การใช้โปรปานอลเป็นเชื้อเพลิงผสม สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบจุดระเบิดด้วยหัวเทียน

นาย วรจักร คุปต์ถาวรฤกษ์

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2529

ISBN 974-567-283-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

012404

i 17188258

THE USE OF PROPANOL AS A BLENDED FUEL FOR THE SPARK IGNITION INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Mr. Vorachak Koopthavonrerk

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Mechanical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1986

ISBN 974-567-283-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้โปรปานอลเป็นเชื้อเพลิงผสมสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบจุดระเบิดด้วยหัวเทียน
โดย	นายวรจักร คุปต์ถาวรฤกษ์
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพล ปานงาม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดำรงศักดิ์ มลิลา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพล ปานงาม)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โกวิท ศตวุฒิ)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้โปรปานอลเป็นเชื้อเพลิงผสม สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบจุดระเบิดด้วยหัวเทียน

ชื่อนิสิต นายวรจักร คุปต์ถาวรฤกษ์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพล ปานงาม

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2529

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ในการทดสอบเชื้อเพลิงผสมโปรปานอลกับน้ำมันเบนซิน ได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

1. การทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ คือการหา Brake power output, Brake Torque, Brake specific fuel consumption (Bsfc) ณ ความเร็วรอบต่าง ๆ ในตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อเปิดเต็มที่ โดยไม่ได้ปรับแต่งเครื่องยนต์

2. การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ ณ ความเร็วรอบคงที่หนึ่ง ๆ คือ การเปลี่ยน Air/Fuel ratio ด้วยการปรับนมหนูในคาร์บูเรเตอร์ โดยให้ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ เพื่อหา A/F ratio ที่ทำให้เครื่องยนต์ให้ Bsfc ต่ำสุด และ A/F ratio ที่ทำให้เครื่องยนต์ให้ power สูงสุด ณ ความเร็วรอบนั้น ๆ ในตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อเปิดเต็มที่ การทดสอบในข้อนี้ ได้ทดสอบ ณ 2500, 3000, 3500 RPM รวม 3 ความเร็วรอบ

3. การทดสอบหาความสึกหรอของเครื่องยนต์ ได้ทำการทดสอบด้วยการเดินเครื่องยนต์ที่ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อเปิดเต็มที่ และปรับ load จนความเร็วรอบคงที่ที่ 2500 RPM เดินจนรวมชั่วโมงได้ครบ 29 ชั่วโมง จากนั้นก็นำน้ำมันหล่อลื่นไปทดสอบหาปริมาณโลหะด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer

การทดสอบในข้อ 1 และข้อ 2 ได้ทำโดยใช้เชื้อเพลิง 3 ชนิด คือ

ก. 100 % Gasoline (premium)

ข. 15 % Isopropanol + 85 % Gasoline (premium)

ค. 25 % Isopropanol + 75 % Gasoline (premium)

สาเหตุที่ใช้เชื้อเพลิงผสม 2 อัตราส่วนนี้ เนื่องจาก Heating value ของ Isopropanol ต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน ถ้าใช้มากกว่านี้โดยไม่มีการปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ เครื่องยนต์อาจจะเกิดอาการสะดุด เนื่องจาก การขาดเชื้อเพลิง

สำหรับการทดสอบในข้อ 3 ใช้เชื้อเพลิงทดสอบ 3 ชนิด คือ

ก. 100 % Gasoline (premium)

ข. 15 % Isopropanol + 85 % Gasoline (premium)

ค. 15 % Ethanol + 85 % Gasoline (premium)

ผลการทดสอบในข้อที่ 1 ปรากฏว่าเมื่อเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบมีสัดส่วนของไปรปานอลสูงขึ้น กำลังของเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง (Bsfc) จะลดลงเล็กน้อย

ผลการทดสอบในข้อที่ 2 ปรากฏว่า เมื่อเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบมีสัดส่วนของไปรปานอลสูงขึ้น กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง (Bsfc) จะเพิ่มขึ้น แต่ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เท่ากัน

ผลการทดสอบในข้อที่ 3 ปรากฏว่า เชื้อเพลิงผสม 15 % ไปรปานอล ให้อัตราการสึกหรอต่ำที่สุด เชื้อเพลิงเบนซินพิเศษ ให้อัตราการสึกหรอสูงขึ้น ส่วนเชื้อเพลิงผสม 15 % เอธานอลให้อัตราการสึกหรอสูงที่สุด

Thesis Title The Use of Propanol as a Blended Fuel for the Spark Ignition Internal Combustion Engine.

Name Mr. Vorachak Koopthavonrerk

Thesis Advisor Associate Professor Ittiphol Pan-ngum, Ph.D.

Department Mechanical Engineering

Academic Year 1986

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ABSTRACT

The experiment using Propanol and Gasoline as blended fuel was executed in 3 following ways :

1. Without adjustment, the engine was run at full throttle and at various speeds to determine performances of the engine such as brake power output, brake torque, brake specific fuel consumption (Bsfc).

2. The engine was run at full throttle and at 3 speeds respectively 2500 RPM,3000 RPM and 3500 RPM in order to find 2 A/F ratios at which the engine yielded maximum power output and lowest Bsfc. At each speed, A/F ratio was often changed by adjusting main jet in carburetor while constant speed was maintained.

3. After the load was adjusted to the constant speed of 2500 RPM and the engine had been run for 29 hours, lubricant was taken for inspection of metal content with X-ray Fluorescence Spectrometer to determine engine's wear.

In test 1 and test 2, three kinds of fuel were used :

a) 100 % Gasoline (premium)

b) 15 % Iso-propanol + 85 % Gasoline (premium)

c) 25 % Iso-propanol + 75 % Gasoline (premium)

Since Iso-propanol has lower heating value than Gasoline these two proportions, 15 % and 25 %, are considered most suitable to test. Otherwise, higher percentages of Iso-propanol may cause the engine, if without adjustment of carburetor, to stumble.

In test 3, following fuels were used :

a) 100 % Gasoline (premium)

b) 15 % Iso-propanol + 85 % Gasoline (premium)

c) 15 % Ethanol + 85 % Gasoline (premium)

Test 1 shows that the fuel comprising higher proportion of Iso-propanol yields slightly more engine power output whereas Bsfc is slightly lower.

In test 2, when the fuel are higher in proportion of Iso-propanol the maximum engine power output slightly increases while Bsfc becomes higher but all yield equal engine efficiency.

The result of test 3 shows that the rate of engine's wear is lowest when using blended fuel consisting of 15 % Iso-propanol. But it becomes higher and highest when 100 % Gasoline (premium) and 15 % Ethanol were used respectively.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จได้ ก็เนื่องด้วยความอนุเคราะห์และความร่วมมือจากบุคคล ดังรายนามต่อไปนี้

รศ. ดร. อิทธิพล ปานงาม อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. โกวิท ศตวุฒิ อาจารย์ผู้ให้คำแนะนำ

ผศ. ดำรงศักดิ์ มลิลา อาจารย์ผู้ให้คำแนะนำ และเอื้อเฟื้อให้ยืม SU คาร์บูเรเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบเครื่องยนต์

ดร. จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์ อาจารย์ผู้ให้คำแนะนำในเรื่อง การผลิตโปรปานอล

คุณอุดมเดช สุมาลย์นพ, คุณเวศน์ สุพตานนท์ เจ้าหน้าที่ในบริษัท โรงกลั่นน้ำมันไทย จำกัด ซึ่งได้ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบหาค่า Octane rating และ Reid vapor pressure ของเชื้อเพลิงผสม

คุณวนิดา จีนศาสตร์ เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งให้ความร่วมมือในด้านการวิเคราะห์และทดสอบหาปริมาณเหล็กในน้ำมันเครื่อง ด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence

คุณอุสาห์ เทศะศิลป์ ผู้ที่ช่วยตรวจทานต้นฉบับพิมพ์ และให้กำลังใจผู้เขียนด้วยดีตลอดมา

ผู้เขียนจึงขอขอบพระคุณและขอบคุณบุคคลดังกล่าวข้างต้นมา ณ ที่นี้

ท้ายที่สุดนี้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณต่อ บัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้ทุนในการทดสอบเครื่องยนต์เพื่อเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เป็นสถานศึกษาของผู้เขียนตั้งแต่ปี 2521 เป็นต้นมา

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ 1

2. การผลิตโปรปานอล 3

3. คุณสมบัติของแอลกอฮอล์และน้ำมัน เบนซิน 5

4. การทดสอบคุณสมบัติของ เชื้อ เพลิงและ เชื้อ เพลิงผสม ระหว่างโปรปานอล และน้ำมัน เบนซิน 15

5. สมรรถนะของ เครื่องยนต์ เมื่อใช้ เชื้อ เพลิงผสม เทียบกับ เมื่อใช้ น้ำมัน เบนซิน 22

6. ความสึกหรอของ เครื่องยนต์ เมื่อใช้ เชื้อ เพลิงผสม เทียบกับ เมื่อใช้ น้ำมัน เบนซิน 68

7. สรุปการวิจัยและข้อ เสนอแนะ 73

เอกสารอ้างอิง 77

ภาคผนวก

ก. อิทธิพลของอัตราส่วนอากาศและ เชื้อ เพลิงที่มีต่อ เครื่องยนต์ 79

ข. X-Ray Fluorescence Spectrometer 81

ค. ศัพท์เทคนิค อังกฤษ-ไทย ที่มีความหมายตรงกัน 85

ประวัติผู้เขียน 86

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1. คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานของแอลกอฮอล์ 3 ชนิด และน้ำมันเบนซิน 14
2. อัตราส่วนผสมของ Iso-propanol และ Gasoline (regular) ที่นำมาทดสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงผสม 15
3. ค่าความดันไอ (Reid vapor pressure) ของเชื้อเพลิงผสม 16
4. ค่าความร้อนแห่งการเผาไหม้และค่าความถ่วงจำเพาะของเชื้อเพลิงผสม 19
5. ค่า Octane Rating (RON) ของเชื้อเพลิงผสมที่ทดสอบได้ 20
6. ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยใช้ 100 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง (มิได้ปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์) 32
7. ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยใช้ 15 % Iso-propanol + 85 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง (มิได้ปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์) 33
8. ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยใช้ 25 % Iso-propanol + 75 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง (มิได้ปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์) 34
9. ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยใช้ 100 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง (ปรับคาร์บูเรเตอร์ให้จ่ายเชื้อเพลิงลดลง) .. 39
10. ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยใช้ 15 % Iso-propanol + 85 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง (ปรับคาร์บูเรเตอร์ให้จ่ายเชื้อเพลิงลดลง) 40
11. ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยใช้ 25 % Iso-propanol + 75 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง (ปรับคาร์บูเรเตอร์ให้จ่ายเชื้อเพลิงลดลง) 41

หน้า

ตารางที่

12. ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยใช้ 30 % Iso-propanol + 70 % Gasoline (Regular) เป็นเชื้อเพลิง (ปรับคาร์บูเรเตอร์ให้จ่ายเชื้อเพลิงลดลง) 42

13. ผลการทดสอบเครื่องยนต์ ด้วยการปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ที่ ความเร็วรอบคงที่ ที่ 2500 RPM โดยใช้ 100 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง 50

14. ผลการทดสอบเครื่องยนต์ ด้วยการปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ที่ ความเร็วรอบคงที่ ที่ 3000 RPM โดยใช้ 100 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง 50

15. ผลการทดสอบเครื่องยนต์ ด้วยการปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ที่ ความเร็วรอบคงที่ ที่ 3500 RPM โดยใช้ 100 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง 50

16. ผลการทดสอบเครื่องยนต์ ด้วยการปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ที่ ความเร็วรอบคงที่ ที่ 2500 RPM โดยใช้ 15 % Iso-propanol + 85 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง 51

17. ผลการทดสอบเครื่องยนต์ ด้วยการปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ที่ ความเร็วรอบคงที่ ที่ 3000 RPM โดยใช้ 15 % Iso-propanol + 85 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง 51

18. ผลการทดสอบเครื่องยนต์ ด้วยการปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ที่ ความเร็วรอบคงที่ ที่ 3500 RPM โดยใช้ 15 % Iso-propanol + 85 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง 51

19. ผลการทดสอบเครื่องยนต์ ด้วยการปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ที่ ความเร็วรอบคงที่ ที่ 2500 RPM โดยใช้ 25 % Iso-propanol + 75 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง 52

ตารางที่ หน้า

20. ผลการทดสอบเครื่องยนต์ ด้วยการปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ที่ความเร็วรอบคงที่ ที่ 3000 RPM โดยใช้ 25 % Iso-propanol + 75 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง 52

21. ผลการทดสอบเครื่องยนต์ ด้วยการปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ที่ความเร็วรอบคงที่ ที่ 3500 RPM โดยใช้ 25 % Iso-propanol + 75 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง 52

22. Maximum power (HP.) ที่ได้ ณ ความเร็วรอบต่าง ๆ ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่ใช้ทดสอบ 62

23. Stoichiometric Air/Fuel Mass Ratio ของเชื้อเพลิง 63

24. Minimum bsfc. ที่ได้ ณ ความเร็วรอบต่าง ๆ ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่ใช้ทดสอบ 64

25. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กในน้ำมันเครื่อง ซึ่งเกิดจากการสึกหรอของเครื่องยนต์ เมื่อใช้เชื้อเพลิงผสมชนิดต่าง ๆ กัน 71

26. Thermoplastics Corrosion-Resistance Chart 75

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่

1. กราฟแสดงผลการทดสอบหาค่า Vapor pressure ของเชื้อเพลิงผสมที่อัตราส่วนต่าง ๆ ระหว่าง Iso-propanol กับน้ำมันเบนซินธรรมดา 17

2. กราฟแสดงผลการทดสอบหาค่า Octane rating ของเชื้อเพลิงผสมที่อัตราส่วนต่าง ๆ ระหว่าง Iso-propanol กับน้ำมันเบนซินธรรมดา 21

