

การศึกษาเปรียบเทียบผลของคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิงต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ เอส ไอ

นายธงชัย สถาพรนานนท์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-635-983-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 1755 1763

THE COMPARATIVE STUDY ON THE EFFECT OF FUEL QUALITY
ON THE PERFORMANCE OF SI ENGINE

Mr. THONGCHAI SATAPONNANON

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering

Department of Mechanical Engineering

Graduated School

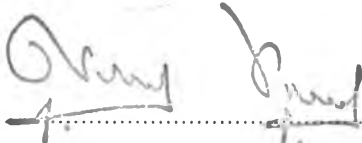
Chulalongkorn University

Academic Year 1997


ISBN 974-635-983-5

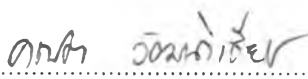
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาเปรียบเทียบผลของคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิงต่อ
สมรรถนะของเครื่องยนต์ เอส ไอ
โดย นายธงชัย สถาพรนานนท์
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ดี มลิลลา)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ธงชัย สถาพรนานนท์: การศึกษาเปรียบเทียบผลของคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิงต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ เอส ไอ THE COMPARATIVE STUDY ON THE EFFECT OF FUEL QUALITY ON THE PERFORMANCE OF SI ENGINE

อ. ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร. คณิต วัฒนวิเชียร ; 232 หน้า. ISBN 974-635-983-5.

การศึกษาเปรียบเทียบผลของคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิงต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ เอส ไอ นี้เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ถึงผลของการนำน้ำมันเบนซินที่จำหน่ายในประเทศไทยปัจจุบันซึ่งมีค่าออกเทนแตกต่างกัน 3 ค่า คือ ออกเทน98 ออกเทน97 ออกเทน92 มาทดสอบโดยใช้เครื่องยนต์ขนาด 1600 ซีซี งานวิจัยนี้จะแยกออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกเป็นการทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ Original Equipment Manufacturing (OEM) ที่ใช้น้ำมันต่างคุณภาพ ส่วนที่สองเป็นการทดสอบเพื่อหาผลการปรับเปลี่ยนค่าของส่วนผสมอากาศเชื้อเพลิงโดยการควบคุมตัวแปร 2 ตัว คือ ปริมาณการฉีดจ่ายเชื้อเพลิง, องศาการจุดระเบิด เพื่อนำผลมาวิเคราะห์หาสมรรถนะที่เหมาะสม ส่วนที่สามเป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลที่ได้จากการศึกษาใน 2 ส่วนแรกด้วยแบบจำลองรถยนต์เมื่อใช้รูปแบบการขับขี่ ECE15

สองส่วนแรกนั้นข้อมูลการทดสอบถูกแก้ไขด้วย AS 2789.1-1985 ก่อนที่จะนำมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลโดยใช้กราฟ จากผลการวิเคราะห์ทั้งสองส่วน พบว่าน้ำมันที่มีค่าออกเทนสูง (RON98) จะให้ประสิทธิภาพสูงกว่าโดยเฉพาะในรอบเครื่องยนต์ต่ำกว่า 1800 rev/min และเมื่อเปรียบเทียบผลในส่วนแรกและส่วนที่สองที่ใช้น้ำมันที่มีค่าออกเทนเดียวกันจะพบว่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ถูกปรับให้เหมาะสมนั้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ OEM โดยเฉพาะในรอบมากกว่า 2500 rev/min ส่วนที่สามเป็นการนำข้อมูลของสองส่วนแรกมาศึกษาเปรียบเทียบด้วยแบบจำลองรถยนต์เมื่อใช้รูปแบบการขับขี่เดียวกัน โดยผลการศึกษาพบว่าเครื่องยนต์เมื่อทำงาน ณ สมรรถนะที่เหมาะสมสามารถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงกว่าสมรรถนะที่ควบคุมจากการทำงานของ ECU ประมาณ 17% โดยที่มีมลพิษ CO ลดลง 26% แต่มลพิษ HC เพิ่มขึ้น 81% เมื่อเครื่องยนต์ใช้น้ำมันที่มีค่าออกเทน98 เป็นเชื้อเพลิงแบบจำลองนี้สามารถใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นที่ช่วยในการพิจารณาความเหมาะสมของการนำเครื่องยนต์ไปใช้กับยานยนต์ สามารถประมาณค่าอัตราความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงและปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากการจำลองการขับขี่ด้วยรูปแบบการขับขี่ (Driving Pattern) ตามต้องการ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล.....

สาขาวิชา.....

ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิติต 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C716293 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD: FUEL QUALITY / OPTIMUM PERFORMANCE / ENGINE EMISSIONS / OPERATING PARAMETERS

THONGCHAI SATAPONNANON : THE COMPARATIVE STUDY ON THE EFFECT OF FUEL QUALITY ON THE PERFORMANCE OF SI ENGINE. THESIS ADVISOR : KANIT WATANAICHIEEN, Ph.D. 232 pp. ISBN 974-635-983-5.

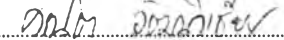
This work is a comparative study on the effect of three different gasoline qualities which are available in Thailand's market on 1.6-litre SI engine performance. Three different grades of gasoline were RON98, RON97 and RON92. The research has been divided into 3 parts. In the first part, the OEM performance maps of each different gasoline were investigated. In the second part, mixture loop test matrix by controlling fuel injection quantity and MBT timing were conducted. The results were employed in the optimum performance investigation. In the third part, the analytical results of the first and the second part were compared using a vehicle simulation model of the ECE15 driving pattern.

Test results in the first and second parts were corrected according to AS2789.1-1985 recommendation. It was found that the high octane (RON98) gasoline gave higher engine efficiency, particularly when engine speed was lower than 1800 rev/min. Comparing the same gasoline quality results of the first and second parts, the optimum performance from the second part showed the same trend as the first part but with higher thermal efficiencies. These obtained advantages were clearly shown when the engine was extended beyond 2500 rev/min. In the third part, the vehicle model's comparative results showed that OEM fuel consumption may be reduced by 17% with 26% decreased in CO and 81% increased in HC with optimum engine performance when the RON98 gasoline was used. The developed vehicle model could be used as an assisted tool for vehicle-engine matching evaluation in terms of fuel economy and emissions.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล.....

ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา..... -

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา..... 2540

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบคุณ อาจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูงที่ให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณธนกร สุไศยวรรณ นิสิตผู้ช่วยวิจัย คุณสมพร ตันติวงศ์ไพศาล เพื่อน นิสิตปริญญาโท ที่ให้คำแนะนำการทำแบบจำลองรถยนต์ คุณปรีชา กะลัมพะวงนิช ที่ปรึกษาฝ่าย เทคนิค บ.โรเบิร์ตบ็อบ จำกัด ที่ได้ความช่วยเหลือในด้านเทคนิคและให้ยืมอุปกรณ์บางส่วนที่ใช้ในงานวิจัย ฝ่ายฝึกอบรม บ.โตโยต้า (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้คำแนะนำและอนุญาตให้ใช้รถยนต์ ที่ใช้ในการอบรมที่สุวินทวงศ์เพื่อศึกษาระบบการทำงานของรถยนต์ในช่วงแรกของงานวิจัย คุณ อรทัย เพ็ญศิริ ที่สละเวลาให้ความช่วยเหลือในการพิมพ์เอกสารบางส่วน คุณบุญชัย เลิศนุวัฒน์ ที่ให้ความอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ทำงานในการทำเอกสารการวิจัย คุณกนกรัตน์ ศรีสุข ที่ได้ ช่วยตรวจทานวิทยานิพนธ์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการยานยนต์ทุกท่าน รวมถึงเพื่อนนิสิตปริญญาโท ทุกคนที่ให้คำแนะนำปรึกษา ข้อคิดเห็น กำลังใจและความช่วยเหลือในด้านต่างๆมาโดยตลอด ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนทางการศึกษา และให้กำลังใจเสมอมาจนผู้วิจัยสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ฐ
สารบัญคำย่อและสัญลักษณ์.....	ด
บทที่	
1. บทนำ	1
2. เชื้อเพลิง ผลต่อสมรรถนะเครื่องยนต์และ engine operating parameters.....	5
3. อุปกรณ์การทดสอบ.....	13
4. สมรรถนะของเครื่องยนต์ OEM	16
5. สมรรถนะที่เหมาะสมในเชิงประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง	49
6. แบบจำลองการบริโภคเชื้อเพลิงและมลภาวะจากรถยนต์	87
7. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	97
รายการอ้างอิง	101
ภาคผนวก ก AUSTRALIAN STANDARD AS 2789.1-1985	103
ภาคผนวก ข ตารางแสดงข้อมูลการทดสอบ	126
ภาคผนวก ค ตารางแสดงข้อมูลการทดสอบที่แก้ไข.....	157
ภาคผนวก ง สมการที่ใช้ในการหาแบบจำลองรถยนต์.....	164
ภาคผนวก จ ผลของสมรรถนะเครื่องยนต์ OEM เมื่อใช้น้ำมันที่มีค่าออกเทน98, 97 และ92.....	168
ภาคผนวก ฉ ผลของ Mixture loop test ที่ความเร็วรอบคงที่.....	184

ภาคผนวก ข ผลของสมรรถนะที่เหมาะสมของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันที่มีค่าออกเทน98, 97 และ92.....	200
ภาคผนวก ข ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะที่ความเร็วรอบคงที่ระหว่างสมรรถนะ OEM และสมรรถนะที่เหมาะสมของน้ำมันที่มีค่าออกเทน98, 97และ92.....	216
ประวัติผู้เขียน	232

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ผลของคุณสมบัติของน้ำมันเบนซินต่อการใช้งานและเครื่องยนต์	6
2.2 ข้อกำหนดคุณภาพน้ำมันเบนซินตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2538) เรื่องกำหนดคุณภาพของน้ำมัน	10
4.1 ตารางแสดงองศาการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ OEM (TOYOTA 4A-FE) ที่ความเร็วรอบและ MAP ต่างๆ	35
4.2 แสดงผลของค่าแรงบิด (N.m) สูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆเมื่อน้ำมันต่างคุณภาพ...	46
4.3 แสดงผลของประสิทธิภาพความร้อน (%) สูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆเมื่อน้ำมันต่าง คุณภาพ.....	47
4.4 แสดงผลมลพิษ CO (g/s) สูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆเมื่อน้ำมันต่างคุณภาพ.....	47
4.5 แสดงผลมลพิษ CO ₂ (g/s) สูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆเมื่อน้ำมันต่างคุณภาพ.....	48
4.6 แสดงผลมลพิษ HC (10 ³ g/s) สูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆเมื่อน้ำมันต่างคุณภาพ....	48
5.1 ตารางแสดงองศาการจุดระเบิด MBT เครื่องยนต์ 4A-FE ที่ได้สมรรถนะที่เหมาะสมที่ ความเร็วรอบและ MAP ต่างๆเมื่อน้ำมันออกเทน98.....	71
5.2 ตารางแสดงองศาการจุดระเบิด MBT เครื่องยนต์ 4A-FE ที่ได้สมรรถนะที่เหมาะสมที่ ความเร็วรอบและ MAP ต่างๆเมื่อน้ำมันออกเทน 97.....	72
5.3 ตารางแสดงองศาการจุดระเบิด MBT เครื่องยนต์ 4A-FE ที่ได้สมรรถนะที่เหมาะสมที่ ความเร็วรอบและ MAP ต่างๆเมื่อน้ำมันออกเทน 92.....	73
5.4 แสดงผลของค่าแรงบิด (N.m) สูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆเมื่อน้ำมันต่างคุณภาพ...	83
5.5 แสดงผลของประสิทธิภาพความร้อน (%) สูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆเมื่อน้ำมันต่าง คุณภาพ.....	84
5.6 แสดงผลมลพิษ CO (g/s) สูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆเมื่อน้ำมันต่างคุณภาพ.....	84
5.7 แสดงผลมลพิษ CO ₂ (g/s) สูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆเมื่อน้ำมันต่างคุณภาพ.....	85
5.8 แสดงผลมลพิษ HC (10 ³ g/s) สูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆเมื่อน้ำมันต่างคุณภาพ...	85

6.1 ตารางเปลี่ยนความสัมพันธ์ของความเร็วรถยนต์กับเวลามาเป็นแรงบิดกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ 93

6.2 ตารางแสดงความถี่ของความหนาแน่นเป็นไปได้ของข้อมูลจาก driving patern..... 95

6.3 แสดงค่าการคำนวณตามแบบจำลองการบริโภคเชื้อเพลิงและมลภาวะจากรถยนต์ 1 รอบการทำงาน (cycle)..... 96

7.1 สรุปผลเปรียบเทียบของมลพิษ CO, CO₂ และ HC ของเครื่องยนต์ OEM (4A-FE).... 98

7.2 สรุปผลเปรียบเทียบของมลพิษ CO, CO₂ และ HC ของเครื่องยนต์ optimum (4A-FE)..... 98

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 Test matrix บนแกนของความเร็วรอบกับความดันในท่อรวมไอดี (MAP) โดยแต่ละจุดจะทำการทดสอบเพื่อวัดหาค่า Brake Torque, Fuel Consumption, Emissions และองศาการจุดระเบิดเมื่อทดสอบด้วยน้ำมันต่างคุณภาพ.....	3
3.1 แสดงให้เห็นผังอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการทดสอบ.....	13
4.1 Test matrix บนแกนของความเร็วรอบกับความดันในท่อรวมไอดี (MAP) โดยแต่ละจุดจะทำการทดสอบเพื่อวัดหาค่า Brake Torque Fuel Consumption, Emissions และ องศาการจุดระเบิดเมื่อทดสอบด้วยน้ำมันต่างคุณภาพ.....	17
4.2 แผนภูมิสมรรถนะของเครื่องยนต์ OEM 4A-FE แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพความร้อน กับ ค่าแรงบิดที่แก้ไข ที่ความเร็วรอบ 900 rev/min เมื่อใช้น้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทน 98.....	18
4.3 Engine Efficiency Maps ของเครื่องยนต์ OEM (TOYOTA 4A-FE) ของน้ำมันที่คุณภาพต่าง ๆ ;Efficiency = %.....	20
4.4 Engine Bsfk Maps ของเครื่องยนต์ OEM (TOYOTA 4A-FE) ของน้ำมันที่คุณภาพต่าง ๆ ; (Bsfk=kg/kW-h).....	23
4.5 Engine fuel flow consumption Maps ของเครื่องยนต์ OEM (TOYOTA 4A-FE) ของน้ำมันที่คุณภาพต่าง ๆ ; (fuel consumption = 10 ⁻³ ลิตรต่อวินาที).....	26
4.6 แผนภูมิเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ OEM 4A-FE แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพความร้อนกับแรงบิดที่แก้ไข ที่ความเร็วรอบคงที่ต่างๆเมื่อใช้น้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทนต่างกัน.....	30
4.7 Engine Emission Maps ของเครื่องยนต์ OEM (TOYOTA 4A-FE) เมื่อใช้น้ำมันออกเทน98 โดยแก้ไขแรงบิดตามมาตรฐาน AS2789.1-1985 และคำนวณค่าไอเสีย โดยมาตรฐาน SAE J1088 FEB93.....	37

4.8 Engine Emission Maps ของเครื่องยนต์ OEM (TOYOTA 4A-FE) เมื่อใช้น้ำมัน ออกเทน 97 โดยแก้ไขแรงบิดตามมาตรฐาน AS2789.1-1985 และคำนวณค่าไอเสีย โดย มาตรฐาน SAE J1088 FEB93.....	40
4.9 Engine Emission Maps. ของเครื่องยนต์ OEM (TOYOTA 4A-FE) เมื่อใช้น้ำมัน ออกเทน 92 โดยแก้ไขแรงบิดตามมาตรฐาน AS2789.1-1985 และคำนวณค่าไอเสีย โดย มาตรฐาน SAE J1088 FEB93.....	43
5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Thermal conversion efficiency กับ r_c และ γ ...	50
5.2 แสดงจุดทำงานที่จะทดสอบในรูปของ Test matrix บนแกนของความเร็วรอบกับ ความดันในท่อร่วมไอดี (MAP) โดยแต่ละจุดจะทำการทดสอบเพื่อวัดหาค่า Brake Torque, Fuel Consumption, Emissions และ MBT timing เมื่อทดสอบด้วยน้ำมันต่างคุณภาพ.....	51
5.3 ตัวอย่างการทดสอบ mixture loop โดยเปลี่ยนค่า MAP ต่างๆ	52
5.4 แผนภูมิสมรรถนะจากการทดสอบ Mixture loop ของเครื่องยนต์ 4A-FE แสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพความร้อนกับค่าแรงบิดที่แก้ไข ที่ความเร็วรอบ 900 rev/min เมื่อใช้น้ำมันที่มีค่าออกเทน 98.....	53
5.5 แผนภูมิสมรรถนะที่เหมาะสมของเครื่องยนต์ 4A-FE แสดงแนวการทำงานที่ให้ ประสิทธิภาพสูงสุดที่ความเร็วรอบ 900 rev/min เมื่อใช้น้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทน 98	54
5.6 Optimum Engine Efficiency Maps ของเครื่องยนต์ (TOYOTA 4A-FE) ที่ควบคุมการ ฉีดด้วย Bosch KDJE P800 โดยน้ำมันที่คุณภาพต่าง ๆ ;Efficiency = %	56
5.7 Optimum Engine Bsfsc Maps ของเครื่องยนต์ (TOYOTA 4A-FE) ที่ควบคุมการฉีดด้วย Bosch KDJE P800 โดยน้ำมันที่คุณภาพต่าง ๆ (Bsfsc=kg/kW-h).....	59
5.8 Optimum Fuel Flow Maps ของเครื่องยนต์ 4A-FE ที่ใช้น้ำมันที่มีคุณภาพต่างๆ (fuel consumption = 10^{-3} ลิตรต่อวินาที)	62
5.9 แผนภูมิเปรียบเทียบสมรรถนะที่เหมาะสมของเครื่องยนต์ 4A-FE แสดงความสัมพันธ์ ระหว่างค่าประสิทธิภาพความร้อนกับแรงบิดที่แก้ไข ที่ความเร็วรอบคงที่ต่างๆเมื่อใช้น้ำมันเบนซิน ที่มีค่าออกเทนต่างกัน.....	66
5.10 Optimum Engine Emission Maps ของเครื่องยนต์ 4A-FE ที่ใช้น้ำมันออกเทน 98 จาก การทดสอบmixture loop โดยแก้ไขแรงบิดตามมาตรฐาน AS2789.1- 1985 และคำนวณค่าไอเสีย โดยมาตรฐาน SAE J1088 FEB93	74

5.11 Optimum Engine Emission Maps ของเครื่องยนต์ 4A-FE ที่ใช้น้ำมันออกเทน 97 จาก การทดสอบmixture loop โดยแก้ไขแรงบิดตามมาตรฐาน AS2789.1- 1985 และคำนวณค่าไอเสีย โดยมาตรฐาน SAE J1088 FEB93	77
5.12 Optimum Engine Emission Maps ของเครื่องยนต์ 4A-FE ที่ใช้น้ำมันออกเทน 92 จาก การทดสอบmixture loop โดยแก้ไขแรงบิดตามมาตรฐาน AS2789.1- 1985 และคำนวณค่าไอเสีย โดยมาตรฐาน SAE J1088 FEB93	80
5.13 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะที่เหมาะสมกับสมรรถนะ OEM ที่ความเร็วรอบ 900 rev/min ของน้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทน 98	86
6.1 รูปแบบการขับขี่มาตรฐาน ECE สำหรับทดสอบมลพิษจากรถยนต์ใหม่ที่ผลิตออกมา จำหน่ายในประเทศไทย	89
6.2 แสดงผังของแบบจำลองการสันดาปเชื้อเพลิงและมลภาวะของรถยนต์โดยสังเขป	136
6.3 แผนภูมิแสดงกลุ่มของความถี่ของค่าแรงบิดและความเร็วรอบเครื่องยนต์ เมื่อขับเคลื่อนรถยนต์ตามรูปแบบการขับขี่มาตรฐาน ECE15.....	90

สารบัญย่อและสัญลักษณ์

Bsfc	Brake specific fuel consumption , g/kW*h
ECU	Electronic Control Unit
m.	Fuel mass flow rate , kg/s
MAP	Manifold Absolute Pressure , in Hg
MBT	The Minimum Advance for Best Torque , deg. crank angle
OEM	Original Equipment Manufacturing
rev/min	Revolution per minute
SI	Spark Ignition
TDC	Top Dead Center
WOT	Wide-Open-Throttle
γ	Specific heat ratio , C_p/C_v
η_{th}	Thermal efficiency , %
ϕ	Equivalence ratio
τ	Ignition timing , deg. crank angle