การศึกษาผลกระทบจากองค์ประกอบของมีเทนและก๊าซเฉื่อยต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติจุดระเบิดด้วยประกายไฟ

นายวิสุทธิ์ กวยรักษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546
ISBN 974-17-5539-2
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF METHANE AND INERT GAS MIXTURE COMPOSITIONS ON SPARK IGNITION NATURAL GAS ENGINE PERFORMANCE

Mr.Wisut Kuayraksa

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering
Department of Mechanical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2003

ISBN 974-17-5539-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาผลกระทบจากองค์ประกอบของมีเทนและก๊าซเฉื่อยต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติจุดระเบิดด้วยประกายไฟ
โดย	นายวิสุทธิ์ กวยรักษา
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สถาพร สุปรีชากร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฉัตรชัย หงษ์อุเทน)

..... กรรมการ
(ดร.ยอดชาย โชติบัณฑ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิสุทธิ์ กวยรักษา : การศึกษาผลกระทบจากองค์ประกอบของมีเทนและก๊าซเฉื่อยต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติจุดระเบิดด้วยประกายไฟ. (EFFECTS OF METHANE AND INERT GAS MIXTURE COMPOSITIONS ON SPARK IGNITION NATURAL GAS ENGINE) อ.ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร, 175 หน้า. ISBN 974-17-5539-2

เนื่องจากการใช้แก๊สธรรมชาติในประเทศไทยมาจาก 2 แหล่ง คือ แหล่งอ่าวไทย ซึ่งองค์ประกอบหลักคือ มีเทน (CH_4) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ร้อยละ 72 และ 15 โดยปริมาตรตามลำดับ และแหล่งพม่า ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก คือ มีเทนและไนโตรเจน (N_2) ร้อยละ 72 และ 18 โดยปริมาตรตามลำดับ ซึ่งสัดส่วนองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อยที่แตกต่างกันดังกล่าวมีผลต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ SI ดังนั้นในการศึกษานี้จึงแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบความเร็วเปลวไฟกับขีดจำกัดการติดไฟที่ส่วนผสมบาง และการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์สองสูบ Daihatsu AB 547cc เมื่อนำน้ำมันแกโซลีนและแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อยต่างกันดังกล่าว มาเป็นเชื้อเพลิงทดสอบ

จากผลการทดสอบความเร็วเปลวไฟพบว่า ความเร็วเปลวไฟแลมินาร์และขีดจำกัดการติดไฟที่ส่วนผสมบางของแก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทยมีค่าสูงกว่าของแก๊สธรรมชาติจากแหล่งพม่า เนื่องจากสัดส่วนของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนของแก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทยสูงกว่าของแก๊สธรรมชาติจากแหล่งพม่า ส่วนผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติ พบว่าสมรรถนะของการใช้แก๊สธรรมชาติจากทั้งสองแหล่งตกลงอย่างมากเมื่อเทียบกับน้ำมันแกโซลีน เนื่องจากค่าความร้อนที่ต่ำกว่าของแก๊สธรรมชาติ นอกจากนี้ค่าแรงบิดเบรกสูงสุดที่ได้จากเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติอ่าวไทยมีค่าสูงกว่า แต่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแก๊สธรรมชาติจากแหล่งพม่าสูงกว่าของแก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทย อาจเกิดจากค่าความจุความร้อนของ CO_2 มีผลต่อความดันและอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ เป็นผลให้งานที่ได้มีค่าลดลง นอกจากนี้ที่ตำแหน่งลิ้นผีเสื้อเปิดสุด องศาจุดระเบิด MBT ของแก๊สธรรมชาติจากแหล่งพม่าล่วงหน้ากว่าของแก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทย เนื่องจากมีความเร็วเปลวไฟที่ต่ำกว่าของแก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทย และหากมีการนำแก๊สธรรมชาติจากพม่ามาทดแทนในรถยนต์ที่ปรับแต่งสำหรับแก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทย โดยไม่มีการปรับแต่งเครื่องยนต์ พบว่า แรงบิดเบรกและกำลังเบรกที่ได้จากการใช้แก๊สธรรมชาติจากพม่ามีค่าต่ำกว่า และมีค่าต่ำกว่ามากขึ้นที่ความเร็วรอบสูงขึ้น อาจทำให้อัตราเร่งเลวลง เมื่อความเร็วรถยนต์เพิ่มขึ้น แต่เมื่อปรับมาใช้องศาจุดระเบิด MBT ของแก๊สธรรมชาติจากพม่า ทำให้ได้สมรรถนะสูงขึ้นโดยเห็นผลชัดเจนที่ความเร็วรอบปานกลาง ทั้งนี้ผลกระทบดังกล่าวมีค่าที่ไม่คงที่ เนื่องจากคุณภาพแก๊สที่แตกต่างในแต่ละวัน

ภาควิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา .....วิศวกรรมเครื่องกล..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2546.....

4370503221 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD: NATURAL GAS / CARBON DIOXIDE / NITROGEN / SPARK IGNITION ENGINE

WISUT KUAYRAKSA : EFFECTS OF METHANE AND INERT GAS MIXTURE COMPOSITIONS ON SPARK IGNITION NATURAL GAS ENGINE PERFORMANCE THESIS ADVISOR: ASST.PROF.KANIT WATANAVICHIEN, Ph.D., 175 pp. ISBN 974-17-5539-2.

Because the natural gas (NG) used in Thailand comes from 2 sources, Thai gulf NG that composes mainly of methane (CH_4) and carbondioxide (CO_2) 72% and 15% by volume respectively and Myanmar NG that composes mainly of methane and nitrogen (N_2) 72% and 18% by volume respectively. The using of methane with difference inert gases compositions may affect SI engine performance. In this study, the work has been separated into 2 parts. One is flame speed and flammability investigation. Another was carried out to investigate performance of a commercial SI engine, 547cc, two-cylinder Daihatsu AB engine. The engine was fuelled with gasoline, Thai gulf and Myanmar NG.

Flame speed experiments showed that flame speed and lean flammability of Thai gulf NG are better than that of one from Myanmar because of its higher amount of heavier hydrocarbon. It was revealed that, due to lower heating value of NG, performance of NG engine decreased so much compared to gasoline. The engine fuelled with Thai gulf NG generated higher maximum torque but obtained lower efficiency compared to Myanmar NG. This may be due to the higher heat capacity of CO_2 in Thai gulf NG that affects in-cylinder pressure and temperature, leads to the lower in power output. Since its lower flame speed, MBT timing of Myanmar NG required more advance than the Thai gulf NG. Moreover, current vehicles were modified and fuelled with Thai gulf NG. If those vehicles change to use Myanmar NG, brake torque and brake power would expect to be decreased. At high vehicle speed, this effect will cause the poorer acceleration. With Myanmar NG, it may obtain higher performance if its MBT timing is adjusted. It is also found that this effect depends on daily gas quality.

Department ....Mechanical Engineering...Student's signature.....

Field of study . Mechanical Engineering ..Advisor's signature .Kanit Watanavichien

.Academic year .....2003.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูง ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์จนลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคุณเสวย เกตุนาค ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ ในการติดตั้งเครื่องยนต์และการทดสอบ ขอขอบคุณคุณโสภณ นาคยงค์ (ผู้ล่วงลับ), คุณถนอม อุดม และคุณสุวัฒน์ ท่าดี ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านเทคนิคต่าง ๆ ขอขอบคุณคุณพิสุทธิ์ ธนบดีภัทร์, คุณเทอดศักดิ์ ชัยสุริยะพันธ์ คุณพิชญ์ ปริญญาจารย์ คุณวิรุตติ์ เกื้อกิตติวงศ์ คุณจักรภพ นาคฤทธิ์ คุณพรรณรพี ซิงห์ คุณกาญจน์ ร่มพล คุณสุพิชณ์ ไตรภพภูมิ และคุณศรีพงศ์ ตั้งรัตนโสภณ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านการติดตั้งเครื่องยนต์, การทดสอบ, การเก็บข้อมูล และในส่วนปลีกย่อยอื่น ๆ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาทางด้านเทคนิคต่าง ๆ รวมถึงเพื่อนนิสิตปริญญาโท, เพื่อนวิศวมหิดล (กลุ่ม SAWA) รุ่นน้องและรุ่นพี่ที่สำเร็จการศึกษาแล้วทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ น.ส.สาธวี นิ่มไพศาล ที่ช่วยตรวจทานวิทยานิพนธ์และส่งปัจจัยยังชีพต่างๆ น้องอธิเชษฐ์ พันธุ์รักษ์ (toto) และน้องเลิศเพียรอภิธรรม สำหรับความช่วยเหลือและคำแนะนำดี ๆ และขอบคุณบุคคลท่านอื่น ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องซึ่งอาจไม่ได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้

ท้ายสุดนี้ผู้เขียนวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณบุพการี น.ส.นงลักษณ์ กวยรักษา (พี่สาวที่แสนดี) และญาติ ๆ ที่ให้การสนับสนุนทางด้านการศึกษาและสอนให้ผู้เขียนวิทยานิพนธ์รู้จักการดำเนินชีวิตอย่างมีสติและรอบคอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฏ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ท

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขตวิทยานิพนธ์ 2
1.4 ขั้นตอนการทำงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 องค์ประกอบของแก๊สธรรมชาติ 4
2.2 ตารางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพของแก๊สธรรมชาติ 4
2.3 ผลจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่อคุณสมบัติและการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง 7
2.4 ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแก๊ส 9
2.5 พารามิเตอร์ที่ใช้กำหนดสมรรถนะเครื่องยนต์ 9
2.6 การใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ 11

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ 13
3.1 อุปกรณ์การทดสอบ 13
3.1.1 อุปกรณ์ทดสอบความเร็วเปลวไฟ 13
3.1.2 อุปกรณ์การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบ 15
3.2 วิธีการทดสอบ 28
3.2.1 การทดสอบความเร็วเปลวไฟแลมินาร์ของเชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อย 28

หน้า

3.2.2 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์เบื้องต้นเมื่อใช้น้ำมันแกโซลีนเป็นเชื้อเพลิง.29
3.2.3 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อย.....30
3.2.4 การทดสอบผลกระทบจากตัวแปรการทำงานต่อสมรรถนะเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อย.....31

บทที่ 4 ผลการทดสอบ.....33
4.1 ผลทดสอบความเร็วเปลวไฟแลมินาร์ของเชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อย 33
4.2 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์เบื้องต้นเมื่อใช้น้ำมันแกโซลีนเป็นเชื้อเพลิง.....36
4.3 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อย.....48
4.4 วิเคราะห์และเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ระหว่างการใช้น้ำมันแกโซลีนและแก๊สธรรมชาติ 76
4.5 ผลทดสอบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรการทำงานต่อสมรรถนะเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อย..... ..89

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 105
5.1 สรุปผล.....105
5.2 ข้อเสนอแนะ 107
5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อเนื่อง 108

รายการอ้างอิง 109

ภาคผนวก 110
ภาคผนวก ก AUSTRALIAN STANDARD AS 2789.1-1985 111
ภาคผนวก ข คุณสมบัติทางทฤษฎีของแก๊สผสม.....136
ภาคผนวก ค การวัดอัตราการบริโภคอากาศและเชื้อเพลิง.....142
ภาคผนวก ง ตารางแสดงข้อมูลองค์ประกอบแก๊สธรรมชาติอ่าวไทยและพม่า 149

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ภาคผนวก จ ตารางแสดงข้อมูลการทดสอบและข้อมูลที่แก้ไข 152

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 175

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2-1 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีขององค์ประกอบในแก๊สธรรมชาติ เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอื่นๆ 5

4-1 แสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของความเร็วเปลวไฟแบบแลมินาร์ของเชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อย เทียบกับมีเทน ที่อัตราส่วนสมมูลต่างๆ 35

4-2 แสดงเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT เมื่อใช้น้ำมันแกโซลีนออกเทน 91 45

4-3 แสดงค่าแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT เมื่อใช้น้ำมันแกโซลีนออกเทน 91 46

4-4 แสดง bsfc ของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT เมื่อใช้น้ำมันแกโซลีนออกเทน 91 47

4-5 แสดง MBT spark timing จากการทดสอบเครื่องยนต์ตามเมทริกซ์ทดสอบ เมื่อใช้น้ำมันแกโซลีนออกเทน 91 48

4-6 แสดงเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ CO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก 59

4-7 แสดงค่าแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ CO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก 60

4-8 แสดง bsfc ของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ CO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก 61

4-9 แสดง MBT spark timing จากการทดสอบเครื่องยนต์ตามเมทริกซ์ทดสอบ เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ CO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก 62

4-10 แสดงเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ N_2 เป็นองค์ประกอบหลัก 73

4-11 แสดงค่าแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ N_2 เป็นองค์ประกอบหลัก 74

4-12 แสดง bsfc ของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ N_2 เป็นองค์ประกอบหลัก 75

4-13 แสดง MBT spark timing จากการทดสอบเครื่องยนต์ตามเมทริกซ์ทดสอบ เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ N_2 เป็นองค์ประกอบหลัก 76

ตาราง หน้า

4-14 แสดงค่าแรงบิดเบรกที่แก้ไขสูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆ เมื่อใช้น้ำมันแกโซลีน และแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อย 86

4-15 แสดงค่าแรงบิดเบรกที่แก้ไขสูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆ เมื่อใช้น้ำมันแกโซลีน และแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อย.....87

4-16 แสดงการเปรียบเทียบ MBT spark timing ของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันแกโซลีน และแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อย.....88

ข-1 แสดงคุณสมบัติของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและแก๊สเฉื่อย 138

ข-2 แสดงสมการการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊ส 139

ง-1 แสดงข้อมูลสัดส่วนองค์ประกอบโดยปริมาตรของแก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทย ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงทดสอบ..... 150

ง-2 แสดงข้อมูลสัดส่วนองค์ประกอบโดยปริมาตรของแก๊สธรรมชาติจากแหล่งพม่า ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงทดสอบ..... 150

จ-1 แสดงข้อมูลการทดสอบความเร็วเปลวไฟ เมื่อใช้มีเทนเป็นเชื้อเพลิง 153

จ-2 แสดงข้อมูลการทดสอบความเร็วเปลวไฟ เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ CO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก (แก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทย) 153

จ-3 แสดงข้อมูลการทดสอบความเร็วเปลวไฟ เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ N_2 เป็นองค์ประกอบหลัก (แก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทย) 153

จ-4 แสดงผลการทดสอบเครื่องยนต์ Daihatsu รุ่น AB 547 cc ด้วย carburetor ที่รอบต่าง ๆ โดยใช้น้ำมันแกโซลีนออกเทน 91 เป็นเชื้อเพลิง ปรับ spark timing ที่ MBT 154

จ-5 แสดงผลการทดสอบเครื่องยนต์ Daihatsu รุ่น AB 547cc ด้วย gas mixer ชนิดสวมครอบกับ carburetor ที่รอบต่าง ๆ โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ CO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก (แก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทย) ปรับ Spark timing ที่ MBT.....160

จ-6 แสดงผลการทดสอบเครื่องยนต์ Daihatsu รุ่น AB 547cc ด้วย gas mixer ชนิดสวมครอบกับ carburetor ที่รอบต่าง ๆ โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ N_2 เป็นองค์ประกอบหลัก (แก๊สธรรมชาติจากแหล่งพม่า) ปรับ Spark timing ที่ MBT 166

จ-7 แสดงผลการทดสอบผลกระทบจากการเปลี่ยนตัวแปรการทำงานต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ Daihatsu รุ่น AB 547cc ด้วย gas mixer ชนิดสวมครอบกับ carburetor เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อย ที่ WOT.....172

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

3-1 แสดงแผนภาพและอุปกรณ์การทดสอบความเร็วเปลวไฟ 13

3-2 แสดง Flow controller ที่ใช้ทดสอบความเร็วเปลวไฟแบบแลมินาร์ 14

3-3 แสดง Mixing unit ที่ใช้ทดสอบความเร็วเปลวไฟแบบแลมินาร์....15

3-4 แสดง Ignition unit Igniter และ Burner block ที่ใช้ทดสอบความเร็วเปลวไฟ แบบแลมินาร์....15

3-5 แสดงไดอะแกรมและอุปกรณ์การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ 16

3-6 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบ....17

3-7 แสดงภาพตัดขวางของ Froude Hydraulic Dynamometer: Type G 18

3-8 แสดง Dynamometer ที่ใช้ในการศึกษานี้....18

3-9 แสดงถังแก๊สธรรมชาติที่ใช้ในการศึกษานี้....19

3-10 แสดงอุปกรณ์ปรับลดความดันที่ใช้ในการศึกษานี้....20

3-11 แสดงระบบจุดระเบิดด้วยคอยล์ ที่ใช้กับเครื่องยนต์สี่จังหวะ....21

3-12 แสดงการติดตั้งระบบจุดระเบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการศึกษานี้....21

3-13 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ metering เชื้อเพลิงแก๊สผสม.... 22

3-14 แสดงหลอดแก้วที่ใช้วัดการบริโภคน้ำมันแกโซลีน 23

3-15 แสดงแผนภาพและการติดตั้งอุปกรณ์วัดการไหลของแก๊สธรรมชาติ.... 24

3-16 แสดงแผนภาพอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ 25

3-17 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ 25

3-18 แสดงตัวอ่านค่าและ Ttemperature selector ที่ใช้ในการศึกษานี้....26

3-19 แสดง Incline และ U- tube manometer ที่ใช้ในการศึกษานี้....27

3-20 แสดง Timing light ที่ใช้ในการศึกษานี้....27

3-21 แสดงเมทริกซ์ทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ Daihatsu AB 547 cc เมื่อใช้น้ำมันแกโซลีนเป็นเชื้อเพลิง.... 30

3-22 แสดงเมทริกซ์ทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ Daihatsu AB 547 cc เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีองค์ประกอบของมีเทนและแก๊สเฉื่อยต่างๆ 31

4-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงโดยปริมาตรกับ ความเร็วเปลวไฟของมีเทน แก๊สธรรมชาติอ่าวไทยและพม่า 34

ภาพประกอบ หน้า

4-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนสมมูลโดยปริมาตรกับความเร็วเปลวไฟของมีเทนแก๊สธรรมชาติอ่าวไทยและพม่า 34

4-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกการบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBTที่ความเร็วรอบคงที่ 1500 rev/min เมื่อใช้น้ำมันแกโซลีนออกเทน 91..... 37

4-4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกการบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 1800 rev/min เมื่อใช้น้ำมันแกโซลีนออกเทน 91..... .38

4-5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกการบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 2100 rev/min เมื่อใช้น้ำมันแกโซลีนออกเทน 91..... 39

4-6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกการบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 2400 rev/min เมื่อใช้น้ำมันแกโซลีนออกเทน 91..... 40

4-7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกการบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 2700 rev/min เมื่อใช้น้ำมันแกโซลีนออกเทน 91..... 41

4-8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกการบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 3300 rev/min เมื่อใช้น้ำมันแกโซลีนออกเทน 91.....42

4-9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกการบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 3900 rev/min เมื่อใช้น้ำมันแกโซลีนออกเทน 91..... 43

4-10 แสดงแผนภูมิสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT โดยแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก ในฟังก์ชันของแรงบิดและความเร็วรอบเครื่องยนต์เมื่อทดสอบกับน้ำมันแกโซลีนออกเทน 91 44

ภาพประกอบ หน้า

4-11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 1500 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ CO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก.....49

4-12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 1800 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ CO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก.....50

4-13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 2100 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ CO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก.....51

4-14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 2400 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ CO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก.....52

4-15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 2700 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ CO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก.....53

4-16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 3000 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ CO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก.....54

4-17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 3300 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ CO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก.....55

ภาพประกอบ หน้า

4-18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 3600 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ CO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก..... 56

4-19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 3900 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ CO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก..... 57

4-20 แสดงแผนภูมิสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT โดยแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนในฟังก์ชันของแรงบิดและความเร็วรอบเครื่องยนต์ เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ CO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก..... 58

4-21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 1500 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ N_2 เป็นองค์ประกอบหลัก..... 63

4-22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 1800 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ N_2 เป็นองค์ประกอบหลัก..... 64

4-23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 2100 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ N_2 เป็นองค์ประกอบหลัก..... 65

4-24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 2400 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ N_2 เป็นองค์ประกอบหลัก..... 66

ภาพประกอบ หน้า

4-25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 2700 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ N_2 เป็นองค์ประกอบหลัก.....67

4-26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 3000 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ N_2 เป็นองค์ประกอบหลัก.....68

4-27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 3300 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ N_2 เป็นองค์ประกอบหลัก.....69

4-28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 3600 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ N_2 เป็นองค์ประกอบหลัก.....70

4-29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไขของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT ที่ความเร็วรอบคงที่ 3900 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ N_2 เป็นองค์ประกอบหลัก.....71

4-30 แสดงแผนภูมิสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่องศาจุดระเบิด MBT โดยแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ในฟังก์ชันของแรงบิดและความเร็วรอบเครื่องยนต์ เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สผสมที่มีมีเทนและ N_2 เป็นองค์ประกอบหลัก.....72

4-31 แผนภูมิเปรียบเทียบสมรรถนะที่ MBT timing ของเครื่องยนต์ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับแรงบิดเบรกที่แก้ไข ที่ความเร็วรอบคงที่ 1500 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแตกต่างกัน.77

ภาพประกอบ หน้า

4-32 แผนภูมิเปรียบเทียบสมรรถนะที่ MBT timing ของเครื่องยนต์ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก กับแรงบิดเบรกที่แก้ไข ที่ความเร็วรอบคงที่ 1800 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแตกต่างกัน. 78

4-33 แผนภูมิเปรียบเทียบสมรรถนะที่ MBT timing ของเครื่องยนต์ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก กับแรงบิดเบรกที่แก้ไข ที่ความเร็วรอบคงที่ 2100 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแตกต่างกัน. 79

4-34 แผนภูมิเปรียบเทียบสมรรถนะที่ MBT timing ของเครื่องยนต์ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก กับแรงบิดเบรกที่แก้ไข ที่ความเร็วรอบคงที่ 2400 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแตกต่างกัน. 80

4-35 แผนภูมิเปรียบเทียบสมรรถนะที่ MBT timing ของเครื่องยนต์ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก กับแรงบิดเบรกที่แก้ไข ที่ความเร็วรอบคงที่ 2700 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแตกต่างกัน. 81

4-36 แผนภูมิเปรียบเทียบสมรรถนะที่ MBT timing ของเครื่องยนต์ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก กับแรงบิดเบรกที่แก้ไข ที่ความเร็วรอบคงที่ 3000 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแตกต่างกัน. 82

4-37 แผนภูมิเปรียบเทียบสมรรถนะที่ MBT timing ของเครื่องยนต์ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก กับแรงบิดเบรกที่แก้ไข ที่ความเร็วรอบคงที่ 3300 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแตกต่างกัน. 83

4-38 แผนภูมิเปรียบเทียบสมรรถนะที่ MBT timing ของเครื่องยนต์ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก กับแรงบิดเบรกที่แก้ไข ที่ความเร็วรอบคงที่ 3600 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแตกต่างกัน. 84

4-39 แผนภูมิเปรียบเทียบสมรรถนะที่ MBT timing ของเครื่องยนต์ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก กับแรงบิดเบรกที่แก้ไข ที่ความเร็วรอบคงที่ 3900 rev/min เมื่อใช้เชื้อเพลิงแตกต่างกัน. 85

ภาพประกอบ หน้า

4-40 แสดงผลการเปรียบเทียบแรงบิดเบรกที่แก้ไข กำลังเบรก ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก และการบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกที่ WOT ของเครื่องยนต์เมื่อทดสอบที่สภาวะคงตัว และความเร็วรอบคงที่ 2400, 2700, 3000, 3300, 3600 และ 3900 rev/min เมื่อใช้แก๊สธรรมชาติจากแหล่งพม่า เป็นเชื้อเพลิงในวันที่ 5/01/04 ระหว่างผลที่ได้จากการปรับค่าองศาจุดระเบิด MBT และค่าที่ได้จากการใช้องศาจุดระเบิด MBT ของแก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทย..... 90

4-41 แสดงผลการเปรียบเทียบแรงบิดเบรกที่แก้ไข กำลังเบรก ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก และการบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกที่ WOT ของเครื่องยนต์เมื่อทดสอบที่สภาวะคงตัว และความเร็วรอบคงที่ 2400, 2700, 3000, 3300, 3600 และ 3900 rev/min เมื่อใช้แก๊สธรรมชาติจากแหล่งพม่า เป็นเชื้อเพลิงในวันที่ 6/01/04 ระหว่างผลที่ได้จากการปรับค่าองศาจุดระเบิด MBT และค่าที่ได้จากการใช้องศาจุดระเบิด MBT ของแก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทย.....92

4-42 แสดงผลการเปรียบเทียบแรงบิดเบรกที่แก้ไข กำลังเบรก ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก และการบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกที่ WOT ของเครื่องยนต์เมื่อทดสอบที่สภาวะคงตัว และความเร็วรอบคงที่ 2700, 3000, 3300, 3600 และ 3900 rev/min เมื่อใช้แก๊สธรรมชาติจากแหล่งพม่า เป็นเชื้อเพลิงในวันที่ 7/01/04 ระหว่างผลที่ได้จากการปรับค่าองศาจุดระเบิด MBT และค่าที่ได้จากการใช้องศาจุดระเบิด MBT ของแก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทย.....94

4-43 แสดงผลการเปรียบเทียบแรงบิดเบรกที่แก้ไข กำลังเบรก ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก และการบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกที่ WOT ของเครื่องยนต์เมื่อทดสอบที่สภาวะคงตัว และความเร็วรอบคงที่ 1500, 1800, 2100, 2400, 2700 และ 3000 rev/min เมื่อใช้แก๊สธรรมชาติจากแหล่งพม่า เป็นเชื้อเพลิงในวันที่ 8/01/04 ระหว่างผลที่ได้จากการปรับค่าองศาจุดระเบิด MBT และค่าที่ได้จากการใช้องศาจุดระเบิด MBT ของแก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทย..... 96

ภาพประกอบ หน้า

4-44 แสดงผลการเปรียบเทียบแรงบิดเบรกที่แก้ไข กำลังเบรก ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก และการบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกที่ WOT ของเครื่องยนต์เมื่อทดสอบที่สภาวะคงตัว และความเร็วรอบคงที่ 1500, 1800, 2400, 2700 และ 3000 rev/min เมื่อใช้แก๊สธรรมชาติจากแหล่งพม่า เป็นเชื้อเพลิงในวันที่ 9/01/04 ระหว่างผลที่ได้จากการปรับค่าองศาจุดระเบิด MBT และค่าที่ได้จากการใช้องศาจุดระเบิด MBT ของแก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทย 98

4-45 แสดงผลการเปรียบเทียบแรงบิดเบรกที่แก้ไข กำลังเบรก ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก และ การบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกที่ WOT ของเครื่องยนต์เมื่อทดสอบที่สภาวะคงตัว และความเร็วรอบคงที่ 2400, 2700, 3000, 3300, 3600 และ 3900 rev/min เมื่อใช้แก๊สธรรมชาติจากแหล่งพม่า เป็นเชื้อเพลิงในวันที่ 13/01/04 ระหว่างผลที่ได้จากการปรับค่าองศาจุดระเบิด MBT และค่าที่ได้จากการใช้องศาจุดระเบิด MBT ของแก๊สธรรมชาติจากอ่าวไทย 100

ค-1 แสดง Orifice flow meter..... 144

ค-2 แสดงปรากฏการณ์ Vena contracta..... 145

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

คำย่อ	คำอธิบาย	หน่วย
A	Orifice section area	m^2
A/F	Air-Fuel ratio	kg air / kg fuel
ASTM	American Society for Testing and Materials	
bmep	Brake mean effective pressure	kPa
bsfc	Brake specific fuel consumption	g/kW-h
C_D	Drag coefficient	
d	Orifice diameter	m
HHV	Higher heating value	MJ/kg fuel
HFL	Higher flammability limit	
k	Ratio of indicated power	
LHV	Lower heating value	MJ/kg fuel
LFL	Lower flammability limit	
ma	Air mass flow rate	g/sec
MAP	Manifold absolute pressure	inch Hg
MBT timing	Minimum spark advance for best torque	Degree – Crank Angle
mf	Fuel mass flow rate	g/sec
$mf_{corrected}$	Corrected fuel mass flow rate	g/sec
MON	Motor octane number	
M_w	Molecular weight	
N	Engine speed	rev/min
NG	Natural gas	
ON	Fuel octane number	
P	Pressure	kPa
P_a	Atmospheric pressure	mmHg
P_b	Brake Power	kW
P_g	ความดันสมบรูณ์ของแก๊สขาเข้าอุปกรณ์วัดการบริโภคเชื้อเพลิงแก๊ส	kPa

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

คำย่อ	คำอธิบาย	หน่วย
$P_{v,table}$	Water vapor pressure	kPa
ΔP	Head different of airflow through orifice plate	Inch. H_2O
Q_{HV}	Heating value	MJ/kg fuel
Q_{air}	Air volumetric flow rate	m^3/sec
$\overline{R}$	Universal gas constant	J/(mol·K)
RON	Research octane number	
S.G.	Specific gravity	
S_L	Laminar flame speed	m/sec
t	time	sec
T_b	Corrected brake torque	N-m
T_{db}	Air box temperature	°C
T_g	อุณหภูมิแก๊สขาเข้าอุปกรณ์วัดการบริโภคเชื้อเพลิงแก๊ส	K
W	Wobbe index	MJ/m^3
WOT	Wide open throttle	
x_i	Mole fraction	
ρ	Density	kg/m^3
ϕ	Equivalence ratio	
α	Power adjustment factor	
θ_s	Spark advance timing	Degree - Crank Angle.
η_{th}	Thermal efficiency	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย