

ผลกระทบจากการเปลี่ยนสถานะอากาศและอุณหภูมิน้ำมันเชื้อเพลิงต่อเครื่องยนต์ดีเซล (The Effect of Air State and Fuel Temperature Change to Diesel Engine)

*นายธวัชชัย นาคพิพัฒน์

**รศ.ดร. มงคล มงคลวงศ์โรจน์

* นักศึกษาปริญญาโทภาควิชาเครื่องกล

**อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีจ่าอุตสาหกรรมลาดกระบัง

บทคัดย่อ

เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยตัวเองเผาไหม้แบบส่วนผสมบาง มีไอเสียที่เป็นมลภาวะต่อสภาพบรรยากาศมากที่สุดอยู่ 2 ชนิด คือ แกสไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และเขม่าควันดำ (Smoke and Particulate) การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่ง่ายอย่างหนึ่งคือการปรับสภาพของน้ำมันและอากาศ การทำให้น้ำมัน ที่ฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้เป็นฝอยละเอียดมากขึ้น โดยปริมาณ ไม่มากขึ้นหรือการทำให้ อากาศมีความหนาแน่นมากขึ้น ส่วนแต่มีผลช่วยให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูงขึ้นทั้งสิ้น ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นของอากาศและอุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิงปรากฏว่าการเพิ่มอุณหภูมิ, หรือเพิ่มความชื้นให้กับอากาศมีผลทำให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะลดลงอีกทั้งมีควันดำมากขึ้น ส่วน NO_x มีปริมาณสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้นและลดลงเมื่ออากาศมีความชื้นเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับน้ำมันเชื้อเพลิงมีผลทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูงขึ้นในขณะที่ปริมาณ NO_x , เขม่าและควันดำลดลง

Abstract

An auto ignition diesel engine ignites as lean burn mixture. The 2 serious problems of pollution from diesel engine exhaust gas are smoke and NO_x . It is possible to improve the engine efficiency, normal by control air temperature and moisture and also fuel temperature condition. Both high atomization fuel injection and increasing air density are the basic for improving engine efficiency. In this experiment, both air and fuel were controlled in various conditions of temperature and moisture. The result shown that the engine had been decreased the efficiency, NO_x and had more stringent regulation of smoke, particulate, if increased moisture content or air temperature but NO_x increased if increase air temperature. In the other hand, if increase fuel temperature, the results is not only obtained better engine performance but also better emission.

บทนำ

ปัญหาที่เกิดขึ้นในเมืองใหญ่ทั่วโลกคงจะต้องรวมเอาปัญหาหมอกควันจากไอเสียรถยนต์เป็นปัญหาที่ต้องรีบแก้ไขเป็นอันดับแรกๆ แกสที่เป็นมลพิษที่สำคัญจากเครื่องยนต์ ได้แก่ แกสคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), แกสไฮโดรคาร์บอน (HC), และแกสไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) อีกทั้งยังมีความเสี่ยงสูงต่อสุขภาพสูง จึงได้มีการคิดค้นหาวิธีการที่จะทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และมีมลภาวะลดลง โดยมีต้นทุนการผลิตต่ำกันอย่างกว้างขวาง เครื่องยนต์ดีเซลเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์แกสโซลีนแล้วจะให้แรงม้าสูงสุดน้อยกว่าเมื่อมีขนาดความจุกระบอกสูบเท่ากัน แต่มีข้อดีเนื่องจากสามารถใช้ได้กับน้ำมันที่หนักกว่าซึ่งมีราคาถูก อีกทั้งยังมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าจึงทำให้ไอเสียมีแกสคาร์บอนมอนอกไซด์และแกสไฮโดรคาร์บอนที่น้อยกว่าจากการเผาไหม้น้อยกว่า แต่แกสไนโตรเจนออกไซด์และควันดามีมากกว่า แกสไนโตรเจนเมื่อได้รับการถ่ายเทความร้อนมีอุณหภูมิสูงถึงระดับหนึ่งจะรวมตัวกับแกสออกซิเจนที่เหลือจากการเผาไหม้กลายเป็นแกสไนตริกออกไซด์ (NO) หรือแกสไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) แกสทั้งสองชนิดเป็นอันตรายต่อมนุษย์ ส่วนควันดาก็ทำให้เกิดความสกปรกและมีกลิ่นเหม็น ได้มีการคิดค้นเพื่อแก้ปัญหาเช่นการใช้ EGR valve, catalytic converter ในการลด NO_x ประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อนชื้น มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นสูง จึงมีผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องยนต์มาก

จุดประสงค์ของการวิจัย

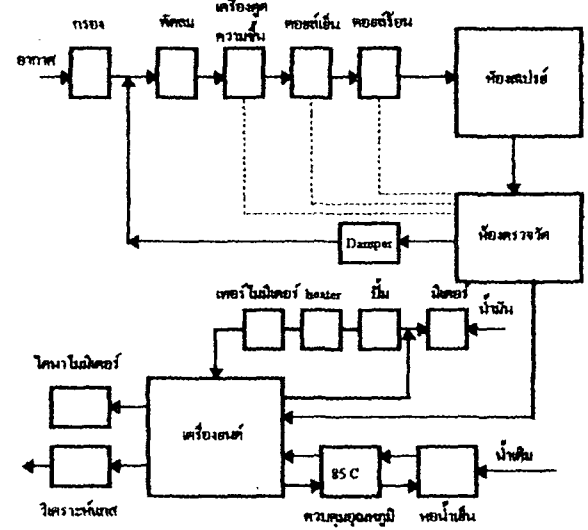
จากปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวจึงได้มีความคิดที่จะทดลองหาพฤติกรรมของเครื่องยนต์ดีเซลตามสถานะที่เปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลง

อุณหภูมิของอากาศ, อุณหภูมิน้ำมัน, และปริมาณความชื้นในอากาศทั้งในสภาพที่มีภาระและไม่มีการะ เพื่อที่จะได้ทำการปรับปรุงเครื่องยนต์ต่อไป โดยเฉพาะเพื่อการลดอัตราความสิ้นเปลือง, ควันด่า, และแกส NO_x ของเครื่องยนต์ดีเซล

ข้อสมมุติฐาน

1. เนื่องจากอุณหภูมิและปริมาณไอน้ำในอากาศจากห้องควบคุมอาจมีการเปลี่ยนแปลงขณะทำการทดสอบเล็กน้อย สมมุติให้มีค่าคงที่ตลอดช่วงการทดสอบ
2. ขณะที่เครื่องยนต์กำลังทำงาน ไม่สามารถควบคุมความเร็วรอบให้ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบเดียวได้ จะเกิดการสวิตเล็กน้อย สมมุติให้ความเร็วรอบคงที่ตลอดช่วงการพิจารณา

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 1 แสดง โดอะแกรมของเครื่องทดลอง

เครื่องยนต์ที่ใช้ทดลองแสดงตาม โดอะแกรม ในรูปที่ 1 แบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. ส่วนควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ในส่วนนี้สามารถทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น หรือต่ำลงได้โดยใช้เครื่องปรับอากาศ และขจัดลวดความร้อน ส่วนความชื้นควบคุมโดยใช้เครื่องดูดความชื้น และระบบการสเปรย์น้ำ

2. ส่วนวัดอุณหภูมิ, ความชื้นอากาศ, และปริมาณการไหลของอากาศ วัดโดยใช้ออร์ฟิสมิเตอร์และสริงไซโครมิเตอร์

3. ส่วนเครื่องชนิดทดสอบ เป็นเครื่องชนิดสี่เสลี่ยูซูรุ่น4AJ1 ขนาด 2499 CC. ห้องเผาไหม้แบบ Direct Injection มีลิ้นเหนื่อฝาสูบ ระบบความร้อนด้วยน้ำ มีแรงม้าสูงสุด 87 แรงม้า(PS)ที่ 4,000 rpm แรงบิดสูงสุด 17.5 kg-m ที่ 2,000 rpm

4. ส่วนทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ ประกอบด้วย เครื่องมือวัดแรงม้าเบรค, วัดความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง, วิเคราะห์ไอเสีย, และวัดเปอร์เซ็นต์ควันดำจากการติดตั้งเครื่องมือดังกล่าว ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ให้ยูระหว่าง 20-60°C และความชื้นสัมพัทธ์ 20-90 %

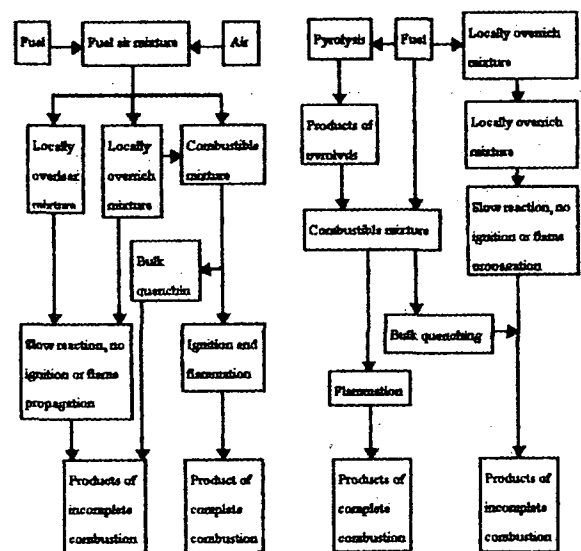
วิธีการทดลอง

ติดเครื่องยนต์ ให้เดินเบาจนกระทั่งมีอุณหภูมิคงที่ที่อุณหภูมิที่ทำงานก่อนที่จะทำการทดสอบหาข้อมูล เปิดระบบน้ำหล่อเย็นเพื่อควบคุมอุณหภูมิทั้งที่เครื่องยนต์และที่เครื่องทดสอบแรงม้าเบรค เปิดระบบเครื่องมือวัดเพื่อให้อยู่ในสภาวะเตรียมพร้อม ปรับอุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าเครื่องยนต์ทำได้โดยใช้เครื่องปรับอากาศหรือลดความเร็วรอบที่ที่มีการควบคุมอุณหภูมิแบบโมดูละ ส่วนการปรับความชื้นทำได้โดยการเปิดเครื่องดูดความชื้นหรือการสเปรย์น้ำให้กับอากาศ เลือกสภาวะให้ตรงตามที่กำหนดโดยใช้สริงไซโครมิเตอร์วัดแล้วพิจารณาสภาวะในแผนภูมิไซโครเมตริกแล้วทดสอบหาข้อมูลในขณะที่เครื่องยนต์มีความเร็วรอบคงที่ที่จุดพิจารณา โดยทดสอบเมื่อมีภาวะที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่างๆกันตั้งแต่1,000-4,000รอบ/นาที สำหรับการทดสอบควันดำกระทำในขณะที่ไม่มีภาระ เนื่องจากควันดำจะเกิดมากที่สุดเมื่อทำการเร่ง

เครื่องยนต์สุดทันทีทันใด ทำการทดสอบซ้ำกันหลายๆครั้งแล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยเป็นข้อมูลสำหรับการพิจารณา การทดสอบถูกแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 35°C แล้วเปลี่ยนแปลงความชื้นในอากาศจาก 40 ถึง 80% ในแต่ละความเร็วรอบคงที่ที่ 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, และ4000 รอบต่อนาที ตอนที่ 2 ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศให้คงที่ที่ 50% แล้วเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจาก25-45°C ที่ความเร็วรอบคงที่เช่นเดียวกับขั้นตอนแรก ทั้งสองขั้นตอนจะคงที่อุณหภูมิของน้ำมันไว้ที่ 25°Cและในการทดลองขั้นสุดท้ายควบคุมสภาวะของอากาศให้คงที่ไว้ที่สภาวะห้องทดลองแล้วเปลี่ยนอุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิงจาก35 ถึง55°C การทดลองได้กระทำซ้ำกัน 3 ครั้งแล้วคิดเป็นค่าเฉลี่ยสำหรับการวิเคราะห์

หลักการและทฤษฎี

แก๊สไฮโดรคาร์บอน(HC): การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์จะมีทั้งส่วนที่เผาไหม้สมบูรณ์และส่วนที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

เนื่องจากในน้ำมันดีเซลที่ใช้มีทั้งน้ำมันส่วนที่เบาและส่วนที่หนักปะปนกันอยู่ หลังจากการสเปรย์น้ำมันเข้าสู่ผสมกับอากาศแล้ว ส่วนผสมจะมีทั้งที่เป็นส่วนผสมบางและส่วนผสมหนาในจังหวะอัดเมื่อเกิดการเผาไหม้ก็จะเกิดบริเวณที่มีการเผาไหม้ช้าและเผาไหม้เร็ว บริเวณที่มีส่วนผสมหนาและมีการเผาไหม้ช้าจะมีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์เนื่องจากมีออกซิเจนไม่เพียงพอ ขณะเดียวกัน การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ก็ยังสามารถเกิดจากการที่มีส่วนผสมบางได้เช่นเดียวกัน เนื่องจากบริเวณนั้นมีน้ำมันเชื้อเพลิงไม่เพียงพอที่จะจุดติดไฟได้ง่าย การแผ่กระจายของเปลวไฟก็ไม่สามารถกระทำได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในจังหวะเดินเบา นอกจากนี้ส่วนผสมของไอคืออาจมีส่วนผสมที่ไม่คงที่หนาหรือบาง ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ด้วย ส่วนผสมหนาจะเกิดที่ความเร็วรอบต่ำและส่วนผสมบางจะเกิดขึ้นที่ความเร็วรอบสูง

ออกไซด์ของไนโตรเจน(NO_x): แกสไนโตรเจนโดยปกติแล้วเป็นแกสเฉื่อย แต่ถ้ามีอุณหภูมิสูงเกิน $1,370^\circ C$ เช่นในห้องเผาไหม้ที่มีอัตราส่วนการอัดสูงและมีการเผาไหม้ที่รุนแรงและมีแกสออกซิเจนเหลืออย่างเพียงพอ แกสไนโตรเจนก็สามารถรวมตัวกับแกสออกซิเจนได้ ในการรวมตัวกันบางครั้งอาจรวมกับแกสออกซิเจนอะตอมเดี่ยวกลายเป็นแกสไนตริกออกไซด์หรือรวมกับแกสออกซิเจนอะตอมคู่กลายเป็นแกสไนโตรเจนไดออกไซด์ แกสไนโตรเจนออกไซด์ จะมีความเข้มข้นมากเมื่อมีการเผาไหม้ที่ใกล้กับจุด stoichiometric ในขณะที่เครื่องยนต์มีภาระน้อยและมีความเร็วรอบต่ำ และมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของการเผาไหม้

ควันดำและเขม่า(smoke and particulate): ทั้งควันดำและเขม่าเป็นผลมาจากสารไฮโดรคาร์บอนที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ทั้งสิ้น โดยที่ควันดำเกิดจากสารคาร์บอนในส่วนที่หนักเผาไหม้ไม่หมดเป็นฝุ่นสี

ค่าละเอียด ส่วนเขม่าเกิดจากการเผาไหม้คาร์บอนหมดกลายเป็นขี้เถ้า(soot)แล้วเกิดการพอกตัวเองจนมีก้อนใหญ่ขึ้นด้วยสารไฮโดรคาร์บอนที่ยังไม่เผาไหม้ โดยมีขี้เถ้าเป็นแกนกลาง ทั้งควันดำและเขม่ามีจำนวนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพของเครื่องยนต์และน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้

การเป็นฝอยละเอียดอง(Atomization): การเป็นฝอยละเอียดองของน้ำมันเชื้อเพลิงหมายถึงขนาดของเม็ดน้ำมันที่ถูกฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ ยิ่งเม็ดน้ำมันมีขนาดเล็กเท่าใดก็ยิ่งมีโอกาสถูกเคล้ากับออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศได้ดียิ่งขึ้น ขนาดของละอองน้ำมันเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับ 2 ประการคือ ผลต่างของความดันที่ใช้ในการฉีดและความเหนียวของฟิล์มน้ำมันซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันและความหนาแน่นซึ่งแปรไปตามอุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากแรงจากการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ของอากาศรอบๆหัวฉีดทำให้ความเหนียวของฟิล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วของการฉีดเพิ่มขึ้น มีผลกับขนาดของเม็ดน้ำมันและรูปแบบการฉีด มุมของการฉีดสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\tan\left(\frac{\theta}{2}\right) = \sqrt{\frac{3}{2}} \left(\frac{1}{A}\right) \left(4\pi\right) \left(\frac{\rho_g}{\rho_l}\right)^{\left(\frac{1}{2}\right)}$$

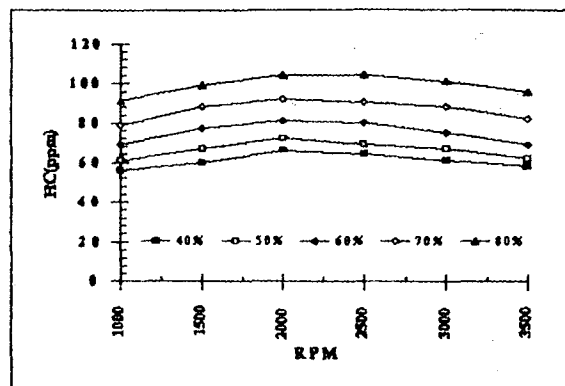
มุมของการฉีดจะเริ่มกว้างขึ้นที่ปากทางออกของหัวฉีดและกว้างขึ้นเมื่อความหนืดหรือความเหนียวของฟิล์มน้ำมันลดลง ตรงกันข้ามกับความหนาแน่นของอากาศในห้องเผาไหม้ที่ถูกอัดด้วยความล่าช้าของการติดไฟ(Ignition delay): น้ำมันที่ฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ในขณะที่มีการอัดตัวของอากาศในจังหวะอัดจะต้องใช้เวลาในการอุ่นตัวเองจนถึงจุดติดไฟเองได้(Autoignition point) จึงเกิดความล่าช้าของการติดไฟ การอุ่นน้ำมันให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นก่อนการฉีดมีผลทำให้ความล่าช้าของการติดไฟลดลง อีกทั้งการเพิ่มความดันในการฉีดให้สูงขึ้นก็

มีส่วนทำให้เม็คน้ำมันมีขนาดเล็กละเอียดมากขึ้น สามารถอุณหได้เร็วขึ้น ทำให้ความล่าช้าในการติดไฟลดลงได้เช่นเดียวกัน

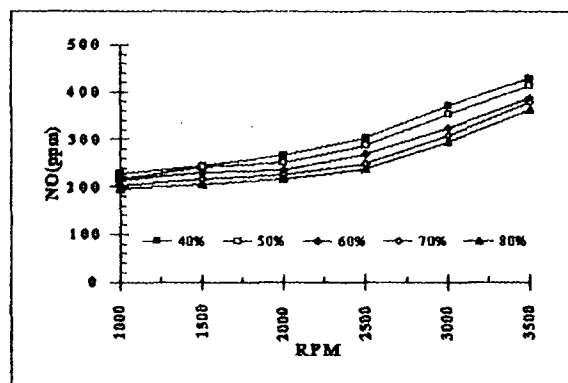
ประสิทธิภาพการดูด (Volumetric efficiency): อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจะมีความหนาแน่นมากกว่า อากาศที่มีอุณหภูมิสูงตามกฎของแกส ในขณะที่เครื่องยนต์มีปริมาตรดูด (Displacement volume) เท่าเดิม ถ้าอากาศที่ไหลเข้ากระบอกสูบมีอุณหภูมิสูงขึ้นมวลของอากาศที่ไหลเข้ากระบอกสูบจะมีปริมาณลดลงทำให้ประสิทธิภาพการดูดลดลง อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงลดลงหรือที่เรียกว่าส่วนผสมหนา ซึ่งเป็นผลให้มีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์มากขึ้น ประสิทธิภาพการดูดนอกจากขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของอากาศแล้วยังขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ด้วย

ผลและการวิเคราะห์

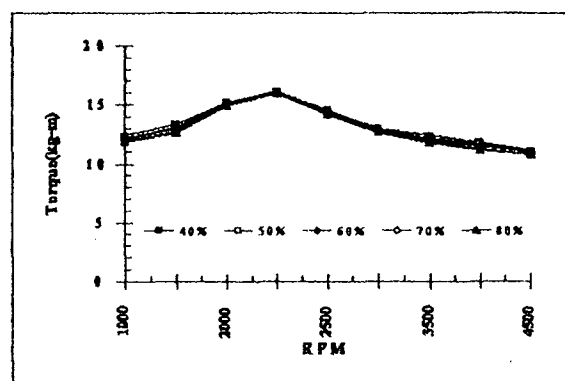
โดยทั่วไปเครื่องยนต์ดีเซลมีการเผาไหม้แบบจุดระเบิดด้วยตัวเอง โดยมีส่วนผสมของเชื้อเพลิงต่ออากาศน้อย มีอากาศส่วนเกินมากทำให้แกสไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้มีปริมาณแกสไฮโดรคาร์บอนและแกสคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำกว่าเครื่องยนต์แกสโซลีน สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อเทียบระหว่างแกสไอเสียทั้งสองชนิดในหน่วย ppm แล้วค่าของแกสไฮโดรคาร์บอนจะสูงมากกว่า สาเหตุมาจากการใช้น้ำมันที่หนัก ส่วนไนโตรเจนออกไซด์จะมีปริมาณสูงเนื่องจากเป็นเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดสูงจึงมีการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง จากการทดลองเมื่อไม่มีภาระโดยคงที่อุณหภูมิของอากาศไว้ที่ 35°C แล้วเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์จาก 40% ถึง 80% ผลแสดงว่า HC เป็นสัดส่วนตรงกับความชื้นสัมพัทธ์ดังแสดงในรูปที่ 3 และยังมีการเปลี่ยนแปลงไปกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ด้วย



รูปที่ 3 แสดงค่า HC ที่ความเร็วรอบต่างๆ



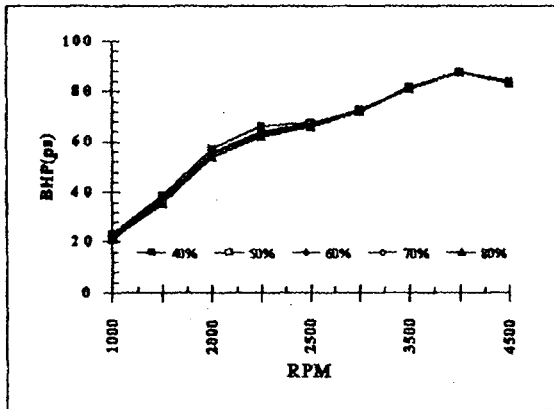
รูปที่ 4 แสดงค่า NO ที่ความเร็วต่างๆ



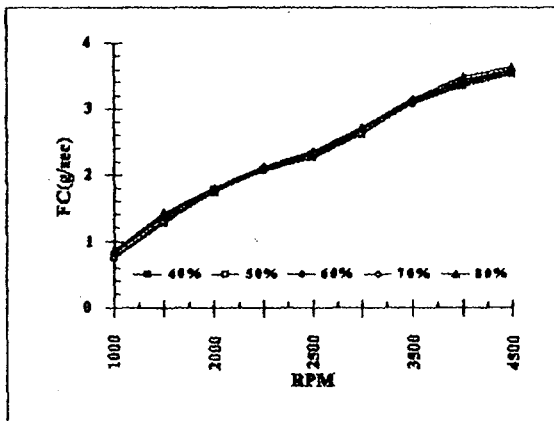
รูปที่ 5 แสดงแรงบิดที่ความเร็วรอบต่างๆ

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อให้ความชื้นในอากาศเพิ่มขึ้น แกส HC มีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์มากขึ้นเพราะว่าความร้อนส่วนหนึ่งต้องสูญเสียไปกับการเผาไอน้ำทำให้ค่า LHV ของน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงอีกทั้งทำให้ความล่าช้าในการติดไฟเพิ่มขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิจึงต่ำลงค่าของ NO ลดลงผกผันการเพิ่มของปริมาณความชื้น ขณะเดียวกันแกส NO ก็ยังมีการเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์อีกด้วย ดังแสดงในรูปที่

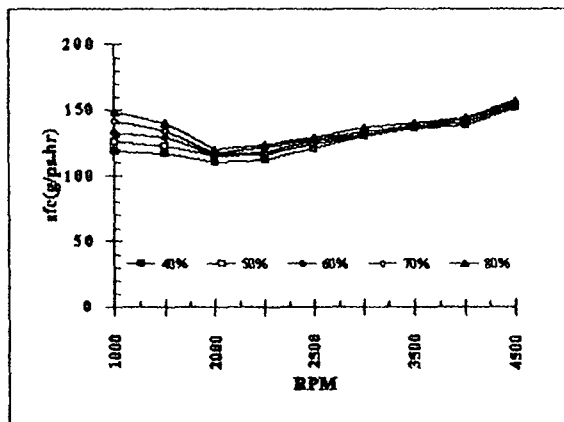
3 และ 4 จากสาเหตุนี้จึงทำให้ความดันเหนือหัวสูบลดลงทำให้ได้แรงม้าและแรงบิดจากเครื่องยนต์ลดลงเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 5 และ 6



รูปที่ 6 แสดงแรงม้าที่ความเร็วรอบต่างๆ

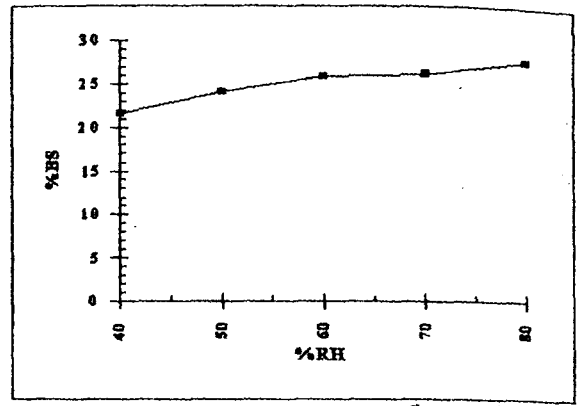


รูปที่ 7 แสดงค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง



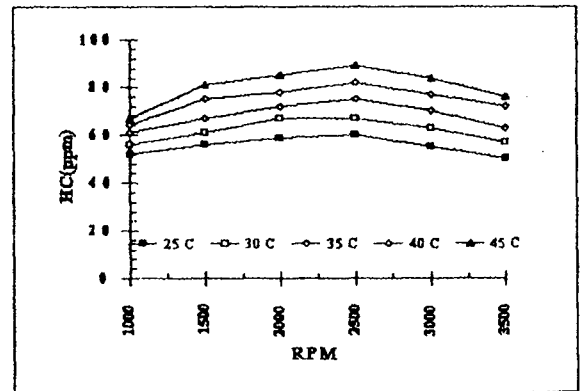
รูปที่ 8 แสดงค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉพาะ

เมื่อเครื่องยนต์มีกำลังน้อยลง จึงต้องทำการเร่งเครื่องยนต์มากกว่าปกติ ทำให้ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มมากยิ่งขึ้นตามรูปที่ 7 และ 8 และทำให้เกิดควันดำมากขึ้นตามปริมาณความชื้นในอากาศที่เพิ่มขึ้นดังรูปที่ 9

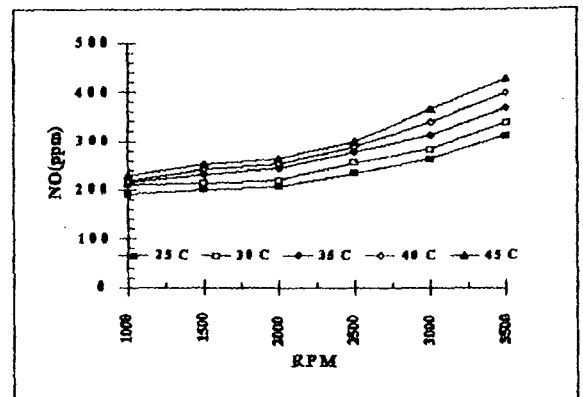


รูปที่ 9 แสดง%ควันดำที่ความชื้นเพิ่มขึ้น

ในการทดลองขั้นตอนที่สองได้ทำการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่ที่ 50% แล้วเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศจาก 25 ถึง 45°C ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่ออากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นทั้งแก๊ส HC และ NO ต่างก็มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ จากรูปที่ 10 ค่าของ HC นอกจากเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของอากาศแล้วยังเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตามความเร็วรอบอีกด้วย

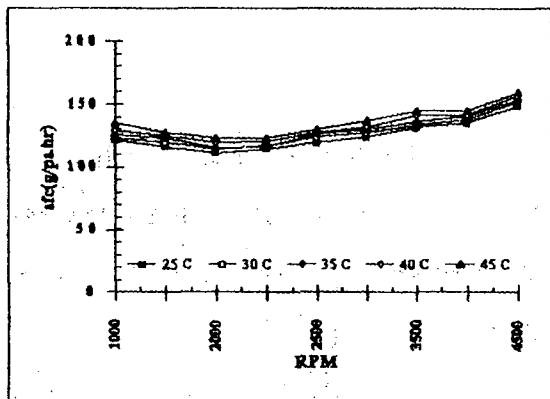


รูปที่ 10 แสดงค่า HC ที่ความเร็วรอบต่างๆ

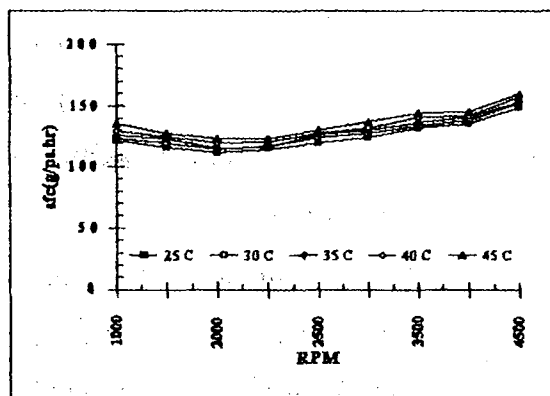


รูปที่ 11 แสดงค่า NO ที่ความเร็วรอบต่างๆ

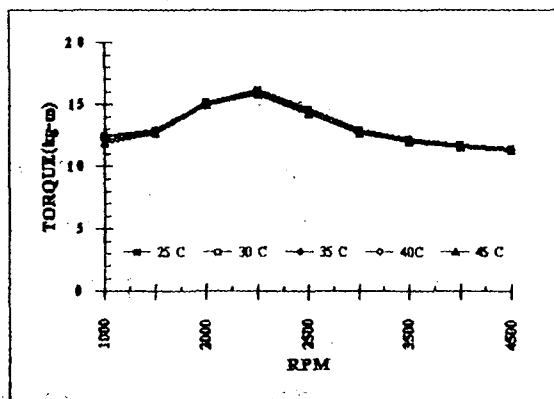
สาเหตุที่แกส HC มากขึ้นเนื่องจากอากาศมีความหนาแน่นลดลง ทำให้มวลของอากาศไหลเข้าสู่กระบอกสูบน้อยลง และเนื่องจากอากาศมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติทำให้การเผาไหม้ในส่วนแรกมีอุณหภูมิสูงมากขึ้นจึงทำให้มีแกสNOสูงขึ้น และมีพฤติกรรมคล้ายกับการทดลองในครั้งแรก ตามรูปที่ 10 และ 11



รูปที่ 12 แสดงความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง



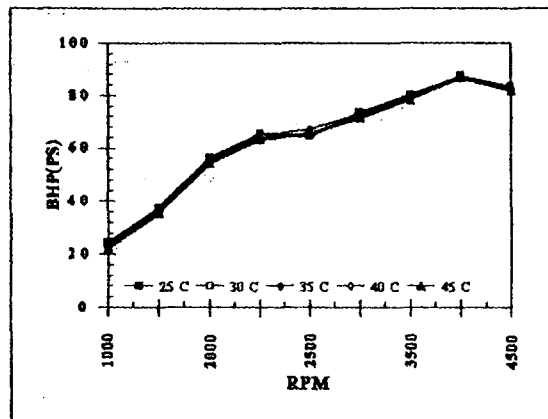
รูปที่ 13 แสดงความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉพาะ



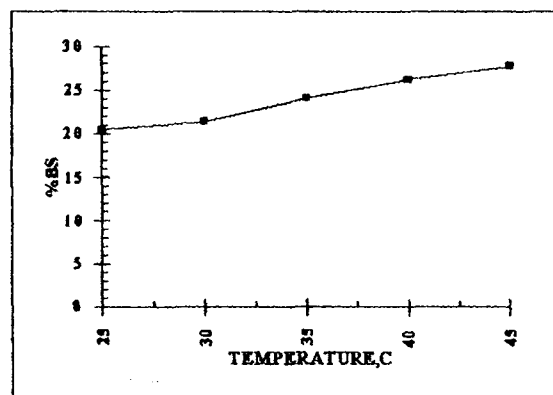
รูปที่ 14 แสดงแรงบิดของเครื่องยนต์

เนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์เมื่อต้องการเร่งเครื่องยนต์ที่รอบและภาระเดียวกันจึงทำให้ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงขึ้นตามรูปที่ 12, และ

13, และจากรูปที่ 14, และ 15 แสดงแรงบิดและแรงม้าเบรคของเครื่องยนต์มีค่าใกล้เคียงกัน และมีควันค่าเพิ่มขึ้นตามรูปที่ 16

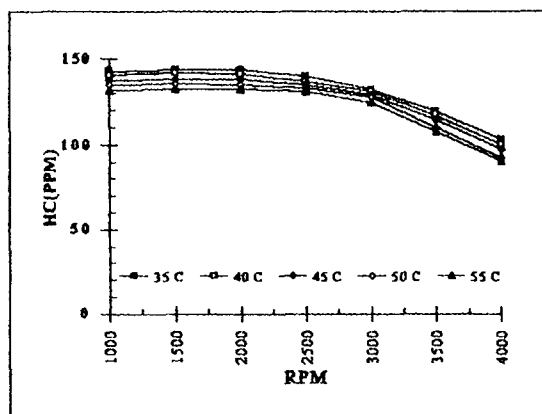


รูปที่ 15 แสดงแรงม้าเบรคของเครื่องยนต์



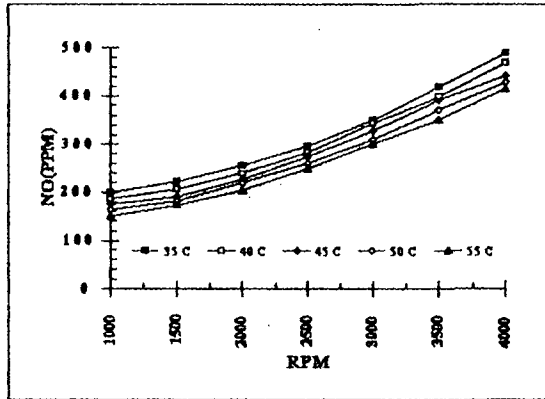
รูปที่ 16 แสดงค่าควันค่าของเครื่องยนต์

การทดสอบในขั้นตอนที่สามเป็นการเปลี่ยนแปลงเฉพาะอุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว โดยควบคุมให้อากาศที่เข้าเครื่องยนต์มีอุณหภูมิคงที่ 25°C และคงที่ความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ 50% แล้วเดินเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ

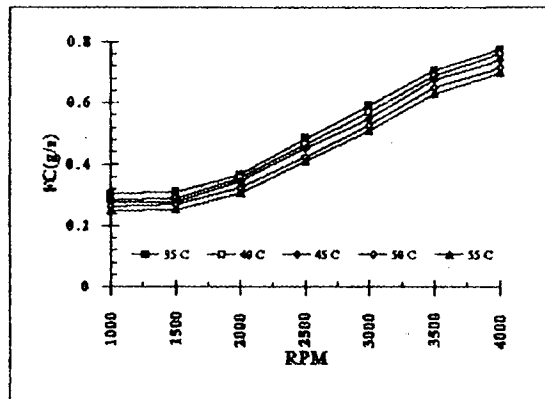


รูปที่ 17 แสดงค่า HC ที่ความเร็วรอบต่างๆ

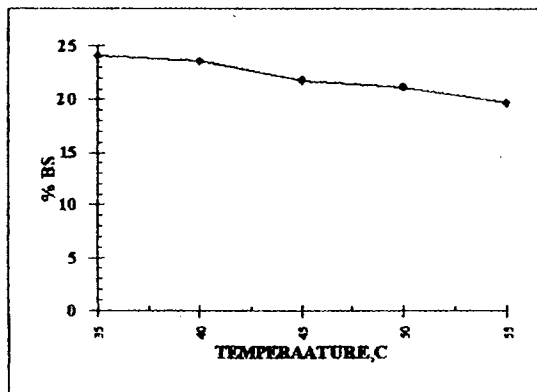
จากผลการทดลองตามรูปที่ 17 และ 18 สังเกตได้ว่าแก๊สไอเสีย ทั้งHC และNO มีค่าลดลง ในขณะที่อุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นแสดงถึงการเผาไหม้ที่ดีขึ้น ดังนั้นจากรูปที่ 19 จึงเห็นว่า ความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงเล็กน้อย และมีคว้นค่าลดลงประมาณ 20% ตามรูปที่ 20



รูปที่ 18 แสดงค่าNO ที่ความเร็วรอบต่างๆ



รูปที่ 19 แสดงความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง



รูปที่ 20 แสดงค่าคว้นค่าของเครื่องยนต์

จากการทดลองเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมันมากขึ้นจนถึงอุณหภูมิ vapor lock เครื่องยนต์จะดับ ดังนั้นจึงไม่สามารถอุ่นน้ำมันทางด้านความดันต่ำจนมีอุณหภูมิสูงกว่านี้ได้

สรุป

จากการศึกษาพฤติกรรมของเครื่องยนต์ โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นของอากาศตลอดจนอุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิง ผลจากการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การที่อากาศมีความชื้นน้อยลงทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น มีเขม่าและคว้นค่าลดลง อีกทั้งมีความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลงด้วย

2. การเพิ่มความชื้นให้กับอากาศสามารถช่วยลดแก๊ส NO และ NO_x ในไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลได้

3. การทำให้อากาศมีอุณหภูมิต่ำลงช่วยให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพการดูดสูงขึ้น มีการเผาไหม้ดีขึ้นเนื่องจากมีอากาศเข้าไปช่วยการเผาไหม้มากขึ้นจึงทำให้แก๊ส HC, NO, NO_x, เขม่าและคว้นค่าในไอเสียลดลง

4. ประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นถ้าเพิ่มอุณหภูมิน้ำมันให้สูงขึ้นแต่ทั้งนี้ต้องไม่เกินอุณหภูมิ Vapor lock ของน้ำมันเชื้อเพลิง และได้ผลว่าแก๊ส HC, NO, เขม่าและคว้นค่าในไอเสีย และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าลดลง

5. เครื่องยนต์ดีเซลผลิตแก๊สไอเสียที่เป็นมลภาวะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและความชื้นในอากาศเพิ่มขึ้น เมื่อเครื่องยนต์เดินเบาจะเดินไม่เรียบและจะดับเมื่อมีอุณหภูมิมากกว่า 60°C และ/หรือมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 100%

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงต่อบริษัทอิชู จำกัด ที่ให้การอุดหนุนงานวิจัยทางด้านเงินทุนและเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

ขอขอบคุณ Prof.Dr.Toshio Iijima เป็นอย่างสูงที่ให้การแนะนำที่มีค่าในการทำวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. S.Goto, H.Furutani, R.D. Delic, "Dual-Fuel Diesel Engine Using Butane", SAE paper 920690, 1992.
2. L. Zhang, T. Takasuki, K. Yokota, "An Observation and Analysis of the Combustion Under Supercharging on a DI Diesel Engine", SAE paper 940844, 1994.
3. R. Chuta, "Pressure Compounding a Four Cycle Diesel Engine", SAE paper 851520, 1986.
4. S. Kobori, T. Kamimoto, M.T. Luta, "Combustion in Low-Heat-Rejection Diesel Engines", JSME paper, Series II, Vol.3, No.1, 1992.
5. T. Takeno, T. Iijima, "Effect of Temperature and Pressure on Burning Velocity", Combustion and Flame 65, p.35-43, 1989.
6. N.A. Henein, J.A. Bolt, "The Effect of Some Fuel and Engine Factors on Diesel Smoke", SAE paper 690557, 1969.
7. K. Ohashi, Y. Chiyama, K. Kontani, "Influence of Environmental Conditions on Diesel Engine Performance", SAE China 891347, Vol.3, 1989.

8. K. Kontani, S. Gotoh, "Measurement of Soot in a Diesel Combustion Chamber by Light Extinction Method and In-Cylinder Observation by High Speed Shadow Graphy", SAE paper 83129, 1983.

9. W.R. Wade, C.E. Hunter, F.H. Trinker, H.A. Cikanek, "Reduction of NOx and particulate Emissions in the Diesel Combustion Process", ASME, Vol.109, OCTOBER 1987.