การศึกษาสมรรถนะและแบบจำลองคณิตศาสตร์ของเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จดีเซลของรถบรรทุกขนาดเล็ก

นายเกียรติศักดิ์ ไชโพธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-639-496-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I18976281

A STUDY ON PERFORMANCE AND MATHEMATICAL MODEL OF A SMALL TURBOCHARGED DIESEL ENGINE

Mr. Khietisak Khaipho

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering
Department of Mechanical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1998

ISBN 974-639-496-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาสมรรถนะและแบบจำลองคณิตศาสตร์ของเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จดีเซลของรถบรรทุกขนาดเล็ก

โดย นายเกียรติศักดิ์ ไชโพธิ์

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ พูลพร แสงบางปลา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ก่อเกียรติ บุญชูกุศล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ พูลพร แสงบางปลา)

..... กรรมการ

(นาวาเอก ดร.สมัย ใจอินทร์)

.....กรรมการ

(คุณคมสัน เจณณาวสิน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

เกียรดิศักดิ์ ไขโพธิ์ : การศึกษาสมรรถนะและแบบจำลองคณิตศาสตร์ของเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จดีเซลของรถบรรทุกขนาดเล็ก (A STUDY ON PERFORMANCE AND MATHEMATICAL MODEL OF A SMALL TURBOCHARGED DIESEL ENGINE) อ.ที่ปรึกษา : รศ. พูลพร แสงบางปลา 158 หน้า ISBN 974-639-496-7

วิทยานิพนธ์นี้ได้มีจุดมุ่งหมายในการศึกษาและพัฒนาโปรแกรม Filling and Emptying จาก University of Manchester Institute of Science and Technology ซึ่งเป็นโปรแกรมแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการหาสมรรถนะ และสภาวะภายในกระบอกสูบและแมนิโฟลด์ของเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จดีเซล มาประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จดีเซลสำหรับรถบรรทุกขนาดเล็ก ในงานวิจัยนี้ได้มีการทดสอบ 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 คือการทดสอบเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จดีเซลบนเอนจินไดนาโมมิเตอร์ เพื่อหาค่าสมรรถนะและค่าควันดำ โดยนำผลจากการวัดค่าควันดำ จากการทดสอบเครื่องยนต์ มาหาสหสัมพันธ์ของค่าควันดำ (Smoke Correlation) โดยใช้ระเบียบวิธีการถดถอยแบบหลายเชิง การทดสอบในส่วนที่ 2 คือ การทดสอบเทอร์โบชาร์จเจอร์ โดยจะนำผลที่ได้จากการทดสอบมาเป็นข้อมูลป้อนเข้าให้กับโปรแกรม Filling and Emptying

ผลการวิจัยพบว่า การเปรียบเทียบค่าการทำนายสมรรถนะจากโปรแกรมแบบจำลองกับค่าการทดสอบเป็นดังนี้

ที่ภาระ 100% ของอัตราส่วนการบริโภคอากาศต่อเชื้อเพลิง มีค่า COD(Coefficient of Determination) = 0.809 ,อัตราการบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะ มีค่า COD = 0.861, กำลังเบรก มีค่า COD = 0.832, ความดันประสิทธิผลเฉลี่ยเบรก มีค่า COD = 0.774 และ การบริโภคเชื้อเพลิง มีค่า COD = 0.912

ที่ภาระ 100% การเปรียบเทียบค่าควันดำ จากการวัดจริงกับค่าที่คำนวณจากสมการโดยใช้ข้อมูลสมรรถนะจากการทดสอบเครื่องยนต์ มีค่า COD = 0.817 และ ค่าจากการวัดจริง กับค่าคำนวณจากสมการโดยใช้ข้อมูลสมรรถนะจากโปรแกรมแบบจำลอง มีค่า COD = 0.735

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C816111 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING
KEY WORD: SIMULATION / TURBOCHARGED DIESEL ENGINE
KHIETISAK KHAIPHO : A STUDY ON PERFORMANCE AND MATHEMATICAL MODEL OF A SMALL TURBOCHARGED DIESEL ENGINE. THESIS ADVISOR:ASSOC. PROF. PHULPORN SAENGBANGPLA , 158 pp. ISBN 974-639-496-7

The objectives of this research are to study and to develop Filling and Emptying program developed by University of Manchester Institute of Science and Technology that is mathematical model of turbocharged diesel engine applied for small turbocharged diesel engine to evaluate the engine performance. The testing is comprised of two parts. In the first part, the engine was tested on engine dynamometer by varying loads and speeds to measure performances and smoke opacity. Then, the results were employed in the calculation of smoke correlation by using multiple regression method. In the second part, the turbocharger testing was operated in order to prepare the results as partial input data for the program.

