

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญ	๗
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญภาพ	๗
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ต
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ปัญหาและที่มาของโครงการ	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	7
1.4 ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัย	8
1.5 ขอบเขตการวิจัย	8
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	9
2.1 ไบโอมิเทน	9
2.1.1 นิยาม	9
2.1.2 ข้อดีของไบโอมิเทน	11
2.2 เครื่องยนต์สันดาปภายใน	13
2.2.1 หลักการเบื้องต้นของเครื่องยนต์สันดาปภายในและวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน	13
2.2.2 การทดสอบเครื่องยนต์จุดประกายไฟ	15
2.2.3 ชนิดของเครื่องวัดกำลังม้าเบรก (Break Horse-Power Measurement)	17
2.2.4 การวัดกำลังม้าเบรกเครื่องยนต์และประสิทธิภาพทางความร้อน	19
2.2.5 การปล่อยมลพิษจากเครื่องยนต์	23

2.2.6 การทดสอบ Dynamometer Test	24
2.2.7 หลักการปรับแต่งการจ่ายเชื้อเพลิง	24
2.2.8 หลักการปรับแต่งองศาจุดระเบิดล่วงหน้า	26
บทที่ 3 วิธีการและเครื่องมือในการดำเนินงานวิจัย	27
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ	27
3.1.1 รถยนต์สำหรับทดสอบ	27
3.1.2 อุปกรณ์วัดกำลังและแรงบิด	28
3.1.3 อุปกรณ์ตวงวัด	30
3.1.4 โหลดเซลล์ (Load cell)	30
3.1.5 กล่องอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมที่สามารถปรับแต่งค่าได้ (After market ECU)	31
3.1.6 อุปกรณ์วัดค่าอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง (A/F meter)	31
3.1.7 อุปกรณ์วัดองศาจุดระเบิด (Timing Light)	32
3.1.8 เทอร์โมมิเตอร์	33
3.1.9 โปรแกรมเพื่อการปรับแต่งข้อมูล	33
3.1.10 ถังแก๊ส NGV	33
3.2 การจัดเตรียมเครื่องยนต์และแท่นทดสอบไดนาโมมิเตอร์	34
3.2.1 การติดตั้งกล่องอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมที่ปรับตั้งค่าได้	34
3.2.2 การติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง	35
3.2.3 ทำการนำรถยนต์ตั้งบนแท่นไดนาโมมิเตอร์	35
3.2.4 ทดลองเดินเครื่องยนต์	35
3.3 การจัดเตรียมเชื้อเพลิง	35
3.4 การดำเนินการทดสอบเพื่อเก็บข้อมูล	36
3.4.1 การทดสอบหาสมรรถนะเครื่องยนต์โดยไม่มีการเปลี่ยนกล่องอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม	36
3.4.1.1 การทดสอบหาสมรรถนะสูงสุด	36
3.4.1.2 การทดสอบหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	36
3.4.1.3 การทดสอบมลพิษในไอเสีย	37
3.4.2 การทดสอบหาสมรรถนะเครื่องยนต์โดยมีการเปลี่ยนกล่องอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม	40
3.4.2.1 ผลจากการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง	40

3.4.2.2 การหาองศาจุดระเบิดที่เหมาะสมโดยการปรับเปลี่ยนองศาจุดระเบิดล่วงหน้า	40
3.4.2.3 การทดสอบเพื่อหาสมรรถนะสูงสุดของเครื่องยนต์	41
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล	42
4.1 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	42
4.1.1 ผลการทดสอบสมรรถนะสูงสุดของเครื่องยนต์โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	42
4.1.1.1 การทดสอบเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 91 E10	42
4.1.1.2 การทดสอบเชื้อเพลิง NGV	43
4.1.1.3 การทดสอบเชื้อเพลิง CBG 90% methane by vol.	44
4.1.1.4 การทดสอบเชื้อเพลิง CBG 85% methane by vol.	47
4.1.1.5 การทดสอบเชื้อเพลิง CBG 83% methane by vol.	48
4.1.2 การเปรียบเทียบสมรรถนะสูงสุดของเครื่องยนต์โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	50
4.1.2.1 การเปรียบเทียบกำลังของเครื่องยนต์	50
4.1.2.2 การเปรียบเทียบแรงบิดของเครื่องยนต์	51
4.1.3 ผลการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์	52
4.1.4 ผลการทดสอบมลพิษในไอเสียรถยนต์	53
4.2 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ที่มีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	54
4.2.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยการปรับเปลี่ยนส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง	54
4.2.1.1 การทดสอบเชื้อเพลิง CBG-85 ที่อัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ 0.80	54
4.2.1.2 การทดสอบเชื้อเพลิง CBG-85 ที่อัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ 0.85	55
4.2.1.3 การทดสอบเชื้อเพลิง CBG-85 ที่อัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ 0.90	56
4.2.1.4 การทดสอบเชื้อเพลิง CBG-85 ที่อัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ 0.95	57
4.2.1.5 การทดสอบเชื้อเพลิง CBG-85 ที่อัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ 1.00	58
4.2.1.6 การทดสอบเชื้อเพลิง CBG-85 ที่อัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ 1.05	59
4.2.2 การทดสอบหาองศาจุดระเบิดที่ส่งผลดีที่สุดต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์	64
4.2.3 ผลการทดสอบสมรรถนะสูงสุดของเครื่องยนต์ที่มีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	65

