

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพประกอบ	ด
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.1.1 ที่มาของการนำน้ำมันพืชมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล	1
1.1.2 ปัญหาและแนวทางการนำน้ำมันพืชมาใช้งาน	2
1.1.3 จุดมุ่งหมายของงานวิจัย	4
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	5
1.2.1 การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันพืช	5
1.2.2 การใช้น้ำมันพืชเดินเครื่องยนต์	7
1.2.3 การประเมินหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล โดยสมการถ่ายเทมวลเมื่อใช้น้ำมันพืชเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง	13
1.2.4 การทดสอบและการคำนวณหาอัตราการระเหยและ อัตราการเผาไหม้ของหยดทรงกลม	14
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	15
1.4 ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาวิจัย	15
1.5 ขอบเขตการวิจัย	16

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	17
2.1 การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันพืช	17
2.2 ทฤษฎีการถ่ายเทมวล	18
2.2.1 ความนำการถ่ายเทมวล	20
2.2.2 เลขถ่ายเทสปีด	20
2.2.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ	21
2.3 การพัฒนาการหาค่าตัวแปรไร้มิติในสมการถ่ายเทมวล	22
2.3.1 การประมาณค่าเลขเรย์โนลด์ส์	22
2.3.2 การประมาณเลขนัสเสล	25
2.4 อัตราการเผาไหม้หยดเชื้อเพลิง	26
2.5 การประเมินสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซล	26
2.6 การคำนวณหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล	28
2.6.1 อัตราการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล	28
2.6.2 อัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะต่อกำลังเบรค	28
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	29
3.1 การวัดคุณสมบัติน้ำมัน	29
3.1.1 การวัดความหนาแน่น	29
3.1.2 การวัดความหนืด	29
3.2 การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันพืช	29
3.2.1 กระบวนการลดปริมาณขางเหนียว	30
3.2.2 กระบวนการลดปริมาณกรดไขมันอิสระ	30
3.2.3 การลดความชื้น	30
3.3 การทดสอบหาอัตราการเผาไหม้จากแบบจำลองทรงกลม	30
3.3.1 อุปกรณ์การทดสอบหาอัตราการเผาไหม้	30
3.3.2 ลักษณะการทดสอบ	35
3.3.3 ค่าที่บันทึก	35
3.3.4 วิธีการทดสอบหาความเร็วในอุโมงค์ลม	35
3.3.5 วิธีการทดลองหาอัตราการเผาไหม้	37
3.3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์	37

3.4 การทดสอบหาสมรรถนะและไอเสียในเครื่องยนต์ดีเซล	39
3.4.1 อุปกรณ์ในการทดลองหาสมรรถนะและไอเสีย	39
3.4.2 ลักษณะการทดสอบ	44
3.4.3 ค่าที่บันทึก	45
3.4.4 วิธีการทดลอง	45
3.4.5 ขบวนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	46
3.4.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์	46
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล	48
4.1 ผลการทดสอบอัตราการเผาไหม้	48
4.1.1 อัตราการเผาไหม้ของน้ำมันปาล์ม	50
4.1.2 อัตราการเผาไหม้ของน้ำมันถั่วเหลือง	52
4.2 การเปรียบเทียบผลการคำนวณอัตราการเผาไหม้เทียบกับการทดสอบ	53
4.2.1 การเปรียบเทียบค่าอัตราการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซล	55
4.2.2 การเปรียบเทียบค่าอัตราการเผาไหม้ของน้ำมันปาล์ม	57
4.2.3 การเปรียบเทียบค่าอัตราการเผาไหม้ของน้ำมันถั่วเหลือง	58
4.3 ผลการทดสอบหาสมรรถนะและไอเสีย	59
4.3.1 ผลของความเร็วยรอบและภาระต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์	59
4.3.2 ผลของอุณหภูมิน้ำมันพืชต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยเปรียบเทียบ เทียบกับความเร็วยรอบของเครื่องยนต์ที่ภาระ 50%	61
4.3.3 ผลของอุณหภูมิน้ำมันพืชต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยเปรียบเทียบ เทียบกับภาระของเครื่องยนต์ที่ความเร็วยรอบ 2,400 รอบต่อนาที	63
4.3.4 ผลของความเร็วยรอบและภาระต่อไอเสีย	65
4.3.5 ผลของอุณหภูมิน้ำมันพืชต่อไอเสียโดยเปรียบเทียบ กับความเร็วยรอบของเครื่องยนต์ที่ภาระ 50%	69
4.3.6 ผลของอุณหภูมิน้ำมันพืชต่อไอเสียโดยเปรียบเทียบ กับภาระของเครื่องยนต์ที่ความเร็วยรอบ 2,400 รอบต่อนาที	74
4.4 การเปรียบเทียบผลการประเมินสมรรถนะเทียบกับการทดสอบ	78
4.4.1 การเปรียบเทียบค่าอัตราการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซล	78
4.4.2 การเปรียบเทียบค่าสัดส่วนอัตราการเผาไหม้ของน้ำมันปาล์ม	82

	และน้ำมันถั่วเหลืองค่อน้ำมันดีเซล	
	4.4.3 การเปรียบเทียบค่าสัดส่วนกำลังของน้ำมันปาล์ม	84
	และน้ำมันถั่วเหลืองค่อน้ำมันดีเซล	
บทที่ 5	สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ	86
	5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย	86
	5.2 ข้อเสนอแนะ	88
บรรณานุกรม		89
ภาคผนวก		
	ภาคผนวก ก คุณสมบัติน้ำมัน	95
	ภาคผนวก ข ข้อมูลทดสอบหาอัตราการเผาไหม้จากแบบจำลอง	99
	ภาคผนวก ค ข้อมูลของสมรรถนะและไอเสีย	102
	ค.1 ข้อมูลการคำนวณหาสมรรถนะ	103
	ค.2 ข้อมูลการทดสอบเครื่องยนต์	105
ประวัติผู้เขียน		112

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 ผลการทดสอบเครื่องยนต์	8
2.1 แสดงค่าเลขลิวอิส	25
3.1 สัดส่วนระยะของจุดสำหรับวัดความเร็วลมตามแบบ Log -- Techbycheff	36
3.2 รายละเอียดทางเทคนิคของเครื่องยนต์	39
3.3 รายละเอียดเครื่องวิเคราะห์ไอเสีย	44
ก.1 ความหนาแน่นน้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลือง	95
ก.2 ตารางคุณสมบัติน้ำมัน	97
ข.1 ผลการทดสอบและการคำนวณหาอัตราการเผาไหม้	99
ค.1 ข้อมูลการคำนวณหาตัวแปรต่างๆ	102
ค.2 ผลการคำนวณหาสัดส่วนต่างๆ	103
ค.3 ผลการทดสอบหาสมรรถนะและไอเสีย	104

สารบัญภาพประกอบ

รูป	หน้า
1.1 ผลการทดสอบการใช้น้ำมันปาล์มและน้ำมันดีเซล	10
1.2 ผลการทดสอบน้ำมันเรพส์ดีคและน้ำมันดีเซล	12
2.1 แบบจำลองการไหลเรย์โนลด์ส์สำหรับการถ่ายเทมวล	18
2.2 แบบจำลองการเผาไหม้หยดเชื้อเพลิงเหลว	19
3.1 ทรงกลมสำหรับใช้ทดสอบหาอัตราการเผาไหม้	31
3.2 ส่วนทดสอบหาอัตราการเผาไหม้	31
3.3 ส่วนประกอบอุโมงค์ลม	32
3.4 หลอดแก้ววัดปริมาตร	33
3.5 คาลอรีมิเตอร์ บันทึกลูกตุ้ม	34
3.6 Hot wire ใช้วัดความเร็วลม	34
3.7 อินเวอร์เตอร์	34
3.8 แสดงจุดที่วัดความเร็วลม	36
3.9 อุปกรณ์ทดสอบหาอัตราการเผาไหม้	38
3.10 การต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับเครื่องยนต์	40
3.11 ขดลวดความร้อน	40
3.12 ถังน้ำมันดีเซลและชุดถังน้ำมันพืช	41
3.13 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำ	42
3.14 อุปกรณ์วัดความเร็วรอบและนาฬิกาจับเวลา	42
3.15 เครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย	43
3.16 เครื่องวิเคราะห์ควันดำในไอเสีย	43
3.17 แผนภาพเครื่องยนต์ต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ	47
4.1 ผลของความเร็วลมต่ออัตราการเผาไหม้เปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซล น้ำมันปาล์ม และน้ำมันถั่วเหลือง	48
4.2 รูปของการทดสอบการเผาไหม้	49

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.3 ผลของความเร็วมต่ออัตราการเผาไหม้ของน้ำมันปาล์มเปรียบเทียบกับอุณหภูมิต่างๆ	50
4.4 ผลความเร็วมต่อส่วนต่างของอัตราการเผาไหม้ของน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 55-60°C โดยเทียบกับอุณหภูมิที่ 40°C	51
4.5 ผลของความเร็วมต่ออัตราการเผาไหม้ของน้ำมันถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับอุณหภูมิต่างๆ	52
4.6 ผลความเร็วมต่อค่าของเลขนัสเสล Nu^0 และ Nu^* ของน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 40-45°C	53
4.7 ผลของอุณหภูมิน้ำมันปาล์มต่อเลขนัสเสลที่ความเร็วม 1 เมตรต่อวินาที	54
4.8 ผลของความเร็วมต่ออัตราการเผาไหม้ระหว่าง m^0 กับ m^* ของน้ำมันดีเซล น้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลืองที่อุณหภูมิตั้งแต่ประมาณ 40-45°C	55
4.9 เปรียบเทียบอัตราการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซลที่ได้จากการทดสอบกับค่าจากการคำนวณระหว่าง m^0 กับ m^*	56
4.10 ผลต่างของอัตราเผาไหม้ของน้ำมันดีเซลระหว่างค่าการคำนวณระหว่าง m^0 และ m^* กับค่าจากการทดสอบ	56
4.11 ผลของอุณหภูมิต่อค่าอัตราการเผาไหม้ของน้ำมันปาล์มระหว่างสมการถ่ายเทมวลกับค่าจากการทดสอบที่ความเร็วม 1 เมตรต่อวินาที	57
4.12 ผลของอุณหภูมิต่อค่าอัตราการเผาไหม้ของน้ำมันถั่วเหลืองระหว่างสมการถ่ายเทมวลกับค่าจากการทดสอบที่ความเร็วม 1 เมตรต่อวินาที	58
4.13 ผลของความเร็วมของเครื่องยนต์ต่ออัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะเทียบกับกำลังเบรคที่ภาระ 50% ของกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ เปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซล น้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลือง	59
4.14 ผลของความเร็วมของเครื่องยนต์ต่ออัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะเทียบกับกำลังเบรคที่ภาระ 50% ของกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ เปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซล น้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลือง	60

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.15 ผลของอุณหภูมิน้ำมันปาล์มต่ออัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะเทียบกับกำลังเบรคที่ความเร็วต่างๆ และภาระ 50 % ของกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์	61
4.16 ผลของอุณหภูมิน้ำมันถั่วเหลืองต่ออัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะเทียบกับกำลังเบรคที่ความเร็วต่างๆ และภาระ 50 % ของกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์	62
4.17 ผลของอุณหภูมิน้ำมันปาล์มต่ออัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะเทียบกับกำลังเบรคที่ความเร็ว 2,400 รอบต่อนาทีและที่ภาระต่างๆ ของกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์	63
4.18 ผลของอุณหภูมิน้ำมันถั่วเหลืองต่ออัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะเทียบกับกำลังเบรคที่ความเร็ว 2,400 รอบต่อนาทีและที่ภาระต่างๆ ของกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์	64
4.19 ผลของความเร็วของเครื่องยนต์ต่อปริมาณไอเสีย ที่ภาระ 50% ของกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ เปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซล น้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลือง	66
4.20 ผลของภาระต่อปริมาณไอเสียที่ความเร็ว 2,400 รอบต่อนาที ของเครื่องยนต์ เปรียบเทียบระหว่างน้ำมันดีเซล น้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลือง	68
4.21 ผลของอุณหภูมิน้ำมันปาล์มต่อปริมาณไอเสียที่ความเร็วต่างๆ และภาระ 50 % ของกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์	70
4.22 ผลของอุณหภูมิน้ำมันถั่วเหลืองต่อปริมาณไอเสียที่ความเร็วต่างๆ และภาระ 50 % ของกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์	73
4.23 ผลของอุณหภูมิน้ำมันปาล์มต่อปริมาณไอเสียที่ความเร็ว 2,400 รอบต่อนาที และที่ภาระต่างๆ ของกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์	75
4.24 ผลของอุณหภูมิน้ำมันถั่วเหลืองต่อปริมาณไอเสียที่ความเร็ว 2,400 รอบต่อนาที และที่ภาระต่างๆ ของกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์	77
4.25 ผลของชนิดน้ำมันและสมการคำนวณหาขนาด SMD ต่อค่า SMD	79
4.26 ผลของอุณหภูมิน้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลืองต่อค่า SMD	79
4.27 ผลของชนิดน้ำมันต่ออัตราการใช้เชื้อเพลิง m^* ต่อ 1 หยคน้ำมัน	81
4.28 ผลของอุณหภูมิน้ำมันต่อสัดส่วนอัตราการใช้เชื้อเพลิงของน้ำมันปาล์มต่อน้ำมันดีเซล	81

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.29 ผลของอุณหภูมิน้ำมันปาล์มต่อสัดส่วนอัตราการใช้เชื้อเพลิงของน้ำมันปาล์มต่อ น้ำมันดีเซล โดยเปรียบเทียบค่าจากการทดสอบที่ภาระ 0% - 50% ของกำลังสูงสุด ที่ความเร็ว 900 – 2,400 รอบต่อนาที กับค่าจากการคำนวณ m^*	83
4.30 ผลของอุณหภูมิน้ำมันถั่วเหลืองต่อสัดส่วนอัตราการใช้เชื้อเพลิงของน้ำมันถั่วเหลือง ต่อ น้ำมันดีเซล โดยเปรียบเทียบค่าจากการทดสอบที่ภาระ 0% - 50% ของกำลังสูงสุด ที่ความเร็ว 900 – 2,400 รอบต่อนาที กับค่าจากการคำนวณ m^*	83
4.31 ผลของอุณหภูมิน้ำมันต่อสัดส่วนกำลังของน้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลืองต่อ น้ำมันดีเซล โดยเปรียบเทียบระหว่างค่าจาก P^0 และ P^*	84
4.32 เปรียบผลการคำนวณของงานวิจัยนี้และ ชิบคินทร์ แสงสว่าง (2543) สัดส่วนกำลังของน้ำมันปาล์มต่อน้ำมันดีเซล โดยงานวิจัยนี้ นำค่าสัดส่วนกำลังของ P^* และน้ำมันปาล์มมีอุณหภูมิ ประมาณ 40°C นำมาใช้ในการเปรียบเทียบ	85
ก.1 ผลของอุณหภูมิต่อความหนาแน่นของน้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลือง	96
ก.2 ผลของอุณหภูมิต่อความหนืดของน้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลือง	96

รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
B	เลขถ่ายเทสปัดดิง (Splading transfer number)	
Black smoke	ควันดำ	
BSFC	อัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะ (Brake specific fuel consumption)	
C_d	สัมประสิทธิ์การฉีด (Discharge coefficient)	Pa
C_o	ความร้อนจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิง	kJ/kg.C
C_p	ความร้อนจำเพาะของอากาศ	kJ/kg.K
CO	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	
d	ขนาดของทรงกลมหรือหยดน้ำมัน	m
g	ความนำการถ่ายเทมวล	
h_{fg}	ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของเชื้อเพลิง	kJ/kg
Hhv	ค่าความร้อนสูงของเชื้อเพลิง	kJ/kg
Le	เลขลิวอิส (Lewis number)	
m	อัตราการเผาไหม้หรืออัตราการใช้เชื้อเพลิง	g/s
m''	ฟลักซ์การถ่ายเทมวล	g/m ² .s
M	มวลโมเลกุลของน้ำมัน	
$m_{ox,G}$	อัตราส่วนมวลของออกซิเจนในอากาศ	
NO _x	ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์	
Nu	เลขนัสเสล (Nusselt number)	
P	กำลังเบรค	kW
Q	อัตราความร้อนจากการเผาไหม้	kW
R	สัดส่วนการใช้ออกซิเจนต่อเชื้อเพลิง (Stoichiometric oxygen / fuel ratio)	
Re	เลขเรย์โนลด์ส์ (Reynolds number)	
Sc	เลขชมิคท์ (Schmidt number)	
Sh	เลขเชอร์วูด (Sherwood number)	

SMD	เส้นผ่านศูนย์กลางมัชฌิมซอเทอร์ (Sauter mean diameter)	m
Spgr	ความถ่วงจำเพาะ	
t	อุณหภูมิ	°C
v	ความเร็ว	m/s
ΔP	ความแตกต่างของความดันฉีดเชื้อเพลิงและความดันในกระบอกสูบ	Pa
ν	ความหนืด (Kinematic viscosity)	m ² /s
ρ	ความหนาแน่น	kg/m ³
σ	แรงตึงผิว	N/m

ตัวกำกับบน

- o ค่าสมการทั่วไป
- * ค่าสมการที่เพิ่มเติม

ตัวกำกับล่าง

- bp จุดเดือดของน้ำมัน
- f น้ำมันเคลือบบาง (ฟิล์มน้ำมัน)
- g อากาศหรือก๊าซ
- ℓ น้ำมัน
- H การถ่ายเทความร้อน
- M การถ่ายเทมวล
- G สภาวะในชั้นก๊าซ
- ox ออกซิเจน
- d น้ำมันดีเซล
- v น้ำมันพืช