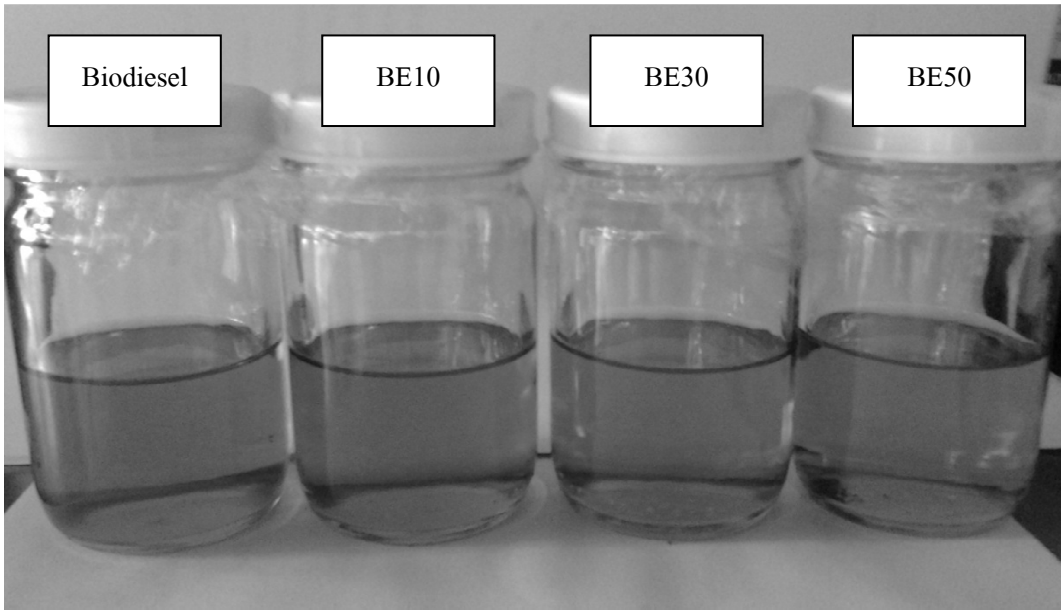
บทที่ 4 ผลการทดลอง

ในบทนี้จะนำเสนอผลการทดสอบเกี่ยวกับ สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเชื้อเพลิง สมรรถนะมลพิษและความดันภายในห้องเผาไหม้ที่เกิดขึ้นของเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมที่ใช้ไบโอดีเซลผสมเอทานอล เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีทั้งหมด 5 ตัวอย่าง คือ น้ำมันดีเซล (Diesel B5) น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว (Biodiesel) และน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วผสมเอทานอล 3 อัตราส่วนคือ ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว 90% เอทานอล 10% โดยปริมาตร (BE10) ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว 70% เอทานอล 30% โดยปริมาตร (BE30) และไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว 50% เอทานอล 50% โดยปริมาตร (BE50)

4.1 น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบและการทดสอบหาสมบัติทางกายภายและทางเคมี

ในการทดสอบสมรรถนะและมลพิษของเครื่องยนต์นั้น จำเป็นจะต้องทำการเตรียมน้ำมันเชื้อเพลิงและทำการหาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเชื้อเพลิง เพื่อใช้ในการทำนายสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยน้ำมันเชื้อเพลิงที่ทำการผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้แล้วนั้น แสดงดังรูปที่ 4.1 และสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันเชื้อเพลิงที่จะใช้ในการทดลอง แสดงดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง

จากรูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว และน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วผสมกับเอทานอลในอัตราส่วนต่างๆ โดยตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิปกติเป็นเวลา 9 เดือน พบว่าน้ำมันที่ผสมไม่เกิดการแยกชั้น และมีลักษณะใสไม่ขุ่น

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ

Properties	Standard	Diesel B5	Biodiesel	BE10	BE30	BE50	Ethanol
HHV* (kJ/kg)	ASTM D 5865	46,362.60	39,802.53	38,614.37	36,238.04	33,861.72	27,920.91
Viscosity@40^{o}C* (mm^2/s)	ASTM D 445	3.14	6.68	6.14	5.06	3.98	1.27
Density@40^{o}C* (kg/m^3)	ASTM D 1298	821.14	880.31	869.63	848.27	826.92	773.52
Cetane Index**	ASTM D-976-06	51.28	54.62	49.73	40.12	30.34	5.97
Carbon content* (%mass)	-	85.98	76.42	74.02	69.21	64.41	52.39
Hydrogen content* (%mass)		13.87	12.06	12.17	12.40	12.63	13.19
Oxygen content* (%mass)		0	11.48	13.77	18.36	22.95	34.42

หมายเหตุ *สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

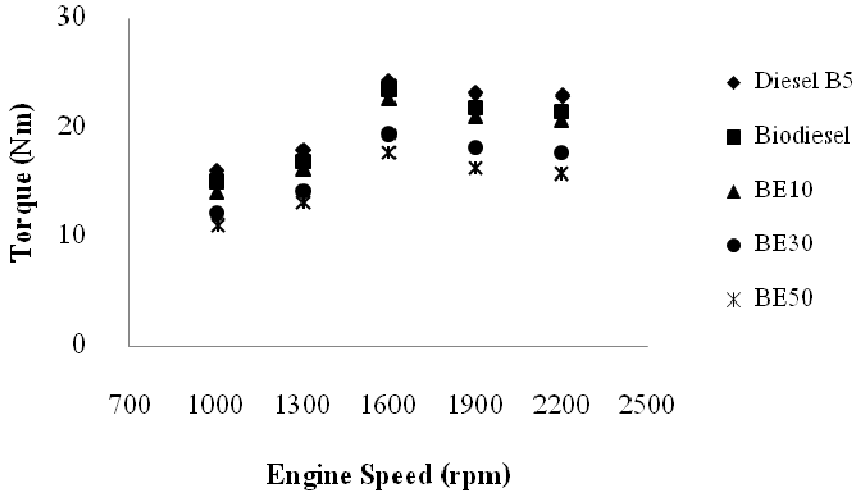
**ส่วนควบคุมคุณภาพคลังน้ำมันพระโขนง บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)

4.2 สมรรถนะของเครื่องยนต์

ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมที่ใช้ ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วผสมกับเอทานอล เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลนั้น จะต้องทำการรวบรวมข้อมูลโดยการวัดค่าต่างๆ เช่น แรงบิดของเครื่องยนต์ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ อัตราการใช้เชื้อเพลิง อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเครื่องยนต์ เป็นต้น ในขณะทำการทดลอง เพื่อนำไปคำนวนหาตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการทำนายสมรรถนะของเครื่องยนต์ ดังนี้

4.2.1 แรงบิดของเครื่องยนต์ (Torque)

แรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์จะบอกถึงขีดจำกัดการทำงานสูงสุดของเครื่องยนต์ที่สามารถให้กำลังออกมาได้ ซึ่งแรงบิดของเครื่องยนต์เมื่อใช้ น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วผสมกับเอทานอลตามอัตราส่วนต่างๆ เปรียบเทียบกับน้ำมันไบโอดีเซล และน้ำมันดีเซล แสดงดังรูปที่ 4.2

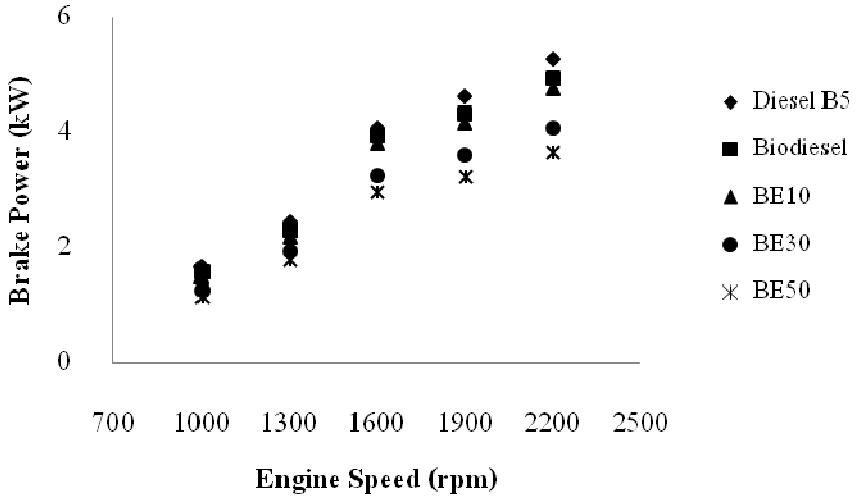


รูปที่ 4.2 แรงบิดของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,600 rpm แรงบิดของเครื่องยนต์ที่วัดได้มีค่าสูงสุดของทุกสัดส่วน น้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อเทียบกับแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบอื่นๆ โดยเมื่อใช้น้ำมันดีเซล (Diesel B5) สามารถวัดแรงบิดของเครื่องยนต์ได้ 24.83 N.m และเมื่อทำการทดลองโดยการเปลี่ยนน้ำมันเชื้อเพลิงเป็น น้ำมันไบโอดีเซล (Biodiesel) น้ำมันผสม BE10 BE30 และ BE50 สามารถวัดแรงบิดของเครื่องยนต์ได้ 24.02 N.m, 23.15 N.m, 19.85 N.m, และ 18.08 N.m ตามลำดับ ซึ่งแรงบิดของเครื่องยนต์ที่วัดได้ลดลง 3.26%, 6.77%, 20.14%, และ 27.18% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับแรงบิดของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล โดยแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ลดลงเป็นผลมาจากค่าความร้อนของน้ำมันไบโอดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอลอัตราส่วนต่างๆ ที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล

4.2.2 กำลังเพลาของเครื่องยนต์ (Brake Power)

กำลังเพลาของเครื่องยนต์คือกำลังที่วัดได้จากเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ ซึ่งวัดออกมาในรูปของแรงบิดและความเร็วรอบของเครื่องยนต์มาคำนวนตามสมการที่ 2.4 โดยกำลังเพลาของเครื่องยนต์เมื่อใช้ น้ำมันไบโอดีเซลผสมกับเอทานอลตามอัตราส่วนต่างๆ เปรียบเทียบกับน้ำมันไบโอดีเซล และน้ำมันดีเซล แสดงดังรูปที่ 4.3

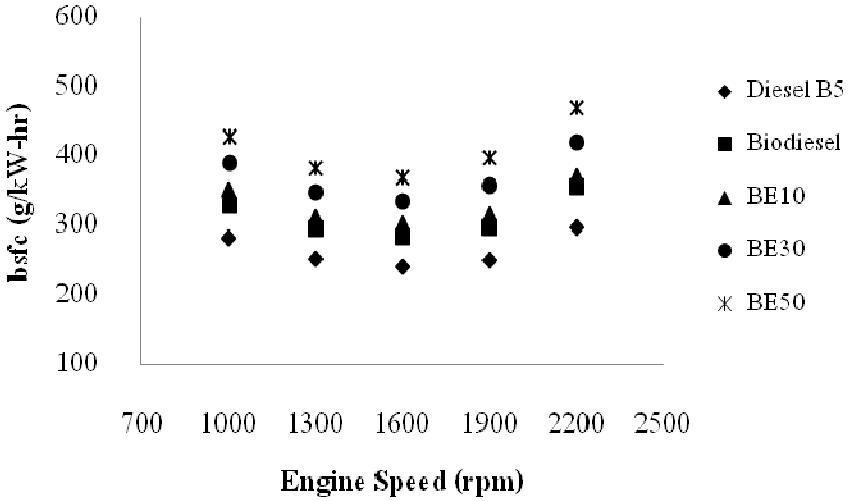


รูปที่ 4.3 กำลังเพลาของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าการใช้น้ำมันดีเซลให้กำลังเพลาของเครื่องยนต์มีค่าสูงสุด 5.29 kW ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,200 rpm และเมื่อเปลี่ยนน้ำมันเชื้อเพลิงเป็น น้ำมันไบโอดีเซล (B100) ให้กำลังเพลาสูงสุดเท่ากับ 4.96 kW ลดลง 6.24% น้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอล BE10 ให้กำลังเพลาสูงสุด เท่ากับ 4.76 kW ลดลง 10.02% BE30 ให้กำลังเพลาสูงสุดเท่ากับ 4.09 kW ลดลง 22.68% และ BE50 ให้กำลังเพลาสูงสุดเท่ากับ 3.66 kW ลดลง 30.81% เมื่อเทียบกับกำลังเพลาสูงสุดที่ได้จากการใช้น้ำมันดีเซล โดยค่าความร้อนของน้ำมันไบโอดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอลอัตราส่วนต่างๆ ที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้กำลังเพลาของเครื่องยนต์ลดลง

4.2.3 อัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะเบรค (Brake Specific Fuel Consumption)

อัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะกำลังเพลาได้จากการนำอัตราการใช้ของเชื้อเพลิง ซึ่งวัดโดยการจับเวลาเทียบกับมวลของน้ำมันที่หายไป 20 กรัม และกำลังเพลาของเครื่องยนต์ มาคำนวนตามสมการที่ 2.9 โดยอัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะกำลังเพลาของเครื่องยนต์เมื่อใช้ น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันผสมกับเอทานอลตามอัตราส่วนต่างๆ เปรียบเทียบกับน้ำมันไบโอดีเซล และน้ำมันดีเซล แสดงดังรูปที่ 4.4

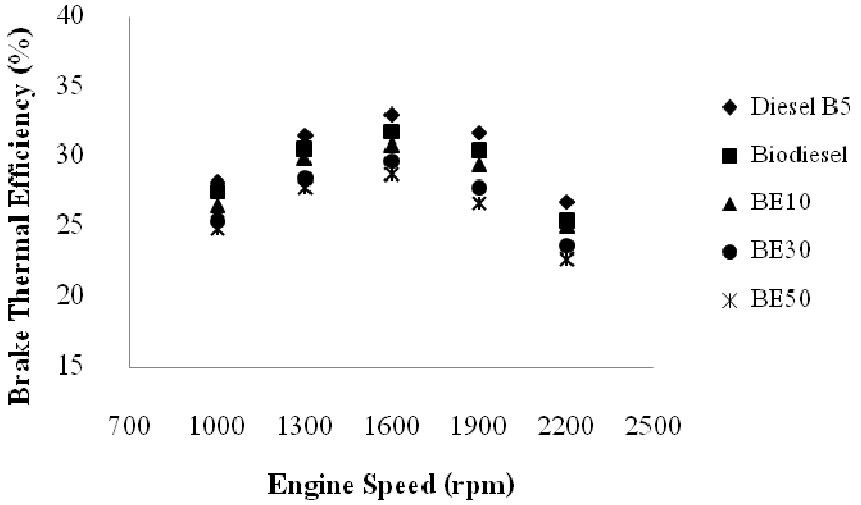


รูปที่ 4.4 อัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะกำลังเพลาของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ

จากรูปที่ 4.4 แสดงอัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะกำลังเพลาของเครื่องยนต์พบว่า ที่ความเร็วรอบ 1,600 rpm มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงต่ำสุดสอดคล้องกับแรงบิดของเครื่องยนต์ โดยมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะกำลังเพลาของน้ำมันดีเซล ต่ำสุดเท่ากับ 240.00 g/kW-hr โดยน้ำมันไบโอดีเซล น้ำมันผสม BE10 BE30 และ BE50 มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะกำลังเพลาเท่ากับ 284.03 g/kW-hr, 301.67 g/kW-hr, 334.29 g/kW-hr และ 368.73 g/kW-hr ตามลำดับ ซึ่งเพิ่มขึ้น 15.50%, 20.44%, 28.21% และ 34.91% ตามลำดับ เนื่องจากน้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอลมีค่าความร้อนที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลเป็นผลทำให้กำลังเพลาที่เครื่องยนต์ผลิตได้ลดลง กรอบกับความหนาแน่นของน้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอลมีค่ามากกว่าน้ำมันดีเซลจึงทำให้มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะกำลังเพลาสูงกว่าน้ำมันดีเซล

4.2.4 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนกำลังเพลา (Brake Thermal Efficiency)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนกำลังเพลาสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างงานที่ได้ต่อวัฏจักรกับพลังงานเชื้อเพลิงที่ใส่เข้าไปต่อวัฏจักร ตามสมการที่ 2.10 โดยประสิทธิภาพเชิงความร้อนกำลังเพลาของเครื่องยนต์เมื่อใช้ น้ำมันไบโอดีเซลผสมกับเอทานอลตามอัตราส่วนต่างๆ เปรียบเทียบกับน้ำมันไบโอดีเซล และน้ำมันดีเซล แสดงดังรูปที่ 4.5



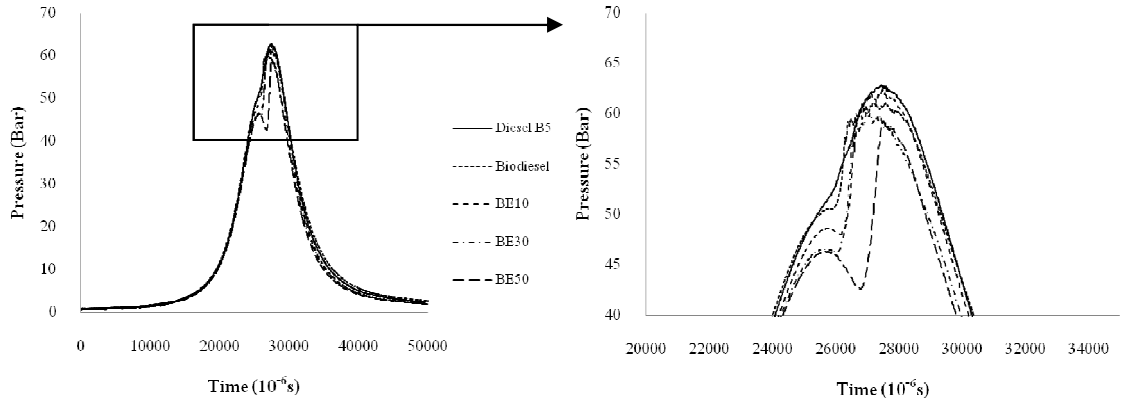
รูปที่ 4.5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนกำลังเพลาของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าน้ำมันดีเซลมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนกำลังเพลาสูงกว่าน้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอล โดยน้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซล น้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอล BE10, BE30 และ BE50 ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,600 rpm มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนกำลังเพลาสูงที่สุดเท่ากับ 33.07%, 31.85%, 30.91%, 29.72% และ 28.84% ตามลำดับ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,000 rpm มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนกำลังเพลาเท่ากับ 28.22%, 27.60%, 26.51%, 25.52% และ 24.92% ตามลำดับ และที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,200 rpm มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนกำลังเพลาเท่ากับ 26.82%, 25.53%, 25.14%, 23.72% และ 22.71% ตามลำดับ เนื่องจากน้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอล มีกำลังเพลาที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลและอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่สูงกว่าจึงทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนกำลังเพลาต่ำกว่าน้ำมันดีเซล

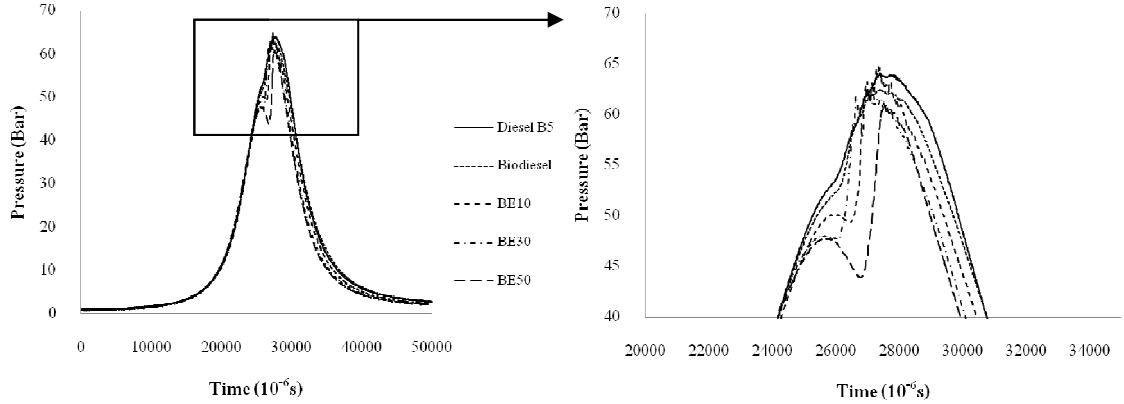
4.2.5 ความดันที่เกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้

ความดันที่เกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้เทียบกับเวลาหรือองศาการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง จะแสดงถึงลักษณะการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบ โดยขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นตามการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงจะทำให้อากาศภายในกระบอกสูบเกิดการอัดตัวความดันจึงเพิ่มขึ้น เมื่อเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้ามาภายในห้องเผาไหม้เกิดการจุดระเบิด และเผาไหม้กับอากาศภายในห้องเผาไหม้จะทำให้ความดันในกระบอกสูบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนมีค่าสูงสุดเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านจุดศูนย์ตายบนไประยะหนึ่ง จนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงสิ้นสุดลง และลูกสูบเคลื่อนที่ลงจากจุดศูนย์ตายบน ความดันภายในกระบอกสูบก็จะลดลงตามไปด้วย โดยความดันที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงภายในกระบอกสูบที่เกิดขึ้นนี้ทำให้เกิดเป็นกำลังของเครื่องยนต์

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องยนต์แบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมซึ่งมีห้องเผาไหม้หลักและห้องเผาไหม้ช่วย จึงทำการวัดความดันที่เกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้หลักและห้องเผาไหม้ช่วย ทำการทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm, 1,600 rpm และ 2,200 rpm ภาระงานเต็มที่ (Full Load) โดยผลการวัดความดันที่เกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้หลักและห้องเผาไหม้ช่วยแสดงดังรูปที่ 4.6 – 4.8



ก) ห้องเผาไหม้หลัก



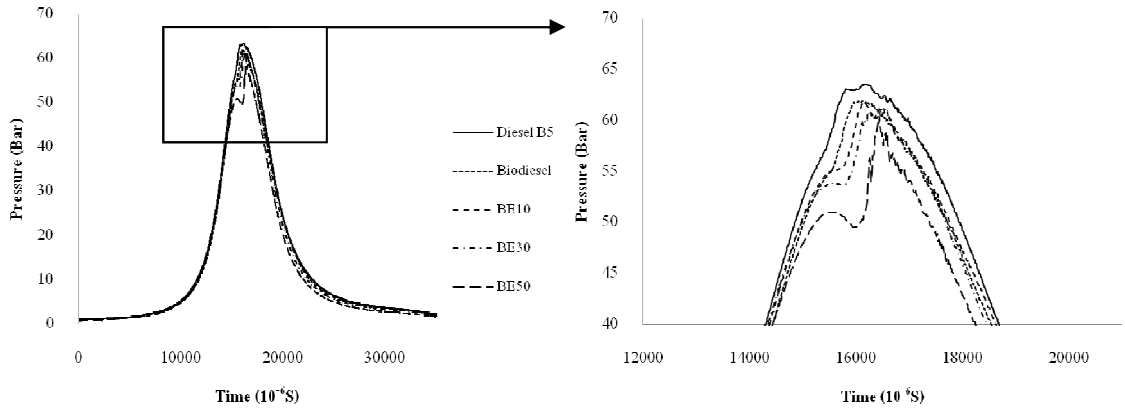
ข) ห้องเผาไหม้ช่วย

รูปที่ 4.6 ความดันที่เกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,000 rpm
ก) ห้องเผาไหม้หลัก ข) ห้องเผาไหม้ช่วย

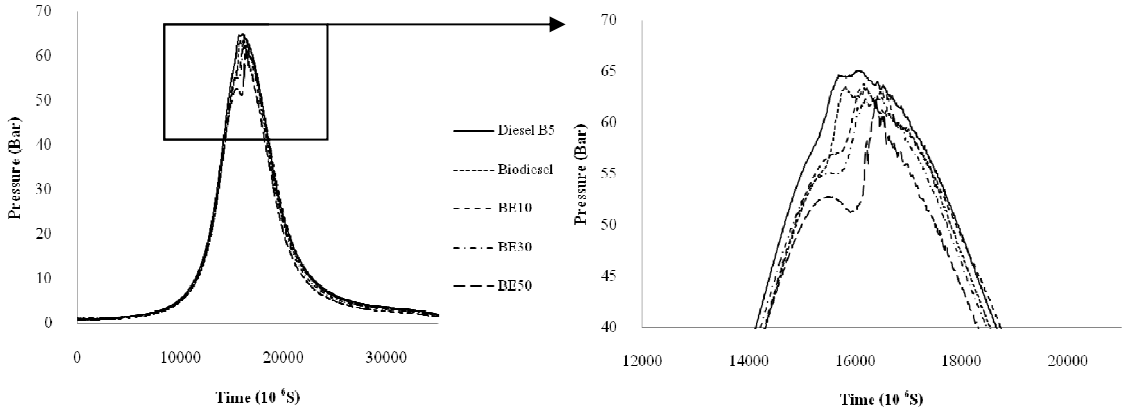
จากรูปที่ 4.6 แสดงความดันภายในห้องเผาไหม้หลักและห้องเผาไหม้ช่วยเมื่อเดินเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm ภาระงานเต็มที่ พบว่าความดันสูงสุดที่เกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้หลัก เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเท่ากับ 62.77 bar น้ำมันไบโอดีเซลเท่ากับ 61.13 bar น้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอล BE10 เท่ากับ 62.27 bar BE30 เท่ากับ 59.71 bar และ BE50 เท่ากับ 59.25 bar และความดันสูงสุดที่

เกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้ช่วย เมื่อใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซล น้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอล BE10, BE30 และ BE50 เท่ากับ 64.15 bar, 62.39 bar, 63.45 bar, 61.42 bar และ 60.71 bar ตามลำดับ

ความดันภายในห้องเผาไหม้เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอลสัดส่วนต่างๆ ที่ลดลงเป็นผลทำให้กำลังเพลาที่ได้จากเครื่องยนต์นั้นลดลง เพราะค่าความร้อนของน้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอลสัดส่วนต่างๆ ที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอล BE10 BE30 และ BE50 จะเกิดความล่าช้าในการจุดระเบิดระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศภายในห้องเผาไหม้ โดยความล่าช้าในการจุดระเบิดจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของเอทานอลที่ผสมลงไปในน้ำมันไบโอดีเซล ทั้งนี้เนื่องจากเอทานอลมีค่าซีเทนต่ำเมื่อผสมลงไปในน้ำมันไบโอดีเซลจึงทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าซีเทนลดลง ดังตารางที่ 4.1



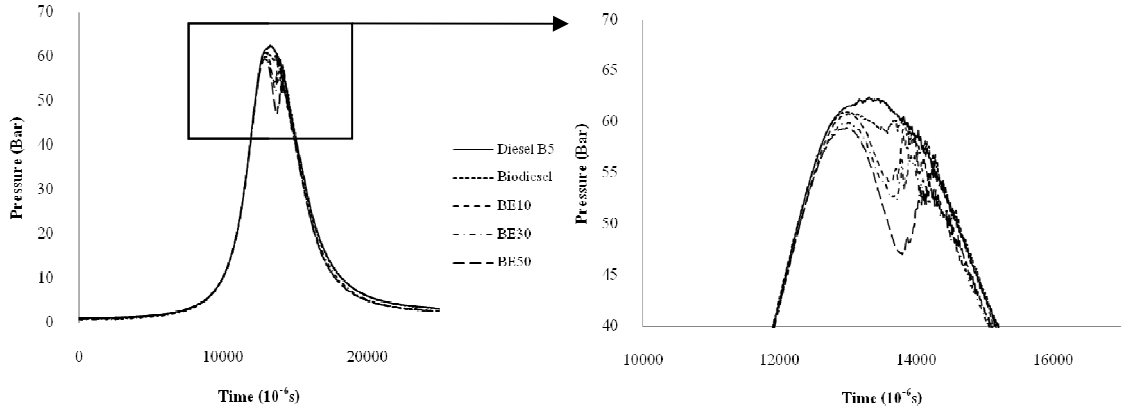
ก) ห้องเผาไหม้หลัก



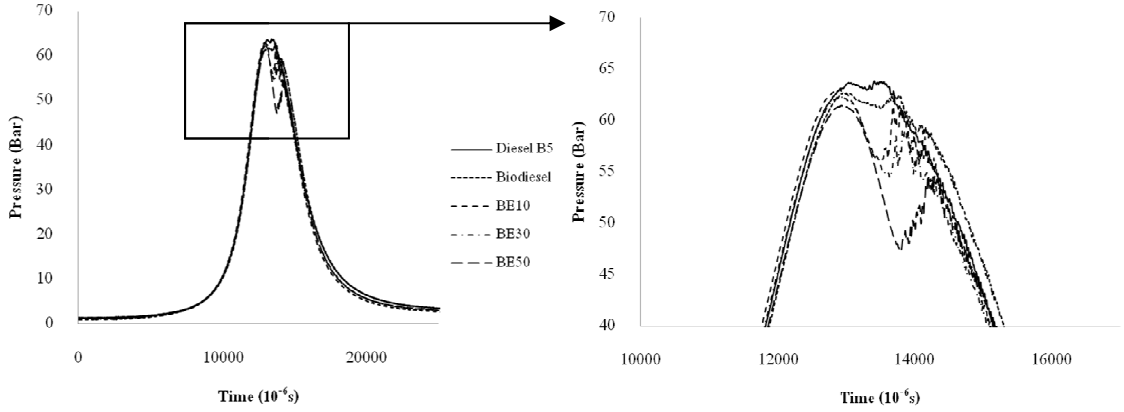
ข) ห้องเผาไหม้ช่วย

รูปที่ 4.7 ความดันที่เกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,600 rpm
ก) ห้องเผาไหม้หลัก ข) ห้องเผาไหม้ช่วย

ความดันภายในห้องเผาไหม้หลักและห้องเผาไหม้ช่วยเมื่อเดินเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 1,600 rpm ภาระงานเต็มที่ ดังรูปที่ 4.7 พบว่า ความดันสูงสุดที่เกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้หลัก เมื่อใช้น้ำมันดีเซล เท่ากับ 63.51 bar และเมื่อเปลี่ยนเป็นน้ำมันไบโอดีเซล น้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอล BE10 BE30 และ BE50 จะมีค่าความดันสูงสุดที่เกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้หลัก เท่ากับ 61.84 bar, 61.76 bar, 60.75 bar และ 59.48 bar ตามลำดับ และความดันสูงสุดที่เกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้ช่วย เมื่อใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซล น้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอล BE10, BE30 และ BE50 เท่ากับ 65.09 bar, 63.42 bar, 63.68 bar, 62.53 bar และ 61.56 bar ตามลำดับ และเกิดความล่าช้าในการจุดระเบิดระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศภายในห้องเผาไหม้ เมื่อน้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอล BE10 BE30 และ BE50 โดยความล่าช้าในการจุดระเบิดจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของเอทานอลที่ผสมลงไปในน้ำมันไบโอดีเซล สอดคล้องกับที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm



ก) ห้องเผาไหม้หลัก



ข) ห้องเผาไหม้ช่วย

รูปที่ 4.8 ความดันที่เกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,200 rpm
ก) ห้องเผาไหม้หลัก ข) ห้องเผาไหม้ช่วย

เมื่อเดินเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 2,200 rpm ภาระงานเต็มที่ ความดันภายในห้องเผาไหม้หลักและห้องเผาไหม้ช่วย แสดงดังรูปที่ 4.8 พบว่า ความดันสูงสุดที่เกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้หลัก เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเท่ากับ 62.45 bar น้ำมันไบโอดีเซลเท่ากับ 61.01 bar น้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอล BE10 เท่ากับ 60.84 bar BE30 เท่ากับ 59.87 bar และ BE50 เท่ากับ 59.43 bar และความดันสูงสุดที่เกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้ช่วย เมื่อใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันไบโอดีเซล น้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอล BE10, BE30 และ BE50 เท่ากับ 63.58 bar, 62.70 bar, 62.87 bar, 62.26 bar และ 61.55 bar ตามลำดับ

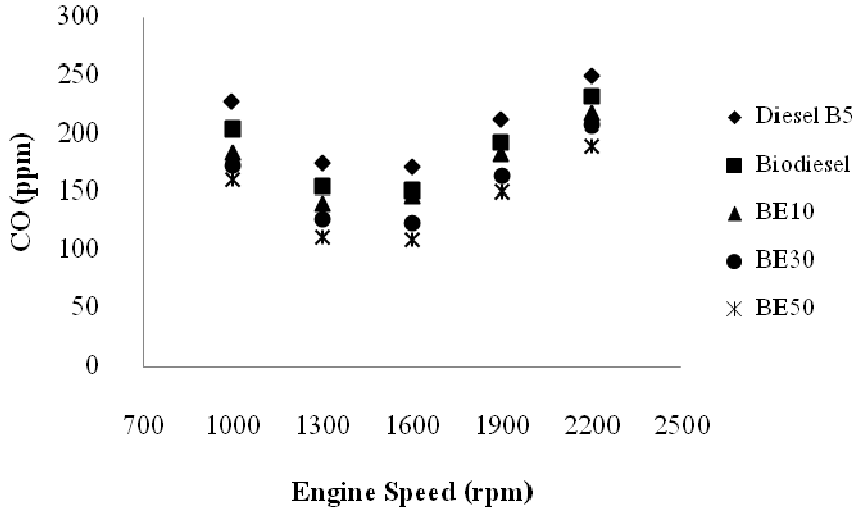
ความดันภายในห้องเผาไหม้เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอลสัดส่วนต่างๆ ที่ลดลงเป็นผลทำให้กำลังเพลาที่ได้จากเครื่องยนต์นั้นต่ำกว่ากำลังเพลาของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอล BE10 BE30 และ BE50 จะเกิดการจุดระเบิดอีกครั้งของเชื้อเพลิงที่เหลือสะสมอยู่ตามจุดอับภายในห้องเผาไหม้ กรอบกับความร้อนที่สะสมภายในห้องเผาไหม้ที่สูงและน้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอลที่เหลือจากการเผาไหม้ในครั้งแรกมีการระเหยได้ดีและสามารถติดไฟได้ดีกว่าน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซล จึงทำให้เกิดการจุดระเบิดและเผาไหม้อีกครั้ง ดังแสดงในกราฟที่มีโค้งความดันเป็น 2 ช่วงความดัน

4.3 มลพิษที่เกิดขึ้นจากเครื่องยนต์

สำหรับมลพิษที่เกิดขึ้นจากเครื่องยนต์ดีเซลแบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมที่ใช้ น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันใช้แล้วผสมกับเอทานอล เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลนั้น ทำการวัดมลพิษโดยเครื่องวัดค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้หรือแก๊สไอเสียจากปล่องระบาย Testo 350XL โดยมลพิษที่วัดได้จากแก๊สไอเสียที่ออกจากเครื่องยนต์มีดังนี้

4.3.1 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เกิดขึ้นจากสารคาร์บอนในสารประกอบไฮโดรคาร์บอนกับอากาศที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ โดยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดขึ้น แสดงดังรูปที่ 4.9

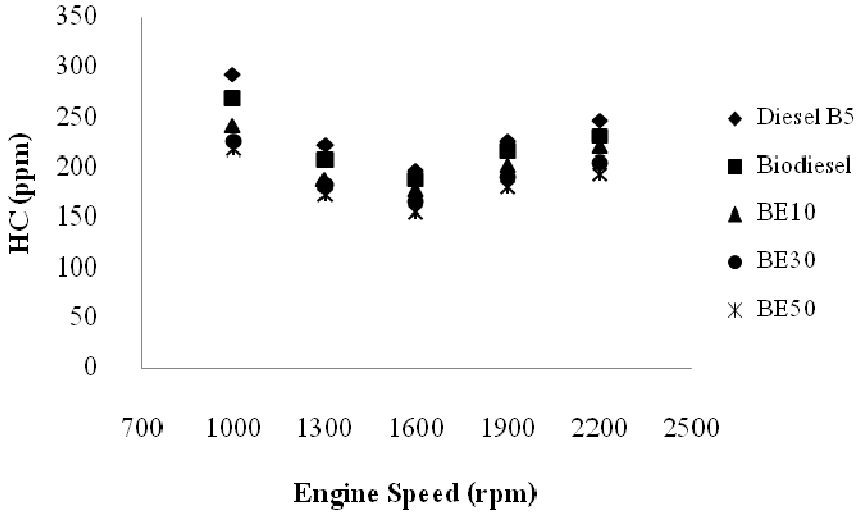


รูปที่ 4.9 คาร์บอนมอนอกไซด์จากเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ

จากรูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เครื่องยนต์ปล่อยออกมาเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอลต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จะขึ้นอยู่กับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ โดยน้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอลมีออกซิเจนในองค์ประกอบของน้ำมัน และเอทานอลที่ผสมลงไปในน้ำมันไบโอดีเซลทำให้ค่าความหนืดของน้ำมันต่ำลงเป็นผลให้การกระจายตัวเป็นฝอยและระเหยเป็นไอได้ดี ทำให้น้ำมันผสมกับอากาศได้ดี จึงเผาไหม้สมบูรณ์กว่าน้ำมันไบโอดีเซล โดยปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่วัดได้ของน้ำมันดีเซล (D100) น้ำมันไบโอดีเซล (B100) น้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอล BE10, BE30 และ BE50 ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,000 rpm เท่ากับ 227 ppm, 203 ppm, 184 ppm, 173 ppm, และ 161 ppm ตามลำดับ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,600 rpm เท่ากับ 171 ppm, 151 ppm, 147 ppm, 123 ppm, และ 109 ppm ตามลำดับ และมีค่าสูงสุดที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,200 rpm คือ 250 ppm, 232 ppm, 217 ppm, 207 ppm, และ 190 ppm ตามลำดับ

4.3.2 สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (HC)

สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่เกิดการเผาไหม้กับอากาศในห้องเผาไหม้และอนุภาคขนาดเล็กที่แตกตัวจากอนุภาคขนาดใหญ่ของเชื้อเพลิงและถูกความร้อนขณะเกิดการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ จะถูกปล่อยออกมาพร้อมไอเสียของเครื่องยนต์ โดยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ออกมากับไอเสียแสดงดังรูปที่ 4.10

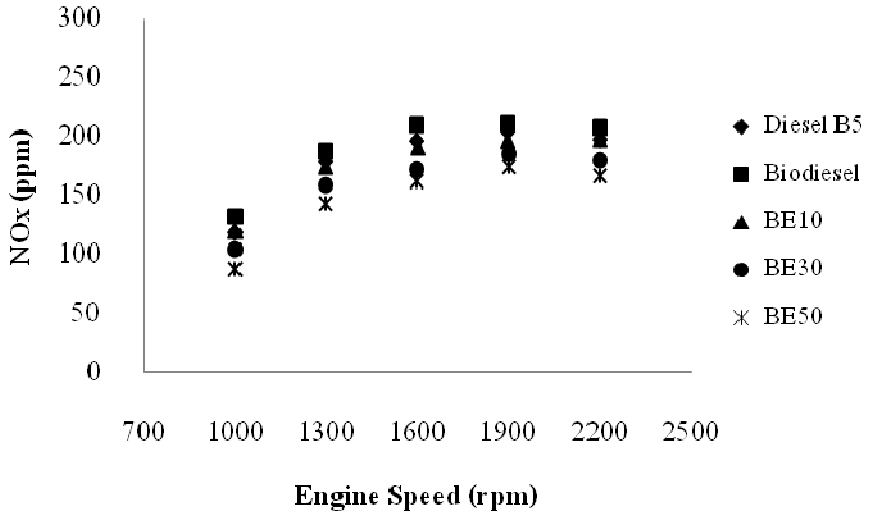


รูปที่ 4.10 สารประกอบไฮโดรคาร์บอนจากเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ

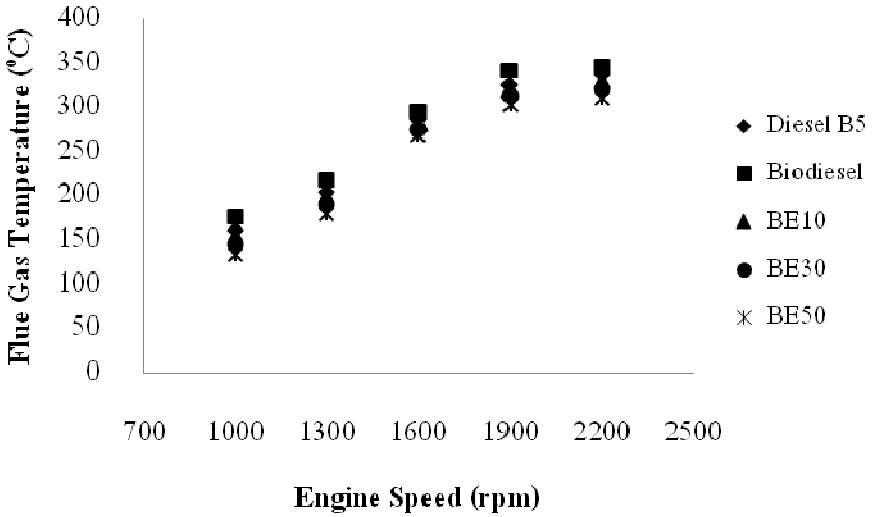
จากรูปที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เครื่องยนต์ปล่อยออกมาเมื่อใช้น้ำมันดีเซลมีค่าสูงกว่าน้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอล โดยปริมาณของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่วัดได้ของน้ำมันดีเซล D100 น้ำมันไบโอดีเซล B100 น้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอล BE10, BE30 และ BE50 ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,000 rpm เท่ากับ 293 ppm, 270 ppm, 243 ppm, 227 ppm, และ 219 ppm ตามลำดับ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,600 rpm เท่ากับ 198 ppm, 190 ppm, 179 ppm, 167 ppm, และ 157 ppm ตามลำดับ และที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,200 rpm เท่ากับ 248 ppm, 233 ppm, 222 ppm, 207 ppm, และ 194 ppm ตามลำดับ เนื่องจากน้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอลมีค่าความหนืดที่ต่ำกว่าน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งค่าความหนืดที่ต่ำจะทำให้การกระจายตัวเป็นฝอยและเอทานอลก็ระเหยเป็นไอได้ดีทำให้น้ำมันผสมกับอากาศในห้องเผาไหม้ได้ดี ประกอบกับองค์ประกอบของออกซิเจนในน้ำมันเป็นผลทำให้การเผาไหม้ดีขึ้น จึงทำให้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่เกิดการเผาไหม้ลดลง

4.3.3 ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)

อุณหภูมิการเผาไหม้ที่สูงจะทำให้ แก๊สไนโตรเจน (N_2) ในอากาศที่เครื่องยนต์ใช้ในการเผาไหม้กับน้ำมันเชื้อเพลิง ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (O_2) เกิดเป็น ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) โดยปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน แสดงดังรูปที่ 4.11 และอุณหภูมิของแก๊สไอเสียที่เครื่องยนต์ปล่อยออกมาแสดงดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.11 ออกไซด์ของไนโตรเจนจากเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ



รูปที่ 4.12 อุณหภูมิไอเสียจากเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ

จากรูปที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าออกไซด์ของไนโตรเจนที่เครื่องยนต์ปล่อยออกมาเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซล แต่เมื่อผสมเอทานอลลงไปในน้ำมันไบโอดีเซลจะทำให้เกิดออกไซด์ของไนโตรเจนลดลง สอดคล้องกับอุณหภูมิของแก๊สไอเสียที่เครื่องยนต์ปล่อยออกมา ดังรูปที่ 4.12 คือ น้ำมันไบโอดีเซลมีอุณหภูมิแก๊สไอเสียที่สูงกว่าน้ำมันดีเซล และอุณหภูมิแก๊สไอเสียจะลดลงเมื่อผสมเอทานอลลงไปในน้ำมันไบโอดีเซล โดยปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนที่วัดได้ของน้ำมันดีเซล D100 น้ำมันไบโอดีเซล B100 น้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอล BE10, BE30 และ BE50 ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,000 rpm เท่ากับ 119 ppm, 132 ppm, 121 ppm, 104 ppm, และ 88 ppm ตามลำดับ ที่

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,600 rpm เท่ากับ 197 ppm, 210 ppm, 191 ppm, 173 ppm, และ 162 ppm ตามลำดับ และที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,200 rpm เท่ากับ 199 ppm, 209 ppm, 199 ppm, 180 ppm, และ 167 ppm ตามลำดับ