บทที่ 7

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผล

จากผลการทดสอบพบว่าสามารถใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กชนิดห้องเผาไหม้ล่วงหน้า โดยใช้ Venturi mixer ทำหน้าที่ผสมเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพกับอากาศก่อนเข้าห้องเผาไหม้ ซึ่งสามารถลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลได้บางส่วนตั้งแต่ร้อยละ 36 ถึงร้อยละ 95 โดยอัตราส่วนของการใช้ก๊าซชีวภาพต่อน้ำมันดีเซลขึ้นอยู่กับภาระในการทำงานและความเร็วรอบของเครื่องยนต์

7.1.1 เปรียบเทียบผลระหว่างการใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซชีวภาพกับน้ำมันดีเซลต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์

7.1.1.1 การใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงคู่จะให้ค่าแรงบิดเบรกสูงสุดในแต่ละความเร็วรอบได้ใกล้เคียงกับค่าแรงบิดเบรกสูงสุดที่ได้จากการใช้น้ำมันดีเซล

7.1.1.2 ที่สภาวะภาระสูงสุด เมื่อใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงคู่พบว่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที พบว่าค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรวมจำเพาะมีค่าต่ำกว่าอยู่เล็กน้อย ดังนั้นจึงมีประสิทธิภาพสูงกว่า จุดนี้จึงเป็นจุดทำงานที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้งาน

7.1.1.3 ที่สภาวะภาระสูงสุดค่าอัตราส่วนสมมูลเชื้อเพลิงต่ออากาศเมื่อใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงคู่จะมีค่าสูง (ส่วนผสมหนา) กว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล แต่จะมีค่าใกล้เคียงกันที่ความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที

7.1.1.4 ที่สภาวะภาระบางส่วนเมื่อใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงคู่ค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลในทุกจุดทดสอบ โดยแตกต่างกันในช่วง 35-80 เปอร์เซ็นต์ในภาระต่ำและมีค่าเข้าใกล้กันในช่วงภาระสูง ดังนั้นประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานรวมจำเพาะเมื่อใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงคู่มีค่าต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซลที่ภาระต่ำ และมีค่าเข้าใกล้กันในช่วงภาระสูงเช่นกัน

7.1.1.5 อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุดเมื่อใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงคู่จะมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลขัดเจน และต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซลทุกจุดการทำงานของเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระบางส่วน

7.1.1.6 ค่าควันดำจากการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงคู่ต่ำกว่าค่าควันดำจากการใช้น้ำมันดีเซล

7.1.2 เปรียบเทียบผลจากการนำใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงคู่ มาใช้ในเครื่องยนต์อย่างต่อเนื่องภายใต้ภาระจำลอง

7.1.2.1 ค่าแรงบิดเบรกมีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดสอบความทนทานนาน 242 ชั่วโมง

7.1.2.2 อุณหภูมิไอเสียทั้งในช่วงและหลังผ่านการทดสอบความทนทานมีค่าต่ำลงเล็กน้อย

7.1.2.3 ค่าควันดำระหว่างการทดสอบความทนทานมีแนวโน้มต่ำลงตามอายุการใช้งานที่เพิ่มขึ้นและมีค่าต่ำกว่าค่าควันดำจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

7.1.3 ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น

7.1.3.1 ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงคู่มีค่าที่สูงขึ้นเล็กน้อยระหว่างการทดสอบความทนทาน

7.1.3.2 ปริมาณการเกิด ออกซิเดชัน ไนเตรชัน และซัลเฟชัน มีอัตราสูงขึ้นแต่อยู่ช่วงค่าที่กำหนดอาจสรุปได้ว่าการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงคู่ไม่พบผลกระทบต่อปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำมันหล่อลื่นแต่ไม่ชัดเจนนักเพราะมีสาเหตุมาจากการเติมน้ำมันเพิ่มขึ้นในปริมาณที่มากจึงทำให้ค่าคลาดเคลื่อนปริมาณโลหะเหล็ก โครเมียม ตะกั่ว อลูมิเนียม ทองแดง และซิลิกอนตกค้างในปริมาณที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่นที่สูงขึ้นเนื่องจากชิ้นส่วนที่สึกหรอ

7.1.3.3 ค่า TBN ของน้ำมันหล่อลื่นมีแนวโน้มลดลง

7.1.3.4 ไม่พบความแตกต่างของปริมาณสารเติมแต่งที่ชัดเจน

7.1.4 ผลการตรวจพินิจชิ้นส่วน

7.1.4.1 พบว่ามีอนุภาคสีขาวพอกอยู่ที่หน้าวาล์วไอดีและวาล์วไอเสีย, ด้านหน้าและด้านในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า, หัวฉีดและกระจายตามขอบฝาสูบเล็กน้อย

7.1.4.2 พบร่องรอยการสึกหรอบนก้านวาล์วไอดีและวาล์วไอเสีย เป็นการสึกหรอแบบยึดติด เนื่องจากขาดการหล่อลื่นมีลักษณะทำให้อุณหภูมิสูง

7.1.4.3 เกิดรอยความเสียหายที่ด้านหน้าของลูกสูบ ซึ่งมีรูปร่างและตำแหน่งตรงกับห้องเผาไหม้ล่วงหน้า

7.1.4.4 รูปร่างของ spray กว้างขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ spray ของหัวฉีดใหม่ เนื่องจากมีอนุภาคสีดำเกาะที่เข็มหัวฉีดแต่ไม่พบความแตกต่างของความดันการฉีดเชื้อเพลิง

7.1.4.5 ไม่พบความผิดปกติกับบ่าวาล์วไอดีและวาล์วไอเสีย, แบริ่งก้านสูบ, ผนังกระบอกสูบ

7.1.5 ผลการชั่งน้ำหนักชิ้นส่วน

1. น้ำหนักของแหวนลูกสูบลดลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับใช้น้ำมันดีเซลปกติ
2. ลูกสูบมีน้ำหนักลดลงเนื่องจากส่วนที่หายไปจากร่องรอยความเสียหาย
3. บุชก้านสูบมีน้ำหนักลดลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับใช้น้ำมันดีเซลปกติ เนื่องมากจากการหล่อลื่นทำให้เกิดการสึกหรอ
4. ไม่พบความแตกต่างของน้ำหนักชิ้นส่วนหัวฉีด, น้ำหนักชิ้นส่วนปั๊มเชื้อเพลิง

7.1.6 ผลความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

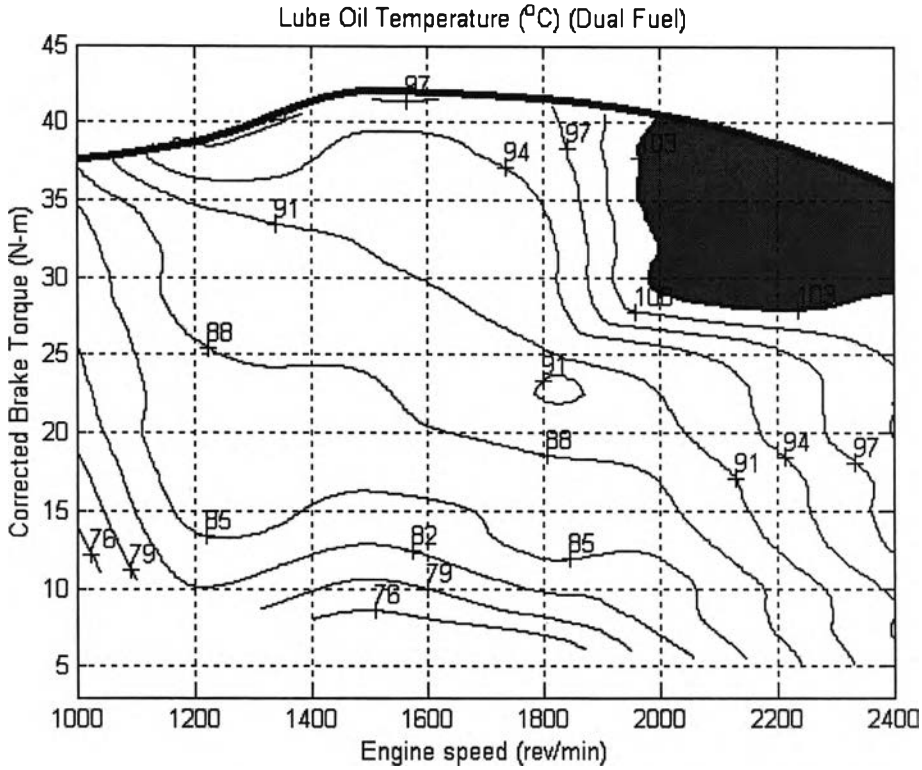
สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงลงได้ในปริมาณที่แตกต่างกันซึ่งอยู่ในช่วง 30-70 เปอร์เซ็นต์ โดยฉพาะที่ความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาทีมีค่าเชื้อเพลิงลดลงมากกว่าที่ความเร็วรอบอื่นๆ ที่กำลังของเครื่องยนต์เท่ากัน จึงเป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการใช้งานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่

7.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบ

ปัญหาที่พบระหว่างการทดสอบความทนทานคือปัญหาด้านภาระทางความร้อน ซึ่งส่งผลกระทบต่อลูกสูบและฝาสูบ ปัญหานี้เกิดขึ้นเมื่อทดสอบความทนทานที่ความเร็วรอบ 2400 รอบต่อนาที ที่ภาระ 9 กิโลวัตต์ อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น 103 องศาเซลเซียส (102 องศาเซลเซียสเมื่อใช้ดีเซล) เนื่องจากเมื่อใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงคู่อุณหภูมิในห้องเผาไหม้สูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล ดังนั้นจึงลดภาระทดสอบความทนทานมากระทำที่ 6.8 กิโลวัตต์ อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น 100 องศาเซลเซียส (99 องศาเซลเซียสเมื่อใช้ดีเซล) จึงสามารถทำการทดสอบต่อไปได้ แต่หลังจากผ่านไป 242 ชั่วโมงพบรอยความเสียหายที่ด้านหน้าลูกสูบ และทำการตรวจสอบข้อมูลน้ำมันหล่อลื่นพบว่ามีความผิดปกติตั้งแต่ชั่วโมงที่ 50 พบว่ามีการทดสอบในสภาวะภาระที่ 1 ระยะเวลา 6 ชั่วโมง จึงเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาดังที่ได้กล่าวในบทที่ 6 และปัญหาที่พบอีกอย่างคืออัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่นที่สูง ซึ่งเป็นสาเหตุต่อเนื่องกัน

7.3 ข้อเสนอแนะ

7.3.1 เนื่องจากปัญหาที่พบจึงแนะนำให้หลีกเลี่ยงจุดทำงาน (บริเวณพื้นที่สีแดง) แสดงในรูปที่ 7-1 (สำหรับเครื่องยนต์คูโบต้า RT120) บริเวณพื้นที่สีแดง



รูปที่ 7-1 แสดงแผนภูมิเปอร์เซ็นต์การแสดงค่า contour ของค่าเปอร์เซ็นต์คงที่ของอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น และตำแหน่งที่ควรหลีกเลี่ยงเมื่อเครื่องยนต์ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงคู่เป็นระยะเวลานาน

7.3.2 ก๊าซชีวภาพที่ใช้ในการทดสอบมีปริมาณมีเทนประมาณ 73 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 19 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร, ก๊าซไนโตรเจนประมาณ 6.5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร, ก๊าซออกซิเจนประมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรและก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ประมาณ 20 ppm ซึ่งสำหรับก๊าซชีวภาพจากแหล่งอื่นๆ อาจมีคุณสมบัติแตกต่างไปจากนี้อาจส่งผลต่อเครื่องยนต์ที่แตกต่างไป

7.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อเนื่อง

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการเสนอแนะและความคิดเห็นต่องานวิจัยที่จะพัฒนาต่อไปซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

7.4.1 เนื่องจากไม่ทราบแน่ชัดถึงรูปแบบการสึกหรอของชิ้นส่วน จึงควรวิเคราะห์ลักษณะรูปร่างของอณุภาคว่าเป็นการสึกหรอชนิดใด ทำให้ทราบที่มาของปัญหาชัดเจนขึ้นควรหลีกเลี่ยง

7.4.2 การทำงานช่วงภายในพื้นที่สีแดงเพราะเป็นช่วงที่เกิดปัญหาหากใช้เครื่องยนต์ทำงานเป็นเวลานาน ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น

7.4.3 ควรมีการทดสอบที่ระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นเพื่อความชัดเจนของผลกระทบที่เกิดขึ้น

7.4.4 ควรมีการศึกษาถึงสารปรุงแต่งของน้ำมันหล่อลื่นที่เหมาะสมกับเครื่องยนต์ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงคู่

7.4.5 ในงานวิจัยนี้ใช้น้ำมันหล่อลื่นเกรด SAE 40 API CF ควรมีการศึกษาผลของการใช้น้ำมันหล่อลื่นที่มีประสิทธิภาพสูงกว่ากับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซชีวภาพ