

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
ผลงานตอบรับการตีพิมพ์เผยแพร่จากวิทยานิพนธ์นี้	(8)
สารบัญ	(9)
รายการตาราง	(11)
รายการภาพประกอบ	(12)
ตัวย่อและสัญลักษณ์	(18)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 สถานการณ์การใช้น้ำมันดีเซลในประเทศไทย	2
1.3 สถานการณ์ปาล์มน้ำมันในประเทศไทย	3
1.4 การศึกษาใช้น้ำมันพืชเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ของต่างประเทศ	3
1.5 การศึกษาใช้น้ำมันพืชเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ของประเทศไทย	11
1.6 วัตถุประสงค์	12
1.7 สรุป	12
2. เครื่องยนต์ดีเซล น้ำมันดีเซลและน้ำมันปาล์ม	13
2.1 บทนำ	13
2.2 เครื่องยนต์ดีเซล	13
2.3 น้ำมันดีเซล	42
2.4 น้ำมันปาล์ม	55

3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดสอบ	66
3.1 บทนำ	66
3.2 วัสดุและอุปกรณ์	66
3.3 วิธีการทดสอบ	68
4. ผลการทดสอบ	73
4.1 บทนำ	73
4.2 ผลการทดสอบสมบัติที่สำคัญของน้ำมันปาล์ม และน้ำมันดีเซล	73
4.3 ผลการทดสอบเครื่องยนต์ในห้องปฏิบัติการ	75
4.4 ผลการทดสอบเครื่องยนต์ในสภาพการใช้งานจริง	105
5. บทวิจารณ์ และสรุปผล	108
5.1 บทนำ	108
5.2 สมบัติที่สำคัญของน้ำมันปาล์มเทียบกับน้ำมันดีเซล	108
5.3 สมรรถนะของเครื่องยนต์	113
5.4 การสึกหรอของเครื่องยนต์	116
5.5 สรุปผล	122
5.6 ข้อเสนอแนะ	123
บรรณานุกรม	124
ภาคผนวกที่	
1. ผลการชั่งน้ำหนักอุปกรณ์ของเครื่องยนต์	128
2. ผลการเดินเครื่องยนต์ในสภาพการใช้งาน	138
3. ผลทดสอบสมบัติน้ำมันดีเซล, น้ำมันปาล์ม และน้ำมันหล่อลื่น	143
4. ผลทดสอบเครื่องยนต์บนไดนาโมมิเตอร์	161
5. ผลการทดสอบเครื่องยนต์ในสภาพการใช้งานจริง	177
6. รายละเอียดวิธีการทดสอบ	180
ประวัติผู้เขียน	199

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า	
2.1	เปรียบเทียบเครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้าและเครื่องยนต์ดีเซลยี่ห้ออื่น	19
2.2	รายละเอียดของเครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้า รุ่น ET80 และ ET110	20
2.3	การแยกธาตุน้ำมันดิบ	42
2.4	สมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วนของน้ำมันดิบ	43
2.5	ข้อกำหนดน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว	44
2.6	เปรียบเทียบความหนืดโดยประมาณ	49
3.1	แบบฟอร์มบันทึกการใช้งานเครื่องยন্ত্রรหัส ET1101 และ ET1102	72
4.1	สมบัติที่สำคัญของน้ำมันดีเซล, น้ำมันปาล์มโอเลอิน และน้ำมันปาล์มดิบ	74
4.2	เปรียบเทียบผลการทดสอบสมบัติน้ำมัน	75
4.3	เวลาและพลังงานของเครื่องยนต์ในช่วง 500 ชั่วโมงแรก	94
4.4	เวลาและพลังงานจากการใช้งานเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันปาล์มดิบ	95
4.5	เวลาและพลังงานของเครื่องยนต์ในช่วง 500 ชั่วโมงที่สอง	103
4.6	เวลาและพลังงานของเครื่องยนต์ในช่วง 1,000 ชั่วโมง	104
4.7	เวลาและพลังงานของเครื่องยนต์ที่ 1,000 ชั่วโมงแรก และ 1,000 ชั่วโมงที่สอง	104
4.8	ปริมาณโลหะที่ปนในน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ที่ใช้งาน 100 และ 75 ชั่วโมง	106
5.1	เปรียบเทียบความหนืดและค่าความร้อนของน้ำมันพืชและน้ำมันดีเซล	112
5.2	ปริมาณหลงเหลือจากการระเหยตัวเผาไหม้ของน้ำมันดีเซลและน้ำมันปาล์ม	115
5.3	ระยะห่างปากแหวน ของเครื่องยนต์ที่อายุ 1,000 และ 2,000 ชั่วโมง	119
5.4	ระยะห่างปากแหวนของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบที่อายุ 500 ชั่วโมง	120
5.5	ระยะห่างปากแหวนของเครื่องยนต์ที่อายุ 1,000 และ 300 ชั่วโมง	121

รายการภาพประกอบ

รูปที่	หน้า
2.1	15
2.2	16
2.3	17
2.4	18
2.5	22
2.6	23
2.7	23
2.8	24
2.9	24
2.10	25
2.11	25
2.12	26
2.13(ก)	27
2.13(ข)	27
2.14	28
2.15	28
2.16	29
2.17	30
2.18	30
2.19	31
2.20	31
2.21	32
2.22(ก)	32
2.22(ข)	33

2.23	วงจรการทำงานของน้ำมันหล่อลื่น	34
2.24	ปั๊มน้ำมันหล่อลื่น	34
2.25	กรองน้ำมันหล่อลื่น	35
2.26	เกจคูแรงดันน้ำมันหล่อลื่น	35
2.27	ลินควบคุมแรงดันน้ำมันหล่อลื่น	36
2.28	การทำงานของหม้อน้ำรังผึ้ง	36
2.29	วงจรการทำงานของระบบน้ำมันเชื้อเพลิง	37
2.30	กรองน้ำมันเชื้อเพลิง	38
2.31	ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง	38
2.32	ชุดลูกปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง	39
2.33	การจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงของปั๊มน้ำมัน	39
2.34	การควบคุมปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงของปั๊มน้ำมัน	40
2.35	ลิ้นส่งน้ำมันเชื้อเพลิง	41
2.36	หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	41
2.37	การหาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิง โดยใช้ hydrometer	46
2.38	การทดสอบหาค่าความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิง	48
2.39	การหาค่ากากถ่านของน้ำมันเชื้อเพลิง	51
2.40	การหาค่าปริมาณน้ำและตะกอนของน้ำมันเชื้อเพลิง	51
2.41	การหาค่าอุณหภูมิจุดวาบไฟของน้ำมันเชื้อเพลิง	52
2.42	การหาค่าอุณหภูมิจุดกลั่นตัวของน้ำมันเชื้อเพลิง	53
2.43	การหาค่าความร้อนสูงของน้ำมันเชื้อเพลิง	54
2.44	น้ำมันปาล์มที่ได้จากผลปาล์มในขั้นตอนต่างๆ	57
2.45	ผลปาล์มที่จะการเก็บเกี่ยว	59
2.46	การสับทะลายปาล์มเป็นช่อกิ่ง	60
2.47	การลำเลียงช่อกิ่งด้วยสายพาน	60
2.48	การแยกผลปาล์มจากช่อกิ่งและขี้ผล	60
2.49	การลำเลียงผลปาล์มร่วง	61

2.50	การทอดผลปาล์ม	61
2.51	การถ่ายน้ำมันปาล์มดิบและผลปาล์มออกจากหม้อทอด	61
2.52	การหีบผลปาล์มแบบหีบรวม	62
2.53	น้ำมันปาล์มดิบ	62
2.54	กากปาล์ม	62
2.55	การลดกัมมัน้ำมันปาล์ม	63
2.56	การลดกรดน้ำมันปาล์ม	63
2.57	การฟอกสีน้ำมันปาล์ม	63
2.58	การกรองน้ำมันปาล์ม	64
2.59	การดูดกลืนน้ำมันปาล์ม	64
2.60	การกรองน้ำมันปาล์ม	64
2.61	การแยกไขมันด้วยวิธีความเย็น	65
2.62	การกรองน้ำมันปาล์มในขั้นคอนสเตรน	65
2.63	น้ำมันปาล์ม โอเลอินใช้ในการบริโภค	65
3.1	เครื่องยนต์รหัส ET1101 ติดตั้งบนรถไถเดินตาม	71
3.2	เครื่องยนต์รหัส ET1102 ติดตั้งบนรถอีแต่น	72
4.1(ก)	อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์ที่เริ่มต้น ภาระคงที่	77
4.1(ข)	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ที่เริ่มต้น ภาระคงที่	77
4.1(ค)	อุณหภูมิก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์ที่เริ่มต้น ภาระคงที่	77
4.1(ง)	ปริมาณควันดำในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์ที่เริ่มต้น ภาระคงที่	78
4.2(ก)	อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเครื่องยนต์ที่เริ่มต้น ภาระเปลี่ยนแปลง	78
4.2(ข)	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ที่เริ่มต้น ภาระเปลี่ยนแปลง	78
4.2(ค)	อุณหภูมิก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์ที่เริ่มต้น ภาระเปลี่ยนแปลง	79
4.2(ง)	ปริมาณควันดำในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์ที่เริ่มต้น ภาระเปลี่ยนแปลง	79
4.3(ก)	อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะหลังใช้งาน 500 ชั่วโมง ภาระคงที่	81
4.3(ข)	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนหลังใช้งาน 500 ชั่วโมง ภาระคงที่	81
4.3(ค)	อุณหภูมิก๊าซไอเสียหลังใช้งาน 500 ชั่วโมง ภาระคงที่	81

4.3(ง)	ปริมาณควันดำก๊าซไอเสียหลังใช้งาน 500 ชั่วโมง ภาระคงที่	82
4.4(ก)	อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะหลังใช้งาน 500 ชั่วโมง ภาระเปลี่ยนแปลง	82
4.4(ข)	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนหลังใช้งาน 500 ชั่วโมง ภาระเปลี่ยนแปลง	82
4.4(ค)	อุณหภูมิก๊าซไอเสียหลังใช้งาน 500 ชั่วโมง ภาระเปลี่ยนแปลง	83
4.4(ง)	ปริมาณควันดำก๊าซไอเสียหลังใช้งาน 500 ชั่วโมง ภาระเปลี่ยนแปลง	83
4.5(ก)	อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะหลังใช้งาน 1,000 ชั่วโมง ภาระคงที่	85
4.5(ข)	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนหลังใช้งาน 1,000 ชั่วโมง ภาระคงที่	85
4.5(ค)	อุณหภูมิก๊าซไอเสียหลังใช้งาน 1,000 ชั่วโมง ภาระคงที่	85
4.5(ง)	ปริมาณควันดำในก๊าซไอเสียหลังใช้งาน 1,000 ชั่วโมง ภาระคงที่	86
4.6(ก)	อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะหลังใช้งาน 1,000 ชั่วโมง ภาระเปลี่ยนแปลง	86
4.6(ข)	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนหลังใช้งาน 1,000 ชั่วโมง ภาระเปลี่ยนแปลง	86
4.6(ค)	อุณหภูมิก๊าซไอเสียหลังใช้งาน 1,000 ชั่วโมง ภาระเปลี่ยนแปลง	87
4.6(ง)	ปริมาณควันดำในก๊าซไอเสียหลังใช้งาน 1,000 ชั่วโมง ภาระเปลี่ยนแปลง	87
4.7(ก)	ปริมาณเหล็กในน้ำมันหล่อลื่นหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงแรก	89
4.7(ข)	ปริมาณตะกั่วในน้ำมันหล่อลื่นหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงแรก	89
4.7(ค)	ปริมาณโครเมียมในน้ำมันหล่อลื่นหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงแรก	90
4.7(ง)	ปริมาณอลูมิเนียมในน้ำมันหล่อลื่นหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงแรก	90
4.7(จ)	ปริมาณทองแดงในน้ำมันหล่อลื่นหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงแรก	90
4.7(ฉ)	ปริมาณซิลิกอนในน้ำมันหล่อลื่นหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงแรก	91
4.8(ก)	น้ำหนักอนุภาคที่ตกลงหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงแรก	91
4.8(ข)	น้ำหนักแหวนที่ตกลงหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงแรก	91
4.9(ก)	ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงแรก	92
4.9(ข)	ความเป็นด่างของน้ำมันหล่อลื่นหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงแรก	92
4.9(ค)	ความเป็นกรดของน้ำมันหล่อลื่นหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงแรก	93
4.10	แหวนลูกสูบเครื่องยนต์รหัส ET805	94
4.11	ลูกสูบเครื่องยนต์รหัส ET805 ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบ	95

4.12(ก)	น้ำหนักอุปกรณ์ที่ลดลงหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงของเครื่องยนต์รหัส ET805 และ ET803	96
4.12(ข)	น้ำหนักแหวนที่ลดลงหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงของเครื่องยนต์รหัส ET805 และ ET803	96
4.13(ก)	ปริมาณเหล็กในน้ำมันหล่อลื่นหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงที่สอง	98
4.13(ข)	ปริมาณตะกั่วในน้ำมันหล่อลื่นหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงที่สอง	99
4.13(ค)	ปริมาณโครเมียมในน้ำมันหล่อลื่นหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงที่สอง	99
4.13(ง)	ปริมาณอลูมิเนียมในน้ำมันหล่อลื่นหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงที่สอง	99
4.13(จ)	ปริมาณทองแดงในน้ำมันหล่อลื่นหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงที่สอง	100
4.13(ฉ)	ปริมาณซิลิกอนในน้ำมันเครื่องหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงที่สอง	100
4.14(ก)	น้ำหนักอุปกรณ์ที่ลดลงหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงที่สอง	100
4.14(ข)	น้ำหนักแหวนที่ลดลงหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงที่สอง	101
4.15(ก)	น้ำหนักอุปกรณ์ที่ลดลงหลังใช้งานในช่วง 1,000 ชั่วโมง	101
4.15(ข)	น้ำหนักแหวนที่ลดลงหลังใช้งานในช่วง 1,000 ชั่วโมง	101
4.16(ก)	ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงที่สอง	102
4.16(ข)	ความเป็นด่างของน้ำมันหล่อลื่นหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงที่สอง	102
4.16(ค)	ความเป็นกรดของน้ำมันเครื่องหลังใช้งานในช่วง 500 ชั่วโมงที่สอง	103
4.17(ก)	น้ำหนักอุปกรณ์ที่ลดลงหลังใช้งาน 1,000 ชั่วโมงแรกและ 1,000 ชั่วโมงที่สอง	105
4.17(ข)	น้ำหนักแหวนที่ลดลงหลังใช้งาน 1,000 ชั่วโมงแรกและ 1,000 ชั่วโมงที่สอง	105
4.18(ก)	น้ำหนักอุปกรณ์ที่ลดลงหลังใช้งาน 500 และ 300 ชั่วโมงของ ET801 และ ET1101	107
4.18(ข)	น้ำหนักแหวนที่ลดลงหลังใช้งาน 500 และ 300 ชั่วโมงของ ET801 และ ET1101	107
4.19	ฝาสูบเครื่องยนต์รหัส ET1101 หลังใช้งาน 300 ชั่วโมง	107
5.1(ก)	การกระจายตัวของน้ำมันดีเซล	110
5.1(ข)	การกระจายตัวของน้ำมันปาล์มโอเลอิน	111

5.2	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความหนืดของน้ำมันปาล์ม โอเลอิน และน้ำมันดีเซล	111
5.3	แสดงโครงสร้างการจับตัวกันระหว่างกลีเซอไรด์กับกรดไขมัน ภายในโมเลกุลของน้ำมันพืช	112
5.4	โครงสร้างโมเลกุลกรดไขมันของน้ำมันปาล์ม	113
5.5(ก)	อัตราการถ่ายเทความร้อนให้แก่กระบอกสูบของการเผาไหม้ น้ำมันดีเซล	116
5.5(ข)	อัตราการถ่ายเทความร้อนให้แก่กระบอกสูบของการเผาไหม้ น้ำมันเรพ	116
5.6	น้ำหนักแหวนที่ลดลงของเครื่องยนต์ ที่อายุ 1,000 และ 2,000 ชั่วโมง	119
5.7	น้ำหนักแหวนที่ลดลงของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปาล์มดิบที่อายุ 500 ชั่วโมง	120
5.8	ความสัมพันธ์ของระยะห่างปากแหวนและน้ำหนักที่ลดลงของแหวนอัดตัวที่ 2	120
5.9(ก)	ยางเหนียวและกากถ่านของการทดสอบที่ 1	121
5.9(ข)	ยางเหนียวและกากถ่านของการทดสอบที่ 2	121
5.10	น้ำหนักแหวนที่ลดลงของเครื่องยนต์ที่อายุ 1,000 ชั่วโมง และ 300 ชั่วโมง	121

ตัวย่อและสัญลักษณ์

2D500-1	= เครื่องยนต์เดินด้วยน้ำมันดีเซลที่ 500 ชั่วโมงช่วงที่หนึ่ง
2D500-2	= เครื่องยนต์เดินด้วยน้ำมันดีเซลที่ 500 ชั่วโมงช่วงที่สอง
2D1000	= เครื่องยนต์เดินด้วยน้ำมันดีเซลที่ 1000 ชั่วโมง
CPALM500	= เครื่องยนต์เดินด้วยน้ำมันปาล์มดิบที่ 500 ชั่วโมง
CP	= น้ำมันปาล์มดิบ
Comp ring	= แหวนอัด
D2, D	= น้ำมันดีเซล
ET801	= เครื่องยนต์ดีเซลรุ่น ET80 เครื่องที่ 1
ET802	= เครื่องยนต์ดีเซลรุ่น ET80 เครื่องที่ 2
ET803	= เครื่องยนต์ดีเซลรุ่น ET80 เครื่องที่ 3
ET805	= เครื่องยนต์ดีเซลรุ่น ET80 เครื่องที่ 5
ET1101	= เครื่องยนต์ดีเซลรุ่น ET110 เครื่องที่ 1
ET1102	= เครื่องยนต์ดีเซลรุ่น ET110 เครื่องที่ 2
OL, OLP, OP	= น้ำมันปาล์มโอเลอิน
PALM500-1	= เครื่องยนต์เดินด้วยน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 500 ชั่วโมงช่วงที่หนึ่ง
PALM500-2	= เครื่องยนต์เดินด้วยน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 500 ชั่วโมงช่วงที่สอง
PALM1000-1	= เครื่องยนต์เดินด้วยน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 1000 ชั่วโมงช่วงที่หนึ่ง
PALM1000-2	= เครื่องยนต์เดินด้วยน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 1000 ชั่วโมงช่วงที่สอง
PALM2000	= เครื่องยนต์เดินด้วยน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 2000 ชั่วโมง
PALM300	= เครื่องยนต์เดินด้วยน้ำมันปาล์มโอเลอินที่ 300 ชั่วโมง