The results of the performance and smoke opacity from simulation program and the experimental data are that :

At full loads, the comparisons indicated that the COD, Coefficient of Determination, of air fuel ratio is 0.809, specific fuel consumption is 0.861, break power is 0.832, break mean effective pressure is 0.774 and fuel consumption is 0.912.

Comparing the COD of smoke opacity at full loads is 0.817 for the performance from experiment data and 0.735 for performance from simulation program data.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ พูลพร แสงบางปลา นาวาเอก ดร. สมัย ใจอินทร์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ท่านได้ให้ทั้งความรู้ และคำแนะนำ ตลอดจนคำปรึกษาที่มีคุณค่ายิ่งต่อผู้วิจัยในการนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัย และการดำเนินชีวิตในอนาคต

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ก่อเกียรติ บุญชูกุศล ประธานกรรมการ คุณคมสัน เจณณาวสิน กรรมการ และคุณองอาจ พงศ์กิจวรสิน ที่ได้ให้คำแนะนำตลอดการศึกษาครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ บริษัท ตรีเพชร อีซูซุเซลส์ จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือโดยมอบเครื่องยนต์อีซูซุ รุ่น 4JA1L และเทอร์โบชาร์จเจอร์ IHI รุ่น RHF5 สำหรับใช้ในการทำงานวิจัย ขอขอบพระคุณ ครูชงชัย สิงห์สังวรณ์ และ ครูเสวย เกตุนาค ครูปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อำนวยความสะดวกและให้ความรู้ต่อผู้วิจัยในการทดสอบเครื่องยนต์ ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเซนต์จอห์น ที่อำนวยความสะดวกต่อผู้วิจัยในการใช้อุปกรณ์ทดสอบเทอร์โบชาร์จเจอร์ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการจัดทำอุปกรณ์ต่างๆสำหรับการทดสอบ ขอขอบพระคุณพนักงานและเจ้าหน้าที่ ที่มิได้กล่าวนาม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตลอดจนเพื่อนๆ รุ่นพี่และรุ่นน้องปริญญาโททุกท่าน มา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา - มารดา ที่ให้กำลังใจ และให้ความเข้าใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา ประโยชน์และคุณค่าอันใดที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นกตัญญูตาบูชาคุณแด่ บิดา - มารดา พี่สาว ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

เกียรติศักดิ์ ไชโพธิ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฒ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ถ

คำศัพท์ ..... น

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ 2

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ 2

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ 3

บทที่ 2 สำรวจเอกสาร 4

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.2 สมการแบบจำลอง 6

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องยนต์ 19

2.4 ทฤษฎีเทอร์โบชาร์จเจอร์ 22

2.5 แบบจำลองการหาไอเสียของเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จดีเซลโดยใช้ทฤษฎี..... 27
การถดถอยแบบหลายเชิงชนิดเชิงเส้น (Multiple linear regression method)

หน้า

บทที่ 3 อุปกรณ์การทดสอบ 32

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ 32

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบเครื่องยนต์ 33

3.3 อุปกรณ์การทดสอบเทอร์โบชาร์จเจอร์ 36

บทที่ 4 วิธีทดสอบ 40

4.1 การทดสอบเครื่องยนต์ 40

4.2 การทดสอบเทอร์โบชาร์จเจอร์ 42

4.3 การทดสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์ 44

บทที่ 5 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ 49

5.1 ผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะคงตัว 49

5.2 ผลการทดสอบเทอร์โบชาร์จเจอร์ 53

5.3 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม..... 55
แบบจำลองกับผลการทดสอบเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จดีเซล

บทที่ 6 บทสรุป ปัญหาที่พบ และข้อเสนอแนะ 64

6.1 บทสรุป 64

6.2 ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ 65

รายการอ้างอิง 66

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ข้อมูลดิบของการทดสอบเครื่องยนต์อีซูซุ รุ่น 4JA1L 68

ภาคผนวก ข ข้อมูลดิบของการทดสอบเทอร์โบชาร์จเจอร์ IHI รุ่น RH5 ... 72

หน้า

ภาคผนวก ค ข้อมูลสำหรับป้อนเข้าโปรแกรมแบบจำลอง 75
Filling and Emptying

ภาคผนวก ง โปรแกรมแบบจำลองไอเสีย..... 83

ภาคผนวก จ รายละเอียดของเครื่องยนต์อีซูซุ 4JA1L 89

ภาคผนวก ฉ รายละเอียดของน้ำมันดาลเท็กซ์ เพาเวอร์ ดีเซล 0.05 93

ภาคผนวก ฌ ผลคำนวณสมรรถนะจากการทดสอบเครื่องยนต์อีซูซุ 95
รุ่น 4JA1L

ภาคผนวก ญ ผลการคำนวณความดันและอุณหภูมิในวัฏจักร 99
จากโปรแกรมแบบจำลอง Filling and Emptying

ภาคผนวก ฐ มาตรฐานการทดสอบเครื่องยนต์ SAE J1349 137

ภาคผนวก ฒ มาตรฐานการทดสอบเทอร์โบชาร์จเจอร์ SAE J1826 149

ประวัติผู้วิจัย 158

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการ เปรียบเทียบผลการทดสอบกับค่าที่คำนวณ 6
โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (สภาวะอากาศเทียบจากระดับน้ำทะเล
ความเร็วรอบ 2100 rev/min)

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลของเทอร์โบชาร์จเจอร์ 33

ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลของเอนจินไดนาโมมิเตอร์ 33

ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลอุปกรณ์วิเคราะห์ควันดำ 36

ตารางที่ 3.4 แสดงข้อมูลอุปกรณ์วัดความเร็วรอบ 38

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่า BMEP จากการคำนวณกับ ... 55
จากการทดสอบ ณ ความเร็วรอบต่างๆ (ภาระ 100%)

ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่า bsfc จากการคำนวณกับ 55
จากการทดสอบ ณ ความเร็วรอบต่างๆ (ภาระ 100%)

ตารางที่ 5.3 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่า Power จากการคำนวณ ... 56
กับจากการทดสอบ ณ ความเร็วรอบต่างๆ (ภาระ 100%)

ตารางที่ 5.4 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่า Fuel mass flow จากการ 56
คำนวณกับจากการทดสอบ ณ ความเร็วรอบต่างๆ (ภาระ 100%)

ตารางที่ 5.5 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่า Air fuel ratio จากการ 57
คำนวณกับ จากการทดสอบ ณ ความเร็วรอบต่างๆ (ภาระ 100%)

ตารางที่ 5.6 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าควันดำจากวิธีการต่างๆ 61
(ภาระ 50%)

ตารางที่ 5.7 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าควันดำจากวิธีการต่างๆ 61
(ภาระ 100%)

หน้า

ตาราง ก.1	ข้อมูลการทดสอบเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จดีเซลอีซูซุ ..... รุ่น 4JA1L	69
ตาราง ข.1	ข้อมูลการทดสอบคอมเพรสเซอร์ของเทอร์โบชาร์จเจอร์ ..... IHI รุ่น RHF 5	73
ตาราง ข.2	ข้อมูลการทดสอบเทอร์ไบน์ของเทอร์โบชาร์จเจอร์ ..... IHI รุ่น RHF 5	74
ตาราง ฌ.1	ตารางแสดงผลการคำนวณสมรรถนะเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จ ... ดีเซลอีซูซุ 4JA1L	96

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบผลการคำนวณกับผลการทดสอบที่สภาวะคงตัว 4

รูปที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบผลการคำนวณกับผลการทดสอบจากผลของ 5
การเพิ่มภาระสูงอย่างรวดเร็ว

รูปที่ 2.3 แสดงผลของจังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีต่อสมรรถนะของ 5
เครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จดีเซลที่สภาวะคงตัว

รูปที่ 2.4 แผนภูมิของระบบเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จดีเซล 6

รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะความสัมพันธ์ของกระบอกสูบ ลูกสูบ ก้านสูบ 10
และเพลาข้อเหวี่ยง

รูปที่ 2.6 แสดงพื้นที่ขณะวาล์วไอเสียและวาล์วไอดี ต่อมุมเพลาข้อเหวี่ยงของ 12

รูปที่ 2.7 แสดงไดอะแกรมแบบจำลอง Filling and Emptying 18

รูปที่ 2.8 แสดงหลักการทำงานเบื้องต้นของไดนาโมมิเตอร์ 19

รูปที่ 2.9 สมรรถนะของเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จดีเซลขนาด 14 ลิตร 6 สูบ 22
เทอร์โบชาร์จดีเซล 2 เสตจ ห้องเผาไหม้แบบฉีดตรง ที่ความเร็วรอบต่างๆ
ภาระ 100%

รูปที่ 2.10 แสดง Performance Map เซนตริฟิวกอลคอมเพรสเซอร์ของ 26
เทอร์โบชาร์จเจอร์

รูปที่ 2.11 ฟังก์ชันในรูปแบบของแผ่นเรียบที่ประดิษฐ์ขึ้นโดยวิธีถดถอย 29
แบบหลายเชิงจากข้อมูล Y ที่ขึ้นอยู่กับตัวแปรต้น X_1 และ X_2

รูปที่ 2.12 แผนผังแบบจำลองการหาดวันด้าของเครื่องยนต์ 31

รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของเทอร์โบชาร์จเจอร์ 32

รูปที่ 3.2 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิง 34

รูปที่ 3.3 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ 35

หน้า

รูปที่ 3.4 แสดงเครื่องเป่าลม 36

รูปที่ 3.5 แสดงเทอร์โมคับเปิ้ล 37

รูปที่ 3.6 แสดงระบบวัดอัตราการไหลโดยใช้แผ่นออริฟิส ชนิด D,D/2 tapping 38

รูปที่ 3.7 แสดงอุปกรณ์วัดความเร็วรอบ 39

รูปที่ 3.8 แสดงมานอมิเตอร์ชนิดเอียง 39

รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงการทดสอบเครื่องยนต์ 41

รูปที่ 4.2 Test Matrix บนแกนความเร็วรอบกับภาระของเครื่องยนต์ 42

รูปที่ 4.3 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆในการทดสอบเทอร์โบชาร์จเจอร์ 42

รูปที่ 4.4 แผนภูมิแสดงการทดสอบเทอร์โบชาร์จเจอร์ 45

รูปที่ 4.5 ตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อการเกิดควันดำในเครื่องยนต์ดีเซล 47

รูปที่ 4.6 แสดง Exhaust Smoke Correlation 48

รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะต่อความเร็วรอบ 50
ที่ภาระ 100 %

รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะต่อความเร็วรอบที่ ภาระ 50%..... 52

รูปที่ 5.3 แสดงแผนภูมิคอมเพรสเซอร์ของเทอร์โบชาร์จเจอร์ IHI รุ่น RHF 5 53

รูปที่ 5.4 แสดงแผนภูมิเทอร์ไบน์ของเทอร์โบชาร์จเจอร์ IHI รุ่น RHF 5 54

รูปที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะและค่าไอเสียระหว่างการคำนวณ 58
กับการทดสอบที่สภาวะคงตัว ณ ความเร็วรอบต่างๆ (ภาระ 100 %)

รูปที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าควันดำจากการวัดและ การคำนวณ 61
ที่สภาวะคงตัว ณ ความเร็วรอบต่างๆ (ภาระ 50 %)

รูปที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบค่าควันดำจากการวัดและ การคำนวณ 61
ที่สภาวะคงตัว ณ ความเร็วรอบต่างๆ (ภาระ 100 %)

หน้า

รูปที่ ญ.1 แสดงการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที ... 100
(ภาระ 50%)

รูปที่ ญ.2 แสดงการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที ... 103
(ภาระ 50%)

รูปที่ ญ.3 แสดงการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 2500 รอบต่อนาที ... 106
(ภาระ 50%)

รูปที่ ญ.4 แสดงการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที ... 108
(ภาระ 50%)

รูปที่ ญ.5 แสดงการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 3800 รอบต่อนาที ... 111
(ภาระ 50%)

รูปที่ ญ.6 แสดงการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 4000 รอบต่อนาที ... 114
(ภาระ 50%)

รูปที่ ญ.7 แสดงการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที ... 117
(ภาระ 100%)

รูปที่ ญ.8 แสดงการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที ... 120
(ภาระ 100%)

รูปที่ ญ.9 แสดงการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 2500 รอบต่อนาที ... 123
(ภาระ 100%)

รูปที่ ญ.10 แสดงการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที ... 126
(ภาระ 100%)

รูปที่ ญ.11 แสดงการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 3800 รอบต่อนาที ... 129
(ภาระ 100%)

รูปที่ ญ.12 แสดงการคำนวณช่วงคาบเปิดที่ความเร็วรอบ 4000 รอบต่อนาที ... 132
(ภาระ 100%)

หน้า

รูปที่ ญ.13 Initialization Calculation ที่ความเร็วรอบ 3800 รอบต่อนาที 135
(ภาระ 100%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์

A	พื้นที่
AFR	อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง
A_t	พื้นที่ทางเข้าของเทอร์ไบน์
BMEP	ความดันเบรคประสิทธิผลเฉลี่ย
CA	มุมเพลาข้อเหวี่ยง
EVC	วาล์วไอเสียปิด
EVO	วาล์วไอเสียเปิด
IMEP	ความดันอินดิเคตประสิทธิผลเฉลี่ย
I_e	โมเมนต์ความเฉื่อยของเครื่องยนต์
IVC	วาล์วไอดีปิด
IVO	วาล์วไอดีเปิด
m	มวล
$\dot{m}$	อัตราการไหลเชิงมวล
m_f	ปริมาณการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง
NE	ความเร็วรอบเครื่องยนต์
N_{tc}	ความเร็วรอบเทอร์โบชาร์จเจอร์
P	ความดัน
P_{back}	ความดันย้อนกลับ
P_{boost}	ความดันบูส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

