์ 100 N m แล้วทำการป้อนเมทานอลในปริมาณอัตราส่วน 1.6% และ 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล 500 ซีซี

ในด้านการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC)

จะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1500 และ 2000 rpm ปริมาณการป้อนเมทานอล มีผลช่วยให้การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงใกล้เคียงกัน ที่ความเร็วรอบ 1200 และ 2500 rpm มีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ องศาฉีดน้ำมัน 9 องศา มีความเหมาะสมกับ ภาระ (Load) บางความเร็วรอบเท่านั้น

ในด้านควันดำ (% ควันดำ)

จะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 2000 และ 2500 rpm เปอร์เซ็นต์ควันดำเพิ่มขึ้น ที่ปริมาณการป้อนเมทานอล 1.6% และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ปริมาณการป้อนเมทานอล 6.4%

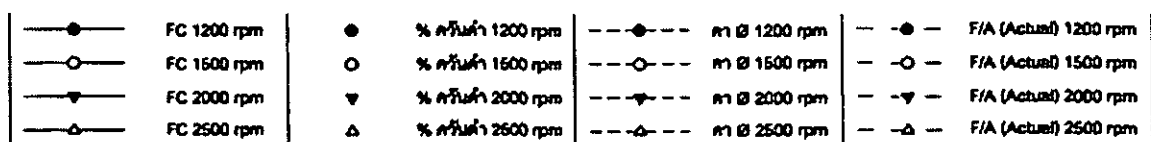
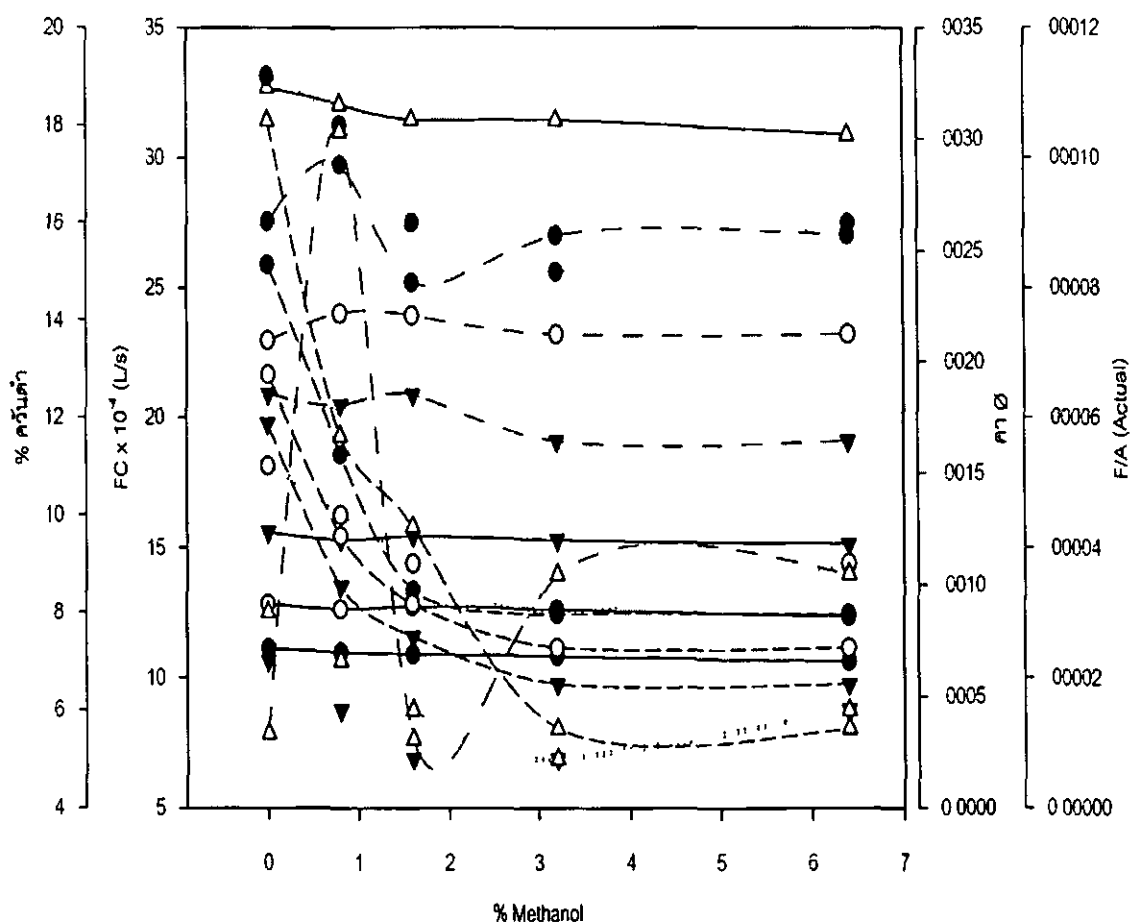
ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1500 rpm เปอร์เซ็นต์ควันดำลดลง เมื่อป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 1.6% และมีแนวโน้มคงที่ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ องศาฉีดน้ำมันที่ลดลง ทำให้การเผาไหม้เกิดเร็วขึ้น

ในด้านอัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ)

จะเห็นได้ว่า อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศมีแนวโน้มลดลง จึงเป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับการคำนวณทางทฤษฎี ซึ่ง $\phi < 1$ หรือเป็น ส่วนผสมบาง

ในด้านอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual)

จะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วรอบ 1200 rpm อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ที่ปริมาณการป้อนเมทานอล 1.6% และมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ที่ความเร็วรอบ 1200 rpm น้อยเกินไป สำหรับภาระ (Load) 100 N m ซึ่งอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีค่าน้อยกว่าค่าในทางทฤษฎี ($0.014 \leq F/A \leq 0.056$)



ภาพประกอบ 24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซนต์คว้นดำ (% คว้นดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาจีดน้ำมัน 12 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 100 N m สำหรับตาราง 12, 13, 14, 15 และ 16

จากภาพประกอบ 24 แสดงกราฟข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะมีภาระ (Load) ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ที่องศาฉีดน้ำมันปกติ (12 องศา) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 100 N m แล้วทำการป้อนเมทานอลในปริมาณอัตราส่วนต่างๆ คือ 0.8%, 1.6%, 3.2% และ 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล 500 ซีซี

ในด้านการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอล มีผลช่วยให้การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงตามปริมาณอัตราส่วนของเมทานอลที่เพิ่มขึ้น ทุกช่วงความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

ในด้านควันดำ (% ควันดำ)

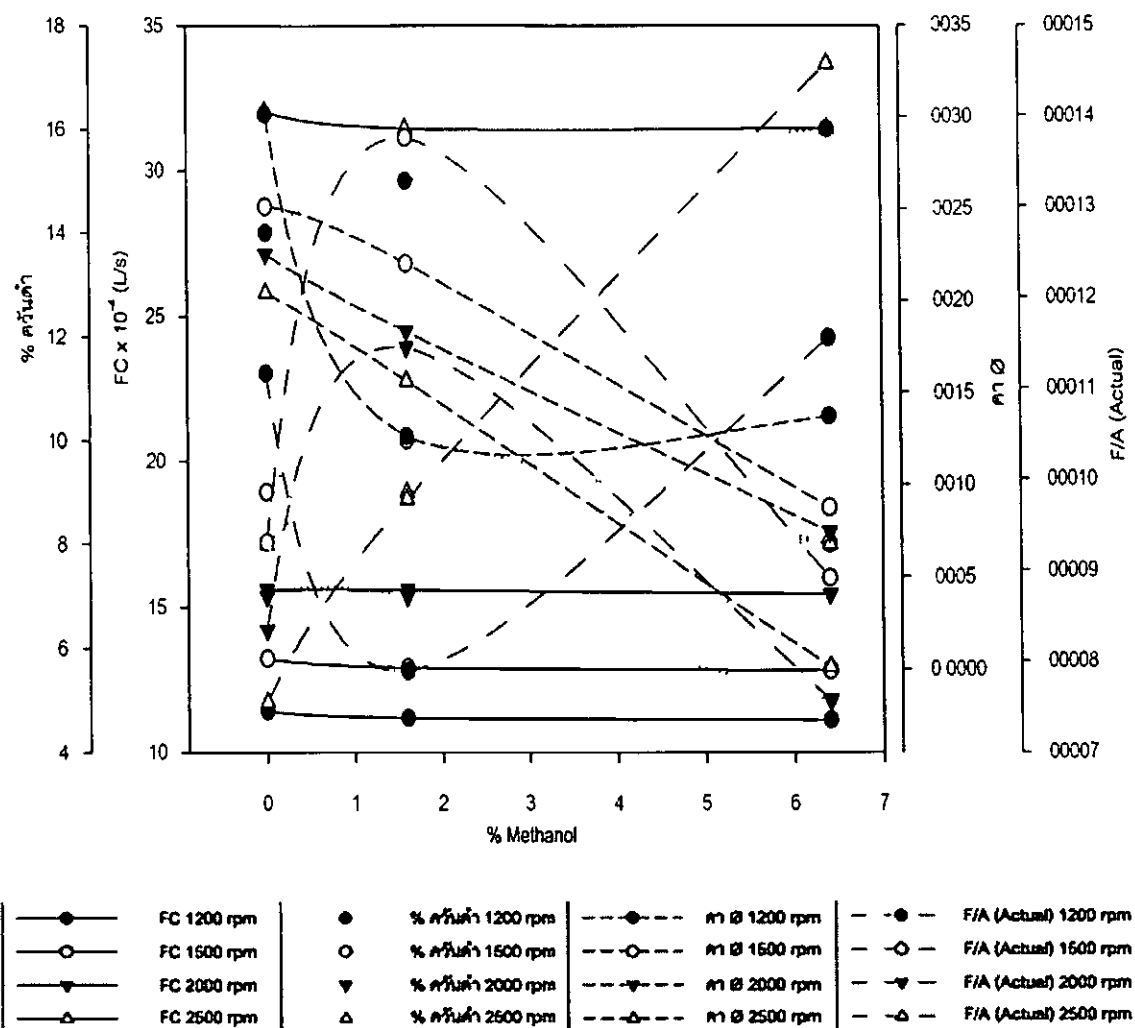
จะเห็นได้ว่า ปริมาณการป้อนเมทานอลที่ 0.8%, 1.6% และ 3.2% มีผลช่วยให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำมีแนวโน้มลดลง แต่ที่ 6.4% ปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ เมทานอลช่วยลดปริมาณควันดำจากการเผาไหม้ได้

ในด้านอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนเมทานอลที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับการคำนวณทางทฤษฎี ซึ่ง $\phi < 1$ หรือเป็น ส่วนผสมบาง

ในด้านอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีแนวโน้มสิ้นเปลืองใกล้เคียงกัน และมีค่าน้อยกว่าค่าในทางทฤษฎี ($0.014 \leq F/A \leq 0.056$) แต่ที่ความเร็วรอบ 2500 rpm อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีแนวโน้มไม่คงที่



ภาพประกอบ 25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์คว้นดำ (% คว้นดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาฉีดน้ำมัน 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 100 N m สำหรับตาราง 18, 19 และ 20

จากภาพประกอบ 25 แสดงกราฟข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะมีภาระ (Load) ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยปรับองศาฉีดน้ำมันเป็น 15 องศา และแรงบิดของเครื่องยนต์ 100 N m แล้วทำการป้อนเมทานอลในปริมาณอัตราส่วน 1.6% และ 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล 500 ซีซี

ในด้านการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC)

จะเห็นได้ว่า การฉีดน้ำมันที่ 15 องศา เกือบไม่มีผลต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง เมื่อทำการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ

ในด้านควันดำ (% ควันดำ)

จะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm เปอร์เซ็นต์ควันดำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 1.6% และมีแนวโน้มลดลงที่ปริมาณการป้อน 6.4% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ องศาฉีดน้ำมันที่เพิ่มขึ้น ทำให้การเผาไหม้ช้าลง และมีปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำเพิ่มขึ้น

ในด้านอัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (Ø)

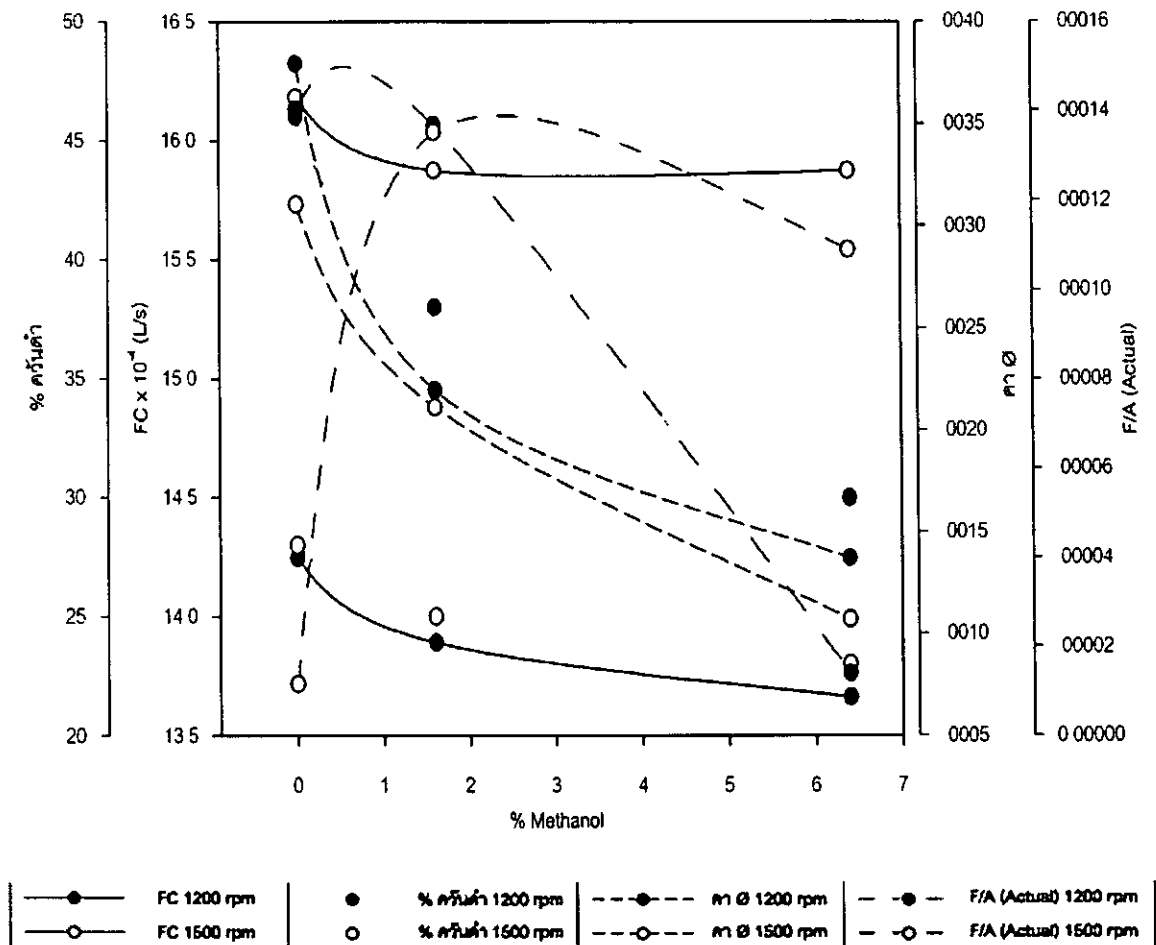
จะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200 rpm อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ มีแนวโน้มลดลงมาก ที่ปริมาณการป้อนเมทานอล 1.6% หลังจากนั้นแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนในความเร็วรอบอื่นๆ มีแนวโน้มลดลงใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ องศาฉีดน้ำมันที่เพิ่มขึ้น ทำให้การเผาไหม้ช้าลง โดยค่าที่ได้ยังสอดคล้องกับการคำนวณทางทฤษฎี ซึ่ง $Ø < 1$ หรือเป็น ส่วนผสมบาง