4.2.3.1 การทดสอบเชื้อเพลิง Gasohol 91 E10	65
4.2.3.2 การทดสอบเชื้อเพลิง NGV	66
4.2.3.3 การทดสอบเชื้อเพลิง CBG 90% methane by vol.	67
4.2.3.4 การทดสอบเชื้อเพลิง CBG 85% methane by vol.	68
4.2.3.5 การทดสอบเชื้อเพลิง CBG 83% methane by vol.	69
4.3 การเปรียบเทียบสมรรถนะสูงสุดของเครื่องยนต์ระหว่างมีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์และไม่มีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	70
4.3.1 การทดสอบเชื้อเพลิง Gasohol 91 E10	70
4.3.2 การทดสอบเชื้อเพลิง NGV	71
4.3.3 การทดสอบเชื้อเพลิง CBG 90% methane by vol.	72
4.3.4 การทดสอบเชื้อเพลิง CBG 85% methane by vol.	73
4.3.5 การทดสอบเชื้อเพลิง CBG 83% methane by vol.	74
4.4 การเปรียบเทียบสมรรถนะสูงสุดของเครื่องยนต์ระหว่างการใช้อุปกรณ์ควบคุมเดิมกับเชื้อเพลิง Gasohol 91 E10 และการใช้อุปกรณ์ควบคุมใหม่กับเชื้อเพลิงชนิดแก๊ส	76
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ	79
5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย	79
5.1.1 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	79
5.1.1.1 ผลการทดสอบสมรรถนะสูงสุดของเครื่องยนต์โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	79
5.1.1.2 ผลการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	80
5.1.1.3 ผลการทดสอบมลพิษในไอเสียรถยนต์	80
5.1.2 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ที่มีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	81
5.1.2.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยการปรับเปลี่ยนส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง	81
5.1.2.2 การทดสอบหาองศาจุดระเบิดที่ส่งผลดีที่สุดต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์	83
5.1.3 การเปรียบเทียบสมรรถนะสูงสุดของเครื่องยนต์ระหว่างมีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์และไม่มีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	84

5.1.4 การเปรียบเทียบสมรรถนะสูงสุดของเครื่องยนต์ระหว่างการใช้กล่องควบคุมเดิม กับเชื้อเพลิง Gasohol 91 E10 และการใช้กล่องควบคุมใหม่กับเชื้อเพลิงชนิดแก๊ส	84
5.2 ข้อเสนอแนะ	84
บรรณานุกรม	85
ภาคผนวก	87
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณ	88
ภาคผนวก ข การใช้โปรแกรมควบคุมกล่องอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมเครื่องยนต์	89
ภาคผนวก ค รายละเอียดและรูปภาพรถยนต์ที่ใช้ทดสอบ	97
ภาคผนวก ง ระบบการต่อสายไฟกล่องควบคุมกับอุปกรณ์ของเครื่องยนต์	101
ภาคผนวก จ ข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์	104
ภาคผนวก ฉ ค่าวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ	111
ประวัติผู้เขียน	113

