

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการใช้เชื้อเพลิงแก๊สในเครื่องยนต์ดีเซลแบบเชื้อเพลิงร่วม
นักศึกษา	นายปรีชา การ์รินทร์
รหัสนักศึกษา	45061185
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
พ.ศ.	2550
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอถึงการศึกษา และพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซล โดยการใช้เชื้อเพลิงผสม แก๊สกับน้ำมันดีเซล ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แก๊สสองชนิดคือ LPGและCNG ซึ่งมีหลักการเบื้องต้นคือ แก๊สจะถูกผสมกับอากาศที่ท่อทางเข้าอากาศก่อนที่จะเข้าห้องเผาไหม้ และเชื้อเพลิงแก๊สจะถูกเผาไหม้หลังจากเครื่องยนต์ถูกจุดระเบิดด้วยน้ำมันดีเซล การวิจัยครั้งนี้สำหรับเชื้อเพลิง LPG ใช้เครื่องยนต์ดีเซล 4 สูบ 4 จังหวะ 2499 ซีซี และสำหรับเชื้อเพลิง CNG ใช้เครื่องยนต์ขนาด 2986 ซีซี โดยมีการปรับเปลี่ยนปริมาณการฉีดน้ำมันดีเซลให้น้อยลง ทำการวัดค่ากำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ ปริมาณควันดำจากไอเสียและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ภาระโหลดต่างๆ หลังจากนั้นนำมา วิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลการทดสอบของการใช้เชื้อเพลิงดีเซลอย่างเดียว ซึ่งจากผลการวิจัยทำให้ พบว่ากำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงผสมสูงกว่าเชื้อเพลิงดีเซลอย่างเดียวประมาณร้อยละ 8.5 ถึง 14 ปริมาณควันดำจากไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงผสมเชื้อเพลิงทั้ง LPGและCNG ที่ ภาระโหลดปานกลางใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียว แต่ที่ภาระโหลดสูงมากๆ ปริมาณควันดำจากไอเสียมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลอย่างเดียวมาก สำหรับอัตราการ สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในเชิงพลังงานของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงผสมนั้น พบว่าอัตราส่วนการผสม ระหว่างเชื้อเพลิง CNGกับดีเซล ประมาณ 43 ต่อ 57 ถึง 48 ต่อ 52 เทียบเป็นราคาเชื้อเพลิงแล้วจะ ประหยัดกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซลอย่างเดียวประมาณร้อยละ 20 ส่วนอัตราส่วนการผสมระหว่าง LPGกับดีเซล ประมาณ 44 ต่อ 56 เทียบเป็นราคาเชื้อเพลิงแล้วจะประหยัดกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซล อย่างเดียวประมาณร้อยละ 26

Thesis Title	Study on Using Gaseous Fuel in a Diesel Dual Fuel Engine
Student	Mr. Preechar Karin
Student ID.	45061185
Degree	Master of Engineering
Program	Mechanical Engineering
Year	2007
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Chinda Charoenphonphanich

ABSTRACT

The objective of this thesis is to study and develop diesel engine for the use of dual fuel of gas and diesel. The fuel used in this study consists of both LPG and CNG. The concept is that gas and air are mixed at the air intake duct and the combustion of air-fuel mixture occurs after the ignition of diesel. The engine used for LPG is four-cylinder four strokes 2499 cc of diesel engine and CNG is similar engine of 2986 cc, with the reduction of diesel injection amount. The maximum engine power, smoke of exhausted gas and fuel consumption of combustion are measured and compared to the test result of pure diesel engine at each different load. As the result, the maximum engine power of dual fuel is higher than that of pure diesel about 8.5 to 14 percent. The smoke of exhaust gas of dual fuel for both LPG and CNG are is close to pure diesel at middle load but higher than pure diesel at very high load. The ratio of CNG to diesel by energy for dual system is 43:57 to 48:52. By comparing total cost of dual fuel of CNG to pure diesel, the dual fuel shows about 20 percent lower figure. The ratio of LPG to diesel by energy for dual system is 44:56. By comparing total cost of dual fuel of LPG to pure diesel, the dual fuel shows about 26 percent lower figure.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

ขอกราบพระคุณคณะอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า และ ผศ.ดร.คณิต วัฒนวิเชียร อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำปรึกษาในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณบัณฑิตศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และเพื่อนร่วมงาน Isuzu Technical Center of Asia Co.,Ltd. ทุกท่านที่มีส่วนร่วมจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ บิดา มารดา อาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ปรีชา กรินทร์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	1
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน.....	2
1.6 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.7 ขั้นตอนการศึกษา.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน.....	4
2.1 การเปรียบเทียบวัฏจักรออตโต วัฏจักรดีเซลและวัฏจักรร่วม.....	4
2.2 เครื่องยนต์ดีเซลแบบเชื้อเพลิงผสมแก๊สกับน้ำมันดีเซล (DDF-Engine).....	6
2.3 Air and Fuel flow in Carburetor and Mixer.....	7
บทที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสมแก๊สธรรมชาติกับน้ำมันดีเซล.....	10
3.1 Premixed Dual-Fuel with Diesel Oil Pilot.....	10
3.1.1 Approaches to High Thermal-Efficiency in High Compression-Ratio Natural- Gas Engine.....	10
3.1.2 Alternative Ignition systems for CNG in Diesel Applications.....	13
3.1.3 Emissions and fuel consumption of natural gas powered city buses versus diesel buses in real city traffic.....	15
3.2 Direct Injection Dual-Fuel with Diesel Oil Pilot	17
3.2.1 Combustion and Exhaust Emissions Characteristics of a Diesel Engine Dual-Fueled with Natural Gas.....	17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.2 Development of the ECOS-DDF natural gas engine for medium-duty trucks: exhaust emission reduction against base diesel engine.....	19
3.2.3 NOx reduction in a Directly Injected Gas Engine.....	23
3.2.4 Performance and Emissions of a Two-Stroke Engine Fueled Using High-Pressure Direct Injection of Natural Gas.....	25
3.2.5 Progresses in High Pressure Direct Injection (HPDI) of Natural Gas In Automotive Diesel Engines.....	27
3.3 ผลสรุปจากผลงานวิจัยที่ใช้อ้างอิง.....	28
บทที่ 4 วิธีการทดสอบเครื่องยนต์.....	29
4.1 การทดสอบเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสมCNGกับดีเซลของเครื่องยนต์ EDI-120.....	30
4.2 การทดสอบเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสมCNGกับดีเซลของรถยนต์ Toyota Hi-ace.....	31
4.3 การทดสอบเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสม LPGกับดีเซลของรถยนต์ Isuzu D-max.....	35
บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลการทดสอบเครื่องยนต์.....	38
5.1 ผลการทดสอบเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสมCNGกับดีเซลของเครื่องยนต์ EDI-120.....	38
5.1.1 การทดสอบวัดกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ EDI-120.....	38
5.1.2 การทดสอบวัดปริมาณมลพิษจากไอเสียของเครื่องยนต์ EDI-120.....	39
5.1.3 การทดสอบวัดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องยนต์ EDI-120.....	45
5.2 ผลการทดสอบเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสมCNGกับดีเซลของรถยนต์ Toyota Hi-ace....	49
5.2.1 การทดสอบวัดกำลังสูงสุดและอัตราเร่งของรถยนต์ Toyota Hi-ace	49
5.2.2 การทดสอบวัดปริมาณมลพิษควันดำจากไอเสียของรถยนต์ Toyota Hi-ace	51
5.2.3 การทดสอบวัดอุณหภูมิไอเสียและน้ำหล่อเย็นของรถยนต์ Toyota Hi-ace...	55
5.2.4 การทดสอบวัดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของรถยนต์ Toyota Hi-ace.....	57
5.3 ผลการทดสอบเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสมLPGกับดีเซลของรถยนต์ Isuzu D-max.....	65
5.3.1 การทดสอบวัดกำลังสูงสุดของรถยนต์ Isuzu D-max	65
5.3.2 การทดสอบวัดปริมาณมลพิษควันดำจากไอเสียของรถยนต์ Isuzu D-max...	66
5.3.3 การทดสอบวัดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของรถยนต์ Isuzu D-max.....	67

บทที่ 6 บทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	72
6.1 กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสมแก๊สกับดีเซล.....	72
6.2 ปริมาณควันดำของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสมแก๊สกับดีเซล.....	72
6.3 อัตราของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสมแก๊สกับดีเซล.....	73
6.4 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสมแก๊สกับดีเซล.....	74
6.5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสมแก๊สกับดีเซล.....	74

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงหลักการทำงานของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงผสมแก๊สธรรมชาติกับน้ำมันดีเซล.....	2
2.1 Comparison of air-standard Otto cycle, Dual cycle and Diesel cycle. All engine have the same cylinder input conditions and same maximum temperature and pressure.....	5
2.2 Schematic diagram of heat release for Engine: (a) Spark plug type natural gas engine, (b) Diesel engine, (c) DDF Natural gas engine.....	7
2.3 Schematic diagram of gas and air mixer.....	8
2.4 Schematic diagram of natural gas engine with mixer.....	9
2.5 The throttle and mixer of natural gas engine.....	9
3.1.1 Experimental setup for Pre-mixed Natural gas with Diesel pilot.....	10
3.1.2 Basic characteristics of performance and exhaust emission compared with a diesel and spark-ignited operation.....	11
3.1.3 Efficiency and exhaust emissions at increased pilot fuel amount with charge air throttling.....	12
3.1.4 Indicated Thermal efficiency versus BMEP and indicated specific NOx.....	13
3.1.5 Indicated specific NOx and HC versus BMEP.....	14
3.1.6 Relation between fuel consumption and lambda for lean burn engine.....	15
3.1.7 General overview of average fuel consumption and emission of the three buses in city traffic.....	16
3.2.1 Experimental setup for Direct Injection Natural gas with Diesel pilot.....	17
3.2.2 Combustion chamber layout of Direct Injection Natural gas with Diesel pilot.....	17
3.2.3 The effect of injection timing of Natural gas of thermal efficiency and exhaust gas emissions.....	18
3.2.4 Ignition method of Natural gas mixture for CNG Engine.....	19

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

3.2.5 ECOS-DDF Natural gas engine system.....	19
3.2.6 Schematic diagram of heat release for Engine.....	20
3.2.7 Exhaust gas emissions of S ECOS-DDF Natural gas engine.....	21
3.2.8 Comparison of full load performance of S ECOS-DDF Natural gas engine.....	22
3.2.9 Fuel consumption comparison base on D13 mode of ECOS-DDF NG engine.....	22
3.2.10 Schematic representation of the HPDI of Natural gas injector.....	23
3.2.11 Fuel consumption versus NOx of HPDI system.....	24
3.2.12 Heat release rate results of the HPDI.....	24
3.2.13 Test result of HDPI CNG & Diesel.....	25
3.2.14 Test result of HDPI CNG & Diesel.....	26
3.2.15 Schematic of HPDI Fuel supply system.....	27
4.1 แสดงหลักการทำงานของ Diesel Dual Fuel Engine (DDF).....	29
4.2 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบเครื่องยนต์ DDF-EDI-120.....	30
4.3 รถยนต์ Toyota Hi-ace 3000 cc DDF-Engine and Pure Diesel-Engine.....	31
4.4 รถยนต์เชื้อเพลิงผสมแก๊สธรรมชาติกับดีเซล Toyota Hi-ace 3000 cc Engine.....	31
4.5 แสดงการติดตั้งถังแก๊สของรถยนต์ Toyota Hi-ace 3000 cc Engine.....	32
4.6 การติดตั้งระบบลดความดันแก๊ส Pressure Regulator of Toyota Hi-ace 3000 cc Engine.....	32
4.7 แสดงการทดสอบของรถยนต์บนแท่นทดสอบ.....	33
4.8 แสดงชุดควบคุมกำลัง ความเร็วของเครื่องยนต์และเครื่องวัดปริมาณควันท่อไอเสีย.....	34
4.9 แสดงชุดควบคุมกำลัง ความเร็วของเครื่องยนต์ และเครื่องวัดปริมาณควันท่อไอเสีย.....	34
4.10 รถยนต์ Isuzu D-max 2500 cc Engine.....	35
4.11 เครื่องยนต์ Isuzu D-max 2500 cc DDF-Engine	35
4.12 การติดตั้งระบบลดความดันแก๊ส Pressure Regulator of Isuzu D-max 2500 cc Engine.....	36
4.13 การติดตั้งระบบสายส่งแก๊สของ Isuzu D-max 2500 cc Engine.....	36
4.14 แสดงการทดสอบของรถยนต์บนแท่นทดสอบ.....	37
5.1.1 กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ EDI-120.....	38
5.1.2 ปริมาณมลพิษ HC ของเครื่องยนต์ EDI-120.....	39
5.1.3-5.1.5 ปริมาณมลพิษ HC 295-491 kPa BMEP ของเครื่องยนต์ EDI-120.....	40
5.1.6 ปริมาณมลพิษ CO ของเครื่องยนต์ EDI-120.....	41

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

5.1.7-5.1.9 ปริมาณมลพิษ CO 295-491 kPa BMEP ของเครื่องยนต์ EDI-120.....	42
5.1.10 ปริมาณมลพิษ NOx ของเครื่องยนต์ EDI-120.....	43
5.1.11-13 ปริมาณมลพิษ NOx 295-491 kPa BMEP ของเครื่องยนต์ EDI-120.....	44
5.1.14 อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิง CNGกับดีเซล ของเครื่องยนต์ EDI-120.....	45
5.1.15 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องยนต์ EDI-120.....	46
5.1.16-5.1.18 อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงCNGกับดีเซลของเครื่องยนต์ 295-491 kPa BMEP.....	47
5.1.19-5.1.21 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องยนต์ EDI-120 295-491 kPa BMEP.....	48
5.2.1 กำลังสูงสุดของรถยนต์ Toyota Hi-ace 3000 cc Engine.....	49
5.2.2 อัตราเร่งของรถยนต์ Toyota Hi-ace 3000 cc Engine.....	50
5.2.3 ปริมาณควันดำของรถยนต์ Toyota Hi-ace 3000 cc Engine.....	51
5.2.4 ปริมาณควันดำของรถยนต์ Toyota Hi-ace 3000 cc Engine.....	52
5.2.5-5.2.7 ปริมาณควันดำที่ 500-900 kPa BMEP ของรถยนต์ Toyota Hi-ace	53
5.2.8 ปริมาณควันดำที่โหลดสูงสุดของรถยนต์ Toyota Hi-ace 3000 cc Engine.....	54
5.2.9 อุณหภูมิไอเสียและน้ำหล่อเย็นของรถยนต์ Toyota Hi-ace 3000 cc Engine.....	55
5.2.10 อุณหภูมิไอเสียและน้ำหล่อเย็นของรถยนต์ Toyota Hi-ace 3000 cc Engine.....	56
5.2.11-5.2.12 อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงของรถยนต์ Toyota Hi-ace 3000 cc Engine.....	57
5.2.13-5.2.14 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของรถยนต์ Toyota Hi-ace 3000 cc Engine.....	58
5.2.15-5.2.16 อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงของรถยนต์ Toyota Hi-ace 3000 cc Engine.....	59
5.2.17 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของรถยนต์ Toyota Hi-ace 3000 cc Engine.....	60
5.2.18 สถานีเติมเชื้อเพลิงบีโตะเลียมหน้านิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง.....	61
5.2.19-5.2.20 อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงของรถยนต์ Toyota Hi-ace 3000 cc Engine.....	62
5.2.21-5.2.22 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของรถยนต์ Toyota Hi-ace 3000 cc Engine.....	63
5.2.23-5.2.24 อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงโดยราคาของรถยนต์ Toyota Hi-ace 3000 cc Engine.....	64
5.3.1 กำลังสูงสุดของรถยนต์ Isuzu D-max 4JA1-L 2500 cc Engine.....	65
5.3.2 ปริมาณควันดำของรถยนต์ Isuzu D-max 4JA1-L 2500 cc Engine.....	66
5.3.3-5.3.5 ปริมาณควันดำของรถยนต์ Isuzu D-max 4JA1-L 2500 cc Engine.....	67
5.3.6 อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงของรถยนต์ Isuzu D-max 4JA1-L 2500 cc Engine.....	68
5.3.7-5.3.8 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของรถยนต์ Isuzu D-max 4JA1-L 2500 cc Engine.....	68
5.3.9 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของรถยนต์ Isuzu D-max 4JA1-L 2500 cc Engine.....	69

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

5.3.10-5.3.12 อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงของรถยนต์ Isuzu D-max 4JA1-L 2500 cc Engine.....	70
5.3.13-5.3.15 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของรถยนต์ Isuzu D-max 4JA1-L Engine.....	71