

AEC-2002

การศึกษาการใช้คาตาลิสต์ที่รับความร้อนด้วยไฟฟ้าในการเพิ่มอุณหภูมิไอเสียจาก เครื่องยนต์ดีเซลเชื้อเพลิงร่วมเพื่อลดมลภาวะในช่วงการขับขี่ในเมือง

A Study of Using Electrical Heated Catalyst in Raising Exhaust Temperatures of DDF Engines for Emission Reductions during City Driving

ชาคริต กิตติทรัพย์เจริญ^{1*}, เอกไท วิโรจน์สกุลชัย¹, ยศวีร์ วีระกำแหง², ปฏุล สุขจิตต์³ และ
กฤษฎา วรรณทอง³

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

² ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

³ สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13170

*ติดต่อ: nui_costa@hotmail.com, 02 942 8555 ต่อ 1839

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาและพัฒนาการใช้คาตาลิสต์ที่รับความร้อนด้วยไฟฟ้าขนาด 12 VDC 2.5 kW มาติดตั้งที่ด้านหน้าเครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Converter) ในการเพิ่มอุณหภูมิไอเสียเพื่อลดมลพิษจากรถยนต์ทดสอบที่ติดตั้งระบบก๊าซธรรมชาติแบบดีเซลเชื้อเพลิงร่วม (Diesel Dual Fuel, DDF) ในช่วงการขับขี่ในเมืองซึ่งเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิไอเสียต่ำ จากผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่าคาตาลิสต์ที่รับความร้อนด้วยไฟฟ้ามีประสิทธิภาพในการลดมลพิษไอเสียที่ถูกรอบและทุกภาระการทำงานของเครื่องยนต์ แต่ก็เป็นอุปกรณ์ที่มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงมาก ซึ่งเป็นความท้าทายที่สำคัญในการนำไปใช้งานจริง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องเข้าใจถึงคุณลักษณะและประสิทธิภาพของคาตาลิสต์ที่รับความร้อนด้วยไฟฟ้าเพื่อให้เกิดความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน และสามารถจัดเตรียมแหล่งพลังงานบนรถยนต์ได้อย่างเพียงพอต่อไป

คำหลัก: คาตาลิสต์ที่รับความร้อนด้วยไฟฟ้า, เครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา, เครื่องยนต์ดีเซลเชื้อเพลิงร่วม, อุณหภูมิติดไฟ

Abstract

This research focuses on the study and development of using a 12 VDC 2.5 kW of the Electrical Heated Catalyst (EHC) close coupled to the catalytic converter on a tested Diesel Dual Fuel (DDF) vehicle. The goal is to raise the exhaust temperature for emission reductions during city driving. From the experiments, it is found that EHC is effective in reducing emissions at every engine speeds and loads, but it also consumes very high electrical power. This is the major challenge for its application on vehicles. Therefore, it is necessary to understand characteristics and performances of EHC for proper implementation such that sources of power can be utilized sufficiently

Keywords: Electrical Heated Catalyst, Catalytic Converter, Diesel Dual Fuel, Light-off Temperature

AEC-2002

1. บทนำ

เครื่องยนต์ดีเซลเชื้อเพลิงร่วม (Diesel Dual Fuel, DDF) ได้กลายเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับการใช้พลังงานในยานยนต์ปัจจุบัน ด้วยราคาก๊าซธรรมชาติที่ถูกกว่าน้ำมันดีเซล ประกอบกับการติดตั้งระบบก๊าซที่ไม่มีความซับซ้อน จึงทำให้เครื่องยนต์ดีเซลเชื้อเพลิงร่วมเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ โดยหลักการทำงานจะมีการผสมก๊าซธรรมชาติเข้ากับอากาศที่พร้อมไอดีก่อนจะเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ส่วนผสมนี้จะถูกอัดจนกระทั่งมีอุณหภูมิและความดันที่สูงขึ้น ก่อนจะฉีดน้ำมันดีเซลเข้าไปในปริมาณเล็กน้อยในจังหวะที่เหมาะสมเพื่อกระตุ้นให้เกิดการเผาไหม้ จากลักษณะดังกล่าวจะเห็นว่าหลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลเชื้อเพลิงร่วมยังคงอยู่บนพื้นฐานของเครื่องยนต์ดีเซล

ด้วยชนิดและปริมาณของเชื้อเพลิงที่แตกต่างไป รวมถึงจังหวะการฉีดน้ำมันดีเซล ทำให้คุณลักษณะและปริมาณของมลพิษไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซลเชื้อเพลิงร่วมแตกต่างไปจากเครื่องยนต์ดีเซล โดยพบว่าเมื่อเครื่องยนต์เข้าสู่การทำงานแบบดีเซลเชื้อเพลิงร่วมแล้วปริมาณไฮโดรคาร์บอน (THC) และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในไอเสียจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก เนื่องจากปริมาณน้ำมันที่ฉีดน้อยลงกว่าการฉีดในโหมดการทำงานแบบดีเซล ซึ่งทำให้การแตกตัวเป็นไอของน้ำมันดีเซลมีคุณลักษณะเปลี่ยนไปจากเดิม ขณะเดียวกันปริมาณอากาศที่เข้าไปในห้องเผาไหม้ก็น้อยลงเนื่องจากการถูกแทนที่ของอากาศด้วยก๊าซธรรมชาติ [1,2] สาเหตุเหล่านี้ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังมีก๊าซมีเทน (CH_4) ที่หลงเหลือมาจากการเผาไหม้ปะปนมากับไอเสียในปริมาณมาก อย่างไรก็ตามด้วยคุณลักษณะการทำงานดังที่กล่าวมานี้ พบว่าปริมาณเขม่า (Soot) และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) นั้นลดลงกว่าในโหมดการทำงานแบบดีเซลมาก เนื่องจากปริมาณน้ำมันดีเซลที่ฉีดและอุณหภูมิการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบลดลงตามลำดับ

Diesel Oxidation Catalyst (DOC) เป็นเครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยาชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ใน

การลดมลพิษไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซล โดยประสิทธิภาพในการลดมลพิษแต่ละชนิดของสารเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะของการนำไปใช้งาน สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลเชื้อเพลิงร่วมที่นอกจากมลพิษหลักที่พบในเครื่องยนต์ดีเซลแล้ว ยังมีก๊าซมีเทนซึ่งเป็นมลพิษที่ต้องทำการกำจัด เนื่องจากเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักของการเกิดก๊าซเรือนกระจก ปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีผลต่อประสิทธิภาพการลดมลพิษของ DOC คืออุณหภูมิที่สูงมากพอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการออกซิไดซ์มีเทน ซึ่งอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลเชื้อเพลิงร่วมนั้นค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงการขับในเมือง ซึ่งส่วนใหญ่เครื่องยนต์จะทำงานที่ภาระงานต่ำ อุณหภูมิในเครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยาจึงยังไม่ถึงจุดทำงาน (Light-off Temperature) ที่เหมาะสม

งานวิจัยนี้จึงได้มีการศึกษาและพัฒนาการใช้คาตาไลสต์ที่ได้รับความร้อนด้วยไฟฟ้า (Electrical Heated Catalyst, EHC) มาช่วยเพิ่มอุณหภูมิไอเสียร่วมกับเครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการลดมลพิษในไอเสีย โดยได้ทำการศึกษาในช่วงการขับในเมือง อย่างไรก็ตาม EHC เป็นอุปกรณ์ที่ต้องใช้กำลังไฟฟ้าสูงในการใช้งาน [5-7] ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระบบไฟอื่น ๆ บนรถยนต์ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การศึกษาคุณลักษณะการทำงานโดยทั่วไปของ EHC และประสิทธิภาพการลดมลพิษที่ภาระงานต่าง ๆ เมื่อใช้ร่วมกับเครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเมื่อองค์ความรู้เหล่านี้ได้รับการพัฒนาขึ้น การนำ EHC ไปประยุกต์ใช้ รวมไปถึงการหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมเพื่อลดการใช้พลังงานก็จะได้รับการพัฒนาเป็นลำดับต่อไป

2. อุปกรณ์

2.1 รถยนต์

รถยนต์ที่นำมาใช้ในการทดสอบเป็นรถยนต์ TOYOTA รุ่น VIGO CHAMP เครื่องยนต์ดีเซลขนาด 2.5 ลิตร 4 กระบอกสูบ มีเทอร์โบชาร์จ พร้อมติดตั้ง

AEC-2002

ระบบจ่ายก๊าซธรรมชาติแบบหัวฉีดเป็นดีเซลเชื้อเพลิงร่วม โดยข้อมูลจำเพาะของรถยนต์ทดสอบได้แสดงไว้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำเพาะของรถยนต์

Weight	1,550 kg
Dimension (LxWxH)	5,135 x 1,760 x 1,720 mm
Wheelbase	3,085 mm
Tread Front x Rear	1,510 x 1,510 mm
Engine Model	2KD-FTV (VNT)
Engine Type	4 cylinder 16 valve DOHC VN Turbo Intercooler
Fuel Supply System	Direct Injection Common-rail
Bore x Stroke	92.0 x 93.8 mm
Displacement Vol.	2,494 cc
Compression Ratio	17.4:1
Max. Power	106 kW(144 PS)/3,400 rpm
Max. Torque	343 Nm/1,600~2,800 rpm
Transmission	5M/T

2.2 เครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา

เครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Converter) ที่นำมาใช้ในการทดสอบนี้ได้นำเคลือบพลาเลเดียม (Pd) เป็นสารเร่งปฏิกิริยาหลักเพื่อประสิทธิภาพในการออกซิไดซ์มีเทน (CH₄) โดยผสมแพลทินัม (Pt) เข้าไปเพียงบางส่วน [3,4] สำหรับรายละเอียดอื่นๆได้แสดงไว้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา

Substrate Material	Metallic Foil
Cell Shape	Triangle
Substrate Volume (L)	2.65
Pt: Pd	1:4
PGM (g/ft ³)	250

2.3 Electrical Heated Catalyst

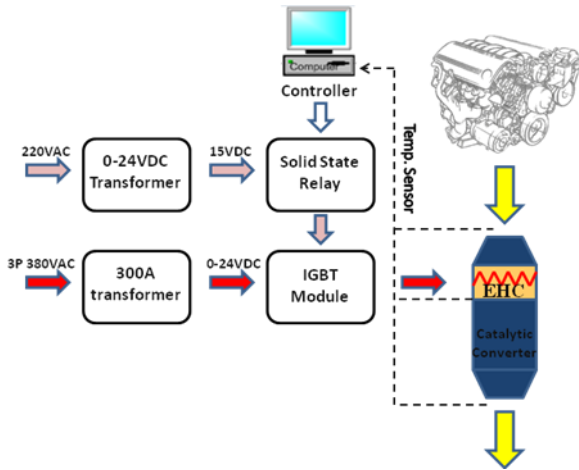
EHC ที่นำมาใช้ในการทดสอบนี้เป็นของบริษัท EMICAT มีขนาด 12 VDC 2.5 kW โดยมีรูปแบบการทำความร้อนแบบขดเป็นวงกลมคล้ายกันหอย (Spiral) ดังรูปที่ 1 จากนั้นได้นำไปติดตั้งที่ด้านหน้าของเครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา แล้วประกอบเข้ากับระบบท่อไอเสียของรถยนต์ทดสอบ



รูปที่ 1 Electrical Heated Catalyst EMICAT ขนาด 12 VDC 2.5 kW

ระบบไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่ EHC ได้นำหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) แปลงไฟจากกระแสสลับ 3 เฟส 380 V เป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยสามารถปรับตั้งแรงดันไฟฟ้าขาออกได้ตั้งแต่ 0-24 V และสามารถจ่ายกระแสไฟได้สูงสุดถึง 300 A มี IGBT เป็นอุปกรณ์ตัดต่อการทำงานของ EHC โดยมี Thermocouple วัดอุณหภูมิไอเสีย 3 ตำแหน่ง ได้แก่ อุณหภูมิไอเสียจากเครื่องยนต์ อุณหภูมิไอเสียหลัง EHC และอุณหภูมิไอเสียหลังเครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา ในส่วนของวงจรควบคุมนั้นได้มีการขยายสัญญาณสั่งงานของ Controller จาก 5 VDC ให้เป็น 15 VDC เพื่อให้ IGBT ยอมให้กำลังไฟฟ้าไหลผ่านไปยัง EHC ได้เต็มประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแปลงไฟจาก 220 VAC เป็น 15 VDC มี Solid State Relay เป็นอุปกรณ์ตัดต่อสัญญาณสั่งงานของวงจรควบคุม ดังรูปที่ 2

AEC-2002

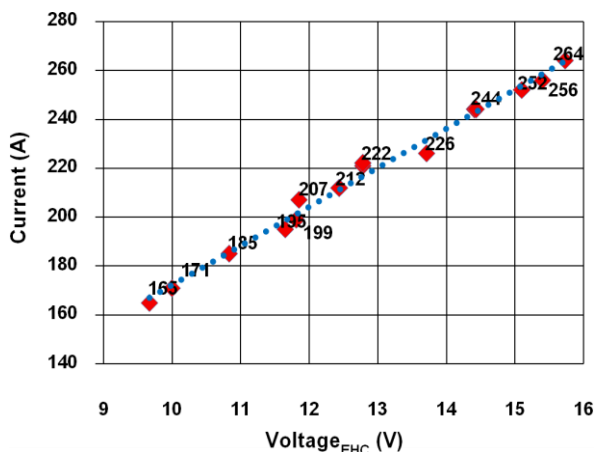


รูปที่ 2 การติดตั้งอุปกรณ์และชุดควบคุมการทำงานของ EHC

3. การทดลอง

3.1 การทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ EHC

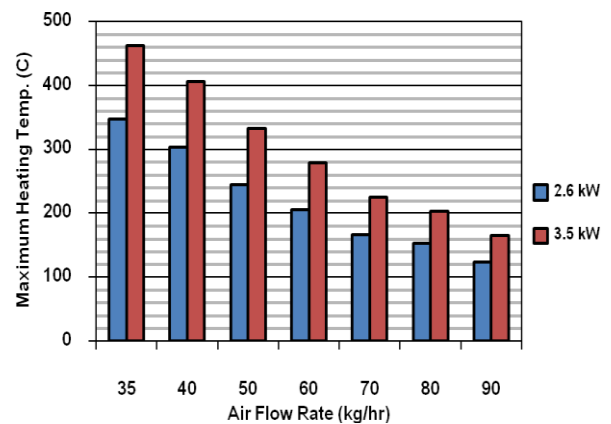
การทดสอบนี้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณกระแสไฟฟ้า (A) กับความต่างศักย์ตกคร่อม EHC (V) โดยทำการปรับตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าขาออกจากแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งในที่นี้คือหม้อแปลง 0-24 VDC จากนั้นวัดค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมขั้วของ EHC และปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ EHC ดึงจากแหล่งจ่ายไฟ จะได้ความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ตกคร่อมและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน EHC

จากรูปที่ 3 จะเห็นว่าเมื่อทำการปรับความต่างศักย์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ EHC จะมีความสามารถในการดึงกระแสไฟฟ้าที่มากขึ้น โดยมีแนวโน้มเป็นกราฟ

เส้นตรง ทั้งนี้พฤติกรรมดังกล่าวเป็นไปตามค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของ EHC ซึ่งสามารถหาค่าได้จากความชันของกราฟ ความสัมพันธ์นี้ยังมีประโยชน์ในการนำไปคำนวณหากำลังไฟฟ้า รวมไปถึงอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่า EHC สามารถใช้งานที่กำลังสูงกว่า 2.5 kW ได้ หากปรับความต่างศักย์ที่สูงกว่า 12 V เข้าไปจากนั้นได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการยกอุณหภูมิของ EHC โดยการฉีดอากาศที่อุณหภูมิห้องเข้าไปด้วยอัตราการไหลต่างๆ แล้ววัดอุณหภูมิสูงสุดที่ EHC ทำได้ โดยให้กำลังไฟฟ้าประมาณ 2.6 และ 3.5 kW พบว่า EHC ใช้เวลาประมาณ 2 นาทีในการยกอุณหภูมิไปถึงค่าสูงสุด รูปที่ 4 ได้แสดงความสามารถในการทำความร้อนของ EHC จะเห็นว่า เมื่อปริมาณอากาศเพิ่มขึ้น ความสามารถในการยกอุณหภูมิของ EHC จะลดลงเมื่อเทียบที่ กำลังไฟฟ้าเท่ากัน ซึ่งเป็นผลมาจากพลังงานความร้อนค่าหนึ่งถูกถ่ายเทไปยังอากาศที่ไหลผ่าน EHC ในปริมาณมากขึ้นๆ ดังนั้นอุณหภูมิสูงสุดที่ทำได้ จึงลดลงตามอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้อัตราการไหลของไอเสียในช่วงการขับขีในเมืองนั้นอยู่ในช่วงประมาณ 25-75 kg/h



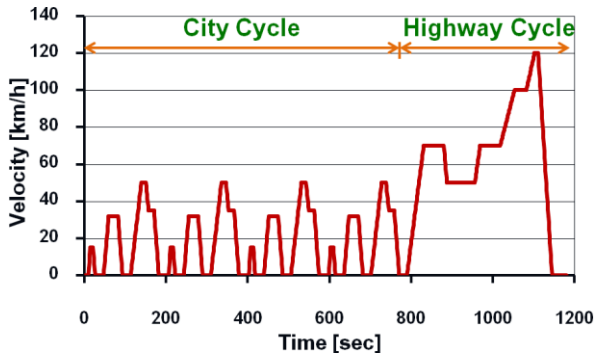
รูปที่ 4 แสดงความสามารถในการทำความร้อนเมื่อให้กำลังไฟฟ้า 2.6 และ 3.5 kW แก่ EHC

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของ EHC ต่อการลดมลพิษไอเสีย

จากนั้นจึงได้ทำการทดสอบ EHC ที่สภาวะต่างๆ ในช่วงการขับขีในเมือง ซึ่งมีอุณหภูมิไอเสียจาก

AEC-2002

เครื่องยนต์เฉลี่ยประมาณ 150°C โดยทดสอบด้วยมาตรฐาน New European Driving Cycle (NEDC) ซึ่งจะประกอบด้วยวงจรการขับขี่ในเมือง (City Cycle) 4 วัฏจักรที่เหมือนกัน และวงจรการขับขี้นอกเมือง (Highway Cycle) รวมเป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 1,180 วินาที ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงการจำลองการขับขี้นตามมาตรฐาน New European Driving Cycle (NEDC)

การทดสอบเป็นแบบ Cold Start ซึ่งเครื่องยนต์จะยังคงเย็นอยู่ในขณะเริ่มทำการทดสอบ ช่วงนี้จึงมีมลพิษในไอเสียมากกว่าปกติ เครื่องยนต์จะทำงานในแบบดีเซลปกติ จากนั้นระบบจะตัดการทำงานเป็นแบบดีเซลเชื้อเพลิงร่วม เมื่อน้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิประมาณ 70°C โดยในส่วนของ EHC ได้ปรับตั้งค่าที่หม้อแปลงจนกระทั่งได้กำลังไฟฟ้าที่ EHC ประมาณ 3.5 kW สำหรับสภาวะการทดสอบได้แบ่งเป็น 5 แบบดังเงื่อนไขที่แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงสภาวะการทดสอบ EHC

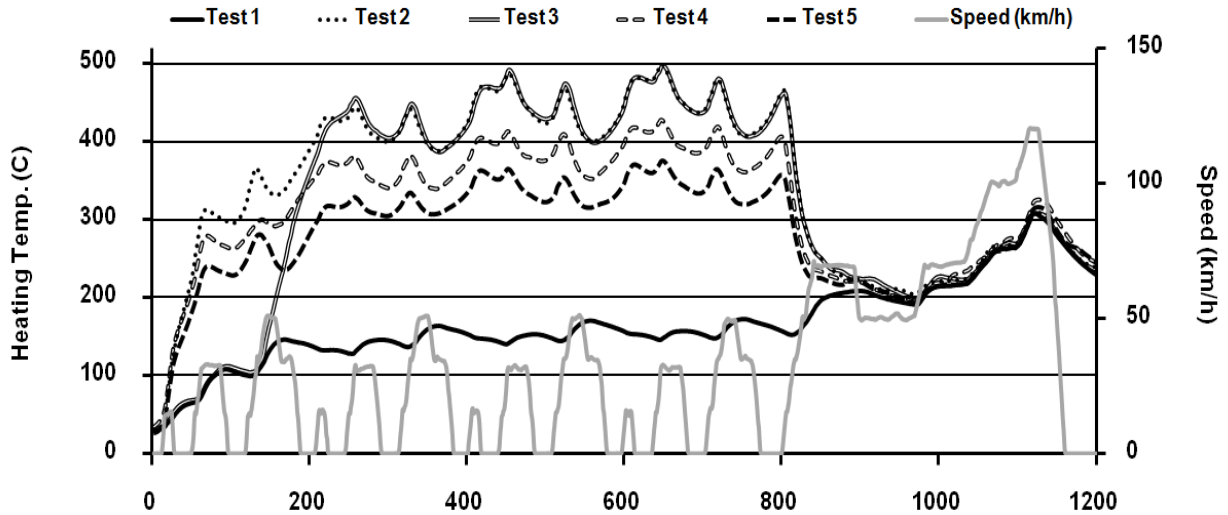
Test 1	ไม่ใช้งาน EHC
Test 2	เปิดใช้ EHC ด้วย Duty Cycle 100% เมื่อเริ่มสตาร์ทเครื่องยนต์
Test 3	เปิดใช้ EHC ด้วย Duty Cycle 100% เมื่อระบบตัดเข้าสู่การทำงานแบบ DDF
Test 4	เปิด EHC เมื่อสตาร์ทเครื่องยนต์ โดยลด Duty Cycle ของ EHC เหลือ 90%
Test 5	เปิด EHC เมื่อสตาร์ทเครื่องยนต์ โดยลด Duty Cycle ของ EHC เหลือ 80%

4. ผลการทดลอง

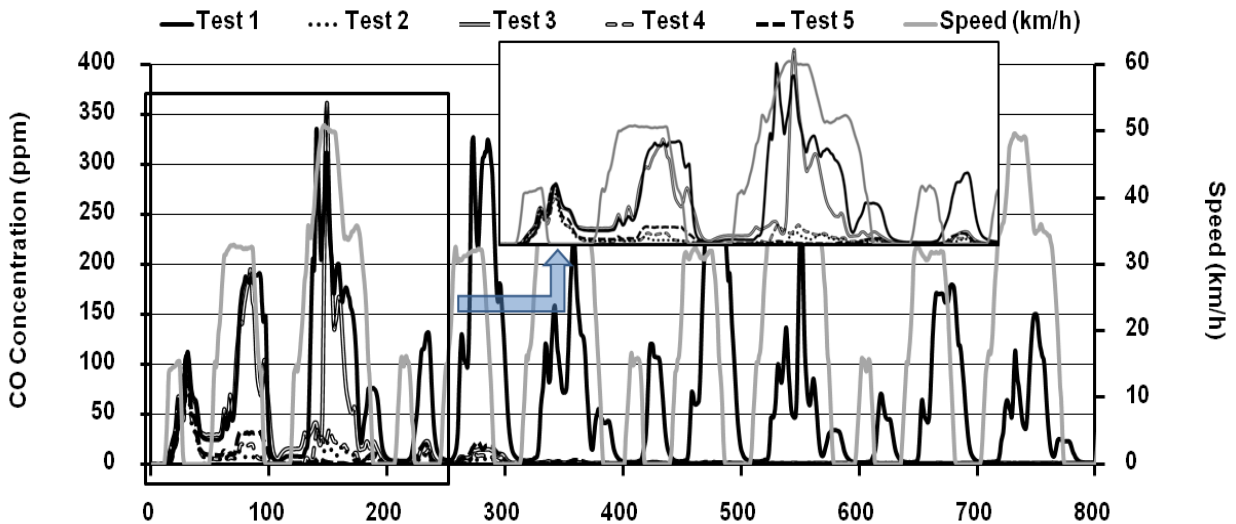
จากรูปที่ 6 แสดงอุณหภูมิหลัง EHC จะพบว่าการเปิด EHC ตั้งแต่เริ่มต้นการทดสอบ (Test 2) จะใช้ระยะเวลาในการทำความร้อนไปถึงช่วงอุณหภูมิสูงสุด (Maximum Temperature มีค่าประมาณ 400-500°C) มากกว่าการเปิด EHC เมื่อเครื่องยนต์ตัดเข้าสู่การทำงานแบบ DDF (Test 3) ที่ประมาณวินาทีที่ 130 เนื่องจากในช่วงเริ่มต้นการทดสอบ เครื่องยนต์จะทำงานแบบดีเซลซึ่งมีปริมาณอัตราการไหลของไอเสียสูงกว่าการทำงานแบบ DDF การทำอุณหภูมิไปถึง 400°C จึงใช้เวลานานกว่า อย่างไรก็ตามเมื่อเข้าสู่วินาทีที่ 200 จะเห็นอุณหภูมิของการเปิด EHC ทั้งสองแบบเป็นไปในทิศทางเดียวกันตลอดการทดสอบ เช่นเดียวกับการเปิด EHC ด้วย Duty Cycle ร้อยละ 90 และ 80 (Test 4 และ Test 5) แต่อุณหภูมิสูงสุดจากการทำความร้อนจะลดลงไปตามลำดับ ในขณะที่เมื่อไม่มีการใช้งาน EHC (Test 1) จะพบว่าอุณหภูมิก่อนช่วงการขับขี้นในเมือง และจะเริ่มสูงขึ้นในช่วงการขับขี้นนอกเมืองตามภาระการทำงานของเครื่องยนต์ที่สูงขึ้น

รูปที่ 7 แสดงความเข้มข้นของ CO ในไอเสีย โดยในช่วงเริ่มต้นการทดสอบ อุณหภูมิของเครื่องยนต์ยังคงต่ำ และเครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยายังไม่ถึงอุณหภูมิทำงาน จึงเป็นสาเหตุให้ CO มีปริมาณสูง แม้ว่าเครื่องยนต์จะยังคงอยู่ในช่วงการทำงานแบบดีเซล เมื่อพิจารณาที่ภาพขยายจะพบว่า การเปิด EHC ตั้งแต่เริ่มต้นการทดสอบไม่ว่าจะเป็นที่ Duty Cycle ร้อยละ 100, 90 หรือ 80 ก็จะมีปริมาณ CO พุ่งสูงขึ้นมาเพียงหนึ่งครั้ง ซึ่งเป็นผลมาจากการเร่งเครื่องยนต์ในระหว่างการทำอุณหภูมิของ EHC ในขณะที่การเปิด EHC เมื่อเข้าสู่การทำงานแบบ DDF วินาทีที่ 130 นั้นจะเห็นปริมาณ CO สูงขึ้นตามจังหวะการเร่งเครื่องตลอดช่วง 200 วินาทีแรก อย่างไรก็ตามหลังวินาทีที่ 200 เป็นต้นไป อุณหภูมิไอเสียสูงขึ้นไปมากกว่า 300°C ซึ่งเพียงพอจะสามารถกำจัด CO ได้หมด ในขณะที่เมื่อไม่มีการใช้งาน EHC จะพบ CO ในปริมาณสูงไปตลอดช่วงการขับขี้นในเมือง

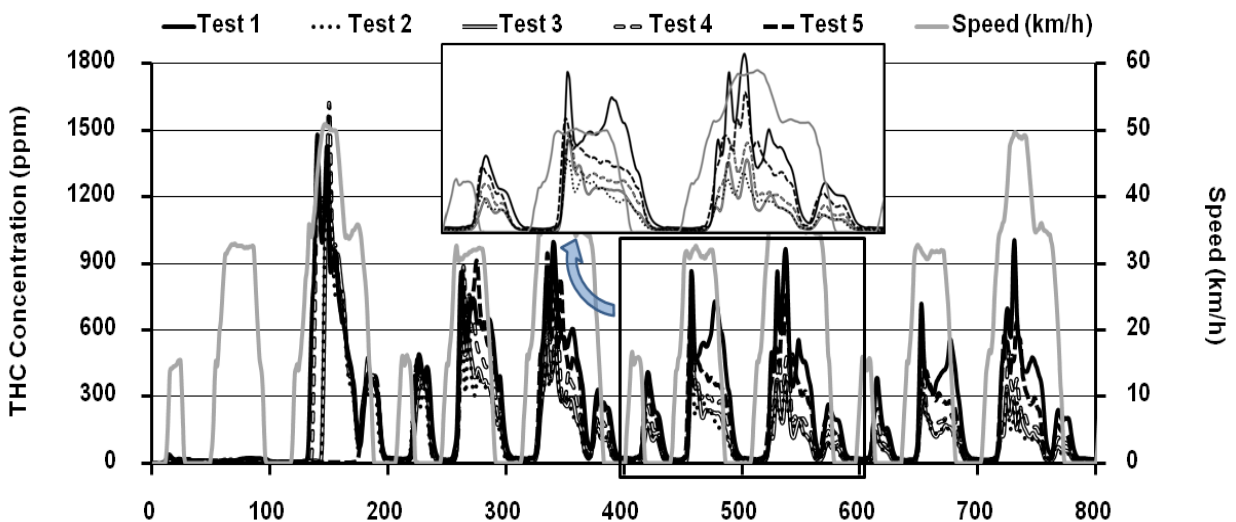
AEC-2002



รูปที่ 6 แสดงอุณหภูมิไอเสียหลัง EHC ในการขับขี่ตามมาตรฐาน NEDC ของการทดสอบแบบต่างๆ

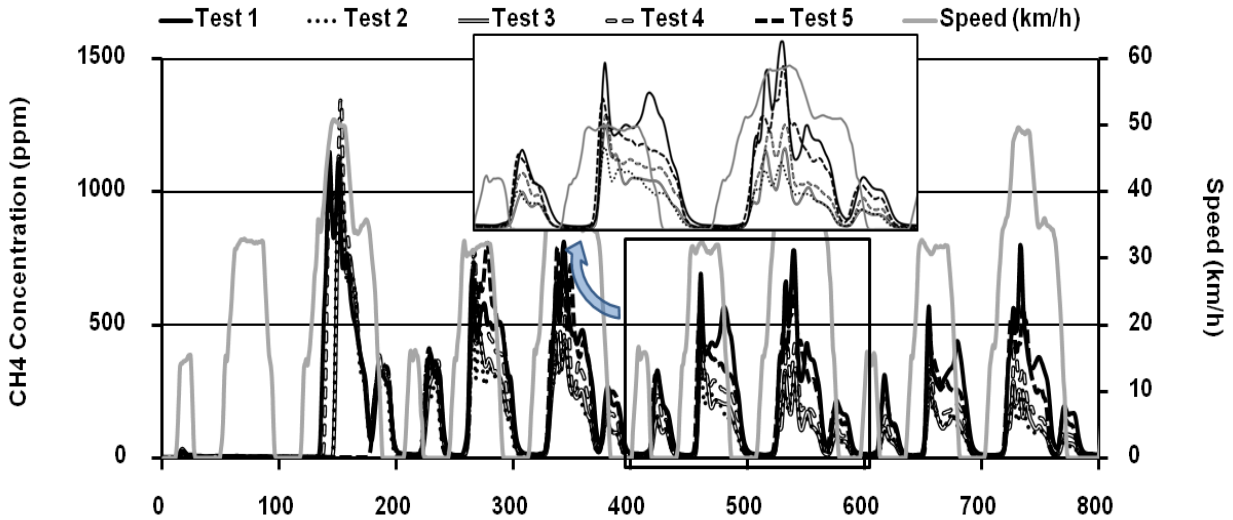


รูปที่ 7 แสดงปริมาณการปล่อย CO ในช่วงการขับขี่ในเมืองตามมาตรฐาน NEDC ของการทดสอบแบบต่างๆ

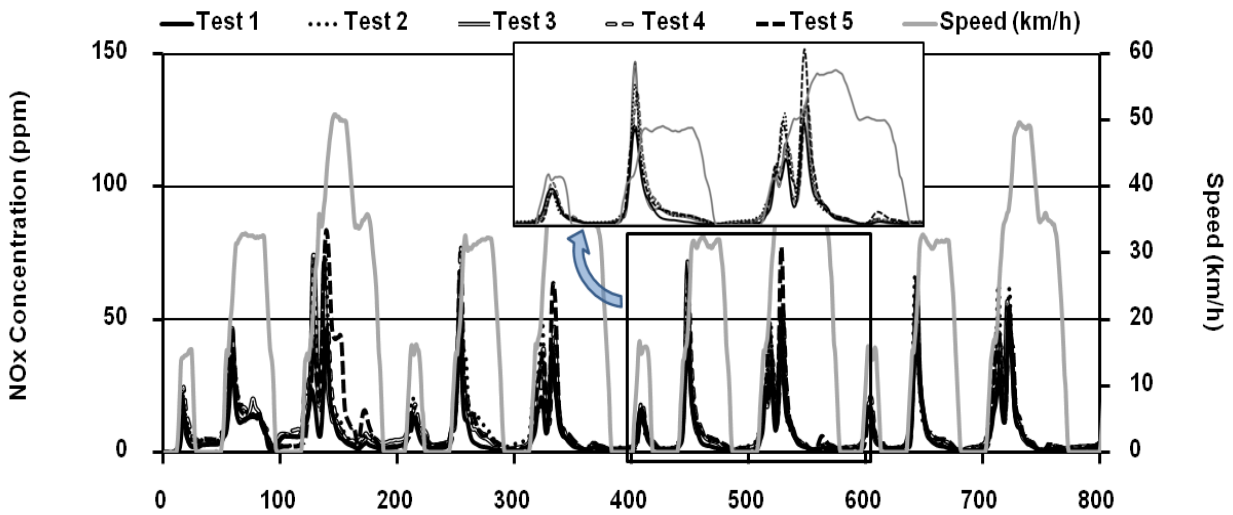


รูปที่ 8 แสดงปริมาณการปล่อย THC ในช่วงการขับขี่ในเมืองตามมาตรฐาน NEDC ของการทดสอบแบบต่างๆ

AEC-2002



รูปที่ 9 แสดงปริมาณการปล่อย CH₄ ในช่วงการขับขี่ในเมืองตามมาตรฐาน NEDC ของการทดสอบแบบต่างๆ



รูปที่ 10 แสดงปริมาณการปล่อย NO_x ในช่วงการขับขี่ในเมืองตามมาตรฐาน NEDC ของการทดสอบแบบต่างๆ

รูปที่ 8 และ 9 แสดงปริมาณ THC และ CH₄ ตามลำดับ โดยค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน เนื่องจาก THC ได้รวมเอาปริมาณ CH₄ เข้าไว้ด้วย ดังนั้นจึงสังเกตได้ว่าปริมาณ THC จะมีค่าใกล้เคียงและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับ CH₄ โดยหากพิจารณาระหว่างการทดสอบที่ 2 ซึ่งมีการเปิด EHC ตั้งแต่เริ่มต้นการทดสอบกับการทดลองที่ 3 ซึ่งเปิด EHC หลังจากเครื่องยนต์เข้าสู่การทำงานแบบ DDF แล้ว กลับไม่พบความแตกต่างกันที่ชัดเจนดังเช่นกรณีของ CO เนื่องจากในช่วงเริ่มต้นการทดสอบซึ่งเครื่องยนต์ทำงานแบบดีเซลนั้นมีปริมาณ THC น้อยมาก อีกทั้ง

อัตราการไหลของไอเสียในช่วงการทำงานแบบดีเซลยังสูงกว่าการทำงานแบบ DDF ดังนั้นการทำอุณหภูมิไอเสียให้สูงพอที่จะสามารถออกซิไดซ์ THC ได้ นั่นจึงใช้ระยะเวลาไม่แตกต่างจากการเปิด EHC เมื่อเข้าสู่การทำงานแบบ DDF และเป็นสาเหตุให้อัตราการปล่อย THC และ CH₄ ในช่วงการขับขี่ในเมืองของทั้งสองการทดสอบไม่แตกต่างกันมากนัก ขณะเดียวกันการลด Duty Cycle ของ EHC ลงเหลือเพียงร้อยละ 90 และ 80 นั้น พบว่าปริมาณ THC ที่ปล่อยออกมาสูงขึ้นตามลำดับ เนื่องจากการลด Duty Cycle ลง ทำให้อุณหภูมิจากการทำความร้อนของ EHC ลดลงไป

AEC-2002

ด้วย ดังนั้นประสิทธิภาพการออกซีไดซ์ THC และ CH_4 จึงลดลงไปตามลำดับ ในขณะที่เดียวกันปริมาณ NO_x (รูปที่ 10) นั้นไม่พบความแตกต่างกันที่ชัดเจนมากนักในแต่ละการทดสอบ

5. สรุป

1. ได้ทำการติดตั้ง EHC ที่ด้านหน้าเครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา และประกอบเข้ากับระบบท่อไอเสียของรถยนต์ทดสอบแล้ว

2. EHC สามารถนำไปใช้งานที่กำลังสูงกว่า 2.5 kW ได้ โดยการเพิ่มความต่างศักย์ของแหล่งจ่ายไฟมากกว่า 12 VDC สำหรับสภาวะการใช้งาน EHC ที่เหมาะสมในการทดสอบครั้งนี้ได้ปรับตั้งค่าความต่างศักย์ไว้ที่ 14.4 VDC กระแส 242 A หรือคิดเป็นกำลังไฟฟ้าประมาณ 3.5 kW

3. การใช้ EHC ให้ประสิทธิภาพในการลด CO ที่ชัดเจนเมื่อเข้าสู่อุณหภูมิทำงานของเครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา โดยทดสอบที่ 2, 3, 4 และ 5 ซึ่งมีการใช้งาน EHC ในรูปแบบต่าง ๆ นั้น ปริมาณ CO ลดลงไปร้อยละ 95.25, 77.17, 94.53 และ 93.16 เทียบกับเมื่อไม่ใช้งาน EHC (Test 1) ตามลำดับ

4. ปริมาณ THC ในการทดสอบที่ 2, 3, 4 และ 5 ลดลงมาจากเมื่อไม่มีการใช้งาน EHC ร้อยละ 52.27, 48.67, 33.58 และ 31.27 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณ CH_4 นั้นลดลงไปร้อยละ 48.64, 45.62, 26.08 และ 23.18 ตามลำดับ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) สำหรับทุนสนับสนุนงานวิจัยและการอำนวยความสะดวกด้านอุปกรณ์ เครื่องมือ และห้องทดสอบ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Papagiannakis, R.G. and Hountalas, D.T. (2003). Experimental Investigation Concerning the Effect of Natural Gas Percentage on Performance and Emissions of a DI Dual Fuel Diesel Engine,

Applied Thermal Engineering, vol. 23, pp. 353 – 365.

[2] Sahoo, B.B., Sahoo, N. and Saha, U.K. (2009). Effect of Engine Parameters and Type of Gaseous Fuel on the Performance of Dual-fuel Gas Diesel Engines, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 13, pp. 1151 – 1184.

[3] Lapisardi, G., Urfels, L., Gélin, P., Primet, M., Kaddouri, A., Garbowski, E., Toppi, S. and Tena, E. (2006). Superior Catalytic Behavior of Pt-doped Pd Catalysts in the Complete Oxidation of Methane at Low Temperature, *Catalysis Today*, vol. 117, pp. 564 – 568.

[4] Kikuchi, R., Maeda, S., Sasaki, K., Wennerström, S. and Eguchi, K. (2002). Low-temperature Methane Oxidation over Oxide-supported Pd Catalysts: Inhibitory Effect of Water Vapor, *Applied Catalysis A: General*, vol. 232, pp. 23 – 28.

[5] Laing, P.M. (1994). Development of an Alternator-Powered Electrically-Heated Catalyst System, *SAE International* (941042).

[6] Yaegashi, T., Yoshizaki, K., Nagami, T., Sugiura, S., Yoshinaga, T. and Ohsawa, K. (1994). New Technology for Reducing the Power Consumption of Electrically Heated Catalysts, *SAE International* (940464).

[7] อนุมัติ ไทพะยะพันธ์ และ เอกไท วิโรจน์สกุลชัย (2554). การลดปริมาณก๊าซมีเทนของเครื่องยนต์ดีเซลเชื้อเพลิงร่วมในช่วงภาวะการทำงานต่ำโดยใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าทำงานร่วมกับแคตตาไลติกคอนเวอร์เตอร์, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25, จังหวัดกระบี่