

การศึกษาประสิทธิภาพและการปลดปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดที่ใช้เชื้อเพลิงร่วมน้ำมันดีเซลและก๊าซไดเมทิลอีเทอร์

An Investigation on Effects of Additional Di-methyl Ether with Diesel Fuel on Compression Ignition Engine

ป้อมปราบ ศรีอำพันพฤษ์ และ กัมปนาท เทียนน้อย *

ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการเผาไหม้และพลังงานทางเลือก (CTAE) ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
*ติดต่อ: E-mail: ktn@kmutnb.ac.th โทรศัพท์: 022 555 2000 ext 6442, โทรสาร: 022 555 2000 ext 6442

บทคัดย่อ

ก๊าซไดเมทิลอีเทอร์ เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่นำมาใช้งานในเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน โดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงไดเมทิลอีเทอร์นั้นมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซล นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณไนโตรเจนออกไซด์และปริมาณเขม่าที่เกิดขึ้นอีกด้วย งานวิจัยนี้ได้ศึกษาอิทธิพลจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไดเมทิลอีเทอร์ร่วมกับน้ำมันดีเซล โดยที่นำไดเมทิลอีเทอร์มาฉีดผสมกับอากาศภายในท่อร่วมไอดีอยู่ในช่วง 10% และ 20% โดยมวลของเชื้อเพลิงหลัก และมีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลให้เกิดการเผาไหม้ในกระบอกสูบ ซึ่งพบว่าปริมาณมลพิษ ได้แก่ ไนโตรเจนออกไซด์ และเขม่าที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้มีปริมาณลดลงร้อยละ 19.5 และ 61.5 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่ออัตราการฉีดไดเมทิลอีเทอร์ที่สูงขึ้นส่งผลให้เสถียรภาพการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบและประสิทธิภาพเชิงความร้อนลดลง ทำให้มีปริมาณไฮโดรคาร์บอนเพิ่มขึ้น ดังนั้นการปรับแต่งสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์กับอัตราการฉีดเชื้อเพลิงในสภาวะการทำงานที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่สูงขึ้นโดยมีอัตราการปลดปล่อยมลพิษที่ลดลง

คำหลัก: เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด เชื้อเพลิงร่วม น้ำมันดีเซล ไดเมทิลอีเทอร์

Abstract

Di-methyl ester (DME) are promising fuels for internal combustion engine as apart from reducing CO₂ emissions can also improve significantly NO_x and soot when used as a supplement to diesel fuel in dual fuelled diesel engines. This paper presents the investigation of combustion characteristic in the diesel-DME dual fuelled diesel engine operation. The study is carries on the addition of quantities of DME in intake manifold in the range with 10 and 20 percent by mass of diesel fuel. The engine out emissions such as NO_x and smoke were reduced by 19.5% and 61.5%, respectively. However, the combustion patterns were altered and under the higher DME concentrations lead to reduce combustion stability and combustion efficiency. In additions, the HC emissions are increased, which becomes an issue. Therefore the engine optimisation is required in order to enhance engine performance and improve the emissions.

Keywords: Compression Ignition Engine Dual Fuel, Ultra low sulfur diesel, Di-methyl ether

1. บทนำ

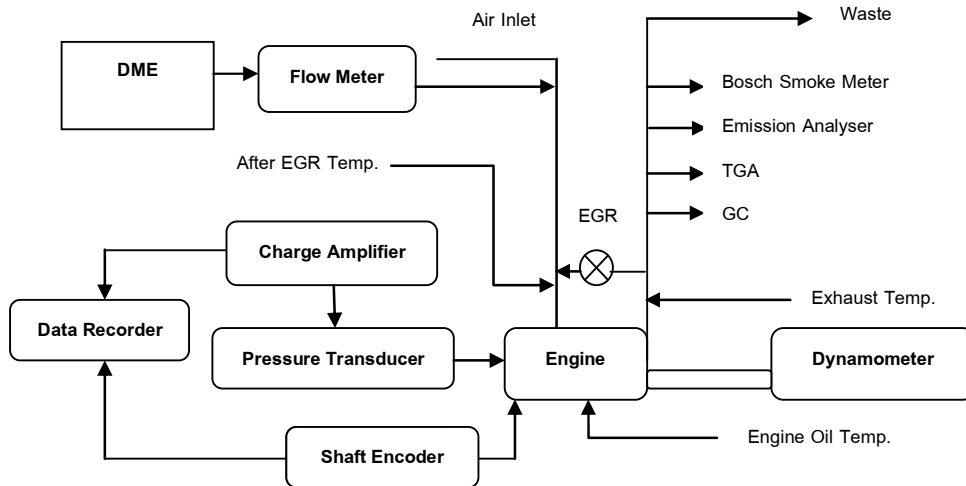
ในปัจจุบันจากแนวโน้มราคาน้ำมันที่สูงขึ้น ประกอบกับปริมาณความต้องการในการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าในอดีต แต่ด้วยข้อจำกัดของแหล่งน้ำมันดิบที่ลดน้อยลงอย่างต่อเนื่อง จนทำให้มีแนวโน้มที่จะเกิดความขาดแคลนในอนาคต ส่งผลให้การนำพลังงานทางเลือกมาใช้ในงานในเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้น อาทิ เช่น การใช้ก๊าซธรรมชาติอัด (Compressed Natural Gas; CNG) และก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas; LPG) ในเครื่องยนต์เบนซิน มาใช้เป็นพลังงานทางเลือกเพื่อลดปัญหาในเรื่องของราคาน้ำมันที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ในด้านของการใช้งานพบว่ามีข้อจำกัด ในด้านการดัดแปลงเพื่อติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม ส่วนในด้านพลังงานทดแทนของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด (Compression Ignition Engine) หรือเครื่องยนต์ดีเซล (Diesel Engine) นั้นยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนักในปัจจุบัน แต่ความต้องการใช้งานเครื่องยนต์ดีเซลทั้งในภาคอุตสาหกรรม และภาคการขนส่งมีความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะเกิดผลกระทบในด้านการขาดแคลนน้ำมันดีเซลในอนาคต นอกจากปัจจัยดังกล่าวมาแล้วนั้นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมทำให้ประเทศต่างๆ ทั่วโลกให้ความสำคัญ ดังนั้นมาตรฐานความเข้มงวดด้านการปล่อยมลพิษจากเครื่องยนต์ในปัจจุบันเช่น มาตรฐานยุโรป (EURO) มาตรฐานอเมริกา (Tier) มาตรฐานญี่ปุ่น เป็นต้น จึงมีความเข้มงวดมากขึ้น รวมถึงในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก

ในปัจจุบันได้นำไบโอดีเซลซึ่งเชื้อเพลิงที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (Oxygenated Compound) มาเป็นเชื้อเพลิงหลักสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล โดยมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางเพื่อลดปัญหาการขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิง นอกจากไบโอดีเซลแล้วพบว่า ก๊าซไดเมทิลอีเทอร์ (Di-Methyl Ether; DME) ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง จากสมบัติทาง

เคมีที่โดดเด่นในเรื่องของปริมาณออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ประกอบกับสมบัติทางกายภาพคล้ายคลึงกับก๊าซปิโตรเลียมเหลว [1] ซึ่งอยู่ในสถานะก๊าซที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (Standard Temperature and Pressure; STP) เมื่อเพิ่มความดันมากกว่า 0.5 เมกะปาสคาล ไดเมทิลอีเทอร์เปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว นอกจากนี้ยังพบว่าไดเมทิลอีเทอร์มีเลขซีเทนที่สูงกว่าน้ำมันดีเซล [2] จากสมบัติดังกล่าวจึงเป็นแนวทางในการนำไดเมทิลอีเทอร์มาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในเครื่องยนต์ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สะอาดโดยเขม่า (Soot) และไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ซึ่งเป็นมลพิษหลักของเครื่องยนต์ดีเซลลดลง [3,4] แต่ด้วยข้อจำกัดของไดเมทิลอีเทอร์ คือ มีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ต่ำ มีคุณสมบัติในการหล่อลื่นต่ำ และด้วยความหนืดที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล อาจทำให้เกิดความเสียหายจากการสึกหรอในระบบฉีดเชื้อเพลิงได้ [2]

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษากลไกการเผาไหม้และปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นโดยนำไดเมทิลอีเทอร์มาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลในรูปแบบของเชื้อเพลิงร่วม โดยมีน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลัก ซึ่งฉีดไดเมทิลอีเทอร์ในท่อร่วมไอดี (In-Port Injection) ด้วยอัตราส่วน ร้อยละ 10 และ 20 โดยมวลของน้ำมันดีเซล โดยทำการทดสอบที่ภาระงานร้อยละ 25 50 และ 75 ของภาระงานสูงสุดของเครื่องยนต์ และทำการความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ที่ 1,500 และ 1,800 รอบต่อนาที ประกอบกับการนำไอเสียกลับมาใช้ใหม่ (Exhaust Gas Recirculation; EGR) ในอัตราส่วนร้อยละ 10 และ 20 ของอากาศทั้งหมดที่ใช้ในการเผาไหม้ โดยมีอุปกรณ์ในการทดสอบดังรูปที่ 1



รูปที่1 การติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ

2.1 แทนทดสอบ

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์

รุ่นเครื่องยนต์	YANMAR L100V
ชนิดเครื่องยนต์	ดีเซล 4 จังหวะ
ปริมาตรกระบอกสูบ	0.435 ลิตร
จำนวนกระบอกสูบ	1
ระบบระบายความร้อน	ระบายความร้อนด้วยอากาศ
กระบอกสูบ × ช่วงชัก	86 × 75 มิลลิเมตร
ชนิดการฉีดเชื้อเพลิง	ฉีดเชื้อเพลิงแบบตรง
อัตราส่วนการอัด	21.2:1
กำลังสูงสุด	6.8 kW @ 3600 RPM
จังหวะการฉีดเชื้อเพลิง	15.5° CA BTDC
หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	P-size, VCO

เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบคือเครื่องยนต์ดีเซล 1 สูบ 4 จังหวะ ชนิดฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง ระบายความร้อนด้วยอากาศ ผลิตโดยบริษัท YANMAR รุ่น L100V (ดังตารางที่ 1) ไดมเทิลอีเทอร์ถูกฉีดผสมกับอากาศบริเวณท่อร่วมไอดี โดยเครื่องยนต์ทำการติดตั้งอยู่บนแท่นทดสอบซึ่งเชื่อมต่อกับไดนาโมมิเตอร์ แบบเหนี่ยวนำไฟฟ้า (Eddy Current Engine Dynamometer) เพื่อควบคุมภาระการทำงานของเครื่องยนต์ ใช้โรตารีเตอร์ ยี่ห้อ Platon เพื่อควบคุมอัตราการฉีดไดมเทิลอีเทอร์เข้าสู่เครื่องยนต์ และวัด

อัตราการไหลของอากาศที่เข้าสู่เครื่องยนต์ โดยใช้เครื่องวัดความเร็วลมแบบhotwire ยี่ห้อ Kimo รุ่น VT 100

ทำการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ล Type K เพื่อวัดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องยนต์ น้ำมันหล่อลื่น ไอเสีย และ อากาศผสมไอเสียหลังผ่านวาล์ว EGR

2.2 เครื่องมือวิเคราะห์การเผาไหม้ และมลพิษ

ชุดวิเคราะห์ความดันในห้องเผาไหม้ Pressure Transducer ยี่ห้อ Kistler รุ่น 6056A โดยต่อพ่วงกับ Charge Amplifier ของ Kistler รุ่น 5081 เพื่อขยายสัญญาณ ทำการติดตั้ง Shaft Encoder ยี่ห้อ British Encoder รุ่น 760 Commutated เพื่อวัดตำแหน่งของเพลลาข้อเหวี่ยง โดยใช้โปรแกรมเก็บข้อมูลของความดันในห้องเผาไหม้ที่องศาเพลลาข้อเหวี่ยง

เครื่องมือที่ใช้วัดมลพิษจากการเผาไหม้ ยี่ห้อ Horiba รุ่น MEXA 584L ใช้วัดปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ การวิเคราะห์ไฮโดรคาร์บอนด้วยวิธี Thermal conductivity Detector-TCD ด้วยคอลัมน์ Polarpak Q ในเครื่อง Gas Chromatography (GC) ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น GC-2014TF ในส่วนของการวัดระดับควันดำนั้นใช้เครื่องมือวัดควันดำยี่ห้อ Bosch Smoke Meter โดยค่าที่วัดได้จะเป็นค่าระดับตามความเข้มของแสงผ่านได้ ตั้งแต่ 0 ถึง 10 ตามปริมาณ

เขม่าจากน้อยไปหามากตามลำดับ ซึ่งมีหน่วยเป็น Bosch Smoke Number (BSN) นอกจากนี้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของเขม่าอันได้แก่ ความชื้น (H₂O) Volatile Organic Fraction (VOF) และคาร์บอน ด้วยวิธี Thermo Gravimetric Analysis (TGA) ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น Pyris1 สำหรับ โดยตัวอย่างเขม่าถูกวิเคราะห์ตามขั้นตอนดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลำดับการทำงานของวิธี TGA

Sequence	Details
1	N ₂ as initial atmosphere
2	Isothermal for 40 min at 40 °C
3	Heat ramp 3 °C/min to 400 °C
4	Isothermal for 30 min at 400 °C
5	Cool down 3 °C/min to 350 °C
6	Switch from N ₂ to O ₂
7	Heat ramp 3 °C/min to 600 °C
8	Isothermal for 60 min at 600 °C

2.3 เชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ น้ำมันดีเซล เป็นเชื้อเพลิงหลัก และก๊าซไดเมทิลอีเทอร์เป็นเชื้อเพลิงร่วม คุณสมบัติดังตารางที่ 3

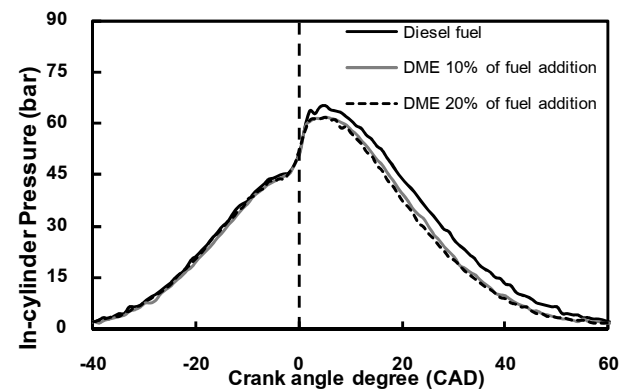
ตารางที่ 3 สมบัติของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ

Fuel specification	Diesel	DME
Formula	C ₁₄ H ₃₀	CH ₃ OCH ₃
Density (g/cm ³)	0.856	0.661@1atm
HHV (kJ/kg)	46,800	31,681
LHV (kJ/kg)	43,200	28,430
Cetane Number	40-55	55-60
Boiling point (°C)	125-400	-24.9
wt.% oxygen	0	34.8
wt.% carbon	86	52.2
wt.% hydrogen	14	13
wt.% Sulfur	0.14	0

3. ผลการทดสอบ

3.1 อิทธิพลของไดเมทิลอีเทอร์ที่ส่งผลต่อลักษณะการเผาไหม้

ความดันจากการเผาไหม้ในกระบอกสูบลดลงเล็กน้อยเมื่อมีการฉีดก๊าซไดเมทิลอีเทอร์ในทอร์วมไอดีเมื่อทำการเปรียบเทียบกับ การเผาไหม้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว ประกอบกับเมื่อเพิ่มอัตราส่วนการฉีดไดเมทิลอีเทอร์ที่สูงขึ้นพบว่าค่าความดันในกระบอกสูบมีค่าลดลงตามลำดับ ดังรูปที่ 2 เนื่องจาก ไดเมทิลอีเทอร์มีค่าความร้อนแฝงจากการเผาไหม้ที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับ การเผาไหม้น้ำมันดีเซล ประกอบกับค่าซีเทนที่สูงจึงส่งผลให้ความสามารถระเหยและระยะเวลาการจุดติดไฟที่สั้น การเผาไหม้ในกระบอกสูบจึงเกิดขึ้นได้รวดเร็ว ทำให้การเผาไหม้ในช่วง premixed ลดลง ในขณะที่การเผาไหม้ในช่วง diffusion ยาวนานขึ้น [1, 3-5] ซึ่งมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกันที่ความเร็วรอบและภาระงานอื่นๆ

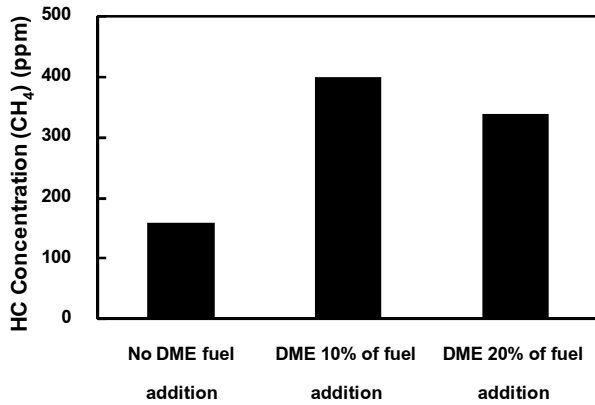


รูปที่ 2 ค่าความดันในกระบอกสูบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,800 รอบต่อนาที ภาระงานของเครื่องยนต์ 50%

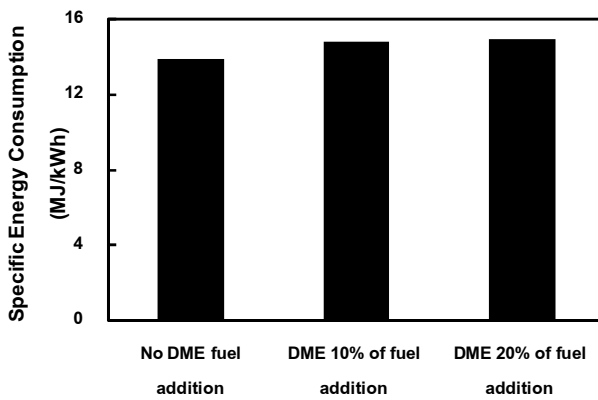
3.2 อิทธิพลของไดเมทิลอีเทอร์ที่ส่งผลต่อปริมาณไฮโดรคาร์บอนที่เกิดจากการเผาไหม้

ปริมาณไฮโดรคาร์บอนจากการเผาไหม้ด้วยไดเมทิลอีเทอร์เป็นเชื้อเพลิงร่วม มีปริมาณที่สูงกว่าปริมาณไฮโดรคาร์บอน จากการเผาไหม้น้ำมันดีเซล ดังรูปที่ 3 เนื่องจากไดเมทิลอีเทอร์มีค่าความร้อนที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ส่งผลให้ประสิทธิภาพของ

เครื่องยนต์ลดลง ดังนั้นเครื่องยนต์ต้องฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้นเพื่อรักษาเสถียรภาพของเครื่องยนต์ จึงส่งผลให้มีปริมาณไฮโดรคาร์บอนที่เหลือจากการเผาไหม้มีปริมาณที่สูง และยังส่งผลถึงการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย ดังรูปที่ 4



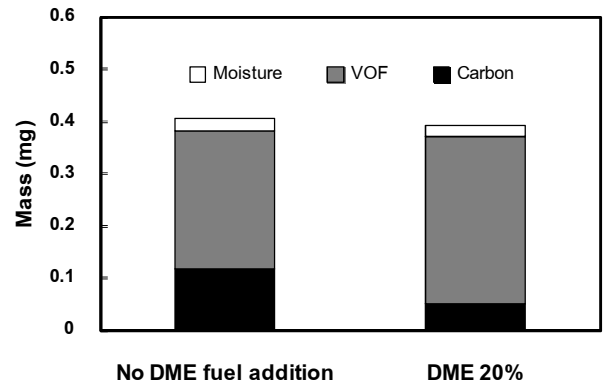
รูปที่ 3 ปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสียที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที ภาระงานร้อยละ 50 ของภาระงานสูงสุดของเครื่องยนต์



รูปที่ 4 ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ ที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที ภาระงานร้อยละ 50 ของภาระงานสูงสุดของเครื่องยนต์

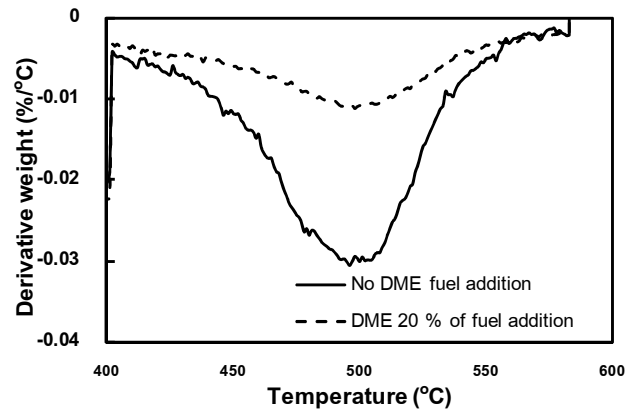
3.3 อิทธิพลจากไดเมทิลอีเทอร์ที่ส่งผลต่อฝุ่นละอองจากการเผาไหม้

ปริมาณมวลของฝุ่นละอองที่ได้จากการเผาไหม้ที่ใช้ไดเมทิลอีเทอร์เป็นเชื้อเพลิงร่วมนั้น มีปริมาณที่ต่ำกว่าการเผาไหม้น้ำมันดีเซล โดยเฉพาะอย่างยิ่งมวลของคาร์บอนที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยมีประสิทธิภาพในการลดมวลของคาร์บอนได้มากถึงร้อยละ 56.77 ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 องค์ประกอบของฝุ่นละอองจากการเผาไหม้ ที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที ภาระงานร้อยละ 50 ของภาระงานสูงสุดของเครื่องยนต์

ปริมาณฝุ่นละอองหลังจากการฉีดไดเมทิลอีเทอร์พบว่าส่วนประกอบคาร์บอนในฝุ่นละอองที่น้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งพิจารณาได้จากค่าต่ำสุดของอนุพันธ์น้ำหนักมีค่ามากกว่าการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซล ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งสอดคล้องกับผลของส่วนประกอบที่กล่าวไว้ข้างต้น

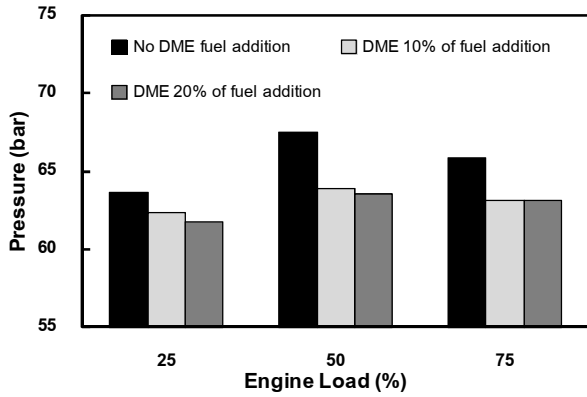


รูปที่ 6 เส้นโค้งอนุพันธ์ของน้ำหนักที่ลดลงของตัวอย่างฝุ่นละอองที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที ภาระงานร้อยละ 50 ของภาระงานสูงสุดของเครื่องยนต์

3.4 อิทธิพลของไดเมทิลอีเทอร์ และภาระงานของเครื่องยนต์ ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพ และการปล่อยมลพิษ

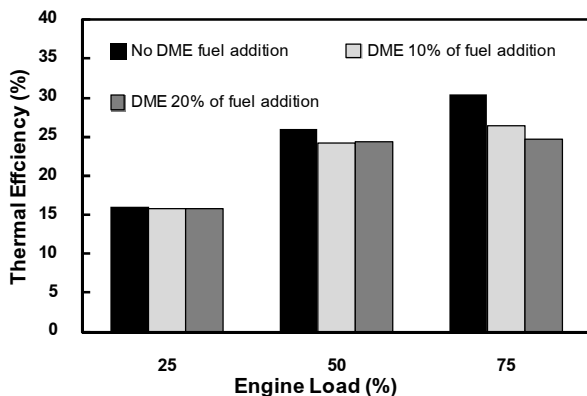
ความดันสูงสุดในกระบอกสูบจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงร่วมไดเมทิลอีเทอร์ลดลงอย่างเห็นได้ชัด (ประมาณ 5 %) เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล โดยมีแนวโน้มลดลงตามอัตราการฉีดไดเมทิลอีเทอร์ที่

เพิ่มขึ้น ตามรูปที่ 7 ซึ่งเป็นผลจากก๊าซไดเมทิลอีเทอร์ที่มีค่าเอนทาลปีจากการเผาไหม้ที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ต่ำ การจุดติดไฟได้เองที่อุณหภูมิต่ำกว่าน้ำมันดีเซล



รูปที่ 7 ความดันในกระบอกสูบ ในแต่ละภาระงานของเครื่องยนต์ ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที

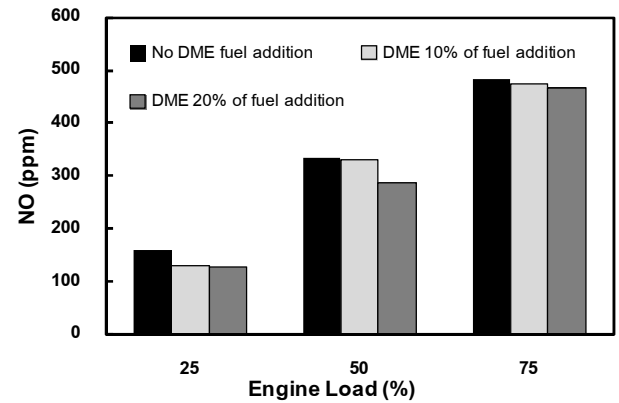
รูปที่ 8 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีค่าลดลงตามอัตราการฉีดก๊าซไดเมทิลอีเทอร์ที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียว ในช่วงภาระงานของเครื่องยนต์ร้อยละ 75 เมื่อฉีดไดเมทิลอีเทอร์ร้อยละ 10 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนลดลงร้อยละ 13 และลดลงอีกร้อยละ 6.5 เมื่อฉีดไดเมทิลอีเทอร์เป็นร้อยละ 20 เนื่องจากก๊าซไดเมทิลอีเทอร์มีค่าความร้อนต่ำกว่าค่าความร้อนของน้ำมันดีเซล ประกอบกับไดเมทิลอีเทอร์มีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบในโมเลกุล [2]



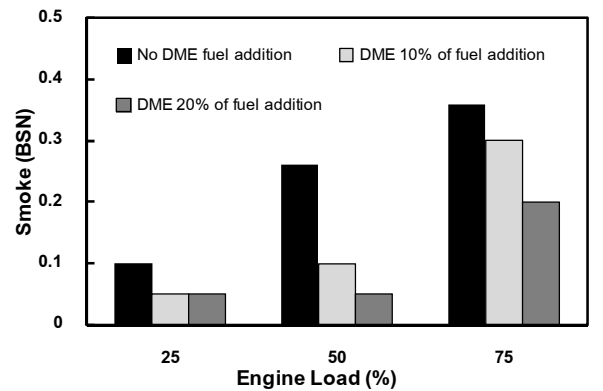
รูปที่ 8 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ในแต่ละภาระงานของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที

ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามภาระงานของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น และจากการ

ทดสอบฉีดเชื้อเพลิงร่วมก๊าซไดเมทิลอีเทอร์ร้อยละ 20 พบว่า สามารถลดปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ลงได้สูงสุดร้อยละ 14.11 เมื่อเทียบกับการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซล ซึ่งแนวโน้มการลดลงของไนโตรเจนออกไซด์จากการฉีดไดเมทิลอีเทอร์นี้ โดยมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันทุก ๆ ภาระงานดังรูปที่ 9 เนื่องจากไดเมทิลอีเทอร์ที่มีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล อุณหภูมิในการจุดติดไฟด้วยตัวเองต่ำ ความดันจากการเผาไหม้ต่ำ ทำให้ไนโตรเจนออกไซด์ที่เกิดที่อุณหภูมิสูง มีปริมาณการเกิดที่ต่ำลง



รูปที่ 9 ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ ในแต่ละภาระงานของเครื่องยนต์ ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที



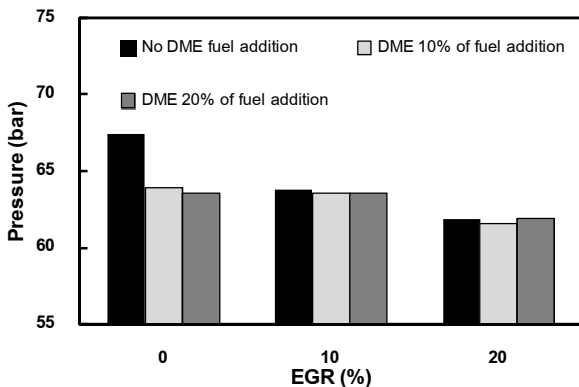
รูปที่ 10 ปริมาณเขม่าในแต่ละภาระงานของเครื่องยนต์ ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที

ปริมาณเขม่าจากการเผาไหม้ที่มีการฉีดไดเมทิลอีเทอร์มีปริมาณที่ต่ำกว่าการเผาไหม้น้ำมันดีเซล เมื่อมีปริมาณการฉีดไดเมทิลอีเทอร์เป็นเชื้อเพลิงร่วมที่สูงขึ้นจากปริมาณร้อยละ 10 และ 20 พบว่าความสามารถในการลดค่าควันดำได้ถึงร้อยละ 61.5

และร้อยละ 50 ตามลำดับ ดังรูปที่ 10 เนื่องจากไดเมทิลอีเทอร์มีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบ จึงส่งเสริมให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้นเมื่อนำมาใช้ร่วมกับน้ำมันดีเซล [6 -8]

3.5 อิทธิพลของการนำไอเสียกลับมาใช้ใหม่ ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพ และการปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์

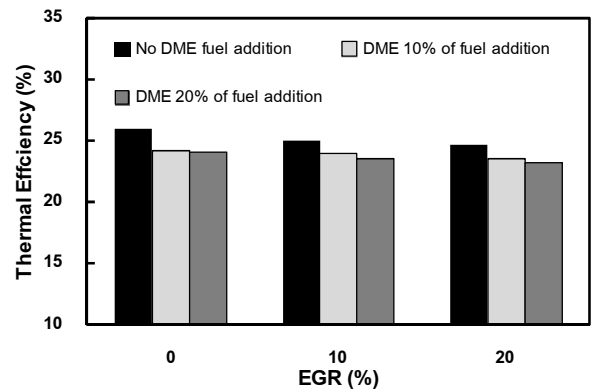
การฉีดก๊าซไดเมทิลอีเทอร์ที่สูงขึ้นร่วมกับการนำไอเสียกลับมาใช้ใหม่ ในอัตราส่วนร้อยละ 10 และ 20 ของอากาศทั้งหมดที่เข้าสู่เครื่องยนต์ พบว่าค่าความดันจากการเผาไหม้ในกระบอกสูบมีค่าต่ำลง ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณออกซิเจนในอากาศที่ลดลง จึงทำให้ค่าความร้อนจำเพาะจากการเผาไหม้ที่ต่ำลง [6] ดังรูปที่ 11



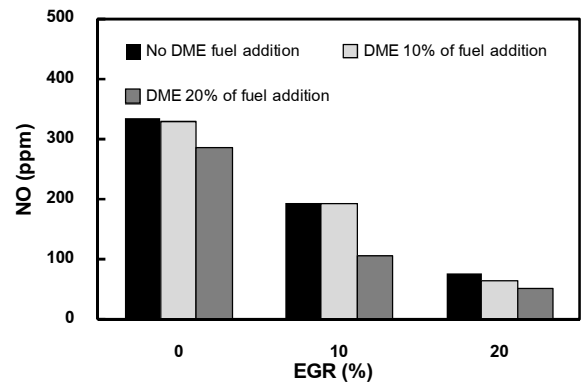
รูปที่ 11 ความดันในกระบอกสูบที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที ภาระงานของเครื่องยนต์ร้อยละ 50 ของภาระงานสูงสุด

ปริมาณการฉีดไดเมทิลอีเทอร์ที่สูงขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์มีค่าลดลงตามรูปที่ 12 เนื่องมาจากการเผาไหม้ก๊าซไดเมทิลอีเทอร์ที่มีค่าความร้อนต่ำ ส่งผลให้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น เพื่อรักษาเสถียรภาพของเครื่องยนต์ ดังนั้นจึงทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ออกมา มีค่าน้อยกว่าการเผาไหม้น้ำมันดีเซล ซึ่งมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันในทุกสภาวะการทดสอบ โดยประสิทธิภาพเชิงความร้อนเมื่อเพิ่ม

ประมาณของไอเสียที่นำกลับมาใช้ใหม่ มีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เนื่องจากระบบการนำไอเสียกลับมาใช้ใหม่นี้จะลดอุณหภูมิของไอเสียก่อนป้อนกลับ (Cold EGR) เพื่อลดอิทธิพลของอุณหภูมิต่ส่งผลโดยตรงต่อปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้



รูปที่ 12 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที ภาระงานของเครื่องยนต์ร้อยละ 50 ของภาระงานสูงสุด

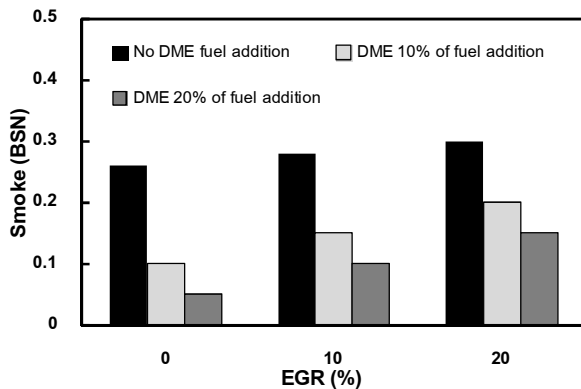


รูปที่ 13 ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ ที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที ภาระงานของเครื่องยนต์ร้อยละ 50 ของภาระงานสูงสุด

ปริมาณการฉีดไดเมทิลอีเทอร์ที่สูงขึ้นร่วมกับการนำไอเสียกลับมาใช้ใหม่ ช่วยลดปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ในไอเสีย ซึ่งพบว่าการเพิ่มไดเมทิลอีเทอร์เป็นร้อยละ 20 ร่วมกับ 10% สามารถลดปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ได้สูงสุด 46% เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลโดยลำพัง ดังรูปที่ 13

การฉีดไดเมทิลอีเทอร์เป็นเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันดีเซลประกอบกับการนำไอเสียกลับมาใช้ใหม่พบว่า

ระดับควันต่ำลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันในทุกสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ที่สภาวะการใช้ไอเสียกลับมาใช้ใหม่ร้อยละ 10 ร่วมกับการฉีดไดเมทิลอีเทอร์ร้อยละ 10 พบว่าสามารถลดค่าควันดำได้ร้อยละ 46.5 และเมื่อเพิ่มปริมาณไดเมทิลอีเทอร์เป็นร้อยละ 20 สามารถลดค่าระดับควันดำลงได้อีกร้อยละ 33 แต่เมื่อเพิ่มปริมาณการไอเสียกลับมาใช้ใหม่ ค่าระดับควันดำในไอเสียเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ผลจากปริมาณออกซิเจนที่ลดลง และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงขึ้น ทำให้ค่าระดับควันดำจึงเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 ปริมาณเขม่า ที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที ภาระงานของเครื่องยนต์ร้อยละ 50 ของภาระงานสูงสุด

4. สรุป

ผลของการนำไดเมทิลอีเทอร์มาเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดสามารถควบคุมปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นได้ดี โดยเฉพาะฝุ่นละอองจากการเผาไหม้ เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี TGA พบว่ามวลของคาร์บอนในฝุ่นละอองมีขนาดเล็กกลง เนื่องจากคุณสมบัติการเผาไหม้แบบไร้เขม่าของไดเมทิลอีเทอร์ อย่างไรก็ตามไดเมทิลอีเทอร์มีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันดีเซล พบว่าประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลง ส่งผลให้อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงมากขึ้นตามไปด้วย

การนำไดเมทิลอีเทอร์ มาร่วมกับการนำไอเสียกลับไปใช้ใหม่ สามารถช่วยควบคุมปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ และค่าระดับควันดำในไอเสียมีปริมาณที่ลดลง ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ลดลงด้วย และในการทดสอบที่ภาระของเครื่องยนต์แตกต่างกัน การใช้ไดเมทิลอีเทอร์เป็นเชื้อเพลิงร่วมส่งผลต่อการลดลงของปริมาณมลพิษ และส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลงเช่นเดียวกัน เนื่องจากคุณสมบัติของไดเมทิลอีเทอร์ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ ในอนาคตจึงจำเป็นต้องทำการปรับแต่งเครื่องยนต์เพื่อความเหมาะสมในการใช้งานเชื้อเพลิงร่วมไดเมทิลอีเทอร์ทั้งในด้านการลดมลพิษ และเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ต่อไป

4.กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณบริษัท สยาม แก๊ส แอนด์ ปีโตรเคมีคัลส์ จำกัด ที่ให้การสนับสนุนไดเมทิลอีเทอร์สำหรับงานวิจัยนี้

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Semelsberger, T.A., Borup, R.L. and Greene, H.L. (2006). Dimethyl ether (DME) as an alternative fuel, *Journal of Power Sources*, vol.156, pp.498-500.
- [2] Arcoumanis, A., Bae, C., Crookes, R. and Kinoshita, E. (2008). The potential of dimethyl ether (DME) as an alternative fuel for compression-ignition engine: A review, *Journal of Fuel*, vol.87, pp.1016-1024.
- [3] Park S.H. and Lee C.S. (2013) Combustion performance and emission reduction characteristics of automotive DME engine system, *Progress in Energy*

- and Combustion Science, vol. 39, pp. 147-168.
- [4] Kajitani, S., Chen, Z., Oguma, M. and Konno, M. (2002). A study of low-compression-ratio dimethyl ether diesel engine, International Journal of Engine Research, vol.3, pp.1-11.
- [5] Crookes, R.J. and Bob-Manuel, K.D.H. (2007). RME or DME: A preferred alternative fuel option for future diesel engine operation, Energy Conversion and Management, vol.48, pp.2971-2977.
- [6] Wang, H.W., Huang, Z.H., Zhou, L.B., Jiang, D.M. and Yang, Z.L. (2000). Investigation on emission characteristics of a compression ignition engine with oxygenated fuels and exhaust gas recirculation, proceeding of the Institution of Mechanical Engineers, vol.214, pp.503-508.
- [7] Junhua. W.U., Huang. Z., Qiao. X., Jun. L., Zhang. J. and Zhang. L. (2008). Study of combustion and emission characteristics of turbocharged diesel engine fuelled with dimethylether, Energy Power Engineering, vol. 2, pp.79-85.
- [8] Ying, W., Genbao, L., Wei, Z. and Longbao, Z. (2008). Study on the application of DME/diesel blends in a diesel engine, Fuel processing technology, vol.89, pp.1272-1280.
- [9] Ying, W., Longbao, Z. and Hewu, W. (2006). Diesel emission improvements by the use of oxygenated DME/diesel blend fuels, Atmospheric Environment, vol. 40, pp.2313-2320.