

## การพัฒนาเครื่องยนต์เชื้อเพลิงด้วยการปรับความดันหัวฉีด

### Development of Econo Car by Adjusting Fuel Injection Pressure

ปฐิภาณ ถิ่นพระบาท\* ฌทพร จินดาประเสริฐ ประเสริฐ วิโรจน์ชวีวัน ภูภูมิ พ่วงเจริญชัย และ มณฑล สิทธิปริษาชาญ

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: padipan.t@rmutp.ac.th\*

#### บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพด้วยวิธีการควบคุมความดันของการฉีดเชื้อเพลิง เป็นกระบวนการเพื่อค้นหาสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดการประหยัดเชื้อเพลิงอย่างสูงสุดในกระบวนการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ในการศึกษาครั้งนี้เครื่องยนต์ที่นำมาใช้ร่วมกับรถประหยัดเชื้อเพลิง คือเครื่องยนต์ Honda wave ขนาด 110 cc. ในการศึกษาครั้งนี้ได้เน้นการทดสอบการฉีดเชื้อเพลิงของหัวฉีด โดยวิธีการปรับความดันลมของระบบนิวแมติกส์ ในระบบการฉีดเชื้อเพลิงให้เหมาะสมในการทำงานของหัวฉีดเชื้อเพลิง ซึ่งควบคุมจังหวะการฉีดด้วยระบบคอมพิวเตอร์ โดยการปรับที่วาล์วควบคุมความดันแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 2, 2.5 และ 3 bar ตามลำดับ และทดสอบการวิ่งในระยะทางที่เท่ากัน คือ 5 กิโลเมตร จากผลทดสอบพบว่า ที่ความดัน 2 bar ให้ค่าการประหยัดเชื้อเพลิงมากที่สุดโดยมีอัตราการสิ้นเปลืองที่ 1,020.68 km/L และความเร็วที่ 25.23 km/h ซึ่งสอดคล้องกับค่ามลพิษที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ที่ให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด

คำสำคัญ: รถประหยัดเชื้อเพลิง, หัวฉีดเชื้อเพลิง, ความดันหัวฉีด

#### Abstract

The study of the efficiency of fuel consumption by adjusting the fuel injection pressure is basically one optimization method to maximize the engine combustion. In this current study, the Honda wave 110 cc. engine has been used to test in particular the fuel injection by adjusting the pressure of injector. To control the pressure of injection was made by automatic valve injectors with three different pneumatic pressure which were 2, 2.5 and 3 bars respectively and the similar running distance of 5km. The results showed that at 2 bars, the obtained fuel saving was 1,020.68 km/L and the speed at 25.23 km/h which corresponded to the highest CO<sub>2</sub> emissions during the engine combustion.

Keywords: honda econo car, injector fuel, injection pressure

#### 1. บทนำ

ในสภาวะปัจจุบัน การใช้พลังงานมีอัตราเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภคและพัฒนาประเทศพลังงานจากทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญที่ใช้กันมากได้แก่ เชื้อเพลิงจากปิโตรเลียม ซึ่งนับวันยิ่งจะหมดไปทำให้ประสบปัญหาในการจัดหาเชื้อเพลิง และมีราคาแพง ผลจากการใช้เชื้อเพลิงจากปิโตรเลียมทำให้เกิดมลพิษส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงมีการหาแหล่งพลังงานทดแทนและพร้อมกับการรณรงค์ประหยัดพลังงาน การออกมาตรการต่าง ๆ เพื่อลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิง การใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและก่อให้เกิดมลพิษน้อยที่สุด สำหรับในประเทศไทย บริษัท เอ พี สอนต้า จำกัด ได้ตระหนักและเห็นความสำคัญของการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงและการใช้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยได้จัดให้มีการแข่งขันสอนต้าประหยัดเชื้อเพลิง (Honda Econo Mileage Challenge) ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 โดยทุกปีมีทีมเข้าร่วมการแข่งขัน มากกว่า 700 ทีม สำหรับคณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร ได้เข้าร่วมการแข่งขันดังกล่าวมาตั้งแต่ ปี 2547 สำหรับการพัฒนารถประหยัดเชื้อเพลิงที่ได้จัดทำมาแล้วครั้งนี้ การออกแบบตัวถังรถเน้นเป็นรูปหยดน้ำเพื่อลดแรงต้านอากาศ โดยตัวถังจะเป็นแบบคลุมหมุดเพื่อลดแรงต้านทานอากาศ หมุนวน [1] การเลือกใช้อลูมิเนียมในการทำตัวถังเพื่อให้มีน้ำหนักเบา การปรับแต่งเครื่องยนต์ให้มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ โดยการเพิ่มหัวเทียน 2 หัว การเพิ่มอัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์ และติดตั้งสไลด์กระเบื้องวาล์วไอดี เพิ่มตัดการดูดน้ำมันของเครื่องยนต์ขณะดับเครื่องเพื่อให้คุ้มค่ากับปริมาณเชื้อเพลิง การควบคุมการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงและการจุดระเบิด การปรับปรุงระบบส่งกำลังและการพัฒนาระบบเครื่องล่าง โดยในการพัฒนารถประหยัดเชื้อเพลิงปีล่าสุด (2561) ได้เน้นการฉีดเชื้อเพลิงที่ประหยัดเชื้อเพลิงด้วยการปรับความดันหัวฉีด โดยในบทความนี้จะมีการรายงานผลของการศึกษาผลกระทบต่อความดันในการฉีดเชื้อเพลิงที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ เช่น ค่าการประหยัดเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลของความดันการฉีดเชื้อเพลิงต่อการปล่อยสารมลพิษในไอเสียของเครื่องยนต์

## บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4  
 Proceedings of the 4<sup>th</sup> RMUTP Conference on Engineering and Technology

## 2. ทฤษฎีและอุปกรณ์การทดสอบ

### 2.1 การหาอัตราการฉีดเชื้อเพลิงของหัวฉีด

อัตราการฉีดเชื้อเพลิงถูกนำมาวิเคราะห์ตามวิธีการของ Payri et al. [2], Dermotte et al. [3] และ Tinprabath et al. [4] ใช้คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การฉีดเชื้อเพลิง โดยใช้อัตราการไหลของมวลเฉลี่ย จากการฉีด วัดจากระยะเวลาในช่วงคงตัว 1,000-2,000  $\mu$ s ของการฉีดเชื้อเพลิง หลังจากเริ่มต้นการกระตุ้น (SOA) ช่วงนี้หลีกเลี่ยงปรากฏการณ์ควิเดชั่นที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการเปิดและปิดของหัวฉีด ใช้สมการของเบอร์นูลลี (Bernoulli) สมมติว่าไม่เกิดความเร็วในการไหลออกหัวฉีด การหาค่าสัมประสิทธิ์การฉีดเชื้อเพลิง ( $C_d$ ) จะได้ดังนี้

$$C_d = \frac{\dot{m}_{measured}}{\dot{m}_{th}} \quad (1)$$

หาอัตราการไหลเชิงมวลของเชื้อเพลิง

$$\dot{m}_{th} = n_{orifice} \cdot S_c \cdot \sqrt{2(P_i - P_b)\rho_f} \quad (2)$$

$$\dot{m}_{th} = n_{orifice} \cdot S_c \cdot \rho_f \cdot V_{th} \quad (3)$$

หาความเร็วน้ำมันเชื้อเพลิงทางออกหัวฉีด

$$V_{th} = \sqrt{\frac{2(P_i - P_b)}{\rho_f}} \quad (4)$$

โดยที่

$C_d$  คือ สัมประสิทธิ์การฉีดเชื้อเพลิง

$\dot{m}_{measured}$  คือ อัตราการไหลของเชื้อเพลิงเฉลี่ย (kg/s)

$\dot{m}_{th}$  คือ อัตราการไหลของเชื้อเพลิงเชิงทฤษฎี (kg/s)

$n_{orifice}$  คือ จำนวนรูบนหัวฉีด

$S_c$  คือ พื้นที่ทางออก ( $m^2$ )

$P_i$  คือ แรงดันหัวฉีด (bar)

$P_b$  คือ แรงดันไหลกลับ (bar)

$\rho_f$  คือ ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง ( $kg/m^3$ )

$V_{th}$  คือ ความเร็วทางทฤษฎี (m/s)

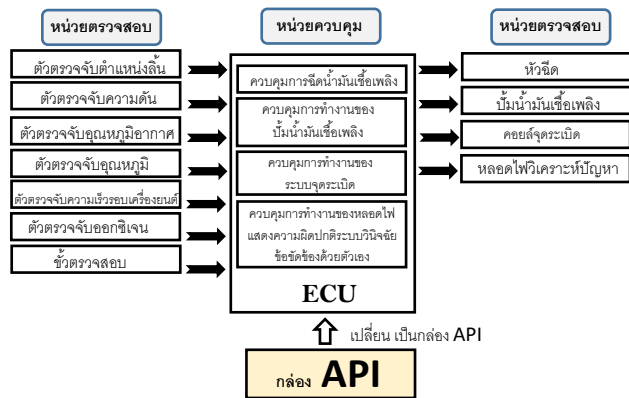
### 2.2 ระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบ PGM-FI [5]

ระบบจ่ายน้ำมันแบบหัวฉีด PGM-FI ย่อมาจากคำว่า Programmed Fuel Injection ทำงานโดยการควบคุมและสั่งการผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นสมองกลอัจฉริยะ ECU (Engine Control Unit) พร้อมด้วยกลไกต่างๆ ส่งผลให้การคำนวณอัตราของการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงมีความเที่ยงตรงแม่นยำ และส่งผลให้มีอัตราการประหยัดน้ำมันที่สูง ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ทำให้มีไอเสียสะอาด กลไกสำคัญต่างๆ ในระบบ PGM-FI ประกอบด้วย ECU หรือกล่องควบคุมการทำงานของระบบจ่ายน้ำมันแบบหัวฉีด PGM-FI ทำงานโดยประมวลผลข้อมูลที่ส่งมาจากอุปกรณ์ตรวจวัด หรือเซ็นเซอร์ต่างๆ ที่มี

ทั้งหมด 6 ตัว ประกอบด้วย เซ็นเซอร์ตรวจเช็คอัตราการบิดคันเร่ง, อุณหภูมิอากาศ, แรงดันในท่อไอเสีย, อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น, ความเร็วรอบเครื่องยนต์ และปริมาณออกซิเจนบริเวณท่อไอเสีย เพื่อคำนวณและควบคุมการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสม พร้อมกำหนดจังหวะจุดระเบิดให้สอดคล้องกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ เพื่อให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการจุดระเบิด ซึ่งทำให้เครื่องยนต์มีอัตราเร่งดี มีการเผาไหม้อย่างหมดจด และไม่สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

### 2.3 ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ [6]

ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วยชุดกล่องควบคุม (ECU) ตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆ และอุปกรณ์ทำงาน โดยชุดกล่อง ECU จะรับสัญญาณจากตัวตรวจจับสัญญาณต่าง ๆ ในระบบและควบคุมการทำงาน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังการทำงานของระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ [6]

จากรูปที่ 1 แสดงแผนผังทำงานของระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ โดยจะสลับเปลี่ยนกล่องควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง จากกล่องเดิมเป็นกล่องควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง เปลี่ยนเป็นกล่อง API ซึ่งจะทำหน้าที่แทนกล่อง ECU โดยควบคุมการทำงานทั้งหมด และสามารถปรับค่าต่าง ๆ ของอุปกรณ์โดยซอฟต์แวร์สำเร็จรูปของ API Tech

### 2.4 การคำนวณค่าการประหยัดเชื้อเพลิง [7]

ค่าการประหยัดเชื้อเพลิงหาได้ โดยสูตรคำนวณค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของการแข่งขันสอนค่าประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง คือใช้ระยะทางที่รถวิ่งได้หารด้วยปริมาณน้ำมันที่ใช้ไป ดังนี้

$$\text{ค่าการประหยัดเชื้อเพลิง (km/L)} = \frac{S}{\left(\frac{W_s - W_f}{\rho_f \times 1000}\right)} \quad (5)$$

โดยที่

$S$  คือ ระยะที่ทำการทดสอบ (km)

$W_s$  คือ น้ำหนักเชื้อเพลิงก่อนทำการทดสอบ (kg)

$W_f$  คือ น้ำหนักเชื้อเพลิงหลังทำการทดสอบ (kg)

## บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4  
 Proceedings of the 4<sup>th</sup> RMUTP Conference on Engineering and Technology

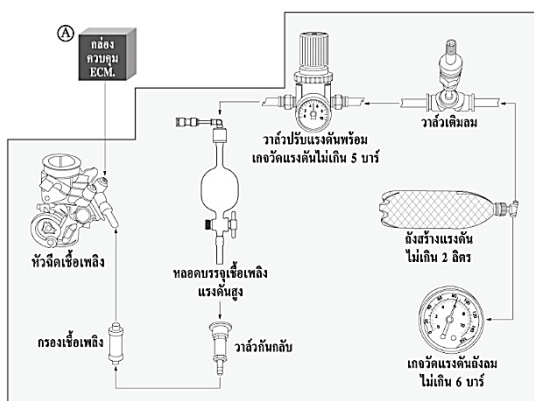
### 2.5 อุปกรณ์การทดสอบและสถานะการทดสอบ

รถยนต์ที่ใช้ทดสอบคือ รถประดิดฐ์เพื่อใช้ในการแข่งขัน  
 ชั้นสอนด้าประหัดเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นรถประดิดฐ์ 3 ล้อ คังรูปที่ 2 ใช้  
 เครื่องยนต์ของรถมอเตอร์ไซด์ รุ่น Honda wave 4 จังหวะ ขนาดความจุ  
 กระบอกสูบ 110 cc. ระบบฉีดแบบ PGM-FI ใช้กล่องควบคุมการฉีดของ  
 API ระบบการฉีดเชื้อเพลิงสามารถปรับแรงดันน้ำมันได้ คังรูปที่ 3

ในการทดสอบสนามทดสอบ ใช้ความเร็วไม่น้อยกว่า 25 km/h  
 ความดันในระบบการฉีดเชื้อเพลิงทดสอบที่ความดัน 2 bar, 2.5 bar และ  
 3 bar ระยะทางในการทดสอบ 5 km ใช้้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอลด์ 95  
 และทำการทดสอบในการแข่งขันจริง ณ สนามช้าง อินเตอร์เนชั่นแนล  
 เซอร์กิต จ.บุรีรัมย์ โดยเลือกเอาค่าความดันของระบบฉีดเชื้อเพลิง ที่  
 ประหัดมากที่สุด มาใช้ในการทดสอบ ในการทดสอบเมื่อรถประหัด  
 เชื้อเพลิงวิ่งได้ตามระยะทางที่กำหนดไว้แล้ว จะนำค่าน้ำมันที่เหลือจาก  
 การวิ่งมาคำนวณอัตราการประหัดเชื้อเพลิงตามสมการที่ 5 สำหรับการ  
 วิเคราะห์สารถผลพิกจากไอเสีย ใช้เครื่องวิเคราะห์ไอเสีย ของ KOENG รุ่น  
 KEG-500



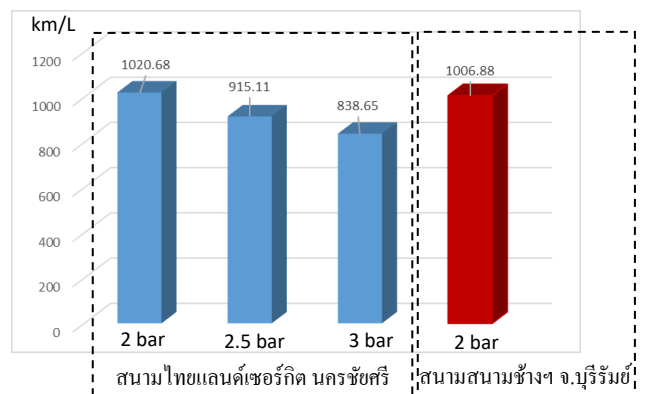
รูปที่ 2 รถประหัดเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบและแข่งขัน



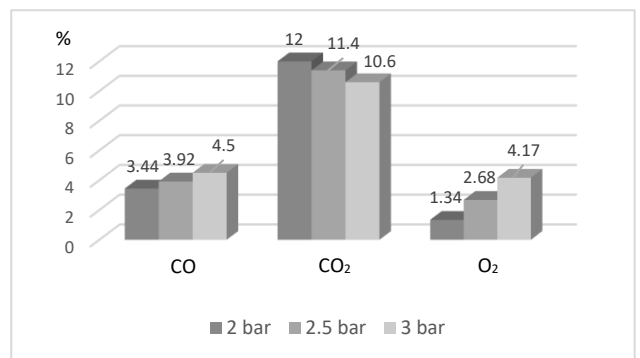
รูปที่ 3 ระบบฉีดเชื้อเพลิงตามกฎการแข่งขันของ บริษัท เอ พี ฮอนด้า  
 จำกัด สามารถปรับความดันการฉีดได้ [6]

### 2.4 ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

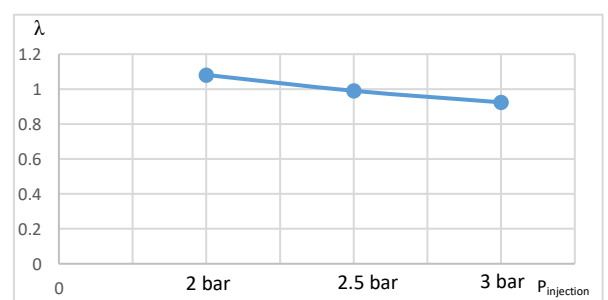
ผลการทดสอบแสดงดังกราฟในรูปที่ 4 พบว่าที่ความดันของ  
 ระบบหัวฉีด 2 bar จะให้ค่าการประหัดเชื้อเพลิงสูงสุดคือ 1020.68 km/L  
 และที่ความดันการฉีด 3 bar จะประหัดเชื้อเพลิงน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ  
 838.65 km/L ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 5 พบว่าที่ความดัน 2 bar จะมีค่า  
 คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) มากที่สุด ซึ่งค่า CO<sub>2</sub> จะเป็นตัวบ่งบอกถึง  
 ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ และจากรูปที่ 6 ก็จะสอดคล้อง  
 กับผลของรูปที่ 4 และ รูปที่ 5 คือมีค่าอัตราส่วนสมมูลของไอเสีย ( $\lambda$ ) มี  
 ค่าบางเล็กน้อย ( $\lambda=1.08$ ) เกิดการเผาไหม้มีประสิทธิภาพสูงสุด จึงทำให้  
 พบการประหัดเชื้อเพลิงมากที่สุด ความดันการฉีดเท่ากับ 2 bar



รูปที่ 4 ผลการประหัดเชื้อเพลิงจากการทดสอบและการแข่งขัน



รูปที่ 5 การปล่อยสารมลพิษในไอเสียของเครื่องยนต์



รูปที่ 6 ค่า  $\lambda$  ของไอเสีย

## บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4  
Proceedings of the 4<sup>th</sup> RMUTP Conference on Engineering and Technology

### 3 สรุป

ผลการศึกษารูปแบบการปรับเปลี่ยนความดันในการฉีดเชื้อเพลิงของหัวฉีดของรถประหยัดเชื้อเพลิง พบว่าที่ความดัน 2 bar ให้ค่าการประหยัดเชื้อเพลิงสูงสุด 1020.68 km/L ซึ่งมีผลสอดคล้องกับค่ามลพิษจากไอเสียที่ความดันการฉีดเชื้อเพลิงนี้ มีค่า CO<sub>2</sub> สูงสุด แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงสุด ส่งผลให้ค่า CO ลดลงและมีค่า ฝุ่นใกล้เคียงกับ 1 ผลจากรถไปเข้าร่วมการแข่งขัน ณ สนามช้าง อินเตอร์เนชั่นแนล เซอร์ติคิต ได้ค่าการประหยัดเชื้อเพลิงสูงสุด 1006.88 km/L สถิติการประหยัดต่ำกว่าการทดสอบเล็กน้อย ซึ่งเกิดสภาพสนามแข่งขันที่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ.2560 การแข่งขันฮอนด้าประหยัดเชื้อเพลิง รถคันนี้มีค่าการประหยัดเชื้อเพลิง 470 km/L นับได้ว่าองค์ความรู้จากการพัฒนาการประหยัดเชื้อเพลิงด้วยการปรับความดันหัวฉีด เป็นตัวแปรหนึ่ง ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงให้สูงขึ้น

### 4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนเงินทุนเพื่อการวิจัย และขอขอบคุณ สมาคมนักเรียนเก่าช่างกลพระนครเหนือ บริษัทวรภัณฑ์มาร์เก็ตติ้งจำกัด และบริษัทสยามนครเดมโรด ที่สนับสนุนเงินทุนในการทำวิจัยและการเข้าร่วมการแข่งขัน ขอขอบคุณ นายบุรีสกร รัตนรุจิรา นายประพทุทธิ์ ยิ่งประเสริฐผล นายปุระเชษฐ อนุพิทักษ์ และนายศดาญ บุตรครุฑ นักศึกษาสาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ที่ดำเนินการทดสอบและเข้าร่วมการแข่งขันแข่งขันฮอนด้าประหยัดเชื้อเพลิง ประจำปี พ.ศ.2561

### เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Tinprabath, S. Pernprasit and S. Lakkam, "Econo Car," *The 2<sup>nd</sup> RMUTP International Conference: Green Technology and Productivity*, June, 29-30, 2010, Bangkok, Thailand,
- [2] R. Payri, F. J. Salvador, J. Gimeno and J. Morena, "Study of cavitation phenomena based on a technique for visualizing bubbles in a liquid pressurized chamber," *Fuel*, 30, 2009, pp. 768-777.
- [3] J. Dermotte, C. Hespel, F. Foucher and C. Mounaïm-Rousselle, "Influence of fuel properties on the diesel injection process in non-vaporizing," *Atomization and Spray*, 22(6), 2012, pp. 461-492.
- [4] P. Tinprabath, C. Hespel, S. Chanchaona and F. Foucher, "Influence of biodiesel and diesel fuel blends on the injection rate under cold conditions," *Fuel*, Vol. 144, No. 1, 2015, pp. 80-89.
- [5] "ระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง," แหล่งที่มา <http://www.aphonda.co.th> ค้นเมื่อ วันที่ 20 พฤษภาคม 2560.
- [6] ชัชวาล นิมิตรธรรม, และ นรินทร์ คุณนาค, "อัตราการผลิตเชื้อเพลิงที่เหมาะสมในรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการแข่งขัน,"

วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : เทปสตรี I-TECH, ปีที่ 12 ฉบับที่ 1, มกราคม – มิถุนายน 2560.

- [7] บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด, "คู่มือการแข่งขันแข่งขันฮอนด้าประหยัดเชื้อเพลิง (Honda Econo Mileage Challenge)," กรุงเทพมหานคร, 2561.

### ประวัติผู้เขียนบทความ

#### ผศ.ดร.ปริญญา อินทร์บาท



อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร  
งานวิจัย: Biodiesel (production & applications),  
Econo Car, Spray behavior in diesel injector,  
Air Car, Alternative fuel, Drying technology,  
Drying

#### ดร.ณพพร จินดาประเสริฐ



อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร  
งานวิจัย: Automotive engineering, Alternative  
fuel (CNG, Ethanol, Biodiesel, etc.), Drying

#### ผศ.ดร.ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน



อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร  
งานวิจัย: Mechanical Design, Mechanics of  
Materials, Biodiesel

#### ผศ.ณัฐมิ พ่วงเจริญชัย



อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร  
งานวิจัย: Thermal Design (Heat Transfer),  
Finite element Analysis (FEA)

#### นายมณฑล ดิทธิปริษาชญ



นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร  
โครงการ : Econo Car