ในด้านอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual)

จะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1500 และ 2000 rpm อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ที่ปริมาณการป้อนเมทานอล 1.6% จากนั้นจะมีแนวโน้มลดลง ที่ความเร็วรอบ 1200 rpm อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีแนวโน้มลดลง ที่ปริมาณการป้อนเมทานอล 1.6% จากนั้นจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ที่ความเร็วรอบ 2500 rpm อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยรวมแล้วอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีค่าน้อยกว่าค่าในทางทฤษฎี ($0.014 \leq F/A \leq 0.056$)

4.5 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (Fuel Consumption, FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และ อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual) ในภาวะมีภาระ (Load) ที่ องศาจีดน้ำมัน 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และแรงบิดของเครื่องยนต์ 130 N m



ภาพประกอบ 26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาจีดน้ำมัน 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 130 N m สำหรับตาราง 18, 19 และ 20

จากภาพประกอบ 26 แสดงกราฟข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะมีภาระ (Load) ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยปรับองศาฉีดน้ำมันเป็น 15 องศา และแรงบิดของเครื่องยนต์ 130 N m แล้วทำการป้อนเมทานอลในปริมาณอัตราส่วน 1.6% และ 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล 500 ซีซี

ในด้านการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอล มีผลช่วยให้การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงตามปริมาณอัตราส่วนของเมทานอลที่เพิ่มขึ้น แต่จากการทดสอบสามารถบันทึกผลได้ที่ช่วงความเร็วรอบของเครื่อง 1200 – 1500 rpm เท่านั้น เนื่องจากเครื่องยนต์ดับ (Knock)

ในด้านควันดำ (% ควันดำ)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลช่วยให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณอัตราส่วนของเมทานอลที่เพิ่มขึ้น แต่จะบันทึกค่าได้เพียงช่วงความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ 1200 – 1500 rpm

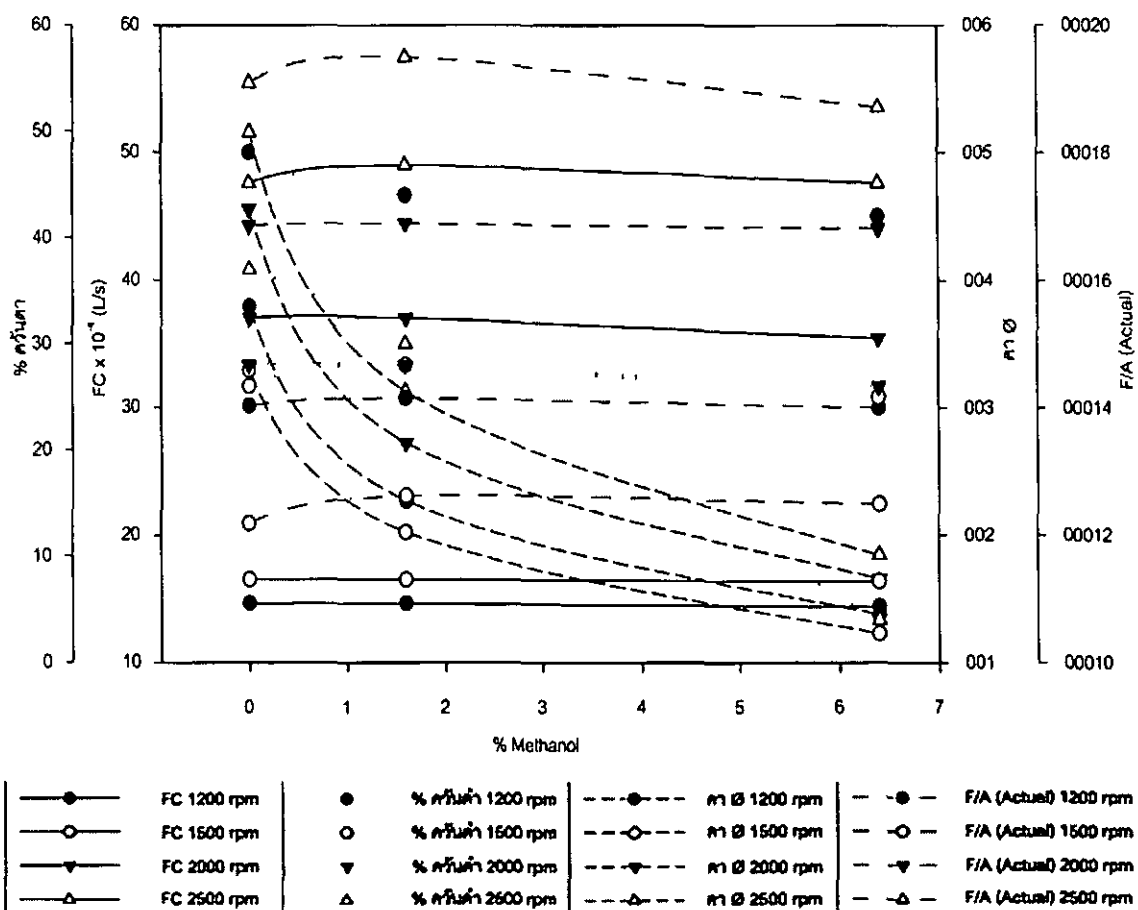
ในด้านอัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนเมทานอลที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับการคำนวณทางทฤษฎี ซึ่ง $\phi < 1$ หรือเป็น ส่วนผสมบาง

ในด้านอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual)

จะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200 rpm อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ที่ความเร็วรอบ 1500 rpm อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ที่ปริมาณการป้อนเมทานอล 1.6% จากนั้นจะมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ องศาฉีดน้ำมันที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ค่าอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง ยังคงมีค่าน้อยกว่าค่าในทางทฤษฎี ($0.014 \leq F/A \leq 0.056$)

46 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (Fuel Consumption, FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และ อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual) ในภาวะมีภาระ (Load) ที่ องศาฉนวนน้ำมัน 9, 12 และ 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และแรงบิดของเครื่องยนต์ 150 N m



ภาพประกอบ 27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์ควันดำ (% ควันดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาฉนวนน้ำมัน 9 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และ แรงบิดของเครื่องยนต์ 150 N m สำหรับตาราง 22, 23 และ 24

จากภาพประกอบ 27 แสดงกราฟข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะมีภาระ (Load) ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยปรับองศาฉีดน้ำมันเป็น 9 องศา และแรงบิดของเครื่องยนต์ 150 N m แล้วทำการป้อนเมทานอลในปริมาณอัตราส่วน 1.6% และ 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล 500 ซีซี

ในการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC)

จะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200 และ 1500 rpm การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ที่ความเร็วรอบ 2000 และ 2500 rpm การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ องศาการฉีดน้ำมันที่ 9 องศา มีผลต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเล็กน้อย

ในด้านควันดำ (% ควันดำ)

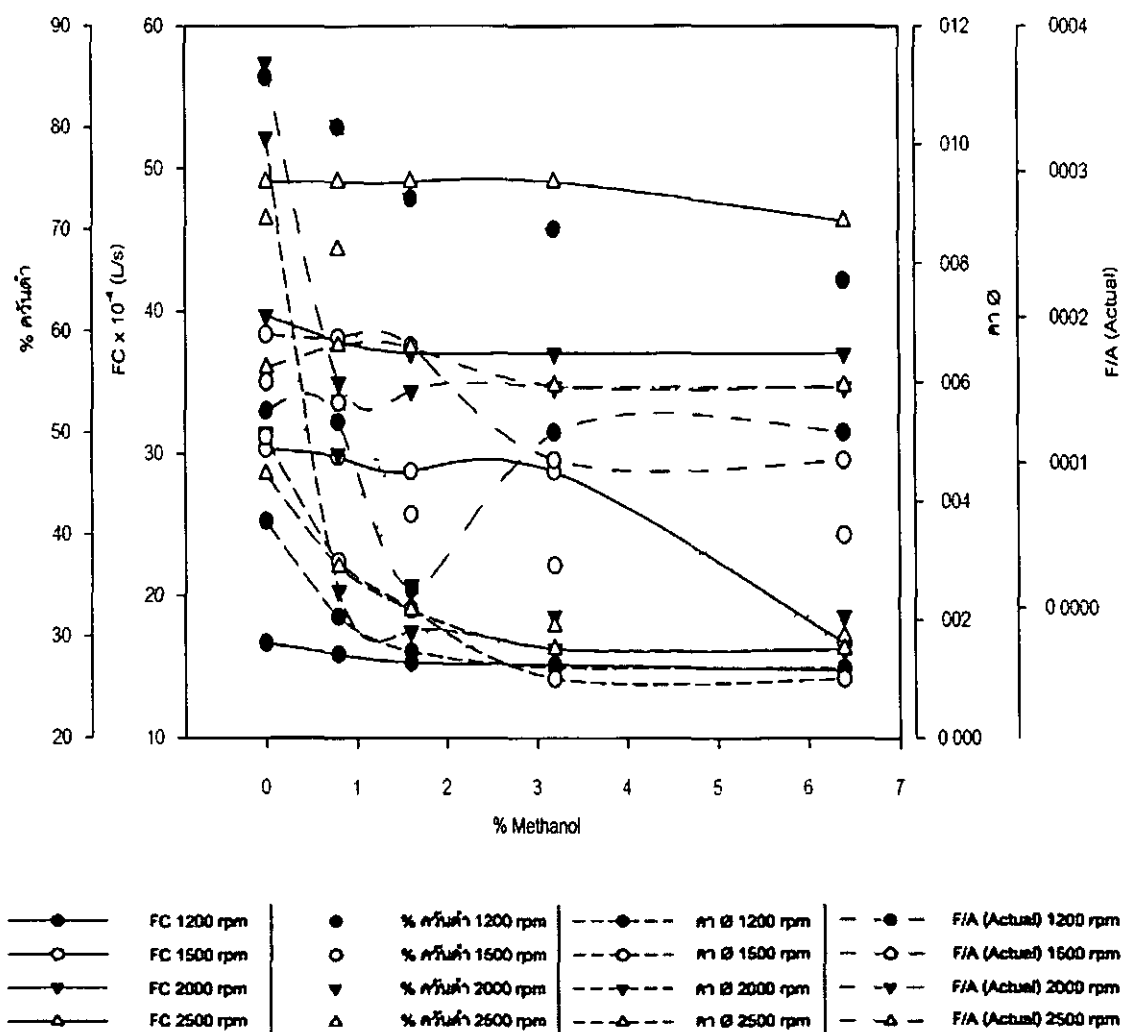
จะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1500 และ 2000 rpm มีปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำลดลงใกล้เคียงกัน ที่ความเร็วรอบ 1200 rpm มีปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำลดลงเป็นอย่างดี ต่อเนื่องที่ปริมาณการป้อนเมทานอล 1.6% และที่ความเร็วรอบ 2500 rpm เปอร์เซ็นต์ควันดำมีแนวโน้มลดลงเป็นอย่างมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ เมทานอลช่วยลดปริมาณควันดำจากการเผาไหม้ได้

ในด้านอัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนเมทานอลที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับการคำนวณทางทฤษฎี ซึ่ง $\phi < 1$ หรือเป็น ส่วนผสมบาง

ในด้านอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีแนวโน้มสิ้นเปลืองใกล้เคียงกัน และมีค่าน้อยกว่าค่าในทางทฤษฎี ($0.014 \leq F/A \leq 0.056$)



ภาพประกอบ 28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์คว้นดำ (% คว้นดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ ($\varnothing$) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาฉีดน้ำมัน 12 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 150 N m สำหรับตาราง 12, 13, 14, 15 และ 16

จากภาพประกอบ 28 แสดงกราฟข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะมีภาระ (Load) ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ที่องศาฉีดน้ำมันปกติ (12 องศา) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 150 N m แล้วทำการป้อนเมทานอลในปริมาณอัตราส่วนต่างๆ คือ 0.8%, 1.6%, 3.2% และ 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล 500 ซีซี

ในด้านการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอล มีผลช่วยให้การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงตามปริมาณอัตราส่วนของเมทานอลที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1500 rpm ที่อัตราส่วนการป้อน 3.2% - 6.4% การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีแนวโน้มลดลงมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ที่ความเร็วรอบ 1500 rpm องศาฉีดน้ำมัน 12 องศา เหมาะสมกับภาระ 150 N m แ

ในด้านควันดำ (% ควันดำ)

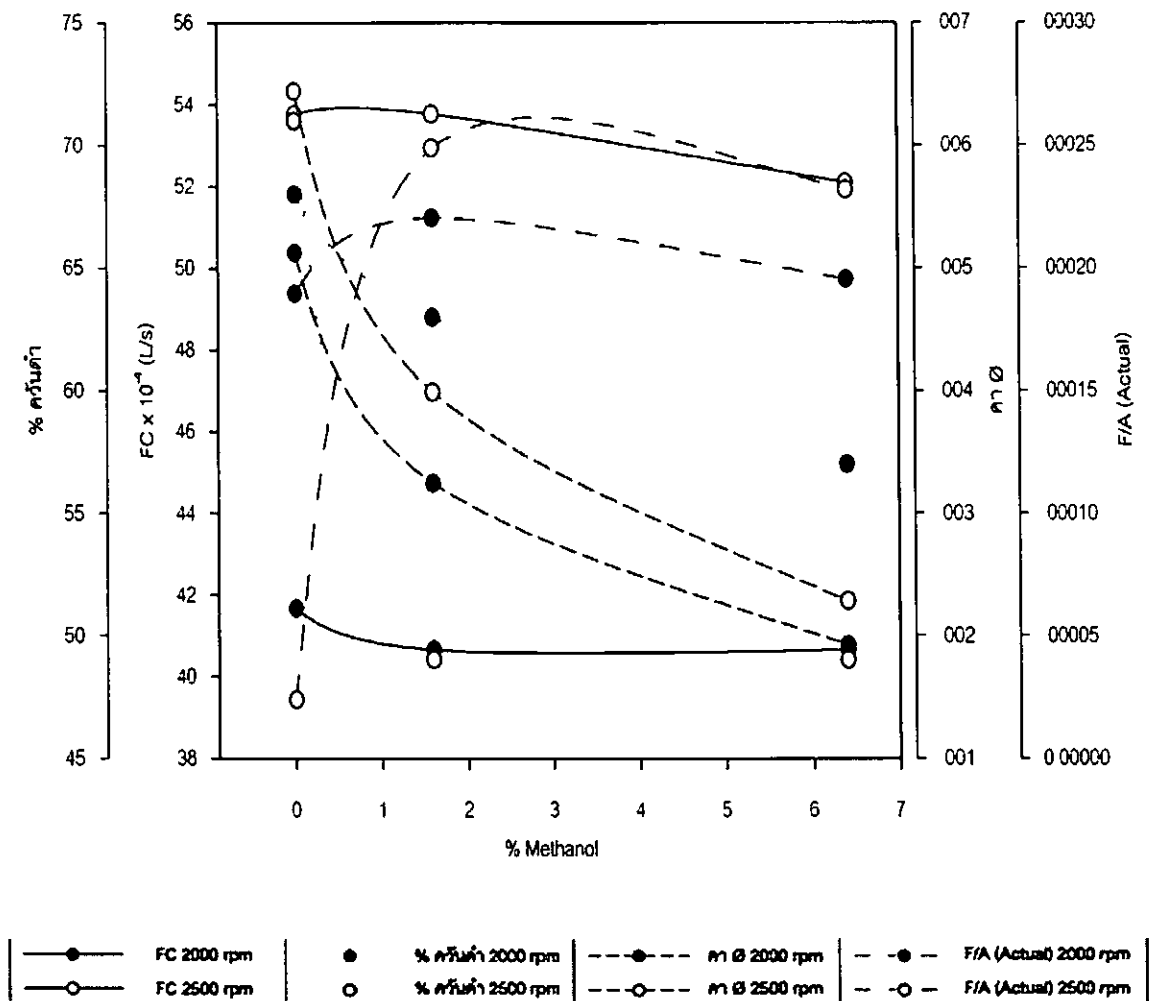
จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลช่วยให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณอัตราส่วนของเมทานอลที่เพิ่มขึ้น ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2500 rpm ปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำมีแนวโน้มลดลงเป็นอย่างมาก ที่อัตราส่วนการป้อนเมทานอล 0.8% - 1.6% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ เมทานอลช่วยลดปริมาณควันดำจากการเผาไหม้ได้

ในด้านอัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนเมทานอลที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับการคำนวณทางทฤษฎี ซึ่ง $\phi < 1$ หรือเป็น ส่วนผสมบาง

ในด้านอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริงมีแนวโน้มสิ้นเปลืองใกล้เคียงกัน และมีค่าน้อยกว่าค่าในทางทฤษฎี ($0.014 \leq F/A \leq 0.056$)



ภาพประกอบ 29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC), เปอร์เซ็นต์คว้นดำ (% คว้นดำ), อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ) และอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A (Actual)) เทียบกับ ปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ที่องศาฉีดน้ำมัน 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Speed, rpm) และแรงบิดของเครื่องยนต์ 150 N m สำหรับตาราง 18, 19 และ 20

จากภาพประกอบ 29 แสดงกราฟข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะมีภาระ (Load) ในแต่ละความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยปรับองศาจีดน้ำมันเป็น 15 องศา และแรงบิดของเครื่องยนต์ 150 N m แล้วทำการป้อนเมทานอลในปริมาณอัตราส่วน 1.6% และ 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล 500 ซีซี

ในด้านอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (FC)

จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอล มีผลช่วยให้การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณอัตราส่วนของเมทานอลที่เพิ่มขึ้น แต่จากการทดสอบสามารถบันทึกผลได้ที่ช่วงความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2000 – 2500 rpm เท่านั้น เนื่องจากที่ความเร็วรอบ 1200 – 1500 rpm เครื่องยนต์ดับ (Knock)

ในด้านควันดำ (% ควันดำ)

จะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2500 rpm ปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำมีแนวโน้มลดลงเป็นอย่างมาก ที่ปริมาณการป้อนเมทานอล 1.6% จากนั้นจะมีแนวโน้มคงที่ ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm ปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ เมทานอลช่วยลดปริมาณควันดำจากการเผาไหม้ได้

ในด้านอัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศ (ϕ)

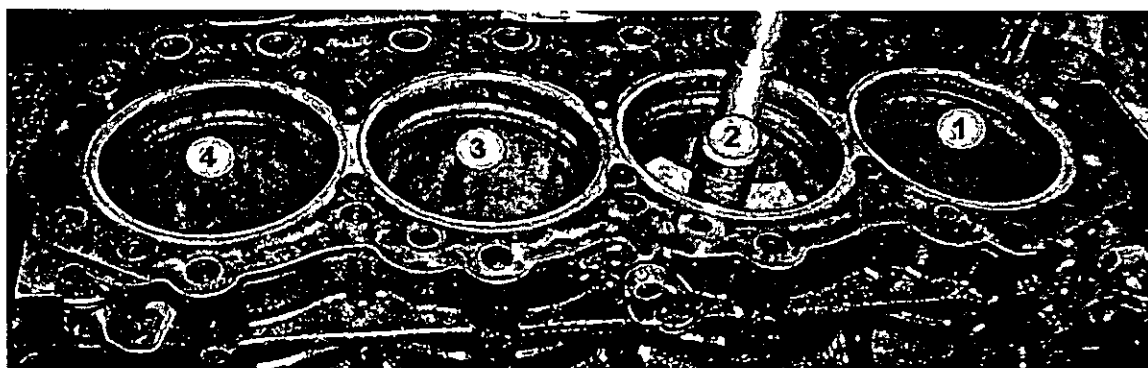
จะเห็นได้ว่า การป้อนเมทานอลมีผลให้อัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนเมทานอลที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับการคำนวณทางทฤษฎี ซึ่ง $\phi < 1$ หรือเป็น ส่วนผสมบาง

ในด้านอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง (F/A Actual)

จะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2500 rpm อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ที่ปริมาณการป้อนเมทานอล 1.6% จากนั้นจะมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้ค่าอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศใช้งานจริง ยังคงมีค่าน้อยกว่าค่าในทางทฤษฎี ($0.014 \leq F/A \leq 0.056$)

4.7 ด้านการสึกหรอของเครื่องยนต์ได้แก่ ความโตของกระบอกสูบ แหวนลูกสูบ และวัดความดันในกระบอกสูบ และวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้งานทุก 100 ชั่วโมง

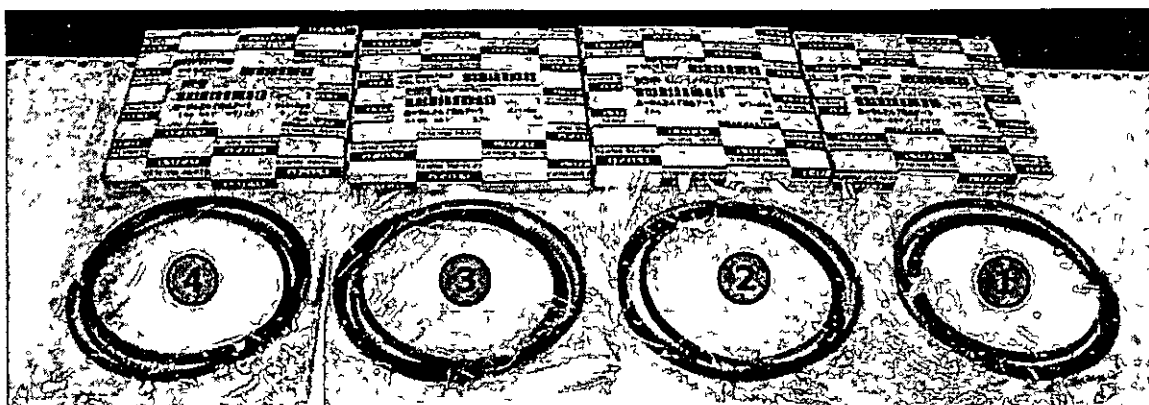
ได้ทำการวัด ขนาดของกระบอกสูบ, น้ำหนักของแหวนลูกสูบ และแรงดันกระบอกสูบ ทั้งก่อนและหลังการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการสึกหรอ ดังตาราง ต่อไปนี้



ภาพประกอบ 30 ขนาดความโตเฉลี่ยของกระบอกสูบก่อนและหลังการทดสอบ

ตาราง 7 ขนาดความโตเฉลี่ยของกระบอกสูบก่อนและหลังการทดสอบ

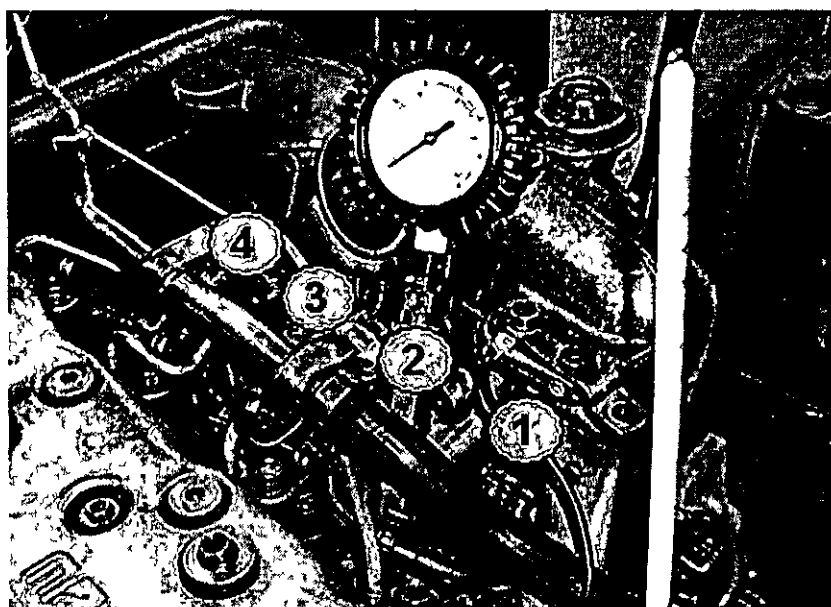
ช่วงการทดสอบ	ขนาดความโตของกระบอกสูบเฉลี่ย (mm)			
	4	3	2	1
ก่อนการทดสอบ	93 038	93 043	93 038	93 041
หลังการทดสอบ	93 040	93 044	93 038	93 042



ภาพประกอบ 31 น้ำหนักของแหวนลูกสูบก่อนและหลังการทดสอบ

ตาราง 8 น้ำหนักของแหวนลูกสูบก่อนและหลังการทดสอบ

ช่วงการทดสอบ	น้ำหนักของแหวนลูกสูบ (g)			
	ลูกสูบที่ 4	ลูกสูบที่ 3	ลูกสูบที่ 2	ลูกสูบที่ 1
ก่อนการทดสอบ	46 3	45 9	46 1	46 2
หลังการทดสอบ	46 2	45 9	46 0	46 1



ภาพประกอบ 32 ความดันกระบอกสูบก่อนและหลังการทดสอบ

ตาราง 9 ความดันกระบอกสูบก่อนการทดสอบ และทุก 100 ชั่วโมง

ช่วงการทดสอบ	ความดันกระบอกสูบ (bar)			
	กระบอกสูบที่ 4	กระบอกสูบที่ 3	กระบอกสูบที่ 2	กระบอกสูบที่ 1
ก่อนการทดสอบ	15	14	16	14
หลังการทดสอบ 100 ชั่วโมง	15	14	16	14
หลังการทดสอบ 200 ชั่วโมง	15	14	16	14
หลังการทดสอบ 300 ชั่วโมง	15	14	16	14

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยเรื่องการปรับปรุงสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลโดยใช้แอลกอฮอล์เป็นส่วนผสม โดยมีจุดประสงค์ เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมของการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อประเมินสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลที่เปลี่ยนไป และเพื่อลดปริมาณมลภาวะ (เขม่า) จากการเผาไหม้ อันเป็นการลดการระคายเคืองด้านสิ่งแวดล้อม โดยมีขอบเขต คือ ใช้เครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็ว รอบปกติ 600-4500 รอบต่อนาที ขนาดไม่เกิน 150 kW ใช้เมทิลแอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงร่วม โดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลัก และสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลในงานวิจัยนี้ หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นจากการป้อนเมทานอลเข้าไปทางท่อร่วมไอดี และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับปริมาณควันดำทางท่อไอเสีย และหรือ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซล เมื่อภาระ (Load) เปลี่ยนไป ซึ่งมีวิธีการทดสอบแบ่งออกเป็น 4 ช่วง ดังนี้

ช่วงแรก เป็นการเดินเครื่องยนต์ด้วยความเร็วรอบเดินเบา (Idle Speed) ที่ 850 rpm โดยใช้น้ำมันดีเซล (ปตท.) เป็นเชื้อเพลิงหลัก โดยมีตัวเลขซีเทน (55) และใช้เมทานอลเป็นเชื้อเพลิงร่วมผสมกับอากาศเข้าทางท่อร่วมไอดีในอัตราส่วนโดยประมาณไม่เกิน 10% โดยปริมาตรของน้ำมันดีเซล เข้าสู่ห้องเผาไหม้ (เพื่อหาปริมาณการป้อนเมทานอลในอัตราส่วนที่มากที่สุด ที่เครื่องยนต์สามารถทำงานได้)

ช่วงที่สอง ทำการทดสอบโดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว แล้วทำการปรับรอบเครื่องยนต์ที่ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ (Torque) เป็น 50, 100, 150 N m

ช่วงที่สาม ทำการทดสอบโดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลัก และใช้เมทานอลเป็นเชื้อเพลิงร่วม โดย

- ปรับค่าความเร็วรอบ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm
- ปรับค่าแรงบิดของเครื่องยนต์เป็น 50, 100, 150 N m
- ปรับองค์าฉัดน้ำมัน ± 5 องศา ก่อนศูนย์ตายบน

ช่วงสุดท้าย เป็นการประเมินการสึกหรอของเครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบ

จากผลการทดสอบจะเห็นว่าการใช้เมทานอลเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันดีเซล โดยป้อนเข้าทางท่อร่วมไอดีในอัตราส่วนต่างๆ 0.8%, 1.6%, 3.2% และ 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร สามารถใช้ได้ดี โดยที่สมรรถนะของเครื่องยนต์ใกล้เคียงกับเมื่อไม่ทำการป้อนเมทานอล โดยอัตราส่วนการใช้เมทานอลเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันดีเซล ที่ให้ผลดีที่สุด และประหยัด จะอยู่ที่อัตราส่วนการป้อนประมาณ 1.6% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร ซึ่งอัตราส่วนดังกล่าวทำให้การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลง และเปอร์เซ็นต์ควันดำลดน้อยลงเป็นอย่างมาก

หลังจากการทดสอบที่ห้องสาธิตน้ำมัน 12 องศา ก่อนศูนย์ตายบน เมื่อลดองศาธิตน้ำมันเป็น 9 องศา ผลที่ได้คือ เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ควันดำลดลงเป็นอย่างมาก (เข้าใกล้ 0 เปอร์เซ็นต์เป็นส่วนใหญ่) แสดงว่า การจืดน้ำมันดีเซลที่ 9 องศา ทำให้การล่าช้าของการจุดระเบิด (Ignition Delay) ลดลง จึงเป็นผลให้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเร็วขึ้นกว่าปกติ และสมบูรณ์มากขึ้น

ในทางกลับกัน เมื่อเพิ่มองศาธิตน้ำมัน 15 องศา (มากกว่าที่ผู้ผลิตเครื่องยนต์กำหนดไว้) มีผลให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพเชิงกลลดลงรวมทั้งเกิดอาการ Knock และเครื่องยนต์หยุดทำงาน เมื่อความเร็วรอบเท่าเดิมแต่ให้แรงบิดลดลง ในช่วงความเร็วรอบ 1200 – 1500 rpm และมีปริมาณเปอร์เซ็นต์ควันดำเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะ การจืดน้ำมันดีเซลที่ 15 องศา ทำให้การล่าช้าของการจุดระเบิด (Ignition Delay) เพิ่มขึ้น ในขณะที่อัตราการเผาไหม้อาจเร็วกว่าอัตราการเคลื่อนที่ของลูกสูบ เป็นสาเหตุให้เกิดการ Knock และส่งผลให้แรงอัดในกระบอกสูบเพิ่มขึ้นใกล้ค่าสูงสุด ก่อนที่ลูกสูบจะขึ้นถึงจุดศูนย์ตายบน (TDC)

อย่างไรก็ตาม ค่าอัตราส่วนสมมูลของเชื้อเพลิง/อากาศ (ϕ) ที่ได้จากการคำนวณ บางค่าไม่เป็นไปตามเปอร์เซ็นต์ของควันดำที่ทดสอบได้ เนื่องจาก Load ที่ใช้อาจไม่สัมพันธ์กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ จึงทำให้การสันดาปของเชื้อเพลิงหลักและเชื้อเพลิงร่วมกับอากาศไม่เป็นไปตามทฤษฎี

ในด้านการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องยนต์เมื่อเดินเครื่องครบ 300 ชั่วโมง ผลปรากฏว่าการสึกหรอสัมพันธ์กับ ตัวอย่างของน้ำมันหล่อลื่น ที่ส่งไปตรวจที่ห้องวิเคราะห์ ของบริษัท คาลเท็กซ์ ประเทศไทย จำกัด ซึ่งผลการวิเคราะห์ออกมา สรุปว่า การสึกหรอไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 5.2.1 ควรปรับปรุงวาล์วที่ใช้ปรับอัตราการป้อนเมทานอลให้มีความละเอียด และเที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น
- 5.2.2 ควรทำการทดลองกับเครื่องยนต์หลายๆ แบบ, หลายขนาด, จำนวนลูกสูบขนาดต่างๆ กัน และอัตราส่วนกำลังอัดของเครื่องยนต์ ค่าต่างๆ กัน เช่น อัตราส่วน 20:1, 19:1 และ 16:1
- 5.2.3 ในการปรับปรุงเครื่องยนต์ดีเซลให้มีมลภาวะไอเสียน้อยลงนั้นกระทำได้ยาก แต่การใช้เมทานอลมาเป็นเชื้อเพลิงร่วมทางท่อร่วมไอดีนั้นกระทำได้ง่าย และเมทานอลมีราคาใกล้เคียงกับราคาของน้ำมันดีเซลในปัจจุบัน จึงเป็นวิธีการที่ควรนำไปใช้อย่างจริงจัง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ (2547) มลพิษในอากาศ (ออนไลน์) แหล่งที่มา <http://www.cpd.go.th> วัน
สืบค้น 21 สิงหาคม 2548 [1]
- กรมควบคุมมลพิษ (2546) เครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ เพื่อลดมลพิษและประหยัดพลังงาน
กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [2]
- กรมควบคุมมลพิษและสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2546) การใช้
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินผลกระทบด้านมลพิษทางอากาศ กรุงเทพฯ
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [3]
- โกวิท ศตบุทติ (2527) การวิจัยเพื่อนำแอลกอฮอล์หนักมาใช้เป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์สันดา
ภายใน โครงการวิจัย เลขที่ 15G-IE-2525 สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะ
วิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [4]
- จิรศักดิ์ จิระวารี (2530) การใช้แอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล วิทยานิพนธ์
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) กรุงเทพฯ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี ถ่ายเอกสาร [5]
- จรัญ คงวัตร และคณะ (2544) ศึกษาสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้เชื้อเพลิงดี
ไซฮอลล์ โครงการอุดหนุนการวิจัยบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) นครนายก
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถ่ายเอกสาร [6]
- ชูศักดิ์ ทองฟู และนาวัน แสงเงินอ่อน (2536) การลดควันดำเครื่องยนต์ดีเซล วิทยานิพนธ์
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) กรุงเทพฯ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถ่ายเอกสาร [7]
- ถวัลย์ แสงนา (2544) แอลกอฮอล์น้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือกสำหรับเครื่องยนต์ วิทยานิพนธ์
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) ขอนแก่น บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยขอนแก่น ถ่ายเอกสาร [8]
- บุรินทร์ วงษ์ศิริ (2531) การใช้แอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงเสริมสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล วิทยานิพนธ์
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) กรุงเทพฯ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี ถ่ายเอกสาร [9]
- ปกรณกิจ ตั้งสมบูรณ์ และคณะ (2543) เครื่องยนต์เชื้อเพลิงเอทานอล ปริญญาบัณฑิตศึกษา
กองเครื่องกล โรงเรียนนายเรืออากาศ ถ่ายเอกสาร [10]

ปราโมทย์ อ่อนประไพ (2538) เทคโนโลยีเครื่องยนต์ดีเซล กรุงเทพฯ บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด [11]

ปัญญา วรเพชรายุทธ (2541) น้ำมันดีเซลกำมะถันต่ำก้าวสำคัญในการลดปัญหามลพิษทางอากาศ วารสาร คพ ปีที่ 3 (ฉบับที่ 1) กรุงเทพฯ [12]

มนตรี ทวาโรจน์ (2538) การศึกษาเปรียบเทียบการใช้แอลกอฮอล์ผสมน้ำมันดีเซล และน้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันกากัด เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) กรุงเทพฯ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ ถ่ายเอกสาร [13]

วรารุณ เลือดี (2524) เอกสารประกอบการฝึกอบรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ความรู้เบื้องต้นมลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง และการตรวจวัดวิเคราะห์ ปทุมธานี ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ [14]

ลิขิต ไสหนู (2544) ผลกระทบของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต (วิชาเทคโนโลยีพลังงาน) กรุงเทพฯ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี ถ่ายเอกสาร [15]

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์ (2545) เอกสารประกอบการสอนวิชามลพิษทางอากาศ โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา [16]

สมศักดิ์ สีนประเสริฐ (2524) สมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้เมทานอลและน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) กรุงเทพฯ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ่ายเอกสาร [17]

เสมอขวัญ ตันติกุล (2544) เครื่องยนต์สันดาปภายใน กรุงเทพฯ ศูนย์ส่งเสริมอาชีวศึกษา [18]

A Kowalewicz (1993) *Methanol as a fuel for spark ignition engines a review and analysis* Poland Radom Technical University [19]

John B Heywood (1988) *Internal Combustion Engine Fundamental* Singapore McGraw-Hill Book Company [20]

Kenneth Wark,, Cecil F Warner,,& Wayne T David (1998) *Air Pollution, its origin and control 3rd ed* Addison – Wesley [21]

Noel de nervers (2000) *Air Pollution Control Engineering* New York McGraw-Hill, Inc p [22]

ภาคผนวก ก

ตารางบันทึกผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์
ตัวอย่างการคำนวณ

ตาราง 10 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์สภาวะปกติที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 850 rpm
(Idle Speed) โดยป้อนเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ

Date 10 ก ย 47						Fuel Type Diesel					
Engine Type ISUZU						Density 0.86 kg/m ³					
						Injection Fuel 12 degree					
% of Methanol	Engine Speed	Torque	Power	Fuel Consumption ($\times 10^{-4}$)	Air Inlet	Temperature				ควันดำ (%)	Oil Temp (°C)
						Ambient	Water Inlet	Water Outlet	Exhaust		
	(rpm)	(N m)	(kW)	(L/sec)	(L/sec)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)		
0%	850	10	0.9	1.69480	5.434	38	70	70	98	11	80
0.80%	850	10	0.9	1.68146	5.434	38	72	72	97	11	80
1.60%	850	10	0.9	1.66633	5.736	37	72	72	97	12	78
3.20%	850	10	0.9	1.63143	5.434	38	72	72	95	9	76
6.40%	850	10	0.9	1.59949	5.434	39	74	74	98	6	80

ตาราง 11 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm โดยไม่ทำการป้อนเมทานอล และป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 0.8%, 1.6%, 3.2% และ 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร

Date 10 ก.ย. 47						Fuel Type Diesel					
Engine Type ISUZU						Density 0.86 kg/m ³					
						Injection Fuel 12 degree					
% of Methanol	Engine Speed	Torque	Power	Fuel Consumption (x 10 ⁻⁴)	Air Inlet	Temperature				ควันดำ (%)	Oil Temp (°C)
						Ambient	Water Inlet	Water Outlet	Exhaust		
	(rpm)	(N.m)	(kW)	(L/sec)	(L/sec)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)		
0%	1200	10	1.3	2.579979360	10.566	35	66	66	112	9	72
	1500	10	1.6	3.291205898	13.283	38	70	72	124	9	76
	2000	11	2.3	4.761904762	19.623	36	68	68	144	8	72
	2500	12	3.2	6.932889628	22.944	32	60	62	166	7	68
0.80%	1200	10	1.3	2.578382838	10.566	35	64	66	110	5	76
	1500	10	1.6	3.283425269	12.982	38	68	68	121	5	76
	2000	11	2.3	4.756468797	19.322	37	68	70	136	4	74
	2500	12	3.2	6.898454746	23.548	34	62	64	155	3	68
1.60%	1200	10	1.3	2.483854943	10.566	34	64	66	107	3	72
	1500	10	1.6	3.184307731	13.283	38	72	74	117	ND	74
	2000	11	2.3	4.573728503	20.831	38	70	72	132	ND	72
	2500	12	3.2	6.802721088	22.341	33	64	64	152	ND	66
3.20%	1200	10	1.3	2.492770964	10.566	31	70	62	97	6	66
	1500	10	1.6	3.157761778	13.585	35	66	68	114	3	74
	2000	11	2.3	4.556223802	19.322	38	72	76	130	ND	74
	2500	12	3.2	6.645401382	22.944	34	66	68	149	ND	72
6.40%	1200	10	1.3	2.352055697	10.566	35	68	68	101	7	68
	1500	10	1.6	2.971944841	12.68	39	72	74	116	3	78
	2000	11	2.3	4.322268326	17.208	38	70	72	131	ND	82
	2500	12	3.2	6.256256256	22.944	37	68	72	156	ND	80

ตาราง 12 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100 และ 150 N m โดยไม่ทำการป้อนเมทานอล

Date 15 ก ย 47						Fuel Type Diesel					
Engine Type ISUZU						Density 0.86 kg/m ³					
						Injection Fuel 12 degree					
% of Methanol	Engine Speed	Torque	Power	Fuel Consumption (x 10 ⁻⁴)	Air Inlet	Temperature				ควันดำ	Oil Temp
						Ambient	Water Inlet	Water Outlet	Exhaust		
	(rpm)	(N m)	(kW)	(L/sec)	(L/sec)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(%)	(°C)
0%	1200	50	6.3	5.341880342	9.661	39	72	74	185	11	78
	1500		7.8	7.122507123	13.283	38	72	74	196	10	78
	2000		10.4	10.96491228	19.02	39	74	76	212	6	76
	2500		13.2	13.88888889	22.341	39	74	74	237	3	80
0%	2500	100	13.2	11.11111111	22.341	39	74	74	237	3	78
	1200		12.7	12.82051282	9.359	39	72	74	292	19	78
	1500		15.7	15.57632399	13.585	40	74	76	296	11	80
	2000		21.3	32.67973856	18.718	40	76	76	341	7	80
	2500		26.1	16.66666667	21.737	38	72	74	375	8	78
0%	1200	150	19	30.3030303	9.359	38	70	72	434	85	68
	1500		23.5	39.68253968	13.283	37	76	78	444	55	80
	2000		31.7	49.01960784	19.623	38	78	78	488	50	84
	2500		39.5	5.341880342	22.643	39	74	76	527	71	78

ตาราง 13 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100 และ 150 N m โดยป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 0.8% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร

Date 19 ก.ย. 47						Fuel Type Diesel					
Engine Type ISUZU						Density 0.86 kg/m ³					
						Injection Fuel 12 degree					
% of Methanol	Engine Speed	Torque	Power	Fuel Consumption (x 10 ⁻⁴)	Air Inlet	Temperature				ควันดำ (%)	Oil Temp (°C)
						Ambient	Water Inlet	Water Outlet	Exhaust		
	(rpm)	(N m)	(kW)	(L/sec)	(L/sec)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)		
0.80%	1200	50	6.3	5.307855626	9.359	39	72	74	182	6	78
	1500		7.8	7.062146893	12.378	37	68	76	195	6	76
	2000		10.4	10.75268817	18.718	39	72	72	210	5	76
	2500		13.2	13.66120219	22.643	37	70	72	235	3	74
0.80%	1200	100	12.7	10.96491228	9.359	42	78	80	290	18	76
	1500		15.8	12.62626263	13.585	42	78	80	295	10	78
	2000		21.3	15.29051988	18.416	41	76	78	340	6	80
	2500		26.1	32.05128205	21.737	41	78	80	372	7	80
0.80%	1200	150	19.1	15.87301587	9.057	39	72	78	425	80	80
	1500		23.5	29.76190476	12.68	42	78	80	440	53	80
	2000		31.7	37.87878788	16.604	41	76	78	472	48	80
	2500		39.5	49.01960784	22.341	39	74	76	521	68	80

ตาราง 14 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100 และ 150 N m โดยป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 16% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร

Date 17 ก ย 47						Fuel Type Diesel					
Engine Type ISUZU						Density 0.86 kg/m ³					
						Injection Fuel 12 degree					
% of Methanol	Engine Speed	Torque	Power	Fuel Consumption (x 10 ⁻⁴)	Air Inlet	Temperature				ควันดำ (%)	Oil Temp (°C)
						Ambient	Water Inlet	Water Outlet	Exhaust		
	(rpm)	(N m)	(kW)	(L/sec)	(L/sec)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)		
160%	1200	50	6.3	5.224660397	9.359	40	74	76	180	6	80
	1500		7.8	6.944444444	14.189	39	72	74	190	6	80
	2000		10.4	10.54852321	17.812	40	74	76	207	4	82
	2500		13.2	12.91989664	26.567	40	74	76	230	ND	80
160%	1200	100	12.7	10.89324619	8.453	40	76	78	285	16	82
	1500		15.8	12.72264631	12.982	40	76	78	292	9	80
	2000		21.1	15.43209877	18.416	40	76	78	328	5	80
	2500		26.1	31.44654088	22.643	40	74	76	350	6	80
160%	1200	150	18.7	15.29051988	9.057	39	72	74	462	73	78
	1500		23.8	28.73563218	11.774	41	76	78	442	42	76
	2000		32	37.03703704	18.114	40	74	76	470	35	74
	2500		39.3	49.01960784	20.529	38	72	74	524	33	72

ตาราง 15 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100 และ 150 N m โดยป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 3 2% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร

Date 21 ต ค 47						Fuel Type Diesel					
Engine Type ISUZU						Density 0.86 kg/m ³					
						Injection Fuel 12 degree					
% of Methanol	Engine Speed	Torque	Power	Fuel Consumption (x 10 ⁻⁴)	Air Inlet	Temperature				ควันดำ	Oil Temp
						Ambient	Water Inlet	Water Outlet	Exhaust		
	(rpm)	(N m)	(kW)	(L/sec)	(L/sec)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(%)	(°C)
3 20%	1200	50	6.3	5.208333333	9.057	40	76	78	185	6	80
	1500		7.8	6.887052342	14.189	39	74	76	197	6	80
	2000		10.4	10.48218029	18.416	40	76	78	213	3	82
	2500		13.2	12.72264631	26.265	40	74	76	225	ND	82
3 20%	1200	100	12.7	10.82251082	10.264	39	72	74	295	15	80
	1500		15.8	12.62626263	12.982	40	76	78	317	8	80
	2000		21.1	15.29051988	17.812	39	72	74	331	5	80
	2500		26.2	31.44654088	22.341	39	72	74	356	5	80
3 20%	1200	150	19	15.15151515	9.359	39	72	74	458	70	82
	1500		23.5	28.73563218	12.076	40	76	78	462	37	82
	2000		31.8	37.03703704	18.718	39	72	74	465	32	82
	2500		38.8	49.01960784	20.529	37	68	70	510	31	80

ตาราง 16 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100 และ 150 N m โดยป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร

Date 24 ต.ค. 47						Fuel Type Diesel					
Engine Type ISUZU						Density 0.86 kg/m ³					
						Injection Fuel 12 degree					
% of Methanol	Engine Speed	Torque	Power	Fuel Consumption (x 10 ⁻⁴)	Air Inlet	Temperature				ควันดำ	Oil Temp
						Ambient	Water Inlet	Water Outlet	Exhaust		
	(rpm)	(N m)	(kW)	(L/sec)	(L/sec)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(%)	(°C)
6.40%	1200	50	6.4	5.065856130	8.755	39	74	76	183	6	74
	1500		7.9	6.802721088	12.68	39	74	76	200	6	76
	2000		10.4	8.291873964	18.416	39	76	76	214	3	76
	2500		13.2	12.91989664	22.643	39	76	78	224	ND	70
6.40%	1200	100	12.8	10.61571125	9.359	39	74	76	295	16	76
	1500		15.8	12.34567901	12.378	40	76	78	306	9	78
	2000		21.2	15.15151515	19.925	40	76	78	324	6	74
	2500		26.2	30.86419753	22.944	39	74	76	345	6	74
6.40%	1200	150	19.1	14.74926254	9.359	40	74	74	446	65	78
	1500		23.6	16.66666667	12.378	41	76	78	455	40	76
	2000		31.6	37.03703704	18.416	41	78	78	461	32	74
	2500		39.1	46.29629630	22.643	38	74	76	507	30	74

ตาราง 17 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm โดยไม่ทำการป้อนเมทานอล และป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 1.6% และ 6.4% โดยปริมาตร หลังจากทำการปรับองศาจุดระเบิด จาก 12 องศา เป็น 15 องศา ก่อนศูนย์ตายบน

Date 26 ต.ค. 47						Fuel Type Diesel					
Engine Type ISUZU						Density 0.86 kg/m ³					
						Injection Fuel 15 degree					
% of Methanol	Engine Speed	Torque	Power	Fuel Consumption (x 10 ⁻⁴)	Air Inlet	Temperature				ควันดำ (%)	Oil Temp (°C)
						Ambient	Water Inlet	Water Outlet	Exhaust		
	(rpm)	(N.m)	(kW)	(L/sec)	(L/sec)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)		
0%	1200	10	1.3	2.768549280	8.453	34	64	64	112	5	70
	1500	10	1.6	3.427944604	10.264	36	66	66	126	4	70
	2000	11	2.3	4.781028877	16.604	35	66	66	139	ND	80
	2500	12	3.4	7.447125410	19.02	34	66	66	164	ND	68
1.60%	1200	10	1.3	2.600915522	7.849	35	64	66	113	9	80
	1500	11	1.7	3.305566574	10.566	36	66	68	127	5	74
	2000	11	2.3	4.531448251	14.793	37	68	68	137	4	74
	2500	12	3.2	6.881365263	18.114	33	64	66	163	ND	70
6.40%	1200	10	1.3	2.419667054	7.849	39	76	76	116	6	80
	1500	11	1.7	3.256480396	9.359	41	78	78	129	4	80
	2000	11	2.3	4.374453193	15.397	37	70	80	140	3	80
	2500	13	3.4	6.279829189	19.322	40	78	78	167	ND	78

ตาราง 18 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100, 130 และ 150 N m โดยไม่ทำการป้อนเมทานอล

Date 26 ต ค 47						Fuel Type Diesel					
Engine Type ISUZU						Density 0.86 kg/m ³					
						Injection Fuel 15 degree					
% of Methanol	Engine Speed	Torque	Power	Fuel Consumption (x 10 ⁻⁴)	Air Inlet	Temperature				ควันดำ (%)	Oil Temp (°C)
						Ambient	Water Inlet	Water Outlet	Exhaust		
	(rpm)	(N m)	(kW)	(L/sec)	(L/sec)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)		
0%	1200	50	6.3	5.324813632	7.849	38	72	72	204	9	76
	1500		7.9	7.407407407	10.566	38	70	70	228	9	72
	2000		10.5	10.75268817	16.302	38	70	70	236	4	76
	2500		13.2	12.91989664	18.416	39	76	76	250	ND	68
0%	1200	100	12.6	11.41552511	8.151	38	70	70	354	14	74
	1500		15.9	13.22751323	10.566	37	70	70	348	9	74
	2000		21.1	15.57632399	14.491	37	68	68	361	7	74
	2500		26.3	32.05128205	16.001	37	66	66	371	8	74
0%	1200	130	16.5	14.24501425	7.547	37	68	68	472	46	76
	1500		20.5	16.18122977	10.566	38	72	72	456	28	78
	2000	150	31.7	41.66666667	16.604	37	70	70	565	68	70
	2500		39.7	53.76344086	16.906	35	68	68	604	71	70

ตาราง 19 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100, 130 และ 150 N m โดยป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 1 6% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร

Date 30 ต ค 47						Fuel Type Diesel					
Engine Type ISUZU						Density 0 86 kg/m ³					
						Injection Fuel 15 degree					
% of Methanol	Engine Speed	Torque	Power	Fuel Consumption (x 10 ⁻⁴)	Air Inlet	Temperature				ควันดำ (%)	Oil Temp (°C)
						Ambient	Water Inlet	Water Outlet	Exhaust		
	(rpm)	(N m)	(kW)	(L/sec)	(L/sec)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)		
1 60%	1200	50	6 3	5 257623554	7 849	38	72	72	204	9	78
	1500		7 9	7 246376812	9 661	38	72	72	234	9	76
	2000		10 5	10 75268817	15 397	38	72	74	239	4	76
	2500		13 2	12 91989664	18 114	38	72	74	254	3	80
1 60%	1200	100	12 7	11 18568233	7 245	38	72	74	331	15	80
	1500		15 9	12 91989664	10 264	40	76	76	347	10	80
	2000		21 1	15 57632399	15 397	40	76	76	363	7	80
	2500		26 3	31 44654088	17 208	38	72	74	391	9	78
1 60%	1200	130	16 5	13 88888889	7 547	33	62	68	436	38	72
	1500		20 6	15 87301587	9 057	36	68	68	456	25	72
	2000	150	31 6	40 6504065	15 095	34	64	70	560	63	72
	2500		39 7	53 76344086	16 001	31	60	64	600	49	68

ตาราง 20 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100, 130 และ 150 N m โดยป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร

Date 30 ต.ค. 47						Fuel Type Diesel					
Engine Type ISUZU						Density 0.86 kg/m ³					
						Injection Fuel 15 degree					
% of Methanol	Engine Speed	Torque	Power	Fuel Consumption (x 10 ⁻⁴)	Air Inlet	Temperature				ควันดำ (%)	Oil Temp (°C)
						Ambient	Water Inlet	Water Outlet	Exhaust		
	(rpm)	(N m)	(kW)	(L/sec)	(L/sec)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)		
6.40%	1200	50	6.3	5.224660397	7.245	39	74	74	207	16	72
	1500		7.9	7.309941520	10.868	38	70	72	234	13	78
	2000		10.5	10.68376068	15.095	39	74	74	238	6	76
	2500		13.2	12.53132832	18.416	39	74	74	252	4	76
6.40%	1200	100	12.7	11.11111111	7.245	38	72	72	333	16	74
	1500		15.9	12.82051282	10.868	39	72	72	346	8	78
	2000		21	15.43209877	15.397	39	72	72	360	5	74
	2500		26.2	31.44654088	16.302	39	74	74	376	8	72
6.40%	1200	130	16.5	13.66120219	7.245	35	66	68	464	30	72
	1500		20.4	15.87301587	10.868	38	68	72	444	23	76
	2000	150	31.4	40.65040650	15.397	36	68	68	548	57	74
	2500		39.6	52.08333333	16.604	35	68	68	595	49	70

ตาราง 21 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็รรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm โดยไม่ทำการป้อนเมทานอล และป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 1.6% และ 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร หลังจากทำการปรับองศาจุดระเบิด จาก 12 องศา เป็น 9 องศา ก่อนศูนย์ตายบน

Date 31 ต.ค. 47						Fuel Type Diesel					
Engine Type ISUZU						Density 0.86 kg/m ³					
						Injection Fuel 9 degree					
% of Methanol	Engine Speed	Torque	Power	Fuel Consumption (x 10 ⁻⁴)	Air Inlet	Temperature				ควันดำ (%)	Oil Temp
						Ambient	Water Inlet	Water Outlet	Exhaust		
	(rpm)	(N.m)	(kW)	(L/sec)	(L/sec)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)		(°C)
0%	1200	10	1.3	2.647183397	8.453	30	56	58	95	4	60
	1500		1.6	3.059226628	10.566	33	62	62	113	ND	76
	2000	11	2.3	4.365287236	16.906	35	64	66	129	ND	92
	2500	12	3.2	6.351626016	18.416	32	60	62	147	ND	72
1.60%	1200	10	1.3	2.314171989	8.151	41	78	78	107	ND	84
	1500	11	1.6	3.059226628	10.566	41	78	80	116	ND	84
	2000	12	2.5	4.367575122	16.906	41	78	80	132	ND	88
	2500	12	3.4	6.186587478	18.718	40	76	78	153	ND	82
6.40%	1200	10	1.3	2.229356162	7.849	39	72	74	104	ND	78
	1500	11	1.7	3.058103976	10.566	37	68	70	113	3	80
	2000	12	2.5	4.326756663	15.699	38	72	74	129	ND	84
	2500	13	3.4	5.885122411	18.114	40	76	78	150	ND	84

ตาราง 22 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100 และ 150 N m โดยไม่ทำการป้อนเมทานอล

Date 31 ต.ค. 47						Fuel Type Diesel					
Engine Type ISUZU						Density 0.86 kg/m ³					
						Injection Fuel 9 degree					
% of Methanol	Engine Speed	Torque	Power	Fuel Consumption (x 10 ⁻⁴)	Air Inlet	Temperature				ควันดำ (%)	Oil Temp (°C)
						Ambient	Water Inlet	Water Outlet	Exhaust		
	(rpm)	(N m)	(kW)	(L/sec)	(L/sec)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)		
0%	1200	50	6.3	5.274261603	7.547	38	74	76	173	5	76
	1500		7.9	6.944444444	10.264	38	72	74	190	3	80
	2000		10.5	10.75268817	16.906	38	72	72	205	ND	84
	2500		13.2	13.22751323	19.02	38	74	76	227	ND	76
0%	1200	100	12.4	10.68376068	7.547	39	72	74	283	9	78
	1500		15.9	12.53132832	10.566	40	76	76	292	6	80
	2000		21.2	15.01501502	16.302	38	72	76	317	3	84
	2500		26.2	32.05128205	19.322	38	72	74	333	4	78
0%	1200	150	19	14.61988304	7.849	36	68	68	415	48	74
	1500		23.7	16.50165017	10.264	38	72	74	424	26	76
	2000		31.5	37.03703704	16.604	37	70	72	467	28	78
	2500		39.7	47.61904762	18.718	35	66	66	500	37	70

ตาราง 23 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100, 130 และ 150 N m โดยป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 1 6% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร

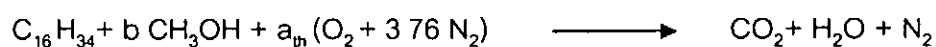
Date 31 ต ค 47						Fuel Type Diesel					
Engine Type ISUZU						Density 0 86 kg/m ³					
						Injection Fuel 9 degree					
% of Methanol	Engine Speed	Torque	Power	Fuel Consumption (x 10 ⁻⁴)	Air Inlet	Temperature				ควันดำ	Oil Temp
						Ambient	Water Inlet	Water Outlet	Exhaust		
	(rpm)	(N m)	(kW)	(L/sec)	(L/sec)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(%)	(°C)
1 60%	1200	50	6 3	5 144032922	7 849	41	78	80	179	4	80
	1500		7 9	6 830601093	10 566	40	76	76	190	4	82
	2000		10 5	8 333333333	17 208	41	78	78	206	ND	80
	2500		13 2	12 72264631	20 529	42	80	82	225	ND	76
1 60%	1200	100	12 7	10 68376068	7 245	40	76	78	282	10	80
	1500		15 9	12 34567901	10 566	40	76	78	292	4	80
	2000		21 2	15 15151515	16 604	40	76	78	317	5	80
	2500		26 2	31 44654088	19 623	40	76	76	330	5	78
1 60%	1200	150	19	14 61988304	7 849	40	76	78	398	44	80
	1500		23 7	16 50165017	9 962	41	78	78	426	28	80
	2000		31 6	37 03703704	16 604	41	78	78	464	28	80
	2500		39 3	49 01960784	19 623	39	76	76	500	30	78

ตาราง 24 บันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1200, 1500, 2000 และ 2500 rpm และปรับแรงบิดของเครื่องยนต์ 50, 100 และ 150 N m โดยป้อนเมทานอลในอัตราส่วน 6.4% ของน้ำมันดีเซลโดยปริมาตร

Date 1 พ ย 47						Fuel Type Diesel					
Engine Type ISUZU						Density 0.86 kg/m ³					
						Injection Fuel 9 degree					
% of Methanol	Engine Speed	Torque	Power	Fuel Consumption (x 10 ⁻⁴)	Air Inlet	Temperature				ควันดำ	Oil Temp
						Ambient	Water Inlet	Water Outlet	Exhaust		
	(rpm)	(N m)	(kW)	(L/sec)	(L/sec)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(%)	(°C)
6.40%	1200	50	6.3	4.9751243	13.887	40	76	78	178	5	78
	1500		7.9	6.7204301	19.925	39	74	76	191	5	80
	2000		10.5	8.1699346	29.284	40	76	78	205	3	82
	2500		13.2	12.5313283	41.361	41	78	80	225	ND	80
6.40%	1200	100	12.6	8.2918739	13.283	39	74	76	282	9	78
	1500		15.9	12.2549019	20.529	39	74	76	294	4	80
	2000		21.3	15.015015	33.511	40	74	76	311	ND	80
	2500		26.2	30.8041975	37.436	41	72	74	341	5	80
6.40%	1200	150	19.1	14.367816	15.397	38	72	74	413	42	78
	1500		23.7	16.3398692	20.529	40	74	76	428	25	76
	2000		31.7	35.4609929	28.893	40	66	76	451	26	80
	2500		39.5	47.6190476	41.059	38	70	72	485	4	78

ตัวอย่างคำนวณการสันดาปทางทฤษฎี

สันดาป @ 0.8 % methanol



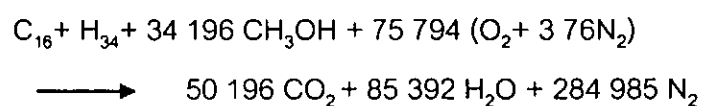
$$b = \frac{1}{\frac{y \rho_{\text{methanol}} / 32}{x \rho_{\text{diesel}} / 126}} = \frac{x \rho_{\text{diesel}} / 126}{y \rho_{\text{methanol}} / 32}$$

$$\rho_{\text{diesel}} = \frac{0.84 + 0.88}{2} = 0.86 \text{ kg/m}^3 \quad [\text{ที่มา Heywood}]$$

$$\rho_{\text{methanol}} = 0.792 \text{ kg/m}^3$$

@ 0.8 % methanol $\longrightarrow$ 4 cc / min ของ methanol
496 cc / min ของ Diesel

$$b = \frac{496 \times 0.86 / 126}{4 \times 0.792 / 32} = 34.196$$



$$\begin{aligned} (F/A)_{\text{theory}} &= \frac{M_f}{M_{\text{air}}} \frac{(\text{kg}_{\text{fuel}})}{(\text{kg}_{\text{air}})} \\ &= \frac{x \rho_{\text{diesel}} + y \rho_{\text{methanol}}}{M_{\text{air}}} \end{aligned}$$

$$= \frac{(496 \times 0.86) + (4 \times 0.792)}{75.794 \times (1 + 3.76) \times 28.97}$$

$$= 4.89 \times 10^{-2} \#$$

$$(F/A)_{\text{actual}} = \frac{0.00017 \text{ L/Sec} \times 10^3 \times \rho_{\text{mixture}}}{5.43 \text{ L/Sec} \times 10^3 \times \rho_{\text{air}}}$$

$$\rho_{\text{mixture}} = \sum y_i \rho_i = y_{\text{Diesel}} \times \rho_{\text{diesel}} + y_{\text{Methanol}} \times \rho_{\text{methanol}}$$

การหาค่า y_i เพื่อหา ρ_{mixture}

$$y_{\text{Diesel}} = \frac{496 \times 0.86 / 126}{(496 \times 0.86 / 126) + (4 \times 0.792 / 32)}$$

$$= 0.972 \#$$

$$y_{\text{Methanol}} = \frac{4 \times 0.792 / 32}{(496 \times 0.86 / 126) + (4 \times 0.792 / 32)}$$

$$= 0.028 \#$$

แทนค่า ρ_{Mixture}

$$\rho_{\text{mixture}} = (0.972 \times 0.86) + (0.028 \times 0.792)$$

$$= 0.858 \text{ kg/m}^3$$

Note

$$\rho_{\text{air}} = \frac{P}{RT} = \frac{101.325}{0.287 \times (38 + 273.15)}$$

$$= 1.135 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{แทนค่า } (F/A)_{\text{actual}} &= \frac{0.00017 \times 10^3 \times 0.858}{5.43 \times 10^3 \times 1.135} \\
 &= \frac{2.366 \times 10^{-5} \text{ kg}_{\text{fuel}}}{\text{kg}_{\text{air}}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi &= \frac{(F/A)_{\text{actual}}}{(F/A)_{\text{theory}}} = \frac{2.366 \times 10^{-5}}{4.89 \times 10^{-2}} \\
 &= 4.839 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

$$\phi < 1 \text{ เป็นส่วนผสมบางมาก} = 0.0004839 \#$$

ตาราง 25 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 10

Date 15 ก ย 47			Fuel Type Diesel			
Engine Type ISUZU			Density 0.86 kg/m ³			
			Injection Fuel 12 degree			
% of Methanol	% ครันต่ำ	F/A (Theory)	F/A (Actual)	Torque (N M)	ค่า ϕ	Ambient (°C)
0%	11	0.037	0.00002372	10	0.0006411	38
0.8%	11	0.0411	0.00001936	10	0.0004719	38
1.6%	12	0.0624	0.00002328	10	0.0003731	37
3.2%	9	0.083	0.00002212	10	0.0002672	38
6.4%	6	0.1061	0.00002207	10	0.0002172	39

ตาราง 26 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 11

Date 10 ก ย 47			Fuel Type Diesel			
Engine Type ISUZU			Density 0.86 kg/m ³			
			Injection Fuel 12 degree			
% of Methanol	% คาร์บอน	F/A (Theory)	F/A (Actual)	Torque (N M)	ค่า Ø	Ambient (°C)
0%	9	0.037	0.00001846	10	0.0004989	35
	9	0.037	0.00001883	10	0.0005089	38
	8	0.037	0.00001842	11	0.0004979	36
	7	0.037	0.00002230	12	0.0006043	32
0.8%	5	0.0411	0.00001509	10	0.0003671	35
	5	0.0411	0.00001575	10	0.0003831	38
	4	0.0411	0.00001535	11	0.0003734	37
	3	0.0411	0.00001793	12	0.0004362	34
1.6%	3	0.0624	0.00001762	10	0.0002824	34
	ND	0.0624	0.00001817	10	0.0002912	38
	ND	0.0624	0.00001666	11	0.0002670	38
	ND	0.0624	0.00002260	12	0.0003622	33
3.2%	6	0.083	0.00001736	10	0.0002091	31
	3	0.083	0.00001751	10	0.0002109	35
	ND	0.083	0.00001787	11	0.0002153	38
	ND	0.083	0.00002132	12	0.0002568	34
6.4%	7	0.1016	0.00001678	10	0.0001652	35
	3	0.1016	0.00001850	10	0.0001821	39
	ND	0.1016	0.00001865	11	0.0001835	38
	ND	0.1016	0.00002044	12	0.0002012	37

ตาราง 27 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 12

Date 15 ก ย 47			Fuel Type Diesel			
Engine Type ISUZU			Density 0.86 kg/m ³			
			Injection Fuel 12 degree			
% of Methanol	% คว้นดำ	F/A (Theory)	F/A (Actual)	Torque (N M)	ค่า Ø	Ambient (°C)
0%	11	0.037	0.00004109	50	0.001110	39
	10	0.037	0.00004050		0.001095	38
	6	0.037	0.00004592		0.001241	39
	3	0.037	0.00004943		0.001336	39
0%	19	0.037	0.00009017	100	0.002437	39
	11	0.037	0.00007186		0.001942	40
	7	0.037	0.00006359		0.001719	40
	8	0.037	0.00001139		0.003081	38
0%	85	0.037	0.0001352	150	0.003654	38
	55	0.037	0.0001878		0.005075	37
	50	0.037	0.0003746		0.010120	38
	71	0.037	0.0001649		0.004448	39

ตาราง 28 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 13

Date 19 ก ข 47			Fuel Type Diesel			
Engine Type ISUZU			Density 0.86 kg/m ³			
			Injection Fuel 12 degree			
% of Methanol	% คิว้นดำ	F/A (Theory)	F/A (Actual)	Torque (N M)	ค่า Ø	Ambient (°C)
0.8%	6	0.0411	0.00003523	50	0.0008573	39
	6	0.0411	0.00003546		0.0008627	37
	5	0.0411	0.00003816		0.0009286	39
	3	0.0411	0.00003820		0.0009294	37
0.8%	18	0.0411	0.00007384	100	0.001797	42
	10	0.0411	0.00006009		0.001462	42
	6	0.0411	0.00005096		0.001240	41
	7	0.0411	0.00009210		0.002241	41
0.8%	80	0.0411	0.0001099	150	0.002674	39
	53	0.0411	0.0001473		0.003584	42
	48	0.0411	0.0001427		0.003472	41
	68	0.0411	0.0001361		0.003311	39

ตาราง 29 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 14

Date 17 ก ย 47			Fuel Type Diesel			
Engine Type ISUZU			Density 0.86 kg/m ³			
			Injection Fuel 12 degree			
% of Methanol	% คว้นดำ	F/A (Theory)	F/A (Actual)	Torque (N M)	ค่า Ø	Ambient (°C)
1.6%	6	0.0624	0.00004224	50	0.0006770	40
	6	0.0624	0.00003683		0.0005902	39
	4	0.0624	0.00006681		0.0007501	40
	ND	0.0624	0.00003718		0.0005958	40
1.6%	16	0.0624	0.00009887	100	0.0015840	40
	9	0.0624	0.00007607		0.0012190	40
	5	0.0624	0.00006189		0.0009920	40
	6	0.0624	0.00010400		0.0016670	40
1.6%	73	0.0624	0.00012760	150	0.0020450	39
	42	0.0624	0.00018580		0.0029780	41
	35	0.0624	0.00015530		0.0024890	40
	33	0.0624	0.00018000		0.0028860	38

ตาราง 30 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 15

Date 21 ก ย 47			Fuel Type Diesel			
Engine Type ISUZU			Density 0.86 kg/m ³			
			Injection Fuel 12 degree			
% of Methanol	% คว้นดำ	F/A (Theory)	F/A (Actual)	Torque (N M)	ค่า Ø	Ambient (°C)
3.2%	6	0.083	0.00004517	50	0.0005442	40
	6	0.083	0.00003743		0.0004509	39
	3	0.083	0.00004177		0.0005032	40
	ND	0.083	0.00003400		0.0004096	40
3.2%	15	0.083	0.00008076	100	0.0009730	39
	8	0.083	0.00007572		0.0009122	40
	5	0.083	0.00006349		0.0007649	39
	5	0.083	0.00001045		0.0012590	39
3.2%	70	0.083	0.00001209	150	0.0014560	39
	37	0.083	0.00017990		0.0021670	40
	32	0.083	0.00014910		0.0017960	39
	31	0.083	0.00017870		0.0021530	37

ตาราง 31 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 16

Date 24 ต ค 47			Fuel Type Diesel			
Engine Type ISUZU			Density 0.86 kg/m ³			
			Injection Fuel 12 degree			
% of Methanol	% ครว้นดา	F/A (Theory)	F/A (Actual)	Torque (N M)	ค่า Ø	Ambient (°C)
6.4%	6	0.1016	0.00004380	50	0.00043115	39
	6	0.1016	0.00004216		0.00041492	39
	3	0.1016	0.00003388		0.00033350	39
	ND	0.1016	0.00004315		0.00042475	39
6.4%	16	0.1016	0.00008811	100	0.00086718	39
	9	0.1016	0.00007291		0.00071759	40
	6	0.1016	0.00005639		0.00055504	40
	6	0.1016	0.00003591		0.00035344	39
6.4%	15	0.1016	0.00012040	150	0.00118500	40
	40	0.1016	0.00010140		0.00099820	41
	32	0.1016	0.00015160		0.00149140	41
	30	0.1016	0.00015260		0.00150160	38

ตาราง 32 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 17

Date 26 ต ค 47			Fuel Type Diesel			
Engine Type ISUZU			Density 0.86 kg/m ³			
			Injection Fuel 15 degree			
% of Methanol	% คว้นดา	F/A (Theory)	F/A (Actual)	Torque (N M)	ค่า Ø	Ambient (°C)
0%	5	0.037	0.0000044289	10	0.000119690	34
	4	0.037	0.0000050248	10	0.000135810	36
	ND	0.037	0.0000043384	11	0.000117260	35
	ND	0.037	0.0000059028	12	0.000159540	34
1.6%	9	0.0624	0.0000049586	10	0.000079464	35
	5	0.0624	0.0000039420	11	0.000063177	36
	4	0.0624	0.0000046280	11	0.000074169	37
	ND	0.0624	0.0000058149	12	0.000053187	33
6.4%	6	0.1016	0.0000045851	10	0.000045129	39
	4	0.1016	0.0000052386	11	0.000051561	41
	3	0.1016	0.0000042075	11	0.000041412	37
	ND	0.1016	0.0000060998	13	0.000059980	40

ตาราง 33 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 18

Date 26 ต ค 47			Fuel Type Diesel			
Engine Type ISUZU			Density 0.86 kg/m ³			
			Injection Fuel 15 degree			
% of Methanol	% คว้นดา	F/A (Theory)	F/A (Actual)	Torque (N M)	ค่า Ø	Ambient (°C)
0%	9	0.037	0.000051223	50	0.001384300	38
	9	0.037	0.000053097		0.000014351	38
	4	0.037	0.000062750		0.000016959	38
	ND	0.037	0.000053694		0.000014512	39
0%	14	0.037	0.000111660	100	0.003017900	38
	9	0.037	0.000093033		0.002514400	37
	7	0.037	0.000083446		0.002255300	37
	8	0.037	0.000075570		0.002045500	37
0%	46	0.037	0.000140320	130	0.003792800	37
	28	0.037	0.000011480		0.003102800	38
	68	0.037	0.000189610	150	0.005124600	37
	11	0.037	0.000023837		0.006442400	35

ตาราง 34 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 19

Date30 ต.ค. 47			Fuel TypeDiesel			
Engine TypeISUZU			Density0.86 kg/m ³			
			Injection Fuel15 degree			
% of Methanol	% ครั้นดำ	F/A (Theory)	F/A (Actual)	Torque (N M)	ค่า Ø	Ambient (°C)
1.6%	9	0.0624	0.000050926	50	0.00081612	38
	9	0.0624	0.000056207		0.00090075	38
	4	0.0624	0.000053888		0.00086359	38
	3	0.0624	0.000054126		0.00008674	38
1.6%	15	0.0624	0.000078924	100	0.00126490	38
	10	0.0624	0.000137620		0.00220540	40
	7	0.0624	0.000114510		0.00183500	40
	9	0.0624	0.000097777		0.00156690	38
1.6%	38	0.0624	0.000136820	130	0.00219260	33
	25	0.0624	0.000135190		0.00210880	36
	63	0.0624	0.000220350	150	0.00324280	34
	49	0.0624	0.000248820		0.00398750	31

ตาราง 35 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 20

Date30 ต ค 47			Fuel TypeDiesel			
Engine TypeISUZU			Density0.86 kg/m ³			
			Injection Fuel15 degree			
% of Methanol	% คาร์บูราเตอร์	F/A (Theory)	F/A (Actual)	Torque (N M)	ค่า Ø	Ambient (°C)
6.4%	16	0.1016	0.000053751	50	0.000529040	39
	13	0.1016	0.000052404		0.000515780	38
	6	0.1016	0.000052589		0.000517610	39
	4	0.1016	0.000050653		0.000498550	39
6.4%	16	0.1016	0.000115550	100	0.001373000	38
	8	0.1016	0.000089140		0.000877360	39
	5	0.1016	0.000075699		0.000745080	39
	8	0.1016	0.000145780		0.000014358	39
6.4%	30	0.1016	0.000013935	130	0.001371600	35
	23	0.1016	0.000108970		0.001072600	38
	57	0.1016	0.000195570	150	0.001925000	36
	49	0.1016	0.000231910		0.002282600	35

ตาราง 36 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 21

Date 31 ต ค 47			Fuel Type Diesel			
Engine Type ISUZU			Density 0.86 kg/m ³			
			Injection Fuel 9 degree			
% of Methanol	% คว้นดำ	F/A (Theory)	F/A (Actual)	Torque (N M)	ค่า Ø	Ambient (°C)
0%	4	0.037	0.000023136	10	0.00062530	30
	ND	0.037	0.000021620	10	0.00058433	33
	ND	0.037	0.000019376	11	0.00052367	35
	ND	0.037	0.000025630	12	0.00069270	32
1.6%	ND	0.0624	0.000021620	10	0.00034648	41
	ND	0.0624	0.000022048	11	0.00025334	41
	ND	0.0624	0.000019672	12	0.00031526	41
	ND	0.0624	0.000025169	12	0.00040334	40
6.4%	ND	0.1016	0.000021268	10	0.00020933	39
	3	0.1016	0.000021542	11	0.00021203	37
	ND	0.1016	0.000020568	12	0.00020245	38
	ND	0.1016	0.000024417	13	0.00024032	40

ตาราง 37 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 22

Date 31 ต ค 47			Fuel Type Diesel			
Engine Type ISUZU			Density 0.86 kg/m ³			
			Injection Fuel 12 degree			
% of Methanol	% คว้นดา	F/A (Theory)	F/A (Actual)	Torque (N M)	ค่า Ø	Ambient (°C)
0%	5	0.037	0.000052910	50	0.0014300	38
	3	0.037	0.000051232		0.0013847	38
	ND	0.037	0.000048189		0.0013024	38
	ND	0.037	0.000052864		0.0014288	38
0%	9	0.037	0.000010761	100	0.0029082	39
	6	0.037	0.000090493		0.0024458	40
	3	0.037	0.000069812		0.0018868	38
	4	0.037	0.000125680		0.0033969	38
0%	48	0.037	0.000140260	150	0.0037908	36
	26	0.037	0.000121810		0.0032921	38
	28	0.037	0.000168580		0.0045563	37
	37	0.037	0.000190910		0.0051598	35

ตาราง 38 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 23

Date 31 ต ค 47			Fuel Type Diesel			
Engine Type ISUZU			Density 0.86 kg/m ³			
			Injection Fuel 12 degree			
% of Methanol	% ควันดา	F/A (Theory)	F/A (Actual)	Torque (N M)	ค่า Ø	Ambient (°C)
1.6%	4	0.0624	0.000049911	50	0.00079985	41
	4	0.0624	0.000049098		0.00078682	40
	ND	0.0624	0.000036866		0.00059079	41
	ND	0.0624	0.000047363		0.00075903	42
1.6%	10	0.0624	0.000111990	100	0.00179940	40
	4	0.0624	0.000088751		0.00142230	40
	5	0.0624	0.000069309		0.00111070	40
	5	0.0624	0.000121720		0.00195060	40
1.6%	44	0.0624	0.000141470	150	0.00226710	40
	28	0.0624	0.000126150		0.00202160	41
	28	0.0624	0.000168870		0.00272240	41
	30	0.0624	0.000195030		0.00312550	39

ตาราง 39 บันทึกผลการคำนวณของตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องยนต์ตาราง 24

Date 31 ต ค 47			Fuel Type Diesel			
Engine Type ISUZU			Density 0.86 kg/m ³			
			Injection Fuel 12 degree			
% of Methanol	% คำนวณ	F/A (Theory)	F/A (Actual)	Torque (N M)	ค่า Ø	Ambient (°C)
6.4%	5	0.1016	0.000026924	50	0.00026500	40
	5	0.1016	0.000025258		0.00024859	39
	3	0.1016	0.000020967		0.00020637	40
	ND	0.1016	0.00002283		0.00022471	41
6.4%	9	0.1016	0.000046745	100	0.00046008	39
	4	0.1016	0.000033555		0.00033027	39
	ND	0.1016	0.000044864		0.00044158	40
	5	0.1016	0.000062091		0.00061113	41
6.4%	42	0.1016	0.000069637	150	0.00068541	38
	25	0.1016	0.000059819		0.00058876	40
	26	0.1016	0.000091953		0.00090505	40
	4	0.1016	0.000086548		0.00085186	38

ภาคผนวก ข
คุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง

คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันดีเซล

ในการเลือกใช้น้ำมันเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซล จะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติสำคัญๆ ต่อไปนี้

1 ความสามารถในการติดไฟ (Ignition Quality) หมายถึง ความสามารถในการติดไฟของน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าที่ใช้บอกความสามารถในการติดไฟของน้ำมัน เรียกว่า ตัวเลขซีเทน น้ำมันดีเซลในปัจจุบันมีค่าซีเทนมัมนั้เบอรืประมาณ 40 – 60 น้ำมันที่ติดไฟง่ายที่สุด คือ น้ำมันซีเทน ($C_{16}H_{34}$) กำหนดให้มีค่า ตัวเลขซีเทนเท่ากับ 100 และน้ำมันที่ติดไฟยากที่สุด คือ แอลฟาเมทิลเนฟทาไลน์ (Alpha Methyl Naphthalene) มีสูตรทางเคมีเป็น $C_{10}H_7-CH_3$ ให้มีค่า ตัวเลขซีเทนเท่ากับ 0

ส่วนค่าตัวเลขซีเทนอื่นๆ เป็นเปอร์เซ็นต์ของซีเทนโดยปริมาตร ในน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันซีเทนกับแอลฟาเมทิลเนฟทาไลน์ เครื่องมือที่ใช้สำหรับทดสอบหาค่าตัวเลขซีเทนเป็นเครื่องยนต์มาตรฐานชนิดสูบเดียว สามารถปรับอัตราส่วนการอัด (Compression Ratio) ได้ วิธีทดสอบจะใช้ความล่าช้าในการจุดระเบิดเป็นหลักคือ ความล่าช้าในการจุดระเบิดจะลดลงเมื่ออัตราส่วนการอัดเพิ่มขึ้น ความล่าช้าในการจุดระเบิดนี้วัดจากการฉีดน้ำมันของหัวฉีด จนกระทั่งน้ำมันเกิดการเผาไหม้ (กำลังดันในกระบอกสูบสูงขึ้น) การทดลองจะใช้น้ำมันที่มีเปอร์เซ็นต์ตัวเลขซีเทนต่างๆ กัน มาทำให้เกิดการเผาไหม้ ในกระบอกสูบที่อัตราส่วนการอัดต่างๆ กัน โดยปรับแต่งเครื่องยนต์ให้มีความล่าช้าในการจุดระเบิด 13 องศา ถ้าการเผาไหม้เกิดขึ้นที่อัตราส่วนการอัดต่ำ แสดงว่าน้ำมันมีค่าซีเทนมัมนั้เบอรืสูง ถ้าการเผาไหม้เกิดขึ้นที่อัตราส่วนการอัดสูงแสดงว่าน้ำมันมีค่า ตัวเลขซีเทนต่ำน้ำมันที่มีค่า ตัวเลขซีเทนมัมนั้เบอรืสูงความสามารถในการติดไฟจะดีถึงแม้ว่าอุณหภูมิของเครื่องยนต์ต่ำ น้ำมันที่มีค่า ตัวเลขซีเทนมัมนั้เบอรืต่ำกว่า 40 เมื่อเกิดการเผาไหม้จะทำให้เกิดควันมาก ลื่นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และกำลังที่ผลิตได้จะน้อยกว่าปกติ

ความสามารถในการติดไฟของน้ำมันดีเซล นอกจากจะดูจาก ตัวเลขซีเทนมัมนั้เบอรืแล้ว ยังสามารถดูจาก ตัวเลขดัชนีดีเซล (Diesel Index Number) , DI ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$DI = \frac{\text{Aniline point } (^{\circ}\text{C}) \times \text{Api gravity}@ (15.6^{\circ}\text{C})}{100} \quad (1)$$

แอนนิไลน์ (Aniline) คือ สารประกอบจำพวกแอโรเมติก (Aromatic Compound) ละลายได้ในน้ำมันจำพวกพาราฟินที่มีอุณหภูมิสูงและละลายได้ในน้ำมันจำพวกแอโรเมติก ที่มีอุณหภูมิต่ำ

จุดแอนนิไลน์ (Aniline Point) คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่สารอนิลินละลายในน้ำมันที่มีปริมาตรเท่ากันได้หมด น้ำมันดีเซลที่มีคุณภาพดี จุดแอนนิไลน์ จะต้องสูงกว่า 21°C

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) หมายถึง มวลของน้ำมันในหนึ่งหน่วยปริมาตร ต่อ มวลของน้ำในปริมาตรที่เท่ากัน ความถ่วงจำเพาะตามมาตรฐาน API (American Petroleum Institute) จะวัดอุณหภูมิ 15.6°C (289 K) [Colin R Ferguson] ทั้งของน้ำมันเชื้อเพลิง และน้ำ สามารถหาได้จาก

$$API = \frac{141.5}{SG@15.6^{\circ}\text{C}/15.6^{\circ}\text{C}} - 131.5 \quad (2)$$

โดยทั่วไปตัวเลขจากสมการนี้จะบอกค่าตัวเลขซีเทนในน้ำมัน ถ้าตัวเลขสูงแสดงว่าน้ำมันมีค่าตัวเลขซีเทนสูง

2 ความหนืด (Viscosity) คือ ความต้านทานในการไหลของน้ำมัน ความหนืดมีอิทธิพลต่อรูปร่างลักษณะของลำน้ำมันที่ฉีด (Spray) เข้าไปในห้องเผาไหม้น้ำมันที่มีความหนืดสูงการแตกตัวเป็นละอองเล็กๆ จะเกิดขึ้นยากและน้ำมันจะฉีดทะลุทะลวงไปได้ไกล ส่วนน้ำมันที่มีค่าความหนืดต่ำการฉีดจะแผ่กระจายบริเวณใกล้ๆ หัวฉีดทำให้น้ำมันกระจายไม่ทั่วห้องเผาไหม้ และน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซลมีค่าความหนืดประมาณ 35-40 SUS (Saybolt Universal Second) เครื่องวัดวัดความหนืดโดยทั่วๆ ไป เรียกว่า เซโบลท์วิสโคมิเตอร์ (Saybolt Viscometer)

3 จุดวาบไฟและจุดติดไฟ (Flash point and Fire point) จุดวาบไฟ หมายถึง จุดที่น้ำมันมีอุณหภูมิต่ำที่สุดที่เกิดไอระเหยขึ้น และเมื่อนำเปลวไฟเข้าใกล้จะเกิดการลุกไหม้ขึ้นวูบหนึ่งแล้วดับหายไป น้ำมันที่มีจุดวาบไฟต่ำจะเป็นอันตรายต่อการเก็บรักษาเนื่องจากติดไฟง่าย น้ำมันดีเซลโดยทั่วๆ ไปจะมีจุดวาบไฟประมาณ 650°C และจุดติดไฟ หมายถึง จุดที่น้ำมันมีอุณหภูมิ

ต่ำสุดที่เกิดไอระเหยขึ้น และเมื่อนำเปลวไฟเข้าใกล้จะติดไฟขึ้นอย่างต่อเนื่องนานอย่างน้อย 5 วินาที น้ำมันดีเซลปกติ จะมีอุณหภูมิจุดติดไฟประมาณ $70 - 85^{\circ}\text{C}$

4 จุดแข็งตัว (Cloud Point) หมายถึง อุณหภูมิสูงสุดที่ขี้ผึ้ง (Wax) แยกตัวออกมาเป็นของแข็ง ของแข็งที่เป็นไขหรือขี้ผึ้งนี้จะไปอุดทางเดินในระบบน้ำมันเชื้อเพลิง

5 จุดไหลเท (Pour Point) หมายถึง จุดที่น้ำมันแข็งตัวหรือหยุดไหล มีความสำคัญมากในขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ที่มีอุณหภูมิต่ำๆ น้ำมันจะไหลจากถังเก็บไปยังเครื่องยนต์ยาก ทำให้สตาร์ทเครื่องยนต์ไม่ติด โดยทั่วๆ ไปจุดไหลเทจะต่ำกว่าจุดแข็งตัวประมาณ $5-10^{\circ}\text{C}$

6 ความล่าช้าในการจุดระเบิด (Ignition Delay) เกิดขึ้นได้ 2 กรณี คือ

6.1 ทางฟิสิกส์หรือกายภาพ เช่น อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศต่อน้ำมัน ชนิดของห้องเผาไหม้ ความดันของน้ำมันที่หัวฉีด คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง และการตั้งเวลาการฉีด (Timing)

6.2 ทางเคมี เกิดจากอุณหภูมิและความดันขณะน้ำมันเพลิงเกิด การรวมตัวกับออกซิเจน

7 ปริมาณกำมะถัน (Sulfur) เมื่อน้ำมันเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้ ออกไซด์จากการเผาไหม้กำมะถันที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงจะไปรวมกับความชื้นในอากาศ ทำให้เกิดกรดกำมะถัน (Sulfuric acid) กรดนี้จะกัดกร่อนชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ให้สึกหรอ และเมื่อรวมตัวกับน้ำมันหล่อลื่น จะทำให้น้ำมันหล่อลื่นเสื่อมคุณภาพเกิดยางเหนียวๆ (Gum) จับตามกระบอกสูบและชิ้นส่วนต่างๆ ในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ตามมาตรฐานจะกำหนด กำมะถันในน้ำมันดีเซลไม่ควรเกิน 0.25%

ค่าความร้อนเชื้อเพลิง (Heating Value of Fuel)

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงได้จากปฏิกิริยาทางเคมี ระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงกับออกซิเจนที่เกิดขึ้น โดยการสันดาป ไฮโดรเจนที่เป็นส่วนประกอบของเชื้อเพลิงเมื่อรวมกับออกซิเจนจะกลายเป็นน้ำที่อยู่ในรูปของไอน้ำ ถ้ามีโอกาสกลั่นเป็นหยดน้ำก็จะมีความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอน้ำเกิดขึ้น ไอน้ำนี้จะออกไปกับไอเสีย ดังนั้น ความร้อนจึงสูญเสียไปกับไอเสียในรูปของความร้อนแฝงด้วย ส่วนที่เหลือจากการสูญเสีย คือ ส่วนเราได้มาเป็นกำลังงาน ซึ่งจะมีค่าความร้อนต่ำกว่าค่าความร้อนทั้งหมดที่ได้จากการสันดาปของเชื้อเพลิงค่าความร้อนนี้จึง เรียกว่า ความร้อนต่ำ ส่วนค่าความร้อนรวมทั้งหมดของเชื้อเพลิงเรียกว่าค่ารวมซึ่งมีค่าความร้อนสูง

ค่าความร้อนที่นำมาใช้งานนั้นมีค่าความร้อนต่ำซึ่งถือว่าเป็นค่าสุทธิ โดยทั่วไปน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลจะมีค่าความร้อนเชื้อเพลิงประมาณ 42.5 – 44.8 MJ/kg สำหรับเมทานอลแอลกอฮอล์จะมีค่าความร้อนเชื้อเพลิงประมาณ 20.0 – 22.7 MJ/kg ⁽²⁰⁾

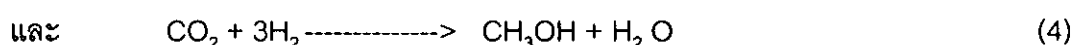
เชื้อเพลิงแอลกอฮอล์

แอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน ที่มีส่วนของออกซิเจนรวมอยู่ในรูปสารประกอบอิ่มตัว ที่มีลักษณะโครงสร้างแบบลูกโซ่ แอลกอฮอล์สามารถผลิตขึ้นจากชีวมวล (Biomass) และจากสารไฮโดรคาร์บอน (น้ำมันหรือก๊าซ) ชนิดของแอลกอฮอล์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

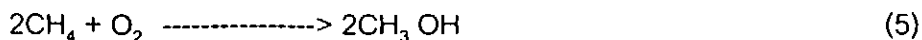
1. เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) หรือที่เรียกว่าเอทานอล (Ethanol) มีสูตรทางเคมีคือ C_2H_5OH ผลิตได้จากผลิตผลทางการเกษตร
2. เมทิลแอลกอฮอล์ (Methyl alcohol) หรือที่เรียกว่าเมทานอล (Methanol) มีสูตรทางเคมีคือ CH_3OH ผลิตได้จากปิโตรเลียม ถ่านและไม้ เป็นต้น

เมทานอล (CH_3OH) เป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ดีมี อุณหภูมิในการจุดระเบิด (Ignition Temperature) สูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 1 เท่าตัว มีค่าความร้อนประมาณ 22,700 kJ/kg ต่ำกว่าเอทานอลและน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล น้ำมันก๊าด เป็นต้น

เมทานอลสามารถผลิตได้หลายวิธี ได้แก่ การทำปฏิกิริยากันระหว่างก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) กับก๊าซไฮโดรเจน (H_2) หรือใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับก๊าซไฮโดรเจน ดังสมการ



อีกวิธีหนึ่งซึ่งมีประสิทธิภาพดี และเป็นที่ยอมรับใช้กัน คือ วิธีไฮโดรคาร์บอนออกซิเดชัน (Hydrocarbon oxidation) โดยใช้ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซออกซิเจนทำปฏิกิริยากัน ดังสมการ



ดังที่กล่าวมาแล้ว เมทานอลจะให้ค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล การเผาไหม้จะเกิดควันน้อย แต่มีกลิ่นรุนแรง ซึ่งเป็นอันตรายต่อระบบหายใจ มีพิษไม่สามารถรับประทานได้และเป็นอันตรายต่อผิวหนัง มีการกักตุนอย่างรุนแรง

ประโยชน์ของการใช้แอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซล

- 1 ช่วยลดปัญหาเรื่องการขาดแคลนพลังงานปิโตรเลียม
- 2 เนื่องจากแอลกอฮอล์ไม่มีกำมะถันเป็นส่วนประกอบ จึงทำให้การสึกหรอของเครื่องยนต์เกิดขึ้นน้อยเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง
- 3 เป็นตัวผสมน้ำมันดีเซลที่ทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ยังผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้น
- 4 แอลกอฮอล์มีค่าความร้อนแฝงสูง ทำให้อุณหภูมิของอากาศที่เครื่องยนต์ดูดเข้ามามีอุณหภูมิต่ำ จึงทำให้ความหนาแน่นของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงสูงขึ้นซึ่งเป็นผลดีต่อการเดินเครื่องยนต์ภายใต้ภาระหนักและความเร็วรอบสูง
- 5 แอลกอฮอล์ไม่มีสารตะกั่ว จึงเป็นการช่วยลดปัญหาเรื่องมลภาวะเป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม

ข้อแตกต่างของเชื้อเพลิงจากแอลกอฮอล์

เอทานอลผลิตจากการหมัก และกลั่นชีวะมวลมีส่วนประกอบของน้ำตาลและแป้ง กล่าวคือ ผลิตจากผลิตภัณฑ์เกษตร เช่น ธัญพืช มันสำปะหลัง มันฝรั่ง ฯลฯ

ข้อได้เปรียบ มีการพัฒนาเทคโนโลยี ในเรื่องนี้มาเพียงพอต่อการนำไปใช้งาน นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้เป็นสารเติมแต่งในน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อเพิ่มค่าออกเทนในอัตราส่วนสูงสุดได้ถึง 80% และ ไม่มีเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศขณะเผาไหม้

ข้อเสียเปรียบ ในไอเสียของเอทานอล มีปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนคาร์บอนมอนอกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ ระดับเดียวกับเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียมและยังมีอัลดีไฮด์ (Aldehydes)

ค่าพลังงานของเอทานอลจะมีเพียง 80% ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียม และต้องใช้พลังงานในการผลิตเกือบ 3 เท่า ของการผลิตน้ำมันจากปิโตรเลียม

เมทานอล คือ ของเหลวที่ผลิตได้จากเยื่อไม้หรือก๊าซธรรมชาติ คือ ก๊าซมีเทนหรือกล่าวได้ว่า เราสามารถผลิตเมทานอลจากสารใดก็ได้ที่มีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบ

ข้อได้เปรียบ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีเพียงพอใช้พลังงานในการผลิตต่ำกว่าเอทานอล แต่ก็ยังสูงกว่าการผลิตน้ำมันจากปิโตรเลียมมีเทคโนโลยีรองรับ และสามารถนำมาใช้เป็นสารเติมแต่งในน้ำมันเชื้อเพลิงได้สูงถึง 85% สามารถใช้กับเซลล์เชื้อเพลิงได้หากใช้เชื้อเพลิงเมทานอลที่ผลิตจากชีวมวล จะไม่เพิ่มปริมาณ คาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ

ข้อเสียเปรียบ เมทานอลที่ผลิตจากก๊าซธรรมชาติ จะเพิ่มปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ ไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขณะเผาไหม้ก่อให้เกิดโอโซนในระดับพื้นดินซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดหมอกควัน (Smog) เมทานอลมีผลต่อยาง พลาสติก หรือโลหะ จึงต้องมีการป้องกันไม่ให้สัมผัสกัน และในภูมิอากาศที่หนาวเย็นจะทำให้เครื่องยนต์สึกหรอและผูกมัดได้ง่ายขณะเผาไหม้ เมทานอลจะไม่มีเปลวไฟให้เห็นแต่อาจจะระเบิดได้เป็นพิษ (Toxic) ไอเสียจากเมทานอล เช่น ไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนมอนอกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์ จะมีปริมาณอยู่ในระดับเดียวกับน้ำมันจากปิโตรเลียม นอกจากนี้เมทานอลยังมีอัลดีไฮด์ด้วยค่าพลังงานของเมทานอลจะเป็น 50% ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียม

ประโยชน์จากเมทานอล เมทานอลเป็นสารอินทรีย์เคมี ที่นำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ที่สำคัญ ดังนี้

- 1 ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เบนซินและเครื่องยนต์ดีเซล
- 2 ใช้เป็นสารเคมีโดยตรง เช่น ใช้เป็นตัวทำละลาย (Solvent)
- 3 ไม่มีสารตะกั่วจากการเผาไหม้ และไม่มีกำมะถันเป็นส่วนประกอบ
- 4 เป็นตัวผสมน้ำมันดีเซลที่ทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์

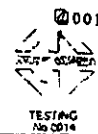
ภาคผนวก ค

**ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นจาก Lab CALTEX
และ วิธีการตรวจวัดควันดำ**



PTT PUBLIC COMPANY LIMITED
QUALITY CONTROL DIVISION, TERMINAL OPERATIONS, OIL BUSINESS
838 ARDMARONG RD., KLONGTOEY, BANGKOK 10260, THAILAND
TEL. +66 (0) 2250-7148 FAX. +66 (0) 2232-7148 WWW.PTTPLC.COM

PECH



Pag 1 of 1

Certificate of Analysis**Product** High Speed Diesel

Cert No.	T 04/11038		
Sample Lab No	OP-04/11354	Delivery Date	10 Aug 2004
Customer/Supplier	Phrakhanong Oil Terminal	Date of Test	16 Aug 2004
Sample Location	Tank No TA 12	Date of Sampling	10 Aug 2004
Batch No	TA 12/04/020	Sample Condition	Good
Product Source	REF A, Vessel NAVAKHUN-21		

TEST ITEM	TEST METHOD	LIMIT	RESULT
* 1 Appearance,	Visual	C&B	C&B
* 2 Calculated Cetane Index,	ASTM D 976 -91	min 47	55.8
* 3 API Gravity @ 60 °F Upper,	ASTM D 1298 -99	Report	38.03
* 4 API Gravity @ 60 °F, Lower,	ASTM D 1298 -99	Report	37.31
* 5 Specific Gravity @ 15.6/15.6 °C, Upper	ASTM D 1298 -99	0.81 - 0.87	0.8347
* 6 Specific Gravity @ 15.6/15.6 °C, Lower,	ASTM D 1298 -99	0.81 - 0.87	0.8382
* 7 Kinematic Viscosity @ 40°C, mm ² /s	ASTM D 443 -01	1.8 - 4.1	3.303 ^(a)
* 8 Pour Point, °C	ASTM D 97 -96a	max 10	< 9 ^(a)
* 9 Sulphur Content, % wt.	ASTM D 5453 -00	max 0.035	0.0254 ^(a)
* 10 Water and Sediment % vol	ASTM D 2709 -96	max 0.05	0 ^(a)
11 Flash Point, (P.M.), °C	ASTM D 93 -00	min 52	67.0
12 Distillation Initial Boiling Point, °C	ASTM D 86 -01	Report	177.5
13 Distillation 10% Vol Recovered °C	ASTM D 86 -01	Report	219.5
14 Distillation 50% Vol Recovered, °C	ASTM D 86 -01	Report	287.7
15 Distillation 90% Vol Recovered, °C	ASTM D 86 -01	max 357	352.7
* 16 Colour, ASTM	ASTM D 1500 -98	max 2.0	0

Remark * Test marked "Not TISI Accredited" in this Certificate are not included in the TISI Accreditation Schedule for our Laboratory
(a) Extracted from Sample Lab No OP-04/11275

Approved by Phurita Pothisuk
 Date of Issue 15 Aug 2004

(This certificate relates only to the sample tested. Reproduction of it or any of its constituent part is not permitted without the consent of Quality Control Division manager)

ภาพประกอบ 36 มาตรฐานน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการทดสอบที่มา บริษัท ปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย จำกัด (มหาชน)

TEST OIL
ISO 4113 or
SAE J967d

INJ. PUMP CALIBRATION DATA

ENGINE MODEL **AJA1-T**

DKKC No **104Y46-6152-7**

Date

Company **ISUZU**

No

Injection pump No

Pump rotation **CCW**

Refer to the service manual (VE pump B1S Publication No EE14E-11041) for all procedures and details other than the following

1 Test Conditions **Addition**

1150 rpm ให้ 135-190 kg/cm²

- 1-1 Nozzle 105780-0000 (NP-DN12SD12T)
1-2 Nozzle holder 105780-2080(EF5511/9)
1-3 Nozzle opening pressure 150^{±5}kg/cm²

- 1-4 Injection pipe 2×6×840mm
1-5 Fuel oil temperature 45^{±5}°C
1-6 Supply pump pressure 0.2 kg/cm²

2. Setting	Pump speed (rpm)	Settings	Charge air press(mmHg)	Difference in delivery(cc)
2-1 Timing device travel	1500	00 (mm)		
2-2 Supply pump pressure	1500	4.2 (kg/cm ²)		
2-3 Full load delivery	1225	62.0±0.5 (cc/1,000st)		
Full load delivery	375	84±2.0 (cc/1,000st)		
2-4 Idle speed regulation	100	60.0±4.0 (cc/1,000st)		
2-5 Start	2300	2.2±3.0 (cc/1,000st)		
2-6 Full-load speed regulation				
2-7				
2-8				
2-9				

3 Test Specifications

Solenoid Timer

ON

OFF

3-1 Timing device	N = rpm mm	1500 29±0.1	1700 29±0.1	2050 53±0.4
3-2 Supply pump	N = rpm kg/cm ²	1500 4.2±0.2		
3-3 Overflow delivery	N = rpm cc/10s	1500 630±130		

3-4 Fuel Injection quantities

Speed control lever position	Pump speed (rpm)	Fuel delivery (cc/1,000st)	Charge air press(mmHg)	Difference in delivery(cc)
Max speed	1225 500 750 1900 2300	61±0.5 39±3 50±3 70±4 25±3		
Switch OFF Magnet valve	375	0 Idk		
Idling	375	94±2		

Addition

4 Dimensions

K	21201 mm
KF	55±0.1 mm
MS	08±0.1 mm
BCS	mm
Pre-stroke	0.45±0.01 mm

Control lever angle

α	18±4 deg
A	- mm
B	35±5 deg
B	- mm
γ	- deg
C	- mm

3-5 Solenoid Max.cut-in voltage 8V Test voltage 12~14V



DIESEL KIKI CO., LTD
Service Department

3-4-7 SHIBUYA, SHIBUYA-KU TOKYO 150 JAPAN
Tel (03) 5485-4135 Fax (03) 797-8069

ภาพประกอบ 37 ผลการทดสอบปั๊มเชื้อเพลิง และหัวฉีดที่มา บริษัท DIESEL KIKI จำกัด
(ประเทศไทย)

วิธีการตรวจวัดควันดำมิใช้อยู่ 2 ประเภท คือ

1 วิธี Photoelectric Evaluation System คือ การตรวจวัดโดยใช้กระดาศกรองดักควันดำที่อยู่ในอากาศหรือไอเสีย แล้ววัดอัตราการดูดซับแสงเทียบกับความดำมาตรฐานของกระดาศกรองที่ทราบเปอร์เซ็นต์ (%) ของความดำแล้ว เครื่องมือที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันเรียกว่า Bosch "Spot" Smoke Meter มีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้ เริ่มจากปั๊ม (Sampling Pump) ทำการดูดตัวอย่างอากาศจากท่อไอผ่านกระดาศกรอง ควันดำที่อยู่ในไอเสียของเครื่องยนต์จะถูกดักติดบนกระดาศกรอง ทำให้เกิดสีดำ (ซึ่งจะเป็นสัดส่วนกับควันดำที่ปรากฏในท่อไอเสีย) หัวอ่าน (Photoelectric Device) ซึ่งอาจจะเป็นเครื่องมือที่ติดตั้งแยกออกต่างหากหรือติดตั้งร่วมกับปั๊มเก็บตัวอย่างก็ได้ (ทำงานด้วยถ่านไปฉายหรือไฟฟ้า) จะทำหน้าที่อ่านแสงซึ่งสะท้อนออกมาจากก็แสดงว่ามีควันดำในปริมาณที่มากเช่นกัน ปริมาณจะมากหรือน้อยจะทำการเปรียบเทียบกับกระดาศกรองมาตรฐานที่มีความดำที่ทราบค่าแล้ว ค่าที่วัดออกมาจะมีหน่วยเป็นร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์ (%)

2 วิธี Opacity, Sampling Type ตัวอย่างของเครื่องมือวัดควันดำที่ใช้ระบบนี้ คือ Hartridge MK3 Smoke meter เครื่องมือนี้จะมีช่องทางไหลของอากาศอยู่ 2 ช่องทาง ช่องทางที่ 1 มีการให้ไอเสียที่ปนเปื้อนด้วยควันดำหรือก๊าซที่ต้องการวัดเคลื่อนที่ผ่านอย่างต่อเนื่อง หัววัดจะวัดปริมาณแสงที่สามารถส่องผ่านไอเสียหากไอเสียมีความดำมากแสงจะส่องผ่านได้น้อยลง ความเข้มแสงที่วัดได้จะเป็นสัดส่วนตรงข้ามกับความดำของไอเสีย จากนั้นจะเปรียบเทียบกับในกรณีที่ไม่มีความดำไหลผ่าน โดยให้หัววัดวัดปริมาณแสงที่ส่องผ่านก๊าซที่ไม่มีความดำเลย ในอีกช่องทางหนึ่งในช่องนี้กำหนดให้แสงที่ส่องผ่านผ่านได้ทั้งหมด และอ่านค่าเป็น 100% ความดำของไอเสียหรือควันดำที่อ่านได้มีค่าเป็นร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์ (%) เช่นกัน

มาตรฐานค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2540) เรื่อง การกำหนดมาตรฐานค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 55 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ และโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กำหนดมาตรฐานค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้ยกเลิกประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดมาตรฐานค่าควันดำและก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่ยินยอมให้ระบายออกจากท่อไอเสียของรถยนต์ได้

ข้อ 2 ในประกาศนี้

"รถยนต์" หมายความว่า รถยนต์ตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

"เครื่องมือวัดควันดำระบบกระดาษกรอง (Filter)" หมายความว่า เครื่องมือตรวจวัดควันดำโดยใช้กระดาษกรองและวัดค่าของแสงที่สะท้อนจากกระดาษกรอง ซึ่งวัดค่าเป็นหน่วยร้อยละ

"ระยะความยาวของทางเดินแสง (Optical Path Length)" หมายความว่า ระยะความยาวของทางเดินแสงที่ถูกปิดกั้นด้วยควันดำในขณะตรวจวัด

"เครื่องมือวัดควันดำระบบความทึบแสง แบบไหลผ่านทั้งหมด (Full Flow Opacity)" หมายความว่า เครื่องมือตรวจวัดควันดำที่ให้ควันดำทั้งหมดไหลผ่านช่องวัดแสง และวัดค่าของแสงที่ทะลุผ่านควันดำ โดยวัดค่าเป็นหน่วยร้อยละ ที่ระยะความยาวของทางเดินแสงที่ 430 มิลลิเมตร หรือเทียบเท่า

ข้อ 3 ให้กำหนดมาตรฐานค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ขณะเครื่องยนต์ไม่มีการะไว้ต่อไปนี้

(1) ค่าควันดำสูงสุดไม่เกินร้อยละ 45 ที่ระยะความยาวของทางเดินแสงมาตรฐานเมื่อตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสง

(2) ค่าควันดำสูงสุดไม่เกินร้อยละ 50 เมื่อตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบกระดาษกรอง

ข้อ 4 ให้กำหนดมาตรฐานค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ขณะที่เครื่องยนต์มีการะและอยู่บนเครื่องทดสอบ ไว้ดังต่อไปนี้

(1) ค่าควันดำสูงสุดไม่เกินร้อยละ 35 ที่ระยะความยาวของทางเดินแสงมาตรฐานเมื่อตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสง

(2) ค่าควันดำสูงสุดไม่เกินร้อยละ 40 เมื่อตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบกระดาษกรอง

ข้อ 5 การตรวจวัดค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ ขณะเครื่องยนต์ไม่มีการะ และขณะเครื่องยนต์มีการะอยู่บนเครื่องทดสอบ ให้ใช้วิธีการตามที่กำหนดรายละเอียดไว้ในภาคผนวกท้ายประกาศนี้

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายอรุณ ไชยพันธุ์
วันเดือนปีเกิด	9 ธันวาคม 2506
สถานที่เกิด	สุพรรณบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	55/179 หมู่บ้านพฤษ์ลดา ถ พระองค์เจ้าสาย คลอง 4 ต ลาดสวาย อ ลำลูกกา จ ปทุมธานี 12150
ประวัติการศึกษา	
พ ศ 2522	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนปากช่อง
พ ศ 2525	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างกลโรงงาน เทคนิคนครราชสีมา
พ ศ 2527	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างกลโรงงาน สถาบันเทคโนโลยี และอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทคนิคภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา
พ ศ 2542	อุดมศึกษา (อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต) วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ ศ 2549	บัณฑิตศึกษา (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต) วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