3. เครื่องยนต์ MAZDA 1000 C.C. บนแท่นทดสอบ 23

4. เครื่องวัดปริมาณอากาศ : Alcock viscous air flow meter No. 461 H 23

5. Dynamometer 24

6. Cooling tower 24

7. Fuel flow meter 25

8. กราฟแสดงผลเปรียบเทียบของ power (HP.) ที่ได้ เมื่อใช้เชื้อเพลิงต่าง ๆ กัน 3 ชนิด โดยมิได้ปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ 35

9. กราฟแสดงผลเปรียบเทียบของ Fuel consumption (lt/kW-hr) ที่ได้ เมื่อใช้เชื้อเพลิงต่าง ๆ กัน 3 ชนิด โดยมิได้ปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ 36

10. กราฟแสดงผลเปรียบเทียบของ พลังงานความร้อนที่ใช้/งานที่ได้ (kcal/kW-hr) เมื่อใช้เชื้อเพลิงต่าง ๆ กัน 3 ชนิด โดยมิได้ปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ 37

11. กราฟแสดงผลเปรียบเทียบของ Equivalent ratio ที่ได้ เมื่อใช้เชื้อเพลิงต่าง ๆ กัน 3 ชนิด โดยมิได้ปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ 38

หน้า

รูปที่

12. กราฟแสดงผลเปรียบเทียบของ power (HP.) ที่ได้ เมื่อใช้เชื้อเพลิงต่าง ๆ กัน 4 ชนิด ภายหลังจากการปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ (ให้จ่ายเชื้อเพลิงลดลง) 43

13. กราฟแสดงผลเปรียบเทียบของ Fuel consumption (lt/kW-hr) ที่ได้ เมื่อใช้เชื้อเพลิงต่าง ๆ กัน 4 ชนิด ภายหลังจากการปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ (ให้จ่ายเชื้อเพลิงลดลง) 44

14. กราฟแสดงผลเปรียบเทียบของพลังงานความร้อนที่ใช้/งานที่ได้ (kcal/kW-hr) เมื่อใช้เชื้อเพลิงต่าง ๆ กัน 4 ชนิด ภายหลังจากการปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ (ให้จ่ายเชื้อเพลิงลดลง) 45

15. กราฟแสดงผลเปรียบเทียบของ Equivalent ratio ที่ได้ เมื่อใช้เชื้อเพลิงต่าง ๆ กัน 4 ชนิด ภายหลังจากการปรับแต่งคาร์บูเรเตอร์ (ให้จ่ายเชื้อเพลิงลดลง) 46

16. SU carburetor และ by-pass valve เพื่อให้สามารถปรับให้ได้ lean mixture เพิ่มขึ้น 47

17. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Power, Bsfc กับ A/F ratio ที่ 2500 RPM เมื่อใช้ 100 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง 53

18. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Power, Bsfc กับ A/F ratio ที่ 3000 RPM เมื่อใช้ 100 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง 54

19. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Power, Bsfc กับ A/F ratio ที่ 3500 RPM เมื่อใช้ 100 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง 55

หน้า

รูปที่

20. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Power, Bsfc กับ A/F ratio ที่ 2500 RPM เมื่อใช้ 15 % Iso-propanol + 85 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง 56

21. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Power, Bsfc กับ A/F ratio ที่ 3000 RPM เมื่อใช้ 15 % Iso-propanol + 85 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง 57

22. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Power, Bsfc กับ A/F ratio ที่ 3500 RPM เมื่อใช้ 15 % Iso-propanol + 85 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง 58

23. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Power, Bsfc กับ A/F ratio ที่ 2500 RPM เมื่อใช้ 25 % Iso-propanol + 75 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง 59

24. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Power, Bsfc กับ A/F ratio ที่ 3000 RPM เมื่อใช้ 25 % Iso-propanol + 75 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง 60

25. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Power, Bsfc กับ A/F ratio ที่ 3500 RPM เมื่อใช้ 25 % Iso-propanol + 75 % Gasoline (premium) เป็นเชื้อเพลิง 61

26. กราฟแสดง maximum power (HP.) ที่ได้ ณ ความเร็วรอบต่าง ๆ เมื่อใช้เชื้อเพลิงต่าง ๆ กัน 3 ชนิด 62

27. กราฟแสดง minimum brake specific fuel consumption ที่ได้ ณ ความเร็วรอบต่าง ๆ เมื่อใช้เชื้อเพลิงต่าง ๆ กัน 3 ชนิด 64

หน้า

รูปที่

28. กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กในน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งได้จากการเดินเครื่องยนต์เป็นเวลา 29 ชั่วโมงที่ 2500 RPM โดยใช้เชื้อเพลิงต่าง ๆ กัน 3 ชนิด ณ ตำแหน่งลิ้นปีกผีเสื้อเปิดเต็มที่ 71

29. X-ray spectrometer diagram 82

30. Calibration curve of Fe in lubricating oil 84