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 มาตรฐานสากลของก๊าซธรรมชาติที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน	10
2.2 ข้อกำหนดและวิธีการทดสอบตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน	11
2.3 ปัจจัยการปล่อยมลพิษของการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ในยานยนต์	12
2.4 อัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงต่ออากาศที่เหมาะสม	26
3.1 รายละเอียดเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ	27
3.2 รายละเอียดไคนาโมมิเตอร์	28
3.3 รายละเอียดไคนาโมมิเตอร์แบบลูกกลิ้ง	29
3.4 สัญลักษณ์ของเชื้อเพลิงในการทดสอบ	36
4.1 สรุปกำลังและแรงบิดสูงสุดที่ได้จากการทดสอบรถยนต์ด้วยกล่อง ECU เดิมที่ติดมาพร้อมกับรถยนต์	48
4.2 สรุปกำลังและแรงบิดที่ได้จากการทดสอบรถยนต์ด้วยกล่อง ECU เดิมที่ติดมาพร้อมกับรถยนต์และเปรียบเทียบผลต่างสมรรถนะจากการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 91 E10	51
4.3 แสดงผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์	52
4.4 แสดงราคาเชื้อเพลิงต่อระยะทางหนึ่งหน่วยกิโลเมตร	53
4.5 แสดงมลพิษในไอเสียที่วัดได้กับกล่อง ECU จากโรงงานที่ติดมาพร้อมกับรถยนต์	54
4.6 แสดงมาตรฐานมลพิษในไอเสีย (EURO 3)	54
4.7 แสดงมุมมองสาจุระเปิดที่รอบเครื่องยนต์ต่างๆด้วยเชื้อเพลิง CBG-85	55
4.8 แสดงผลสมรรถนะของเครื่องยนต์จากการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง	61
4.9 แสดงองศาจุระเปิดช่วงหน้าที่ยรอบเครื่องยนต์ต่างๆโดยภาระที่ล้นเร่ง 25%	62
4.10 แสดงองศาจุระเปิดช่วงหน้าที่ยรอบเครื่องยนต์ต่างๆโดยภาระที่ล้นเร่ง 50%	62
4.11 แสดงองศาจุระเปิดช่วงหน้าที่ยรอบเครื่องยนต์ต่างๆโดยภาระที่ล้นเร่ง 75%	62
4.12 แสดงองศาจุระเปิดช่วงหน้าที่ยรอบเครื่องยนต์ต่างๆโดยภาระที่ล้นเร่ง 100%	63

4.13 แสดงองศาจุดระเบิดที่รอบเครื่องยนต์ต่างๆ โดยภาระที่สิ้นเร่งต่างๆ	63
4.14 แสดงมุมมององศาจุดระเบิดที่รอบเครื่องยนต์ต่างๆด้วยเชื้อเพลิง Gasohol 91 E10	65
4.15 แสดงมุมมององศาจุดระเบิดที่รอบเครื่องยนต์ต่างๆด้วยเชื้อเพลิง NGV	66
4.16 แสดงมุมมององศาจุดระเบิดที่รอบเครื่องยนต์ต่างๆด้วยเชื้อเพลิง CBG-90	67
4.17 แสดงมุมมององศาจุดระเบิดที่รอบเครื่องยนต์ต่างๆด้วยเชื้อเพลิง CBG-85	68
4.18 แสดงมุมมององศาจุดระเบิดที่รอบเครื่องยนต์ต่างๆด้วยเชื้อเพลิง CBG-83	69
4.19 สรุปกำลังและแรงบิดที่ได้จากการทดสอบรถยนต์ด้วยไดนาโมมิเตอร์แบบตัวถังด้วย กล่อง ECU ที่ติดตั้งใหม่	70
4.20 สรุปกำลังและแรงบิดที่ได้จากการทดสอบรถยนต์ด้วยวิธี Chassis Dynamometer Test ด้วยกล่อง ECU ที่ติดตั้งใหม่	76
ค1 รายละเอียดรถยนต์	98
จ1 ผลกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	105
จ2 ผลแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	106
จ3 ผลกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์โดยมีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	107
จ4 ผลแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์โดยมีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	108
จ5 ผลกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์โดยมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง	109
จ6 ผลแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์โดยมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง	110
ฉ1 คำวิสัยอุปกรณ์ต่างๆ	112

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
2.1 จำนวนแหล่งผลิตก๊าซชีวภาพที่กระจายในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย	12
2.2 แสดงวัฏจักรการทำงานเครื่องยนต์สันดาปภายใน 4 จังหวะ	15
2.3 การทดสอบเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยหัวเทียนที่ความเร็วเปลี่ยน เมื่อลิ้นเร่งเปิดเต็ม	16
2.4 การทดสอบเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยหัวเทียนที่ความเร็วคงที่ และลิ้นเร่งที่ตำแหน่งต่างๆ	17
2.5 ทรานสมิสชันไดนาโมมิเตอร์	19
2.6 ชุดอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ	20
2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงปริมาตรกับเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ	22
2.8 มลพิษที่เกิดจากเครื่องยนต์	23
3.1 รถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ	28
3.2 ไดนาโมมิเตอร์แบบจับคัมล้อ	29
3.3 ไดนาโมมิเตอร์แบบลูกกลิ้ง	29
3.4 อุปกรณ์ตวงวัด	29
3.5 โหลดเซลล์	30
3.6 กล่องอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมใหม่	31
3.7 อุปกรณ์วัดค่าอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง	31
3.8 อุปกรณ์วัดคงสาจุดระเบิด	32
3.9 เทอร์โมมิเตอร์	33
3.10 โปรแกรมเพื่อการปรับแต่งข้อมูล	33
3.11 ถังแก๊ส NGV	34
3.12 รูปแบบการทดสอบการขับขี่ในเมือง	37
3.13 รูปแบบการทดสอบแบบขับขึ้นนอกเมือง	37
3.14 การทดสอบวัดค่ามลพิษที่กรมควบคุมมลพิษ	38
3.15 หน้าต่างการรับข้อมูลและบันทึกผลของการทดสอบหามลพิษ	38
3.16 การติดตั้งเครื่องมือเพื่อทำการวัดมลพิษ	39

4.1 กราฟแสดงผลการทดสอบทดสอบกำลังและแรงบิด แปรผันตามรอบเครื่องยนต์ โดยใช้แก๊สโซฮอล์ 91 E10 เป็นเชื้อเพลิง	43
4.2 กราฟแสดงผลการทดสอบทดสอบกำลังและแรงบิด แปรผันตามรอบเครื่องยนต์ โดยใช้ NGV เป็นเชื้อเพลิง	44
4.3 กราฟแสดงผลการทดสอบทดสอบกำลังและแรงบิด แปรผันตามรอบเครื่องยนต์ โดยใช้ CBG-90 เป็นเชื้อเพลิง	45
4.4 กราฟแสดงผลการทดสอบทดสอบกำลังและแรงบิด แปรผันตามรอบเครื่องยนต์ โดยใช้ CBG-85 เป็นเชื้อเพลิง	46
4.5 กราฟแสดงผลการทดสอบทดสอบกำลังและแรงบิด แปรผันตามรอบเครื่องยนต์ โดยใช้ CBG-83 เป็นเชื้อเพลิง	47
4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลัง แปรผันตามรอบเครื่องยนต์โดยใช้ เชื้อเพลิงทั้ง 5 ชนิด	49
4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบแรงบิด แปรผันตามรอบเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงทั้ง 5 ชนิด	50
4.8 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์โดยเชื้อเพลิง CBG-85 ที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อ เพลิงสัมพัทธ์ 0.80	55
4.9 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์โดยเชื้อเพลิง CBG-85 ที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อ เพลิงสัมพัทธ์ 0.85	56
4.10 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์โดยเชื้อเพลิง CBG-85 ที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อ เพลิงสัมพัทธ์ 0.90	57
4.11 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์โดยเชื้อเพลิง CBG-85 ที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อ เพลิงสัมพัทธ์ 0.95	58
4.12 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์โดยเชื้อเพลิง CBG-85 ที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อ เพลิงสัมพัทธ์ 1.00	59
4.13 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์โดยเชื้อเพลิง CBG-85 ที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อ เพลิงสัมพัทธ์ 1.05	60
4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศสัมพัทธ์	61
4.15 แสดงข้อมูลองศาจุดระเบิดล่วงหน้าที่เหมาะสมที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์และภาระที่เดิน เร่งตำแหน่งต่างๆ	64
4.16 ผลการทดสอบสมรรถนะสูงสุดโดย Gasohol 91 E10 เป็นเชื้อเพลิงด้วยกล่อง ECU ใหม่	65
4.17 ผลการทดสอบสมรรถนะสูงสุดโดย NGV เป็นเชื้อเพลิงด้วยกล่อง ECU ใหม่	66

4.18 ผลการทดสอบสมรรถนะสูงสุดโดย CBG-90 เป็นเชื้อเพลิงด้วยกล่อง ECU ใหม่	67
4.19 ผลการทดสอบสมรรถนะสูงสุดโดย CBG-85 เป็นเชื้อเพลิงด้วยกล่อง ECU ใหม่	68
4.20 ผลการทดสอบสมรรถนะสูงสุดโดย CBG-83 เป็นเชื้อเพลิงด้วยกล่อง ECU ใหม่	69
4.21 การเปรียบเทียบโดย Gasohol 91 E10 เป็นเชื้อเพลิงด้วยกล่อง ECU ใหม่	71
4.22 การเปรียบเทียบโดย NGV เป็นเชื้อเพลิงด้วยกล่อง ECU ใหม่	72
4.23 การเปรียบเทียบโดย CBG-90 เป็นเชื้อเพลิงด้วยกล่อง ECU ใหม่	73
4.24 การเปรียบเทียบโดย CBG-85 เป็นเชื้อเพลิงด้วยกล่อง ECU ใหม่	74
4.25 การเปรียบเทียบโดย CBG-83 เป็นเชื้อเพลิงด้วยกล่อง ECU ใหม่	75
4.26 ผลการเปรียบเทียบแรงบิด	77
4.27 ผลการเปรียบเทียบกำลัง	78
5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบเครื่องยนต์และกำลังสูงสุด โดยการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง	82
5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบเครื่องยนต์และแรงบิดสูงสุด โดยการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง	82
ข1 การตั้งค่าเบื้องต้นสำหรับการทำงานของเครื่องยนต์	90
ข2 ข้อมูลระบบจ่าย	91
ข3 ข้อมูลระบบจุดระเบิด	91
ข4 ข้อมูลระบบการจ่ายเชื้อเพลิง	92
ข5 ข้อมูลการเพิ่มเติมฟังก์ชั่น	92
ข6 การเลือกสัญญาณขาออก	93
ข7 ตั้งค่าฟังก์ชั่นขาออก	93
ข8 การตั้งค่าลิ้นเร่ง	94
ข9 หน้าต่างการป้อนข้อมูลปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงแบบตาราง	94
ข10 หน้าต่างการป้อนข้อมูลปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงแบบ 2 และ 3 มิติ	95
ข11 หน้าต่างการป้อนปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงชดเชย	95
ข12 หน้าต่างการป้อนข้อมูลองศาจุดระเบิดเพลิงแบบตาราง	96
ข13 หน้าต่างการลือกรอบเครื่องยนต์	96
ค1 รถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ	99
ค2 ไฟแสดงการใช้ระบบก๊าซ	99
ค3 ไฟแสดงการใช้ระบบน้ำมันเบนซิน	99

ค4 ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด	99
ค5 จุดเติมก๊าซบริเวณฝากระโปรงหน้า	99
ค6 ถังกรองสกปรก อิเล็กทรอนิกส์ ECU	100
ค7 เกจความดันขนาดใหญ่	100
ค8 ลิ้นเปิด-ปิดอัตโนมัติ 2 ตัว	100
ง1 ระบบการต่อสายไฟกล่องควบคุมกับอุปกรณ์ของเครื่องยนต์ปลั๊กที่ 1	102
ง2 ระบบการต่อสายไฟกล่องควบคุมกับอุปกรณ์ของเครื่องยนต์ปลั๊กที่ 2	103

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย
AFR	อัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง
Bar	ความดันบรรยากาศ
BDC	จุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงมาต่ำสุด
CBG	ก๊าซไบโอมีเทนอัด
CBG-83	ก๊าซไบโอมีเทนอัดที่ร้อยละมีเทน 83 โดยปริมาตร
CBG-85	ก๊าซไบโอมีเทนอัดที่ร้อยละมีเทน 85 โดยปริมาตร
CBG-90	ก๊าซไบโอมีเทนอัดที่ร้อยละมีเทน 90 โดยปริมาตร
CH ₄	ก๊าซมีเทน
C ₂ H ₅ OH	เอทานอล
C ₃ H ₈	โพรเพน
C ₈ H ₁₅	น้ำมันก๊าดโซลีน
CNG	ก๊าซธรรมชาติอัด
CO	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
CO ₂	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
d	ความโตของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของกระบอกสูบ
ECU	กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องยนต์
HC	ก๊าซไฮโดรคาร์บอน
hr	ชั่วโมง
H ₂ S	ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์
kg	กิโลกรัม
km	กิโลเมตร
kW	กิโลวัตต์

I	ลิตร
L	ระยะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น-ลงภายในกระบอกสูบ
LPG	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว
m ³	ลูกบาศก์เมตร
MJ	เมกะจูล
NGV	ก๊าซธรรมชาติสำหรับรถยนต์
NO _x	ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์
RNG	ก๊าซธรรมชาติแบบทดแทน
T	แรงบิด
TAP	อุปกรณ์ปรับจังหวะการจุดระเบิด
TDC	จุดสูงสุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่ไปถึง
USD	ดอลลาร์สหรัฐ
Va	ปริมาตรอากาศทั้งหมดที่เครื่องยนต์ต้องการในแต่ละวัฏจักร
Vf	ปริมาตรเชื้อเพลิงทั้งหมดที่เครื่องยนต์ต้องการในแต่ละวัฏจักร
Vc	ปริมาตรภายในกระบอกสูบในขณะที่ลูกสูบอยู่จุดสูงสุด
Vd	ปริมาตรที่อยู่ระหว่างจุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น-ลง
Vol.	ปริมาตร
Vt	ปริมาตรรวมภายในกระบอกสูบ
ε	อัตราส่วนกำลังอัด
λ	ส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงตามจริง ต่อ ส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงตามทฤษฎี