

การพัฒนายานยนต์ประหยัดเชื้อเพลิงเพื่ออนาคต : นนทรีอีสาน

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

สมเจตน์ ถนอมพุทรา

Somjet Thanomputra

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการผลิต คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จ.สกลนคร

59 หมู่ 1 ต.เชิงเครือ อ.เมือง จ.สกลนคร 47000

โทร. 0-4272-5033 โทรสาร 0-4272-5034

E-mail fsesjt@csc.ku.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้ โลกได้เผชิญกับปัญหาวิกฤติหลายประการ เช่น การขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิง ปัญหาโลกร้อน มลภาวะอากาศ และฝนกรด ปัญหาเหล่านี้สามารถลดลงได้บางส่วนโดยการประดิษฐ์ยานยนต์เพื่ออนาคต ที่สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้มาก เอกสารฉบับนี้ กล่าวถึงการพัฒนาตัววิศวกรรมยานยนต์ของรถประหยัดเชื้อเพลิงนนทรีอีสาน โดยการใช้รถน้ำหนักเบา หน้าตัดรถกลมเพื่อลดแรงต้านอากาศ การปรับแต่งเครื่องยนต์และคาร์บูเรเตอร์ การเลือกยางเพื่อลดแรงต้านการหมุนของล้อและเทคนิคการขับที่ รถคันนี้ได้เข้าร่วมในรายการ “การแข่งขันประหยัดเชื้อเพลิงปีที่ 8 ระดับประเทศ” ที่กรุงเทพฯ และประสบความสำเร็จได้รับรางวัลเกียรติยศสถิติสูงสุดอันดับ 3 ระดับประเทศ ประเภทรถประดิดษฐ์ กลุ่มอุดมศึกษา ด้วยค่าประหยัดเชื้อเพลิงสูงสุด 1055.78 กิโลเมตรต่อลิตร ที่ความเร็วเฉลี่ย 25.6 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 “8th 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 1055.78 km/liter at the average speed of 25.6 km/h.

Keywords : Applications/ Fuel economy racing car, Small engine

1. คำนำ

ในปัจจุบันนี้ โลกได้เผชิญกับปัญหาวิกฤติหลายประการ เช่น การขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิง ปัญหาโลกร้อน มลภาวะอากาศ และฝนกรด เป็นต้น ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงจักรผลิตไฟฟ้า [1] รถยนต์ในสหรัฐอเมริกามีการใช้พลังงานในสัดส่วน 1/7 เท่าของการใช้พลังงานทั้งหมด ซึ่งรถก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ปริมาณ CO₂ ในสัดส่วน 30% จากทั้งหมดถูกปล่อยมาจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่ง 2 ใน 3 ส่วนนี้มาจากน้ำมันแก๊สโซลีนของรถยนต์ [2] การแก้ปัญหาเหล่านี้มีทางออกหลายทาง คำตอบหนึ่งคือการหาแนวทางในการพัฒนายานยนต์ที่สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้มาก เอกสารฉบับนี้ กล่าวถึงการพัฒนาตัวประหยัดเชื้อเพลิงเพื่ออนาคตของรถนนทรีอีสาน โดยการประดิษฐ์ตัวรถขึ้น มีล้อ 3 ล้อ ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 125 ซีซี 1 กระบอกสูบ 4 จังหวะ ทดสอบโดยควบคุมอัตราเร็วเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และวัดค่าประหยัดเชื้อเพลิงในหน่วยกิโลเมตรต่อลิตร รถคันนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากคณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ และบริษัท เอ.พี. ฮอนด้า จำกัด รถได้ผ่านการทดสอบที่สนามแข่งขันประหยัดเชื้อเพลิงปีที่ 8 ระดับภูมิภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ ทำค่าประหยัดเชื้อเพลิงได้ 423.92 กิโลเมตรต่อลิตร

2. ทฤษฎีและการพัฒนารถ

รถนนทรีอีสานถูกพัฒนาโดยวิธีการลดแรงต้านการเคลื่อนที่ และการป้อนเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้ที่น้อยที่สุดเท่าที่ทำได้

2.1 คุณสมบัติเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

สูตรเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน [3] คือ $C_nH_{1.87n}$ (l) น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 110 ความถ่วงจำเพาะ (ความหนาแน่น) 0.72-0.78 kg/m³ 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 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

การคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากสมการ

$$R_F = \frac{S \rho_F}{V_F} \quad (1)$$

โดยที่ R_F คืออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กิโลเมตรต่อลิตร) S คือระยะทาง (เมตร) ρ_F คือความหนาแน่นของเชื้อเพลิง (กรัมต่อซีซี) V_F คือมวลเชื้อเพลิงที่สิ้นเปลือง (กรัม)

2.3 ประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง

ประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง (η_p) ในที่นี้หมายถึงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่เผาเชื้อเพลิง (η_c) คูณกับประสิทธิภาพการส่งกำลังคิดที่ล้อ (η_m) และเทียบกับค่าความร้อนด้านสูง (HHV) เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมี HHV สูงกว่า LHV ประมาณ 6.3% การปรับปรุงเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดเท่าที่ทำได้ จะทำให้เกิดความประหยัดมากขึ้น รถคันนี้ส่งถ่ายพลังงานจากเผาเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ผ่านชุดโซ่ไปยังล้อ ดังนั้น จะเกิดการสูญเสียกำลังเนื่องจากความเสียดทานของชิ้นส่วน เช่น ระหว่างโซ่กับจานโซ่ และลูกปืนล้อ ดังนั้นการออกแบบระบบส่งกำลังของรถที่ดี การใช้ชิ้นส่วนต้อโยงน้อย และการลดความเสียดทานจะทำให้ประสิทธิภาพของการส่งกำลังสูงขึ้น และค่าความประหยัดสูงขึ้น

2.4 แรงต้านการเคลื่อนที่ของรถ

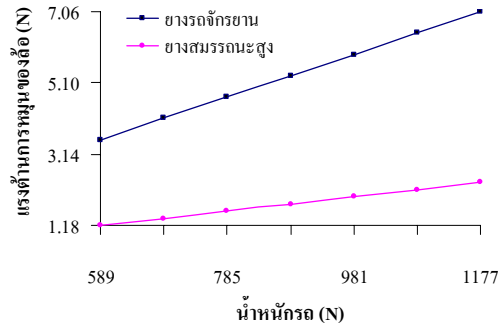
เมื่อรถวิ่งบนถนนระดับด้วยความเร็วคงที่ แรงขับเคลื่อนที่ล้อ จะเท่ากับแรงต้านการเคลื่อนที่ทั้งหมดซึ่งเป็นผลรวมของแรงต้านการหมุนของล้อและแรงต้านอากาศ [4] แสดงเป็นสมการได้ว่า

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

โดยที่ F_t คือแรงขับเคลื่อนที่ล้อ R_r คือแรงต้านการหมุนของล้อ R_a คือแรงต้านอากาศ K_r คือสัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ W คือน้ำหนักบรรทุกคนขับ ρ คือความหนาแน่นของอากาศ v คือความเร็วของอากาศ A คือพื้นที่หน้าตัดของรถ C_d คือสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศ

2.5 การวิเคราะห์แรงต้านการหมุนของล้อ

ยางของรถจักรยานบางชนิด [5] มีแรงต้านการหมุนของล้อ เป็น 6 kg/ton (0.006) ส่วนยางสมรรถนะสูงเป็น 2 kg/ton (0.002) รูปที่ 1 เป็นการวิเคราะห์แรงต้านการหมุนของล้อของยางทั้งสองชนิดแปรผันตามน้ำหนักบรรทุกคนขับ ตั้งแต่ 60 kg ถึง 120 kg



รูปที่ 1 แรงต้านการหมุนของล้อแปรผันตามน้ำหนักบรรทุก

2.6 การวิเคราะห์แรงต้านอากาศ

พื้นที่หน้าตัดด้านหน้า (A) ของรถพลังงานแสงอาทิตย์ [5] คันที่ 1 (MD 1) เท่ากับ 1.0 m^2 มีสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศ (C_d) เท่ากับ 0.2 รถคันที่ 2 (MD 2) ปรับปรุงให้มีหน้าตัดลดลงเหลือ 0.8 m^2 และเป็นหน้าตัดกลม ทำให้ C_d ลดลงเหลือ 0.16 ส่วนรถคันที่ 3 (HD) มี $A = 1.0 \text{ m}^2$ และ $C_d = 0.12$ รถคันที่ 4 (NC) มี $A = 2.0 \text{ m}^2$ และ $C_d = 0.35$ สัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศของรถยนต์ที่สามารถจำลองรูปร่างเป็นกล่องสี่เหลี่ยม 3 ใบ [6] มีค่า C_d ในอุดมคติเป็น 0.25 รถยนต์รูปร่างเพียวลมมีค่า C_d ในอุดมคติเป็น 0.15 แต่ถ้ามีล้อ ระบบส่งกำลัง และระบบกันสะเทือนจะทำให้ $C_d = 0.25$ รถที่มีหม้อน้ำ $C_d = 0.27$ รถยนต์ที่มีพื้นผิวไม่สม่ำเสมอเนื่องจากกระจก ประตู และอุปกรณ์ประดับนอกตัวรถ $C_d = 0.3$ รถยนต์ที่รีโอสานมีพื้นที่หน้าตัด 0.092 m^2 รูปร่างเพียวลม มีระบบส่งกำลังติดตั้งในตัวรถ แต่มีล้อและกระจกอยู่ด้านนอก ดังนั้นจึงใช้ค่า C_d เฉลี่ย [6] เป็น 0.20 สมมติว่าอากาศไม่มีความเร็ว และมีความหนาแน่น 1.2 kg/m^3 รถวิ่งที่ความเร็วเฉลี่ย 25 km/h จากสมการ (4) สามารถหาแรงต้านอากาศได้ว่า $R_a = 0.319 \text{ N}$

2.7 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้

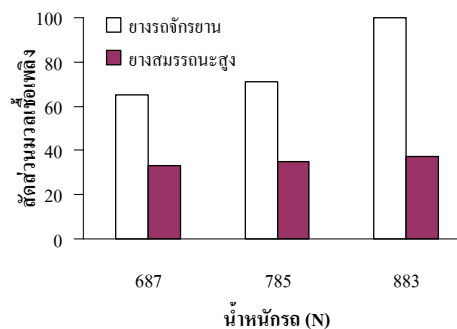
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้เพื่อทำให้เกิดงาน (คิดที่ความเร็วเฉลี่ยคงที่) คำนวณจากสมการ

$$V_F = \frac{(K_r W + \frac{1}{2} \rho v^2 A C_d) S}{\eta_F (HHV)} = \frac{(K_r W + \frac{1}{2} \rho v^2 A C_d) v t}{\eta_F (HHV)} \quad (3)$$

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

การปรับปรุงยางและน้ำหนักบรรทุกโดยกำหนดให้รถเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 9 กิโลเมตร ด้วยอัตราเร็วเฉลี่ย 25 km/h ใช้ค่า HHV ของแก๊สโซลีน กำหนดให้ รถหนัก 833 N ใช้ยางรถจักรยานมีปริมาณเชื้อเพลิงที่ดองใช้เป็น 100% สัดส่วนปริมาณเชื้อเพลิง (เท่ากับประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง (η_p) คูณกับปริมาณเชื้อเพลิง) เทียบกับน้ำหนักบรรทุก คำนวณจากสมการ (3) แสดงในรูปที่ 2 รถ 833 N ที่ใช้ยาง

สมรรถนะสูงทำให้สัดส่วนปริมาณเชื้อเพลิงลดลง 2.70 เท่า และการลดน้ำหนักของรถเป็น 785 N จะทำให้ปริมาณเชื้อเพลิงลดลง 2.86 เท่า



รูปที่ 2 สัดส่วนปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้เทียบกับน้ำหนัก

2.8 โครงสร้างของรถ

โครงสร้างของรถทำจากเหล็กกล่องขนาด 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 และเจาะรูน้ำมันที่เพลาล้อหลังเพื่อเพิ่มสารหล่อลื่น การพัฒนาโครงสร้างรถแสดงในรูปที่ 3 ระบบขับเคลื่อนในรูปที่ 4 และรถสภาพสมบูรณ์แสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 3 การพัฒนาโครงสร้างรถ



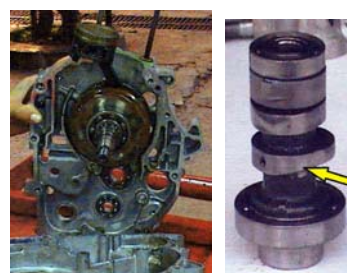
รูปที่ 4 การพัฒนาระบบขับเคลื่อน



รูปที่ 5 รถนตรีอีสาน

2.9 เครื่องยนต์

การพัฒนาเครื่องยนต์ภายใต้ถูกดัดทำตามแนวคิดที่ว่า การลดปริมาตรกระบอกสูบ เพื่อลดปริมาตรทำงานในห้องเผาไหม้ การใช้อัตราส่วนการอัดและเวลาการจุดระเบิดที่เหมาะสมเพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์และเครื่องยนต์มีกำลังมากขึ้น การลดระยะชักและช่วงเวลาเปิดวาล์วไอดีเพื่อลดปริมาตรทำงาน รถจึงทำการดัดแปลงจากเครื่องยนต์ 1 กระบอกสูบ 4 จังหวะ ขนาด 125 ซีซี 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 ตัวเรือนเครื่องยนต์และเพลาลูกเบี้ยวแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 การพัฒนาเครื่องยนต์และเพลาลูกเบี้ยวของวาล์วไอดี

2.10 คาร์บูเรเตอร์

คาร์บูเรเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ผสมอากาศ-เชื้อเพลิงในสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับเครื่องยนต์ คาร์บูเรเตอร์ที่ใช้ในปัจจุบันมีช่องทางการไหลภายในที่ซับซ้อนมาก ซึ่งออกแบบขึ้นเพื่อป้อนส่วนผสมอากาศ-เชื้อเพลิงให้สอดคล้องกับอัตราเร็วรอบและโหลด ด้วยเหตุนี้อุปกรณ์นี้จึงเกิดกระบวนการไหลที่ซับซ้อนหลายประการ เช่น การไหล

ผ่านช่องทางไหลความยาวสั้นและรูปทรงซับซ้อน การไหลช่วงส่งผ่านจากการไหลราบเรียบถึงการไหลปั่นป่วน การไหลเป็นลูกคลื่นความถี่สูง การไหล 2 เฟส ในรูปแบบของฟองอากาศ ละอองน้ำมัน และฟิล์มของเหลวบาง และการไหลที่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเชื้อเพลิงและอากาศอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความดันอย่างรวดเร็ว ชิ้นส่วนหลักของคาร์บูเรเตอร์เครื่องยนต์เล็กบางชนิด [7] แสดงในรูปที่ 7 คาร์บูเรเตอร์นี้สามารถพิจารณาว่าเป็นแบบจำลองสภาวะสม่ำเสมอ (steady-state model) ซึ่งแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

อัตราการไหลอากาศโดยมวล $\dot{m}_a$ ผ่านเวนทูรี (venturi) ของคาร์บูเรเตอร์หาจากสมการหัวฉีดอัดตัวได้ (compressible nozzle) ดังนี้

$$\dot{m}_a = C_{D,t} A_t \Phi \sqrt{2\rho_{a0}(P_{v,0} - P_{v,t})} \quad (4)$$

โดยที่ $C_{D,t}$ คือสัมประสิทธิ์การระบายของไหล (discharge coefficient) คิดเทียบกับพื้นที่คอขวด (throat area) A_t $\rho_{a,0}$ คือความหนาแน่นของอากาศที่สภาวะบรรยากาศ $P_{v,0}$ คือความดันทั้งหมดที่ทางเข้าของเวนทูรี และ $P_{v,t}$ คือความดันสถิตที่คอขวด [3] Φ เป็นการคิดผลกระทบของการอัดตัวได้ของไหล (compressible effects)

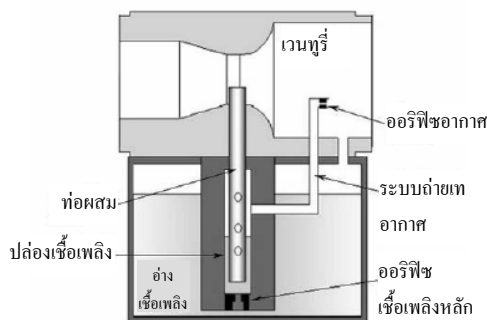
$$\Phi = \left(\frac{[\gamma/(\gamma-1)][(P_{v,0}/P_{v,t})^{2/\gamma} - (P_{v,0}/P_{v,t})^{(\gamma+1)/\gamma}]}{1 - P_{v,0}/P_{v,t}} \right) \quad (5)$$

โดย γ คือสัมประสิทธิ์ไอเซนทรอปิก (isentropic coefficient) ของอากาศ

สมมติว่าระดับเชื้อเพลิงในอ่างเชื้อเพลิงถูกควบคุมไว้คงที่ ความดันที่ด้านล่างของอ่างเชื้อเพลิง $P_{fb,b}$ หาจาก

$$P_{fb,b} = P_{fb,t} + \rho_f g h_{fb} \quad (6)$$

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



รูปที่ 7 ชิ้นส่วนหลักของคาร์บูเรเตอร์ที่ใช้ในเครื่องยนต์เล็กบางชนิด [7]

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

$$\dot{m}_f = C_{D,mj} A_{mj} \sqrt{2\rho_f(P_{fb,b} - P_{mj})} \quad (7)$$

โดย $C_{D,mj}$ คือสัมประสิทธิ์การระบายของไหลคิดเทียบกับพื้นที่ออร์ฟิซ A_{mj} โดยค่าได้จากการทดลอง [8-9] และ P_{mj} คือความดันด้านหลังของออร์ฟิซ

อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์คำนวณได้จาก

$$(A/F) = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \quad (8)$$

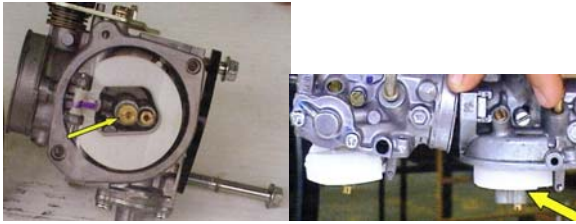
ขนาดออร์ฟิซเทียบกับขนาดเบอร์ [10] แสดงในตารางที่ 1 รถยนต์ฮอนด้าได้พัฒนาคาร์บูเรเตอร์โดยลดขนาดคอขวดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางออร์ฟิซ จากเบอร์ 78 เป็น 72 พิจารณาจากสมการ (4) ถึง (8) โดยการควบคุมพารามิเตอร์ตัวอื่น รวมทั้ง (A/F) ให้คงที่ และพิจารณาว่า $\dot{m}_a$ และ $\dot{m}_f$ แปรผันตาม A_t และ A_{mj} การใช้ออร์ฟิซเชื้อเพลิงหลักเป็นหน้าตัดรูปวงกลมจะได้อัตราการเปลี่ยนแปลงขนาดทำให้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงลดลง 1.27 เท่า หรือลดลงจากเดิม 21.2% และพื้นที่คอขวด A_t ต้องลดลงเป็น 0.79 เท่าของพื้นที่เดิม การลดปริมาณเชื้อเพลิงมีข้อจำกัดบางส่วนจากปัญหาด้านอุปกรณ์ ประสิทธิภาพ และสมรรถนะของเครื่องยนต์ คาร์บูเรเตอร์ของรถแสดงในรูปที่ 8 และรูปที่ 9

ตารางที่ 1 ขนาดและพื้นที่ของรูออร์ฟิซเทียบกับขนาดเบอร์ [10]

เบอร์	ขนาดรู	พื้นที่รู	เบอร์	ขนาดรู	พื้นที่รู
ออร์ฟิซ	(mm)	(mm ²)	ออร์ฟิซ	(mm)	(mm ²)
60	1.524	1.82	70	1.854	2.70
62	1.549	1.88	72	2.007	3.16
64	1.626	2.08	74	2.057	3.32
66	1.676	2.21	76	2.134	3.58
68	1.753	2.41	78	2.261	4.01



รูปที่ 8 คาร์บูเรเตอร์และท่อไอดี



รูปที่ 9 การพัฒนาออร์ฟิซเพื่อเพลิงหลักและลูกลอยคาร์บูเรเตอร์

2.11 การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อเพลิงในอุดมคติ

การวิเคราะห์หรัถเมื่อใช้ยางสมรรถนะสูง น้ำหนักรถรวมคนขับ 90 กิโลกรัม กำหนดประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง 31.5% รถวิ่งเป็นระยะทางทั้งหมด 9000 เมตร รถเคลื่อนที่ออกจากจุดเริ่มต้น ($v_i = 0$) โดยเร่งเครื่องยนต์เป็นเวลา 5 วินาที จนกระทั่งได้ความเร็ว 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าระยะทางที่เคลื่อนที่ 17 เมตร แรงขับเคลื่อนที่ล่อสุทธิ (รวมแรงด้านการเคลื่อนที่) เป็น 252 N ปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องใช้เป็น 0.294 กรัม และปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องใช้ขับเป็นระยะทาง 8983 เมตร ที่ความเร็วคงที่ 25 km/h คือ 1.257 กรัม รวมปริมาณเชื้อเพลิงทั้งสิ้นเท่ากับ 1.551 กรัม สถิติอุดมคติเป็น 4178 กิโลเมตรต่อลิตร

เมื่อปรับปรุงรถให้มีน้ำหนักลดลงเป็น 83 กิโลกรัม (น้ำหนักรถ 45 กิโลกรัม และน้ำหนักคนขับ 38 กิโลกรัม) ที่เงื่อนไขเดิมทำให้ปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องใช้ทั้งสิ้นลดลงเป็น 1.445 กรัม สถิติอุดมคติเป็น 4484 กิโลเมตรต่อลิตร ดีขึ้นกว่าเดิม 306 กิโลเมตรต่อลิตร อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติ การขับที่รถใช้วิธีสตาร์ทเครื่องยนต์และเร่งเครื่องเป็นเวลา 5-7 วินาที แล้วดับเครื่องยนต์ติดต่อกันหลายครั้งต่อการทดสอบ เพราะการควบคุมปริมาณเชื้อเพลิงที่ไหลจากคาร์บูเรเตอร์ขณะเร่งเครื่องยนต์และขับด้วยความเร็วคงที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการพลังงาน

3. ผลการทดสอบ

3.1 ผลการทดสอบที่สนามทดลอง

ผลการทดสอบรถก่อนการพัฒนา 4 ครั้ง ที่ระยะทาง 9 กิโลเมตร ใช้วิธีขับที่แบบสตาร์ทเครื่องยนต์และเร่งเครื่องเป็นเวลา 7 วินาที แล้วดับเครื่องยนต์ รวม 18 ครั้งต่อการทดสอบ แสดงในตารางที่ 2 จากการวิเคราะห์หรัถที่อัตราเร็วเฉลี่ย 25.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สมมติประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง 31.5% วิธีการขับที่ชนิดนี้มีความต้องการเชื้อเพลิง 0.301 กรัม ต่อการเร่งเครื่องยนต์หนึ่งครั้ง และต้องการเชื้อเพลิงทั้งหมด 5.576 กรัม สถิติดีที่สุดไม่เกิน 1162 กิโลเมตรต่อลิตร จากผลการทดสอบพบว่าใช้เชื้อเพลิงทั้งหมด 12.731 กรัม ค่าความประหยัดเฉลี่ยคือ 509.00 กิโลเมตรต่อลิตร รถมีประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง 13.80%

หลังจากรถถูกพัฒนาเสร็จสมบูรณ์ ได้ทำการทดสอบรถ 8 ครั้ง ระยะทางเท่าเดิม และใช้วิธีขับที่แบบสตาร์ทเครื่องยนต์และเร่งเครื่องเป็นเวลา 5-7 วินาที แล้วดับเครื่องยนต์ รวม 12-15 ครั้งต่อการทดสอบ ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 3 จากการวิเคราะห์หรัถที่

อัตราเร็วเฉลี่ย 25.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีความต้องการเชื้อเพลิงทั้งหมด 3.446 กรัม สถิติดีที่สุดไม่เกิน 1880 กิโลเมตรต่อลิตร ผลการทดสอบพบว่าใช้เชื้อเพลิงทั้งหมด 6.080 กรัม ค่าความประหยัดเฉลี่ยคือ 1065.75 กิโลเมตรต่อลิตร และประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 17.85% ประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ดีสาเหตุเนื่องจากในสนามทดสอบอาจมีความชันของถนน และอากาศล้อมรอบมีความเร็วในทิศด้านการเคลื่อนที่ของรถทำให้ต้องใช้แรงขับเคลื่อนมากขึ้น สาเหตุอีกประการหนึ่งเนื่องจากวิธีการขับที่แบบสตาร์ทเครื่องยนต์ เร่งเครื่องและดับเครื่องติดต่อกัน ซึ่งการเร่งเครื่องยนต์ทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ต่ำและการเร่งรถ 15 ครั้ง มีความต้องการพลังงานหรือแรงขับเคลื่อนสูงกว่าเดิม 2.38 เท่าของวิธีสตาร์ท เร่งเครื่อง และขับที่ด้วยความเร็วคงที่ อย่างไรก็ตามเพื่อความปลอดภัยต้องผ่อนคันเร่งเมื่อรถเข้าโค้งและเบรกเมื่อมีสิ่งกีดขวาง ดังนั้นตลอดการแข่งทำให้มีการเร่งเครื่องยนต์หลายครั้งและความประหยัดลดลง

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบรถก่อนการพัฒนา

ครั้งที่	การสตาร์ท (ครั้ง)	ระยะเวลาเร่งเครื่องยนต์ (s)	อัตราเร็วเฉลี่ย (km/h)	ค่าความประหยัด (km/liter)
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	509.00

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบรถหลังการพัฒนา

ครั้งที่	การสตาร์ท (ครั้ง)	ระยะเวลาเร่งเครื่องยนต์ (s)	อัตราเร็วเฉลี่ย (km/h)	ค่าความประหยัด (km/liter)
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 รถนทริอีสานได้เข้าร่วมรายการ “การแข่งขันฮอนด้าประหยัดเชื้อเพลิงปีที่ 8 ระดับประเทศ” ณ สนามกรมทหารราบที่ 11 รักษาพระองค์ กรุงเทพฯ กำหนดระยะทาง

การแข่งขันทั้งหมด 10 รอบ 10.75 กิโลเมตร อัตราเร็วเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถที่เข้าร่วมทั้งหมดมี 407 คัน ในสายของรถประดิดฐักกลุ่มอุดมศึกษาทั้งหมด 52 คัน การแข่งขันจัดขึ้น 2 วัน วันแรกเป็นวันซ้อมในสนามจริงและวันที่สองเป็นวันแข่ง

3.2.1 ผลการทดสอบวันซ้อม

วันซ้อมเป็นวันจำลองเหตุการณ์วันแข่ง รถได้เข้าสู่สนามและวิ่งครบ 10 รอบ อัตราเร็วเฉลี่ย 25.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สตาร์ทเครื่องยนต์ทั้งหมด 20 ครั้ง ครั้งละ 5 วินาที จากการวิเคราะห์พบว่าวิธีการขับที่ชนิดนี้สถิติดีที่สุดไม่เกิน 1350 กิโลเมตรต่อลิตร ผลการแข่งขันรถทำสถิติได้ 957.40 กิโลเมตรต่อลิตร มีประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 22.34%

3.2.2 ผลการทดสอบวันแข่ง

รถได้เข้าสู่สนามและวิ่งครบ 10 รอบ อัตราเร็วเฉลี่ย 25.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สตาร์ทเครื่องยนต์ทั้งหมด 20 ครั้ง ครั้งละ 5 วินาที ทำสถิติได้ 1055.78 กิโลเมตรต่อลิตร สูงสุดเป็นอันดับ 3 ระดับประเทศของรถประดิดฐักกลุ่มอุดมศึกษา รถมีประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 24.64%

4. สรุปผล

การพัฒนารถประหยัดเชื้อเพลิง ได้ทำการลดน้ำหนักรถ และใช้ยางสมรรถนะสูงเพื่อลดแรงต้านการหมุนของล้อ การปรับปรุงชุดส่งกำลังและเครื่องยนต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการส่งกำลัง และประสิทธิภาพเครื่องยนต์ การลดแรงต้านอากาศโดยการทำเป็นหน้าตัดกลม ในที่สุดสามารถวิเคราะห์ได้ว่า ปริมาณเชื้อเพลิงน้อยสุดที่ต้องใช้ในอุดมคติเท่ากับ 1.445 กรัม สถิติเป็น 4484 กิโลเมตรต่อลิตร ในทางปฏิบัติอาจมีความต้องการเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเนื่องจากความปลอดภัยของการเบรก การเร่งเครื่องยนต์เพื่อรักษาความเร็วตามกติกา สภาพอากาศมีความเร็วลมด้านการเคลื่อนที่ ตลอดจนการไม่สามารถควบคุมระบบป้อนเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ได้ตามต้องการ และใช้วิธีขับที่แบบติดเครื่องยนต์แล้วเร่งเครื่องให้ความเร็วสูงขึ้น แล้วดับเครื่องยนต์เพื่อหยุดป้อนเชื้อเพลิงหลายครั้ง ในการทดสอบวันแข่งรถทำความประหยัดได้ 7.331 กรัม สถิติ 1055.78 กิโลเมตรต่อลิตร (23.55% ของสถิติอุดมคติ) สูงสุดอันดับ 3 ระดับ ประเทศของรถประดิดฐักกลุ่มเดียวกัน รถมีประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 24.64%

การพัฒนาเพื่อลดความประหยัดที่ดีขึ้น หรือการนำไปใช้ในรถจริงนั้น ถ้ามีองค์ความรู้ด้านสมรรถนะและแบบจำลองเครื่องยนต์และคาร์บูเรเตอร์ที่ดีขึ้นจะสามารถควบคุมส่วนผสมอากาศ-เชื้อเพลิงได้ดีขึ้น

5. กิจกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยเทคนิคสกลนคร ที่ให้การสนับสนุน จนกระทั่งงานประสบความสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Kato and A. Widiyanto, "Environmental Impact Consolidated Evaluation of Energy Systems by an LCA-NETS Scheme, Energy 30, 2005, pp. 2057-2072.
- [2] H.L. MacLean and L.B. Lave, "Evaluating Automobile Fuel/ Propulsion System Technologies", Progress in Energy and Combustion Science 29, 2003, pp. 1-69.
- [3] J.B. Heywood, "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw-Hill, Singapore, 1988, 930 p.
- [4] ชีระยุทธ สุวรรณประทีป "วิศวกรรมยานยนต์" พิมพ์ครั้งที่ 3 วิทยพัฒน์ กรุงเทพฯ พ.ศ. 2544 191 น.
- [5] A. Shacklock*, M. Duke and N. Burgess, "The 1998 World Solar Rallye: Akita Japan", J. Power Sources 80, 1999, pp. 199-206.
- [6] R. Stone and J.K. Ball, "Automotive Engineering Fundamentals", SAE International, USA, 2004, 594 p.
- [7] D.A. Arias and T.A. Shedd, "Steady and Dynamic Models of Fuel and Air Flow in Carburetors for Small Engines", J. Fluids Engineering. 127, 2005, pp. 778-786.
- [8] D.L. Harrington and J.A. Bolt, "Analysis and Digital Simulation of Carburetor Metering", SAE (700082), 1970.
- [9] K. Shinoda, H. Koide and A. Yui, "Analysis and Experiments on Carburetor to Metering at the Transition Region to the Main System", SAE (710206), 1971.
- [10] [www.barrygrant.com/fromBarryGrant/BG Instructions/air density meter.pdf](http://www.barrygrant.com/fromBarryGrant/BG%20Instructions/air%20density%20meter.pdf)