

## การพัฒนายานยนต์ประหยัดเชื้อเพลิงเพื่ออนาคต : นนทรีอีสาน The Development of an Economy Vehicle for the Future: Nontree-Esan

สมเจตน์ ถนอมพุทรา<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการผลิต คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จ.สกลนคร 59 หมู่ 1 ต.เชียงเครือ อ.เมือง จ.สกลนคร 47000  
โทร 0-4272-5033 โทรสาร 0-4272-5034 \*อีเมลล์ fsesjt@csc.ku.ac.th

Somjet Thanomputra<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Mechanical and Manufacturing Engineering, Faculty of Science and Engineering, Kasetsart University  
Chalermphrakiat Sakonnakhon Province Campus, Sakonnakhon, 47000, Thailand  
Tel: 0-4272-5033, Fax: 0-4272-5034, \*E-mail: fsesjt@csc.ku.ac.th

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้ โลกได้เผชิญกับปัญหาวิกฤติหลายประการ เช่น การขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิง ปัญหาโลกร้อน มลภาวะอากาศ และฝนกรด เป็นต้น ปัญหาเหล่านี้สามารถลดได้บางส่วนโดยการประดิษฐ์ยานยนต์เพื่ออนาคต ที่สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้มาก เอกสารฉบับนี้ กล่าวถึงการพัฒนาด้านวิศวกรรมยานยนต์ของรถประหยัดเชื้อเพลิงนนทรีอีสานโดยการใช้รถและคนขับน้ำหนักเบา หน้าตัดรถกลมเพื่อลดแรงต้านอากาศ การปรับแต่งเครื่องยนต์และคาร์บูเรเตอร์ การเลือกยางเพื่อลดแรงต้านการหมุนของล้อและเทคนิคการขับขี่ รถคันนี้ได้เข้าร่วมในรายการ “การแข่งขันฮอนด้าประหยัดเชื้อเพลิงปีที่ 8 ระดับประเทศ” ที่กรุงเทพฯ และประสบความสำเร็จได้รับรางวัลเกียรติยศสถิติสูงสุดอันดับ 3 ระดับประเทศ ประเภทประดิษฐ์ กลุ่มอุดมศึกษา ด้วยค่าประหยัดเชื้อเพลิงสูงสุด 1055.7841 กิโลเมตรต่อลิตร ที่ความเร็วเฉลี่ย 25.6098 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

### Abstract

The world is presently confronted with many critical problems; the fossil fuel depletion, global warming, air pollution and rain acidification etc. These problems can partially be mitigated by the development of the fuel economy vehicle for the future. This paper describes the development of a fuel economy vehicle, Nontree-Esan Car, by using the advantage of automotive engineering. Nontree-Esan Car is considered to be a light weight car with an aerofoil section which helps reduce the air resistance. The engine and its carburetor are modified, using 3 tires to reduce the rolling resistance. Weight of the driver and his driving

skill are also considered. Nontree-Esan Car has participated in “8<sup>th</sup> Honda Econo Power Contest National Race” in Bangkok and won the Third Honors Award, National Class of the University Invention Car Group with the best fuel saving record of 1055.7841 km/liters at the average speed of 25.6098 km/h.

### 1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้ โลกได้เผชิญกับปัญหาวิกฤติหลายประการ เช่น การขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิง ปัญหาโลกร้อน มลภาวะอากาศ และฝนกรด เป็นต้น ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงจักรผลิตไฟฟ้า [1] รถยนต์ในสหรัฐอเมริกามีการใช้พลังงานในสัดส่วน 1/7 เท่าของการใช้พลังงานทั้งหมด ซึ่งรถก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO<sub>x</sub>) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ปริมาณ CO<sub>2</sub> ในสัดส่วน 30% จากทั้งหมดถูกปล่อยมาจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่ง 2 ใน 3 ส่วนนี้มาจากน้ำมันแก๊สโซลีนของรถยนต์ [2] การแก้ปัญหาเหล่านี้มีทางออกหลายทาง คำตอบหนึ่งคือการหาแนวทางในการพัฒนายานยนต์ที่สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้มาก เอกสารฉบับนี้ กล่าวถึงการพัฒนายานยนต์ประหยัดเชื้อเพลิงเพื่ออนาคตของรถนนทรีอีสาน โดยการประดิษฐ์ตัวรถขึ้น มีล้อ 3 ล้อ ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีนฮอนด้า 125 ซีซี 1 กระบอกสูบ 4 จังหวะ ทดสอบโดยควบคุมอัตราเร็วรถเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และวัดค่าประหยัดเชื้อเพลิงในหน่วยกิโลเมตรต่อลิตร รถคันนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากคณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ และบริษัท เอ.พี. ฮอนด้า จำกัด รถได้ผ่านการทดสอบที่สนามแข่งขันฮอนด้าประหยัดเชื้อเพลิงปีที่ 8 ระดับภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำค่าประหยัดเชื้อเพลิงได้ 423.9181 กิโลเมตรต่อลิตร

## 2. ทฤษฎีและการพัฒนารถ

รถหนนทรีอีสานถูกพัฒนาโดยวิธีการลดแรงต้านการเคลื่อนที่ และการป้อนเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้น้อยที่สุดเท่าที่ทำได้

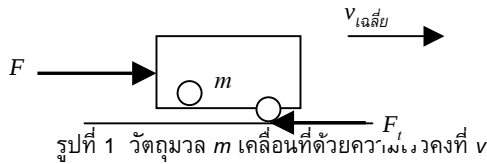
### 2.1 คุณสมบัติเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

สูตรเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน [3] คือ  $C_nH_{1.87n}$  (l) น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 110 ความถ่วงจำเพาะ (ความหนาแน่น) 0.72-0.78 kg/m<sup>3</sup> ค่าความร้อนของการกลายเป็นไอ 305 kJ/kg ค่าความร้อนจำเพาะของของเหลว 2.4 kJ/kg K ค่าความร้อนจำเพาะของไอ ( $c_p$ ) ประมาณ 1.7 kJ/kg K ค่าความร้อนด้านสูง (HHV) 47.3 MJ/kg ค่าความร้อนด้านต่ำ (LHV) 44.5 MJ/kg  $(A/F)_s = 14.6$  และ  $(F/A)_s = 0.0685$

### 2.2 งาน

เมื่อวัตถุมวล  $m$  เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว  $v$  คงที่ และแรงต้านการเคลื่อนที่ทั้งหมด  $F_t$  คงที่ ดังในรูปที่ 1 กำหนดให้  $U$  คืองานที่กระทำโดยแรง  $F$  ทำให้วัตถุเคลื่อนที่เชิงเส้นตรงเป็นระยะทาง  $S$  ดังนั้นจากกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน ปริมาณงาน [4] คือ

$$U = F_t \cdot S \quad (1)$$



### 2.3 กำลังขับเคลื่อนที่ล้อ

กำหนดให้  $F$  คือแรงขับเคลื่อน และ  $v$  คืออัตราเร็วของรถ ดังนั้นกำลังขับเคลื่อนที่ล้อ [5]  $P_w$  คือ

$$P_w = F \cdot v \quad (2)$$

### 2.4 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

การคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแสดงเป็นสมการ

$$R_F = \frac{S \rho_F}{V_F} \quad (3)$$

โดยที่  $R_F$  คืออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กิโลเมตรต่อลิตร)  $S$  คือระยะทาง (เมตร)  $\rho_F$  คือความหนาแน่นของเชื้อเพลิง (กรัมต่อซีซี)  $V_F$  คือมวลเชื้อเพลิงที่สิ้นเปลือง (กรัม)

### 2.5 ประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง

สัดส่วนพลังงานเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนบางชนิด [6] พบว่าประสิทธิภาพใช้ประโยชน์ของเครื่องยนต์ (คิดที่เพลาค้อเหวี่ยง) มีเพียง 25% พลังงานส่วนที่เหลือสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานและสิ่งเจือปน (5%) การหล่อเย็น (30%) และแก๊สไอเสีย (45%) ดังนั้นการปรับปรุงเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดเท่าที่ทำได้ จะทำให้เกิดความประหยัดมากขึ้น

ในรถหนนทรีอีสาน พลังงานที่ได้จากเพลาค้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ถูกส่งผ่านชุดโซ่ไปยังล้อ ดังนั้นจะเกิดการสูญเสียกำลังเนื่องจากความเสียดทานของชิ้นส่วน เช่น ระหว่างโซ่กับจานโซ่ และลูกปืนล้อ รถ

พลังงานแสงอาทิตย์บางคัน [7] ใช้ระบบสายพานส่งกำลังไปที่ล้อหลัง และได้เปลี่ยนมอเตอร์จากประเภทที่มีแปรงถ่านซึ่งมีการเสียดสี (มีประสิทธิภาพเฉลี่ย 82%) เป็นมอเตอร์ประเภทที่ไม่มีแปรงถ่าน ทำให้ประสิทธิภาพการส่งกำลังสูงขึ้นถึง 95% ดังนั้นการออกแบบระบบส่งกำลังของรถที่ดี การใช้ชิ้นส่วนต่อโยงน้อย และการลดความเสียดทานจะทำให้ประสิทธิภาพของการส่งกำลังสูงขึ้น และค่าความประหยัดสูงขึ้น

ประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง ( $\square_F$ ) ในที่นี้หมายถึง ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์คิดที่เพลาค้อเหวี่ยง ( $\square_e$ ) คูณกับประสิทธิภาพการส่งกำลังคิดที่ล้อ ( $\square_m$ ) ประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงในที่นี้คิดเทียบกับค่าความร้อนด้านสูง (HHV) ซึ่งรวมความร้อนของการกลั่นตัวของไอน้ำในไอเสียด้วย การคำนวณทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมบางครั้งใช้ค่าความร้อนด้านต่ำ (LHV) ซึ่งไม่รวมความร้อนจากการกลั่นตัวของไอน้ำในไอเสีย เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมี HHV สูงกว่า LHV ประมาณ 6.3%

### 2.6 แรงต้านการเคลื่อนที่ของรถ

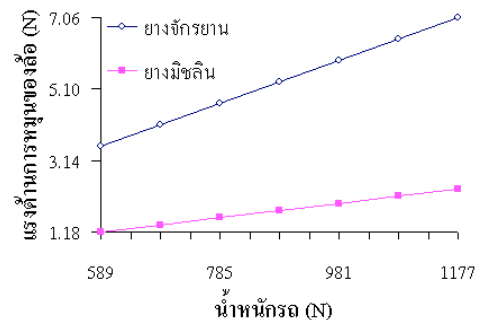
เมื่อรถวิ่งบนถนนระดับด้วยความเร็วคงที่ แรงขับเคลื่อนที่ล้อจะเท่ากับแรงต้านการเคลื่อนที่ทั้งหมดซึ่งเป็นผลรวมของแรงต้านการหมุนของล้อและแรงต้านอากาศ [5] แสดงเป็นสมการได้ว่า

$$F_t = R_r + R_a = K_r W + \frac{1}{2} \rho v^2 A C_d \quad (4)$$

โดยที่  $F_t$  คือแรงขับเคลื่อนที่ล้อ  $R_r$  คือแรงต้านการหมุนของล้อ  $R_a$  คือแรงต้านอากาศ  $K_r$  คือสัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ  $W$  คือน้ำหนักถรวมนคนขับ  $\rho$  คือความหนาแน่นของอากาศ  $v$  คือความเร็วของอากาศ  $A$  คือพื้นที่หน้าตัดของรถ  $C_d$  คือสัมประสิทธิ์แรงดูดของอากาศ

### 2.7 การวิเคราะห์แรงต้านการหมุนของล้อ

ยางของรถจักรยานบางชนิด [7] มีแรงต้านการหมุนของล้อเป็น 6 kg/ton (0.006) ส่วนยางมิชลินเป็น 2 kg/ton (0.002) รูปที่ 2 เป็นการวิเคราะห์แรงต้านการหมุนของล้อของยางทั้งสองชนิดแปรผันตามน้ำหนักถรวมน้ำหนักคนขับ ตั้งแต่ 60 kg ถึง 120 kg



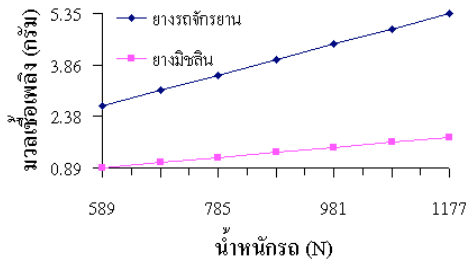
รูปที่ 2 แรงต้านการหมุนของล้อแปรผันตามน้ำหนักกร

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้เพื่อทำให้เกิดงาน (คิดที่ความเร็วเฉลี่ยคงที่) คำนวณจากสมการ

$$V_F = \frac{K_r W S}{\eta_F (HHV)} = \frac{K_r W v}{\eta_F (HHV) t} \quad (5)$$

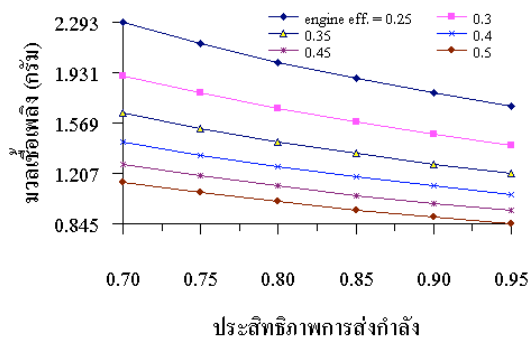
โดยที่  $W$  คือน้ำหนักกร (N)  $S$  คือระยะทาง (m)  $v$  คืออัตราเร็วคงที่เฉลี่ย (m/s) และ  $t$  คือเวลา (s)

ถารถเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 10.749 กิโลเมตร ด้วยอัตราเร็วคงที่เฉลี่ย 25.6098 km/h จากค่าความร้อนด้านสูง (HHV) ของแก๊สโซลีน 47.3 MJ/kg เมื่อคิดประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง ( $\square_F$ ) เป็น 30% ดังนั้นปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องใช้เพื่อทำให้เกิดงาน แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้เทียบกับน้ำหนักกรรที่  $\square_F = 30\%$

รูปที่ 4 แสดงปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้เทียบกับประสิทธิภาพการส่งกำลังตั้งแต่ 70-95% สำหรับรถที่ใช้ยางมิชลิน เมื่อประสิทธิภาพเครื่องยนต์อยู่ระหว่าง 25-50% และน้ำหนักกรร 90 กิโลกรัม



รูปที่ 4 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้เทียบกับ  $\square_m$  และ  $\square_e$  กรรที่ใช้ยางมิชลิน

## 2.8 โครงสร้างของรถ

โครงสร้างของรถจักรยานทำจากเหล็กกล่องขนาด 13 mm และ 19 mm ขึ้นรูปเป็นโครงและประกอบโดยใช้รอยเชื่อม โครงรถมีความกว้าง 450 mm ยาว 2900 mm ตัวถังรถหุ้มด้วยอะลูมิเนียมยึดติดกับโครงด้วยหมุดย้ำ รถแข่งมี 3 ล้อ ใช้ขอบล้อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.41 m โดยล้อหน้า 2 ล้อใช้สำหรับบังคับเลี้ยว ล้อหลังสำหรับการขับเคลื่อนและเบรก ชุดส่งกำลังเป็นชนิดโซ่ มีอัตราทด 7.95:1 ลูกปืนล้อแบบลูกบอล 6902Z ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 28 mm ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 15 mm และเจาะรูน้ำมันที่เฟลาล้อหลังเพื่อเพิ่มสารหล่อลื่น รถจักรยานในสภาพสมบูรณ์แสดงในรูปที่ 5

## 2.9 การวิเคราะห์แรงต้านอากาศ

พื้นที่หน้าตัดด้านหน้า (A) ของรถพลังงานแสงอาทิตย์ [7] Mad Dog 1 เท่ากับ  $1.0 \text{ m}^2$  มีสัมประสิทธิ์แรงจุดของอากาศ ( $C_d$ ) เท่ากับ 0.2 รถแข่ง Mad Dog 2 คันใหม่ ถูกปรับปรุงให้มีหน้าตัดลดลงเหลือ  $0.8 \text{ m}^2$  และเป็นหน้าตัดกลม ทำให้  $C_d$  ลดลงเหลือ 0.16 ส่วนรถ Honda Dream มี  $A = 1.0 \text{ m}^2$  และ  $C_d = 0.12$  รถ Normal Car มี  $A = 2.0 \text{ m}^2$  และ  $C_d = 0.35$



รูปที่ 5 รถจักรยาน

รถจักรยานมีพื้นที่หน้าตัด  $0.092 \text{ m}^2$  คิดค่า  $C_d = 0.2$  สมมติว่าอากาศไม่มีความเร็ว และมีความหนาแน่นเท่ากับ  $1.2 \text{ kg/m}^3$  รถวิ่งที่ความเร็วเฉลี่ย 25.6098 km/hr ระยะทาง 10.749 km ประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง  $\square_F = 0.313$  จากสมการ (4) สามารถหาแรงต้านอากาศได้ว่า  $R_a = 0.4656 \text{ N}$  และจากสมการ (5) ปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องใช้  $V_F = 0.3527 \text{ กรัม}$  เมื่อเปรียบเทียบกับกรรแบบรถที่มีหน้าตัดกลม (ปรับปรุงให้  $C_d = 0.16$ ) ดังนั้น  $R_a = 0.3725 \text{ N}$  และ  $V_F = 0.2822 \text{ กรัม}$  ซึ่งลดลงจากเดิม 19.99%

## 2.10 เครื่องยนต์

การพัฒนาเครื่องยนต์ภายใต้กฎกติกา ทำตามแนวคิดที่ว่า การลดปริมาตรกระบอกสูบ เพื่อลดปริมาณสารทำงานในห้องเผาไหม้ การใช้อัตราส่วนการอัดและเวลาการจุดระเบิดที่เหมาะสมเพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์และเครื่องยนต์มีกำลังมากขึ้น การลดระยะยกและช่วงเวลาเปิดวาล์วไอดีเพื่อลดปริมาณสารทำงาน รถจักรยานจึงทำการดัดแปลงเครื่องยนต์ฮอนด้า 4 จังหวะ รุ่น Wave 125 กลายเป็นเครื่องยนต์ที่มีปริมาตรกระบอกสูบ 121.16 ซีซี ขนาดกระบอกสูบ 52.3 mm ช่วงชัก 56.4 mm อัตราส่วนการอัด 16.5:1 วาล์วไอดีเปิดที่ 0 องศา ก่อน TDC วาล์วไอเสียเปิดที่ 34 องศา ก่อน BDC ระยะยกวาล์วไอดี 2 mm การจุดระเบิดที่ 1 องศา ก่อน TDC ระบบจุดระเบิด CDI 2 หัวเทียน และน้ำหนักเครื่องยนต์ 15 kg

## 2.11 คาร์บูเรเตอร์

คาร์บูเรเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ผสมอากาศ-เชื้อเพลิงในสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับเครื่องยนต์ คาร์บูเรเตอร์ที่ใช้ในปัจจุบันจะมีช่องทางการไหลภายในที่ซับซ้อนมาก ซึ่งออกแบบขึ้นเพื่อป้อนส่วนผสมอากาศ-เชื้อเพลิงให้สอดคล้องกับอัตราเร็วรอบและโหลด ด้วยเหตุนี้ อุปกรณ์นี้จึงเกิดกระบวนการไหลที่ซับซ้อนหลายประการ เช่น การไหลผ่านช่องทางไหลความยาวสั้นและรูปทรงซับซ้อน การไหลช่วงส่งผ่านจากการไหลราบเรียบถึงการไหลปั่นป่วน การไหลเป็นลูกคลื่นความถี่สูง การไหล 2 เฟส ในรูปแบบของฟองอากาศ ละอองน้ำมัน และฟิล์มของเหลวบาง และการไหลที่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเชื้อเพลิงและ

อากาศอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความดันอย่างรวดเร็ว ชั้นส่วนหลักของคาร์บูเรเตอร์เครื่องยนต์เล็กบางชนิด [8] แสดงในรูปที่ 6 คาร์บูเรเตอร์นี้สามารถพิจารณาว่าเป็นแบบจำลองสภาวะสม่ำเสมอ (steady-state model) ซึ่งแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

อัตราการไหลอากาศโดยมวล  $\dot{m}_a$  ผ่านเวนตูรี (venturi) ของคาร์บูเรเตอร์วิเคราะห์จากสมการหัวฉีดอัดตัวได้ (compressible nozzle) ดังนี้

$$\dot{m}_a = C_{D,t} A_t \Phi \sqrt{2 \rho_{a,0} (P_{v,0} - P_{v,t})} \quad (6)$$

โดย  $C_{D,t}$  คือสัมประสิทธิ์การระบายของไหล (discharge coefficient) คิดเทียบกับพื้นที่คอขวด (throat area)  $A_t$   $\rho_{a,0}$  คือความหนาแน่นของอากาศที่สภาวะบรรยากาศ  $P_{v,0}$  คือความดันทั้งหมดที่ทางเข้าของเวนตูรี และ  $P_{v,t}$  คือความดันสถิตที่คอขวด [3]  $\Phi$  เป็นการคิดผลกระทบของการอัดตัวได้ของของไหล (compressible effects)

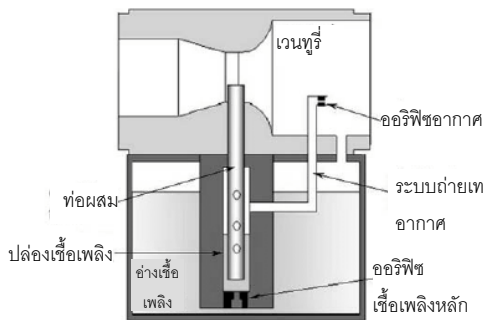
$$\Phi = \left( \frac{[\gamma/(\gamma-1)] [(P_{v,0}/P_{v,t})^{2/\gamma} - (P_{v,0}/P_{v,t})^{(\gamma+1)/\gamma}]}{1 - P_{v,0}/P_{v,t}} \right) \quad (7)$$

โดย  $\gamma$  คือสัมประสิทธิ์ไอเซนทรอปิก (isentropic coefficient) ของอากาศ

สมมติว่าระดับเชื้อเพลิงในอ่างเชื้อเพลิงถูกควบคุมไว้คงที่ ความดันที่ด้านล่างของอ่างเชื้อเพลิง  $P_{fb,b}$  หาจาก

$$P_{fb,b} = P_{fb,t} + \rho_f g h_{fb} \quad (8)$$

โดย  $P_{fb,t}$  คือความดันด้านบนของระดับเชื้อเพลิง (ขึ้นกับรูปทรงของคาร์บูเรเตอร์)  $\rho_f$  คือความหนาแน่นของเชื้อเพลิง  $g$  คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก และ  $h_{fb}$  คือระดับเชื้อเพลิง



รูปที่ 6 ชั้นส่วนหลักของคาร์บูเรเตอร์ในเครื่องยนต์เล็กบางชนิด [8]

การไหลของเชื้อเพลิง  $\dot{m}_f$  ผ่านออร์ฟิซเชื้อเพลิงหลัก (main fuel orifice) หาจาก

$$\dot{m}_f = C_{D,mj} A_{mj} \sqrt{2 \rho_f (P_{fb,b} - P_{mj})} \quad (9)$$

โดย  $C_{D,mj}$  คือสัมประสิทธิ์การระบายของไหลคิดเทียบกับพื้นที่ออร์ฟิซ  $A_{mj}$  โดยค่าได้จากการทดลอง [9-10] และ  $P_{mj}$  คือความดันด้านหลังของออร์ฟิซ

อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์คำนวณได้จาก

$$(A/F) = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \quad (10)$$

พิจารณาจากสมการ (6) ถึง (10) โดยการควบคุมพารามิเตอร์ตัวอื่น รวมทั้ง  $(A/F)$  ให้คงที่ และพิจารณาว่า  $\dot{m}_a$  และ  $\dot{m}_f$  แปรผันตาม  $A_t$  และ  $A_{mj}$  การใช้ออร์ฟิซเชื้อเพลิงหลักเป็นหน้าตัดรูปร่างกลมและต้องการให้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงลดลง 2 เท่า ดังนั้นพื้นที่คอขวด  $A_t$  ต้องลดลงเป็น 0.5 เท่าของพื้นที่เดิม และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของออร์ฟิซ ต้องเป็น 0.707 เท่าของขนาดออร์ฟิซเดิม ขนาดออร์ฟิซเทียบกับขนาดเบอร์ [11] แสดงในตารางที่ 1 รถยนต์หรือยานได้พัฒนาคาร์บูเรเตอร์โดยการลดขนาดคอขวดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางออร์ฟิซ จากเบอร์ 78 เป็น 72 อย่างไรก็ตามการลดปริมาณเชื้อเพลิงมีข้อจำกัดบางส่วนจากปัญหาด้านอุปกรณ์ ประสิทธิภาพ และสมรรถนะของเครื่องยนต์

ตารางที่ 1 ขนาดและพื้นที่ของรูออร์ฟิซเทียบกับขนาดเบอร์ [11]

| เบอร์<br>ออร์ฟิซ | ขนาดรู<br>(mm) | พื้นที่รู<br>(mm <sup>2</sup> ) | เบอร์<br>ออร์ฟิซ | ขนาดรู<br>(mm) | พื้นที่รู<br>(mm <sup>2</sup> ) |
|------------------|----------------|---------------------------------|------------------|----------------|---------------------------------|
| 70               | 1.854          | 2.70                            | 75               | 2.083          | 3.41                            |
| 71               | 1.930          | 2.93                            | 76               | 2.134          | 3.58                            |
| 72               | 2.007          | 3.16                            | 77               | 2.184          | 3.75                            |
| 73               | 2.007          | 3.16                            | 78               | 2.261          | 4.01                            |
| 74               | 2.057          | 3.32                            | 79               | 2.311          | 4.20                            |

## 2.12 การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อเพลิงในอุดมคติ

การวิเคราะห์รถเมื่อใช้ยางมิชลิน น้ำหนักบรรทุกคนขับ 90 กิโลกรัม ประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง 31.5% รถเคลื่อนที่ออกจากจุดเริ่มต้น ( $v_1 = 0$ ) โดยเร่งเครื่องยนต์เป็นเวลา 5 วินาที จนกระทั่งได้ความเร็ว 26 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าระยะทางที่เคลื่อนที่ 36.111 เมตร แรงลัพธ์ที่ใช้ขับเคลื่อนเป็น 65 N แรงขับเคลื่อนที่ล้อสุทธิ (รวมแรงต้านการเคลื่อนที่) เป็น 67.2 N ปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องใช้เป็น 0.1629 กรัม และปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องใช้ขับเคลื่อนระยะทาง 10.713 กิโลเมตร ที่ความเร็วคงที่ 25.6098 km/hr คือ  $1.270 + 0.282 = 1.552$  กรัม รวมปริมาณเชื้อเพลิงทั้งสิ้นเท่ากับ 1.7149 กรัม สถิติอุดมคติเป็น 4500.4268 กิโลเมตรต่อลิตร

เมื่อปรับปรุงรถให้มีน้ำหนักลดลงเป็น 83 กิโลกรัม (น้ำหนักรถ 45 กิโลกรัม และน้ำหนักคนขับ 38 กิโลกรัม) ที่เงื่อนไขเดิมทำให้ปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องใช้ทั้งสิ้นลดลงเป็น 1.6033 กรัม สถิติอุดมคติเป็น 4813.6855 กิโลเมตรต่อลิตร ดีขึ้นกว่าเดิม 313.2587 กิโลเมตรต่อลิตร

### 3. ผลการทดสอบ

#### 3.1 ผลการทดสอบที่สนามทดลอง

ผลการทดสอบรถก่อนการพัฒนาที่อัตราเร็วรถเฉลี่ย 25.39 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ค่าความประหยัดเฉลี่ยคือ 509 กิโลเมตรต่อลิตร แสดงในตารางที่ 2 หลังจากการถูกพัฒนาเสร็จสมบูรณ์ ได้ทำการทดสอบรถเป็นระยะทาง 9 กิโลเมตร 8 ครั้ง และใช้วิธีขับแบบสตาร์ทเครื่องยนต์และเร่งเครื่องเป็นเวลา 5-7 วินาที แล้วดับเครื่องยนต์ รวม 12-15 ครั้งต่อการทดสอบ ที่อุณหภูมิสนามเฉลี่ย 32 องศาเซลเซียส แสดงในตารางที่ 3 ผลปรากฏว่าอัตราเร็วรถเฉลี่ย 25.72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ค่าความประหยัดเฉลี่ยคือ 1065.75 กิโลเมตรต่อลิตร และประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 7.698% ประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ต่ำ สาเหตุเนื่องจากในสนามทดสอบอาจมีความชันของถนน และอากาศล้อมรอบมีความเร็วในทิศทางการเคลื่อนที่ของรถทำให้ต้องใช้แรงขับเคลื่อนมากขึ้น สาเหตุอีกประการหนึ่งเนื่องจากวิธีการขับแบบสตาร์ทเครื่องยนต์ เร่งเครื่องและดับเครื่องติดต่อกันมากกว่า 10 ครั้ง ซึ่งการเร่งเครื่องยนต์ทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ต่ำและการเร่งรถมากกว่า 10 ครั้ง มีความต้องการพลังงานหรือแรงขับเคลื่อนสูงกว่าเดิมเกิน 2.33 เท่าของวิธีสตาร์ท เร่งเครื่อง และขับด้วยความเร็วคงที่ อย่างไรก็ตาม โดยหลักความปลอดภัยต้องผ่อนคันเร่งเมื่อรถเข้าโค้งและเบรกเมื่อมีสิ่งกีดขวาง ดังนั้นตลอดการแข่งขันทำให้มีการเร่งเครื่องยนต์หลายครั้งและความประหยัดลดลง

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบรถก่อนการพัฒนา

| ครั้งที่  | การสตาร์ท<br>(ครั้ง) | ระยะเวลาเร่ง<br>เครื่องยนต์ (s) | อัตราเร็วรถ<br>เฉลี่ย (km/h) | ค่าความประหยัด<br>(km/liters) |
|-----------|----------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 1         | 18                   | 7                               | 25.35                        | 517                           |
| 2         | 18                   | 7                               | 25.49                        | 508                           |
| 3         | 18                   | 7                               | 25.29                        | 514                           |
| 4         | 18                   | 7                               | 25.44                        | 497                           |
| ค่าเฉลี่ย |                      |                                 | 25.39                        | 509                           |

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบรถหลังการพัฒนา

| ครั้งที่  | การสตาร์ท<br>(ครั้ง) | ระยะเวลาเร่ง<br>เครื่องยนต์ (s) | อัตราเร็วรถ<br>เฉลี่ย (km/h) | ค่าความประหยัด<br>(km/liters) |
|-----------|----------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 1         | 15                   | 7                               | 26.47                        | 918                           |
| 2         | 15                   | 7                               | 26.54                        | 909                           |
| 3         | 12                   | 6                               | 25.65                        | 1034                          |
| 4         | 12                   | 6                               | 25.70                        | 989                           |
| 5         | 12                   | 6                               | 25.53                        | 1097                          |
| 6         | 12                   | 5                               | 25.47                        | 1139                          |
| 7         | 12                   | 5                               | 25.23                        | 1208                          |
| 8         | 12                   | 5                               | 25.17                        | 1232                          |
| ค่าเฉลี่ย |                      |                                 | 25.72                        | 1065.75                       |

#### 3.2 ผลการทดสอบที่กรุงเทพฯ

ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549 รถนนทรีอีสานได้เข้าร่วมรายการ “การแข่งขันฮอนด้าประหยัดเชื้อเพลิงปีที่ 8 ระดับประเทศ” ณ สนามกรมทหารราบที่ 11 รักษาพระองค์ กรุงเทพฯ โดยกำหนดระยะทางการแข่งขันทั้งหมด 10 รอบ 10.749 กิโลเมตร และอัตราเร็วรถเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถที่เข้าร่วมทั้งหมดมี 407 คัน ในสายของรถประติษฐ์กลุ่มอุดมศึกษามีทั้งหมด 52 คัน การแข่งขันจัดขึ้น 2 วัน วันแรกเป็นวันซ้อมในสนามจริงและวันที่สองเป็นวันแข่ง

##### 3.2.1 ผลการทดสอบวันซ้อม

วันซ้อมเป็นวันจำลองเหตุการณ์วันแข่ง รถนนทรีอีสานได้เข้าสู่สนามและวิ่งครบ 10 รอบ อัตราเร็วรถเฉลี่ย 25.7119 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สตาร์ทเครื่องยนต์ทั้งหมด 20 ครั้ง ครั้งละ 5 วินาที ทำสถิติได้ 957.395 กิโลเมตรต่อลิตร

##### 3.2.2 ผลการทดสอบวันแข่ง

รถนนทรีอีสานได้เข้าสู่สนามและวิ่งครบ 10 รอบ อัตราเร็วรถเฉลี่ย 25.6098 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สตาร์ทเครื่องยนต์ทั้งหมด 20 ครั้ง ครั้งละ 5 วินาที ทำสถิติได้ 1055.7841 กิโลเมตรต่อลิตร สูงสุดเป็นอันดับ 3 ระดับประเทศของรถประติษฐ์กลุ่มอุดมศึกษา

### 4. สรุปผล

การพัฒนาการประหยัดเชื้อเพลิงนนทรีอีสาน ได้ทำการลดน้ำหนักรถและคนขับ และใช้ยางมิชลินเพื่อลดแรงต้านการหมุนของล้อ การปรับปรุงชุดส่งกำลังและเครื่องยนต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการส่งกำลัง และประสิทธิภาพเครื่องยนต์ การลดแรงต้านอากาศโดยลดพื้นที่หน้าตัดของรถและทำให้ลู่ลม ในที่สุดสามารถวิเคราะห์ได้ว่า ปริมาณเชื้อเพลิงน้อยสุดที่ต้องใช้ในอุดมคติเท่ากับ 1.6033 กรัม สถิติเป็น 4813.6855 กิโลเมตรต่อลิตร ในทางปฏิบัติอาจมีความต้องการเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเนื่องจากความปลอดภัยของการเบรก การเร่งเครื่องยนต์เพื่อรักษาความเร็วตามกติกา สภาพอากาศมีความเร็วลมต้านการเคลื่อนที่ตลอดจนการไม่สามารถควบคุมระบบป้อนเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ได้ตามต้องการ และใช้วิธีขับแบบติดเครื่องยนต์แล้วเร่งเครื่องให้ความเร็วสูงขึ้น แล้วดับเครื่องยนต์เพื่อหยุดป้อนเชื้อเพลิงหลายครั้ง ในการทดสอบวันแข่งรถนนทรีอีสานทำความประหยัดได้ 7.310 กรัม สถิติความประหยัด 1055.7841 กิโลเมตรต่อลิตร (21.93% ของสถิติอุดมคติ) สูงสุดอันดับ 3 ระดับประเทศของรถประติษฐ์กลุ่มเดียวกัน

การพัฒนาการเพื่อความปลอดภัยที่ดีขึ้น หรือการนำไปใช้ในรถจริงนั้น ถ้ามีองค์ความรู้ด้านสมรรถนะและแบบจำลองเครื่องยนต์และคาร์บูเรเตอร์ที่ดีขึ้นจะสามารถควบคุมส่วนผสมอากาศ-เชื้อเพลิงได้ดีขึ้น

### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จ.สกลนครวิทยาลัยเทคนิคสกลนคร และบริษัท เอ.พี. ฮอนด้า จำกัด ที่ให้การช่วยเหลือและสนับสนุนจนกระทั่งงานประสบความสำเร็จ

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Kato, S., and Widiyanto, A., 2005. Environmental Impact Consolidated Evaluation of Energy Systems by an LCA-NETS Scheme. *Energy* 30, pp. 2057-2072.
- [2] MacLean, H.L., and Lave, L.B., 2003. Evaluating Automobile Fuel/ Propulsion System Technologies. *Progress in Energy and Combustion Science* 29, pp. 1-69.
- [3] Heywood, J.B., 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw-Hill, Singapore, 930 p.
- [4] Meriam, J.L., and Kraige, L.G., 1987. *Engineering Mechanics Volume 2 Dynamics*. 2nd ed., John Wiley & Sons, Singapore, 641 p.
- [5] ชีระยุทธ สุวรรณประทีป 2544 วิศวกรรมยานยนต์ พิมพ์ครั้งที่ 3 วิทยพัฒน์ กรุงเทพฯ 191 น.
- [6] GreenCarCongress, 2005. DOE Co-Funds 12 Projects to Increase Engine Efficiency. [http://www.greencarcongress.com/2005/doe\\_cofunds\\_12\\_.html](http://www.greencarcongress.com/2005/doe_cofunds_12_.html)
- [7] Shacklock\*, A., Duke M., and Burgess, N., 1999. The 1998 World Solar Rallye: Akita Japan. *J. Power Sources* 80, pp. 199-206.
- [8] Arias, D.A., and Shedd, T.A., 2005. Steady and Dynamic Models of Fuel and Air Flow in Carburetors for Small Engines. *J. Fluids Engineering*. 127, pp. 778-786.
- [9] Harrington, D.L., and Bolt, J.A., 1970. Analysis and Digital Simulation of Carburetor Metering, SAE (700082).
- [10] Shinoda, K., Koide, H., and Yii, A., 1971. Analysis and Experiments on Carburetor to Metering at the Transition Region to the Main System, SAE (710206).
- [11] BarryGrant, 2006. Air Density and Engine Performance. [http://www.barrygrant.com/fromBarryGrant/BG Instructions/air density meter.pdf](http://www.barrygrant.com/fromBarryGrant/BG%20Instructions/air%20density%20meter.pdf)