P_{exm}	ความดันแมนิโฟลด์ไอเสีย
P_{inm}	ความดันแมนิโฟลด์ไอดี
R	ค่าคงที่ของก๊าซ
T	อุณหภูมิ
T_{amb}	อุณหภูมิสภาวะแวดล้อม
T_{exm}	อุณหภูมิแมนิโฟลด์ไอเสีย
T_{inm}	อุณหภูมิแมนิโฟลด์ไอดี
U	พลังงานภายใน
V	ปริมาตร
V_{sw}	ปริมาตรกวาดกระบอกสูบ
V_{cl}	ปริมาตรเบียดกระบอกสูบ
V_m	ความเร็วลูกสูบเฉลี่ย
W	งาน

อักษรกรีก

η	ประสิทธิภาพ
θ	มุมเพลาข้อเหวี่ยง
π	3.141592
ρ	ความหนาแน่น
μ	สัมประสิทธิ์ความหนืดเชิงจลน์
γ	อัตราส่วนความร้อนจำเพาะ
ω	ความเร็วเชิงมุม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อักษรกำกับล่าง

a	อากาศ
amb	บรรยากาศ
c	คอมเพรสเซอร์
cyl	กระบอกสูบ
e	เครื่องยนต์
ex	ไอเสีย
exm	แมนิโฟลด์ไอเสีย
g	ก๊าซ
inm	แมนิโฟลด์ไอดี
t	เทอร์ไบน์
t/c	เทอร์โบชาร์จเจอร์
w	ผนังกระบอกสูบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำศัพท์

การกำจัดไปข้างหน้า	Forward Elimination
การทดสอบสภาวะคงตัว	Steady State Test
การแทนค่าย้อนกลับ	Back Substitution
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อระยะทาง	Temperature Gradient
การเพิ่มภาระชั่วขณะ	Instantaneous Load
การไล่ไอเสีย	Scavenge Period
การหาสหสัมพันธ์พีชคณิต	Algebraic Correlation
การไหลแบบหนึ่งมิติ	One Dimension Flow
แก๊สสมบูรณ์	Perfect Gas
ควันดำ	Black Smoke
ความดันประสิทธิผลเฉลี่ย	Mean Effective Pressure
ความดันประสิทธิผลเฉลี่ยอินดิเคต	Indicated Mean Effective Pressure
ความเร็วลูกสูบเฉลี่ย	Mean Piston Speed
เครื่องจักรกลของไหล	Turbo Machine
เครื่องเป่าลม	Blower
เชิงเส้น	Linear
ไดนาโมมิเตอร์	Dynamometer
ตัวแทนความยาว	Representative Length
ถังร่วมกับออริฟิส	Tank and Orifice
ทฤษฎีการถดถอยแบบหลายเชิงชนิดเชิงเส้น	Multiple Linear Regression Method
น้ำมันแดง	Red Oil
แบบจำลองแบบบริเวณเดี่ยว	Single Zone Model
ประตูระบาย	Waste Gate
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน	Thermal Efficiency
พารามิเตอร์ของอัตราการไหลเชิงมวล	Mass Flow Parameter
มานอมิเตอร์ชนิดเอียง	Incline Manometer
ระบบเทอร์โมไดนามิกเปิดกึ่งคงตัว	Quasi - Steady Open Thermodynamic Systems
ระบบเปิด	Open System

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระเบียบวิธีการกำจัดแบบเกาส์	Gauss Elimination Method
ระเบียบวิธีของรุงเง-คุตตาอันดับที่4	Forth Order Runge - Kutta Method
แรงบิดเบรก และกำลังเบรก	Brake Torque and Brake Power
สภาวะกึ่งคงตัว	Quasi Steady
สภาวะเต็มที่	Full Load
สภาวะไม่มีภาระ	No Load
สภาวะสัมพันธ์	Correlation
ออริฟิสชนิดแผ่น	Orifice Plate
อัตราการบริโภคเชื้อเพลิง	Fuel Consumption
อัตราการบริโภคเชื้อเพลิงจำเพาะ	Specific Fuel Consumption
อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยความถี่	Inverter
เอกพันธ์	Homogeneous
เอนทาลปีหยุดนิ่ง	Stagnation Enthalpy

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย