

บทที่ 7

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเผาไหม้และสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ชนิดห้องเผาไหม้ล่องหน้า เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลและเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือก(น้ำมันเตา 30 % ผสมกับน้ำมันเคโรซีน 70 %) โดยผลการเปรียบเทียบสามารถสรุปได้ดังนี้

7.1.1 สรุปผลการวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องยนต์

1. การใช้เชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกให้ค่าแรงบิดเบรกสูงสุดในแต่ละความเร็วรอบใกล้เคียงกับค่าแรงบิดสูงสุดที่ได้จากการใช้เชื้อเพลิงดีเซล โดยมีค่าแรงบิดเบรกต่างกันไม่เกิน ร้อยละ 2.50
2. เชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกมีอัตราสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะที่สูงกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ในทุกความเร็วรอบ 7.27 %
3. เชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงดีเซล โดยเชื้อเพลิงดีเซลมีค่าสูงกว่าเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือก -4.53 %
4. อุณหภูมิไอเสียจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซลทางเลือก มีค่าใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงดีเซล ทั้งที่สภาวะภาระสูง และ สภาวะภาระบางส่วน

7.1.2 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลความดัน

จากการทดสอบวัดข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 1400 rpm, 1800 rpm และ 2100 rpm สามารถสรุปค่าต่างๆได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 7-1 แสดงผลของความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด และปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร

จุดทำงาน	ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด (bar)			ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักร (mg/cycle)		
	ดีเซล	ดีเซล ทางเลือก	ความแตกต่าง	ดีเซล	ดีเซล ทางเลือก	ความแตกต่าง
1400 rpm, 10 Nm	78.83	78.27	-0.56	12.60	13.33	0.73
1400 rpm, 20 Nm	79.11	79.28	0.17	19.27	20.00	0.73
1400 rpm, 30 Nm	81.68	81.64	-0.04	27.24	28.42	1.18
1800 rpm, 10 Nm	74.07	73.64	-0.42	13.35	13.94	0.59
1800 rpm, 20 Nm	79.87	79.99	0.12	20.28	20.71	0.43
1800 rpm, 30 Nm	79.79	78.78	-1.01	27.57	28.21	0.64
2100 rpm, 10 Nm	71.81	71.53	-0.28	13.86	14.22	0.36
2100 rpm, 20 Nm	74.89	74.05	-0.84	20.23	20.90	0.67
2100 rpm, 30 Nm	76.22	74.99	-1.23	28.21	29.00	0.79

ตารางที่ 7-2 แสดงผลของอัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด และ Ignition delay

จุดทำงาน	อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุด (J/deg)			Ignition delay (ms)		
	ดีเซล	ดีเซล ทางเลือก	ความแตกต่าง	ดีเซล	ดีเซล ทางเลือก	ความแตกต่าง
1400 rpm, 10 Nm	44.52	34.61	-9.90	9.6	10.40	0.80
1400 rpm, 20 Nm	39.09	34.24	-4.85	9.6	10.80	1.20
1400 rpm, 30 Nm	42.64	35.98	-6.66	9.2	9.60	0.40
1800 rpm, 10 Nm	42.90	40.49	-2.41	9.2	10.40	1.20
1800 rpm, 20 Nm	47.12	39.64	-7.48	8.4	9.60	1.20
1800 rpm, 30 Nm	43.29	39.82	-3.47	9.2	9.60	0.40
2100 rpm, 10 Nm	30.03	30.47	0.44	10.0	10.00	0.00
2100 rpm, 20 Nm	35.12	33.07	-2.05	8.8	9.20	0.40
2100 rpm, 30 Nm	36.42	36.22	-0.20	7.6	8.40	0.80

ตารางที่ 7-3 แสดงผลของการปล่อยความร้อนสูงสุด และสัดส่วนของมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้

จุดทำงาน	การปล่อยความร้อนสูงสุด (J)			Xb max		
	ดีเซล	ดีเซล ทางเลือก	ความแตกต่าง	ดีเซล	ดีเซล ทางเลือก	ความแตกต่าง
1400 rpm, 10 Nm	320.400	322.590	2.19	0.560	0.550	-0.010
1400 rpm, 20 Nm	560.500	550.500	-10.00	0.640	0.610	-0.030
1400 rpm, 30 Nm	824.190	824.350	0.16	0.660	0.650	-0.010
1800 rpm, 10 Nm	380.170	365.740	-14.43	0.600	0.570	-0.030
1800 rpm, 20 Nm	587.160	584.830	-2.33	0.640	0.620	-0.020
1800 rpm, 30 Nm	877.910	857.220	-20.69	0.770	0.760	-0.010
2100 rpm, 10 Nm	375.530	378.600	3.07	0.600	0.590	-0.010
2100 rpm, 20 Nm	610.450	613.030	2.58	0.660	0.660	0.000
2100 rpm, 30 Nm	969.240	949.240	-20.00	0.740	0.720	-0.020

ตารางที่ 7-4 แสดงผลของ Burn Duration

จุดทำงาน	burn duration (CA)			burn duration (ms)		
	ดีเซล	ดีเซล ทางเลือก	ความแตกต่าง	ดีเซล	ดีเซล ทางเลือก	ความแตกต่าง
1400 rpm, 10 Nm	33.60	30.40	-3.20	4.00	3.62	-0.38
1400 rpm, 20 Nm	46.40	39.20	-7.20	5.52	4.67	-0.86
1400 rpm, 30 Nm	63.20	62.00	-1.20	7.52	7.38	-0.14
1800 rpm, 10 Nm	42.80	33.20	-9.60	3.96	3.07	-0.89
1800 rpm, 20 Nm	49.60	48.40	-1.20	4.59	4.48	-0.11
1800 rpm, 30 Nm	54.00	53.60	-0.40	5.00	4.96	-0.04
2100 rpm, 10 Nm	42.40	37.20	-5.20	3.37	2.95	-0.41
2100 rpm, 20 Nm	48.00	45.20	-2.80	3.81	3.59	-0.22
2100 rpm, 30 Nm	56.00	48.00	-8.00	4.44	3.81	-0.63

1. องศาการฉีดเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 0.4 °CA ที่ความเร็วรอบ 1400 rpm และ 1800 rpm และต่ำกว่า 1.2 °CA ที่ความเร็วรอบ 2100 rpm
2. ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงต่อวัฏจักรของเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงสูงกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ในช่วง 0.36 – 1.18 mg/cycle
3. ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดของเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกมีแนวโน้มน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ในช่วง 0.04 – 1.23 bar
4. ช่วงล่างข้างการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกมีช่วงล่างข้างที่ยาวกว่าเชื้อเพลิงดีเซลในช่วง 0.4 – 1.6 °CA
5. ช่วงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกมีแนวโน้มสั้นกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ในช่วง 0.4 – 9.6 °CA
6. อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกมีแนวโน้มน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซลในช่วง 0.2 – 9.9 J/deg
7. การปล่อยความร้อนสุทธิสูงสุดของเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซลในช่วง 0.16 – 20.69 J
8. สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้สูงสุดของเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซลในช่วง 0 – 0.03

7.1.3 สรุปผลการถ่ายภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้

จากการทดสอบวัดข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้ และการถ่ายภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีเซล ที่ความเร็วรอบ 1100 rpm และ 1200 rpm สามารถสรุปค่าต่างๆ ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 7-5 แสดงผลของ SOI EOI และ SOC เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล

Speed	T	SOI			EOI			SOC		
		Visualization	Pressure	Different	Visualization	Pressure	Different	Visualization	Pressure	Different
(rpm)	(Nm)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)
1100	10	-16	-16.4	0.4	-4	-5.2	1.2	-8.5	-8.4	0.1
1200	10	-15	-15.2	0.2	-4	-5.6	1.6	-8.5	-7.2	1.3

ตารางที่ 7-6 แสดงผล EOC Ignition delay และ Burn Duration เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล

Speed	T	Ignition delay			EOC			Burn Duration		
		Visualization	Pressure	Different	Visualization	Pressure	Different	Visualization	Pressure	Different
(rpm)	(Nm)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)
1100	10	7.5	8.0	0.5	25	24.4	0.6	33.5	32.8	0.7
1200	10	6.5	8.0	1.5	28	27.2	0.8	36.5	34.4	2.1

จากการทดสอบวัดข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้ และการถ่ายภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีเซลทางเล็ง ที่ความเร็วรอบ 1100 rpm และ 1200 rpm สามารถสรุปค่าต่างๆ ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 7-7 แสดงผลของ SOI EOI และ SOC เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลทางเลือก

Speed	T	SOI			EOI			SOC		
		Visualization	Pressure Data	Different	Visualization	Pressure Data	Different	Visualization	Pressure Data	Different
(rpm)	(Nm)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)
1100	10	-15.5	-15.2	0.3	-4.5	-4.8	0.3	-7	-7.6	0.6
1200	10	-14.5	-14.4	0.1	-5.2	-5.2	0.0	-7	-6.8	0.2

ตารางที่ 7-8 แสดงผล EOC Ignition delay และ Burn Duration เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลทางเลือก

Speed	T	Ignition delay			EOC			Burn Duration		
		Visualization	Pressure Data	Different	Visualization	Pressure Data	Different	Visualization	Pressure Data	Different
(rpm)	(Nm)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)	(CA)
1100	10	8.5	7.6	0.9	24.5	25.2	0.7	31.5	32.8	1.3
1200	10	7.5	7.6	0.1	25	26	1.0	32.0	32.8	0.8

- จุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงที่ได้จากข้อมูลความดันจะอยู่ที่เดียวกับจุดที่เริ่มเห็นการฉีดเชื้อเพลิงจากการถ่ายภาพแต่ข้อมูลที่ได้จะให้ค่าก่อนเล็กน้อย เนื่องจากการเก็บข้อมูลทั้งสองวิธีมีความถี่ไม่เท่ากัน
- จุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิงที่ได้จากข้อมูลความดันกับจุดที่เห็นเชื้อเพลิงสิ้นสุดการฉีดที่ได้จากการถ่ายภาพมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยโดยที่ได้จากข้อมูลความดันจะให้ค่าก่อนการถ่ายภาพประมาณ 1.2° CA ที่ความเร็ว 1100 rpm และ 1.6° CA ความเร็ว 1200 rpm

3. จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากข้อมูลความดันจะตรงกับจุดที่เห็น เปลวเพลิงจากการถ่ายภาพที่ความเร็วรอบ 1100 rpm แต่ทั้งสองจุดจะมีค่าต่างกันเล็กน้อยที่ความเร็วรอบ 1200 rpm
4. ช่วงล่าช้าของการจุดระเบิด จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ และช่วงเวลาในการเผาไหม้จะมีแนวโน้มเดียวกัน คือค่าที่ได้จากข้อมูลความดันจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการถ่ายภาพที่ความเร็วรอบ 1100 rpm และ จะมีค่าต่างกันเล็กน้อย ประมาณ $0.8-2.1^{\circ} \text{CA}$ โดยที่ค่าที่ได้จากข้อมูลความดันจะเกิดก่อน
5. สำหรับเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือก จุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิง จุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิง และจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ที่วัดได้จากข้อมูลความดัน และได้จากการถ่ายภาพมีค่าใกล้เคียงกันมากทั้งสองความเร็วรอบ ค่าที่ต่างกันอาจเกิดจากความถี่ในการเก็บข้อมูลของทั้งสองวิธีมีค่าต่างกัน
6. สำหรับเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือก ช่วงล่าช้าของการจุดระเบิด จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ และช่วงเวลาในการเผาไหม้ที่วัดได้จากข้อมูลความดันกับการถ่ายภาพจะมีค่าต่างกันเล็กน้อย โดยข้อมูลที่ได้จากข้อมูลความดันจะมีค่าช้ากว่าการถ่ายภาพซึ่งต่างจากข้อมูลของเชื้อเพลิงดีเซล

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกสามารถที่จะนำมาใช้ในงานเกษตรได้ เพราะคุณสมบัติที่แตกต่างระหว่างเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกกับเชื้อเพลิงดีเซลมีค่าเล็กน้อย และพฤติกรรมการเผาไหม้แตกต่างกันเล็กน้อย

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกเมื่อปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลานานจะทำให้เกิดตะกอนขึ้น ดังนั้นเมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกจะต้องทำการเดินเครื่องยนต์ด้วยน้ำมันดีเซลเพื่อป้องกันปัญหาการอุดตันที่ได้กรองและปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไป

1. ควรมีการศึกษาถึงสารเติมแต่ง (Additive) ที่ใช้ผสมกับเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกที่เหมาะสม เพื่อช่วยให้เชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกสามารถใช้ได้เป็นระยะเวลาเพิ่มขึ้น
2. ควรพิจารณาศึกษาผลขององศาการฉีดเชื้อเพลิง หรือความดันในการฉีด โดยการฉีดเชื้อเพลิงจะมีผลต่อตัวแปรการเผาไหม้ต่างๆ อาทิ ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด, ช่วงการเผาไหม้ และอัตราการปล่อยความร้อน เป็นต้น