การศึกษาอัตราสิ้นเปลืองพลังงานในเชื้อเพลิงที่มีเอทานอลเป็นส่วนผสมในยานพาหนะ: กรณีศึกษาสภาพการจราจรของกรุงเทพมหานคร

Gasoline-Ethanol Blend Fuel Energy Consumption Study in a Vehicle: A Bangkok Traffic Condition

รักษิต ฐิติพัฒนพงศ์[1]* สัญญา คล่องในวัย[1] สารพล ฐิติพัฒนพงศ์[2] และ วันชัย มีสิริ[3]

[1] ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ 112 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
[2] ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ.พิบูลย์สงคราม บางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
[3] บริษัท บางกอกไฮแล็บ จำกัด 4/176 ซ.ลาดพร้าว ถ.ลาดพร้าว อนุสาวรีย์ บางเขน กรุงเทพมหานคร 10220
*ติดต่อ: raksit.thi@nectec.or.th, โทรศัพท์ 025646900 ต่อ 2619, โทรสาร 025646901

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้ได้ทำการตรวจจับอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในยานพาหนะในรถยนต์ (Ford Escape 3.0l) ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊โซลีนร่วมกับการใช้เชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอลในสัดส่วนต่างๆ ได้แก่ E10 E20 และ E85 ในสภาพการจราจรบนถนนพหลโยธินลักษณะในเมือง ชานเมือง และทางหลวงในเขตกรุงเทพมหานคร ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าเชื้อเพลิง E85 และ E20 นั้นมีแนวโน้มอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยปริมาตรสูงกว่า E10 ร้อยละ 18.8 และ 0.6 ตามลำดับ ในทางกลับกันพบว่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานนั้นเชื้อเพลิง E85 และ E20 มีค่าที่ต่ำว่า E10 ร้อยละ 8.3 และ 3.7 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอลยิ่งสูงจะมีแนวโน้มที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานสูงขึ้นด้วย

คำหลัก: อัตราสิ้นเปลืองในยานพาหนะ เอทานอล สภาพการจราจร

Abstract

In this study, the vehicle fuel consumption with different types of ethanol-blend fuels (E85, E20 and E10) was investigated. The Ford Escape 3.0l with spark ignition engine was examined in Bangkok main road in various traffic conditions: urban, sub-urban and highway. The results indicated that the E85 and E20 had more fuel consumption than E10 by 18.8% and 0.6% respectively. However, the energy consumption was conversed that E85 and E20 had more fuel efficient than E10 by 8.3% and 3.7% respectively.

Keywords: Fuel Consumption in Vehicle, Ethanol, Traffic

1. บทนำ

การคมนาคมและขนส่งเป็นกิจกรรมที่จำเป็นต่อระบบเศรษฐกิจโดยร้อยละ 90 เป็นการขนส่งทางบกที่พึ่งพาการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นหลัก เชื้อเพลิงจากเอทานอลเองก็ได้รับการส่งเสริมให้เป็นพลังงานทางเลือกเพื่อทดแทนพลังงานน้ำมันจากปิโตรเลียมสำหรับยานพาหนะ จากการศึกษาก่อนหน้า[1]รถยนต์เก่าที่ได้รับการดัดแปลงเพื่อให้ใช้เชื้อเพลิง E85 ได้รับการทดสอบเบื้องต้นและพบว่าเชื้อเพลิง E85 นั้นมีแนวโน้มที่จะสิ้นเปลืองมากกว่าเชื้อเพลิง E10 ประมาณร้อยละ 15 แต่ในความเป็นจริงแล้วอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของยานพาหนะนั้นต้องมีการพิจารณาถึงสภาวะการจราจรด้วยทั้งนี้ ได้มีแนวคิดในการใช้เครื่องมือเพื่อตรวจจับอัตราการปลดปล่อยไอเสียและชี้ให้เห็นถึงพฤติกรรมของยานพาหนะที่แตกต่างก็ส่งผลต่ออัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน[2] ทั้งนี้ได้มีการทดสอบวิธีวัดอัตราสิ้นเปลืองในยานพาหนะตามเวลาจริงด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลจากระบบควบคุมเครื่องยนต์ซึ่งผลการทดสอบปรับเทียบกับการวัดการใช้เชื้อเพลิงก็ได้ผลเป็นที่น่าพอใจและสามารถวัดอัตราสิ้นเปลืองได้โดยที่ไม่ต้องทำการดัดแปลงตัวรถเพื่อติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม[3] อีกทั้งได้มีการขยายผลด้วยการทดสอบรถยนต์หลายชนิดในสภาพการจราจรของกรุงเทพมหานครโดยแนวโน้มพบ

กว่าสภาพการจราจรที่ต่างกันระหว่างติดขัดกับคล่องตัว ส่งผลต่ออัตราสิ้นเปลืองกว่าร้อยละ 30 และน้ำหนักของรถยนต์ส่งผลต่ออัตราสิ้นเปลืองมากกว่ากำลังเครื่องยนต์

ในการศึกษานี้จะได้ทำการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอลในสัดส่วนต่างๆ ในสภาพการจราจรบนถนนของกรุงเทพมหานคร

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 การตรวจจับอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงตามเวลาจริง

ด้วยการประมวลผลอัตราการถ่ายเทมวลอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้ร่วมกับการวัดอัตราส่วนของไอเสียเพื่อใช้ประเมินอัตราสิ้นเปลืองตามเวลาจริง โดยใช้อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล (OBD data-logger, Innovate LM-2) ซึ่งเป็นการเรียกข้อมูลของเครื่องยนต์/รถยนต์ด้วย อุปกรณ์อ่านข้อมูลที่สามารถเรียกข้อมูลตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์การทำงานของเครื่องยนต์ตามตัวอย่างใน ตารางที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ และ ความผิดปกติของเครื่องยนต์ (Error Code) ผ่านทางจุดเชื่อมต่อแบบ SAE J1962 (รูปที่ 1) ที่จะติดตั้งอยู่ในระยะไม่เกิน 1 เมตรจากพวงมาลัยรถ

ตารางที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลที่นำมาใช้ประโยชน์ได้

รายการ	คำอธิบาย
RPM	รอบเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)
MAF	อัตราการถ่ายเทมวลอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้ (กรัม/วินาที)
VSS	อัตราเร็วของรถ (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
ECT	อุณหภูมิของน้ำในเครื่องยนต์(ซ)
IAT	อุณหภูมิอากาศ (ซ)
O2	ตัวตรวจจับออกซิเจนในไอเสีย (โวลต์)

รูปที่ 1 SAE J1962 Terminal

ข้อมูลที่ได้จากระบบ OBD นั้นจะถูกนำมาประมวลผลเพื่อให้ได้อัตราการถ่ายเทเชื้อเพลิง (FFR_V) ด้วยวิธีการประเมินทางอ้อม[2] คือ การอ่านค่ามวลอากาศที่เครื่องยนต์ (*MAF*) ใช้ในการเผาไหม้เป็นที่รู้กันดีว่า ชนิดเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟต้องทำงานที่อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ (AFR) คงที่ ในกรณีของน้ำมันแกโซฮอล์ (E10) นั้นค่าอัตราส่วนผสมของอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี (stoichiometric ratio) คือ อากาศ 14.365 ส่วนต่อเชื้อเพลิงแกโซฮอล์ 1 ส่วน ในรถยนต์ได้มีการติดตั้งและประมวลผลการจ่ายเชื้อเพลิงจากอุปกรณ์ (MAF, mass air flow)

$$FFR_V = \frac{MAF}{AFR \times \rho} \quad (l/s) \qquad (1)$$

ทั้งนี้โดยทั่วไปอัตราสิ้นเปลืองของรถยนต์ (Fuel Consumption Rate, FCR) จะถูกนำเสนอในรูปแบบของระยะทางต่อเชื้อเพลิงโดยปริมาตรหรือในที่นี้คือ กิโลเมตรต่อลิตร (kilometer per liter) โดยใช้ค่าอัตราเร็วของรถยนต์ (VSS, km/h)

$$FCR = \frac{\int_0^t \frac{VSS}{3600}\,dt}{\int_0^t FFR_V\,dt} \quad (km/l) \qquad (2)$$

เนื่องจากเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอลนั้นมีความจุพลังงานน้อยกว่าน้ำมันแกโซลีน การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงพลังงานจึงถูกนำมาใช้เพื่อให้เห็นประสิทธิผลของเชื้อเพลิงเอทานอล

$$\eta_{Energy} = \frac{FCR}{HHV} \quad (km/MJ) \qquad (3)$$

โดยค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงหน่วยให้ตรงกันและใช้ค่าความหนาแน่นและอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงของน้ำมันแกโซฮอล์ที่ความเข้มข้นตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอลที่ใช้ในการทดสอบ

Type	Air/Fuel Ratio	HHV (MJ/kg)	Density (kg/m3)
E10	14.365	46.324	742
E20	14.086	45.445	747
E85	10.678	34.742	781

2.2 เส้นทางที่ใช้ประเมินและสภาพการจราจร

เส้นทางที่ใช้ทดสอบได้เลือกใช้ถนนพญาไท-พหลโยธินเริ่มจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยไปยังมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์(รังสิต) ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพหลากหลายเพียงพอในการเก็บตัวอย่าง โดยแบ่งออกเป็นช่วง ใจกลางเมือง ในเมือง ชานเมือง และ ทางหลวง โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 3 และ รูปที่ 2 อีกทั้งยังได้กำหนดเวลาทดสอบเพิ่มเติมอีกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วง เย็น ค่ำ และ ดึก เพื่อให้เกิดความหลากหลายในลักษณะของจราจร โดยรวมแล้วจะมีผลการทดสอบ 36 ช่วงต่อเชื้อเพลิง

2.3 รถยนต์ทดสอบ

ในส่วนของรถยนต์ที่ใช้ในการศึกษานี้ได้แก่ Ford Escape 3.0 XLT รุ่นปี 2003 แสดงในรูปที่ 3 และตารางที่ 4 เป็นเครื่องยนต์ชนิดจุดระเบิดด้วยประกายไฟมีระบบหัวฉีดควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์เป็นระบบจ่ายเชื้อเพลิง อนึ่งจากการทดสอบเบื้องต้นด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนการเผาไหม้พบว่าเครื่องยนต์รุ่นนี้สามารถใช้เชื้อเพลิงชนิด E85 ได้โดยที่ไม่ต้องทำการดัดแปลง

ตารางที่ 3 รายละเอียดของเส้นทางทดสอบ

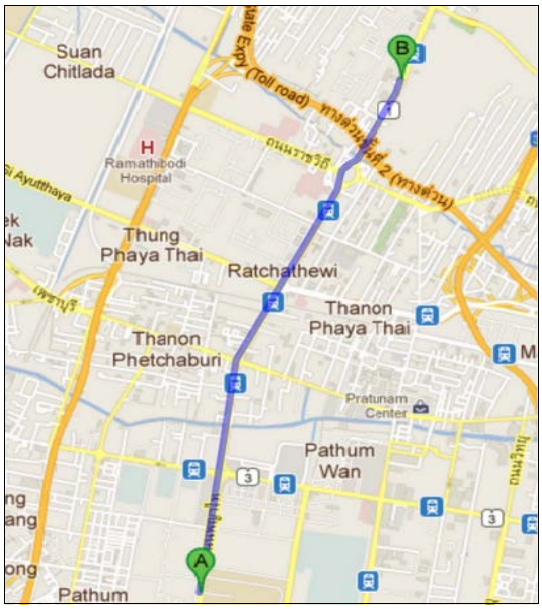
เส้นทาง	จาก (A)	ไป (B)	ระยะทาง (km)
ใจกลางเมือง (ก)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ	4.2
ในเมือง (ข)	อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ	อนุสาวรีย์หลักสี่	11.3
ชานเมือง (ค)	อนุสาวรีย์หลักสี่	อนุสรณ์สถาน	10.0
ทางหลวง (ง)	อนุสรณ์สถาน	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (รังสิต)	12.9

ตารางที่ 4 คุณลักษณะทางเทคนิคของรถยนต์ที่ใช้

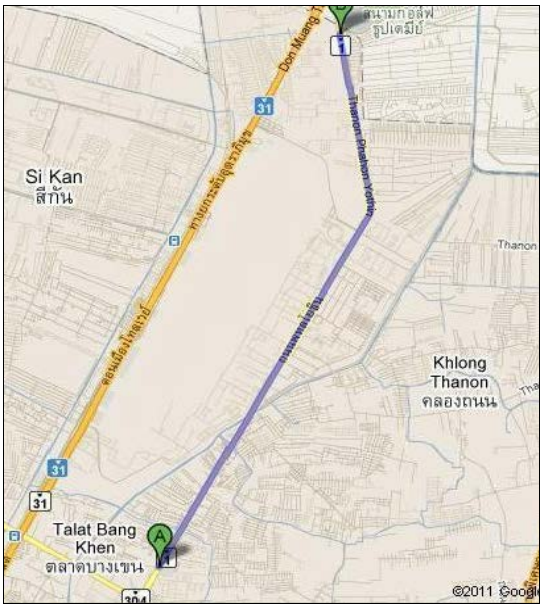
Model	Ford Escape 3.0 XLT, Model year 2003
Fuel type	petrol (gasoline)
Fuel system	Multi-port fuel injection
Charge system	naturally aspirated
Valves per cylinder	4
Additional features	sequential multi-port fuel injection EEC-V DOHC
Emission control	3-way cat, Lambda-Sensor
Cylinders alignment	V 6
Displacement	2967 cc
Power net	145 kW at 6,000 rpm
Torque	265 Nm at 4,700 rpm
Transmission	4-speed automatic with overdrive
Vehicle weight	1520 kg

3. ผลการทดสอบ

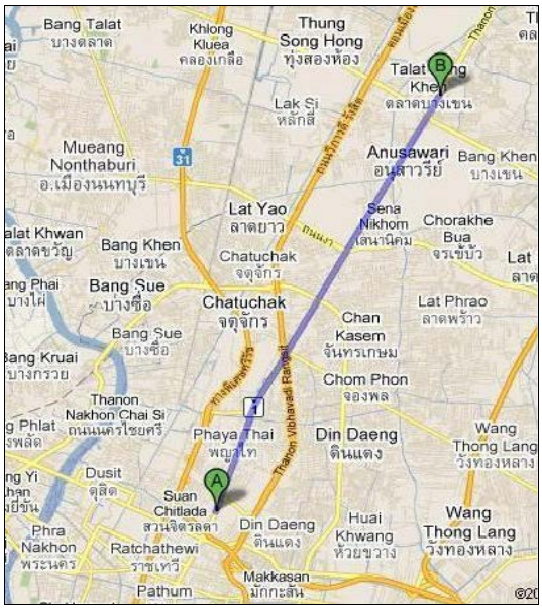
จากรูปที่ 4 ผลการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในสภาการจราจร ได้ถูกนำเสนอในรูปแบบของอัตราเร็วเฉลี่ยต่อช่วง (Average Trip Speed) โดยที่สภาพการจราจรที่ติดขัดจะมีค่าอัตราเร็วต่ำ (น้อยกว่า 30 กม./ชม) ในขณะที่ การจราจรที่คล่องตัวจะมีค่าอัตราเร็วที่สูง จะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิง E85 มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงที่สุดในทุกสภาพการจราจรในขณะที่เชื้อเพลิง E10 และ E20 มีความแตกต่างกันเล็กน้อย ด้วยการประเมินเส้นแนวโน้มทั้งช่วงสภาพการจราจรจากรูปพบว่า E85 มีแนวโน้มที่มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงกว่า E10 ร้อยละ 18.78 ในขณะที่ E20 มีอัตราสิ้นเปลืองสูงกว่า E10 เพียงร้อยละ 0.56 เท่านั้น



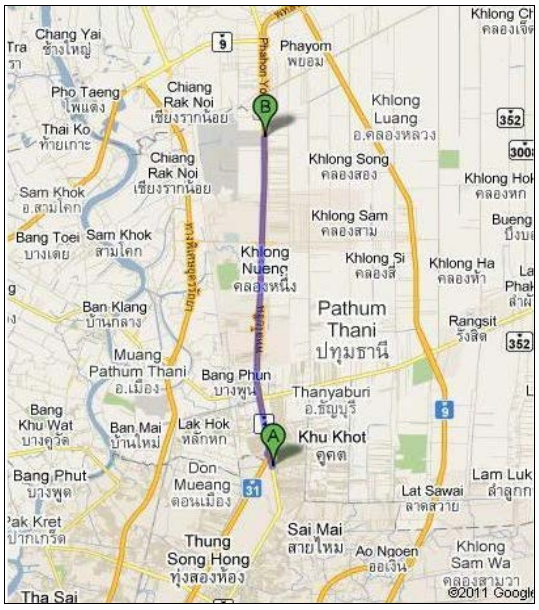
(ก) ใจกลางเมือง



(ข) เขตชานเมือง



(ข) เขตในเมือง

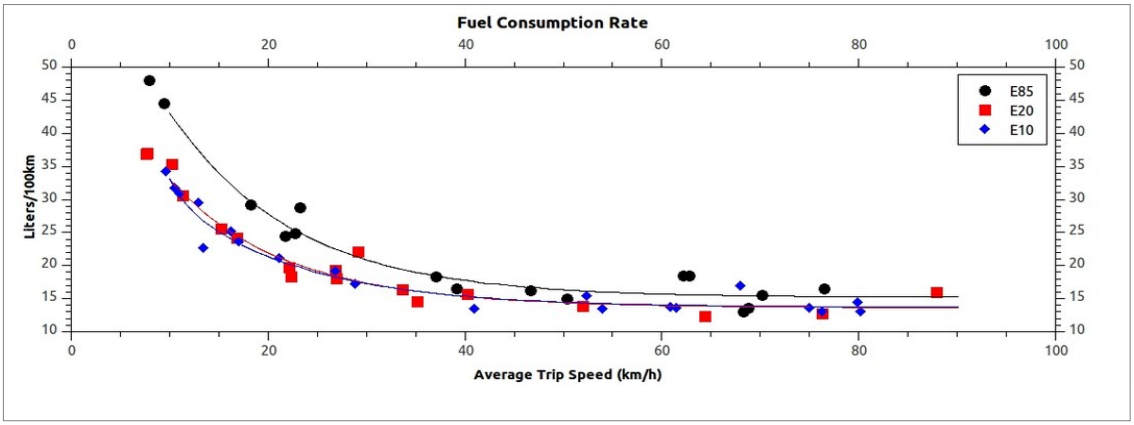


(ง) เขตทางหลวง

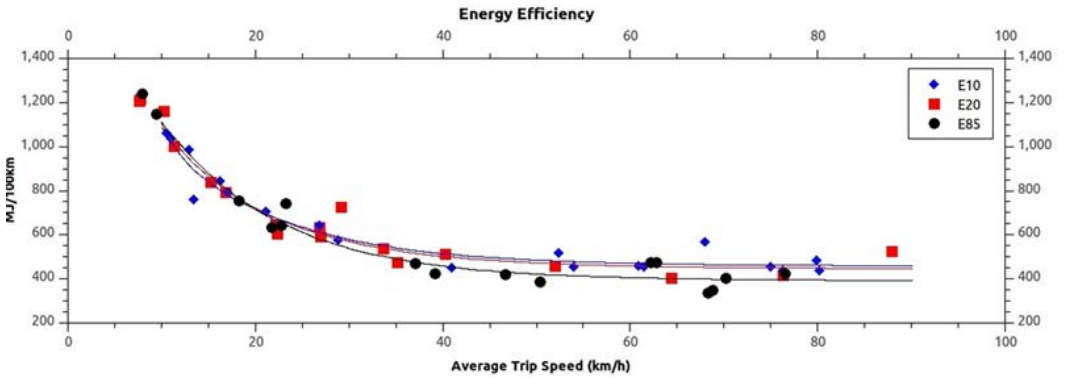
รูปที่ 2 เส้นทางที่ใช้ทดสอบ

รูปที่ 3 รถยนต์ที่ใช้ทดสอบ

เนื่องจากเชื้อเพลิงเอทานอลมีความจุพลังงานต่อปริมาตรน้อยกว่าเชื้อเพลิงแก๊โซลีนดังนั้นเมื่อวิเคราะห์ผลด้วยปริมาตรเชื้อเพลิงต่อระยะทางแล้วจะมีอัตราสิ้นเปลืองที่สูงกว่าน้ำมันปกติ แต่ ในทางกลับกันเมื่อวิเคราะห์เพิ่มเติมในส่วนของอัตราสิ้นเปลืองพลังงานกลับพบว่า เชื้อเพลิง E85 นั้นมีอัตราการใช้พลังงานต่อระยะทางต่ำที่สุด ตามที่แสดงในรูปที่ 5 โดยที่ E85 มีประสิทธิภาพเชิงพลังงานดีกว่า E10 ร้อยละ 8.29 ในขณะที่เชื้อเพลิง E20 มีอัตราสิ้นเปลืองพลังงานดีกว่า E10 เล็กน้อยประมาณ ร้อยละ 3.75



รูปที่ 4 อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในสภาพการจราจร



รูปที่ 5 อัตราสิ้นเปลืองพลังงานในสภาพการจราจร

4. สรุป

จากการศึกษานี้ที่ได้ทำการทดสอบและวิเคราะห์อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและพลังงานของรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงที่มีส่วมผสมของเอทานอลตั้งแต่ E85 E20 และ E10 ในสภาพการจราจรจริงของเขตกรุงเทพมหานคร ผลการวิเคราะห์ในรถยนต์ทดสอบพบว่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยปริมาตรต่อระยะทางนั้นมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเมื่อเชื้อเพลิงมีส่วนผสมของเอทานอลที่สูงขึ้น แต่ในทางกลับกันอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานต่อระยะทางมีแนวโน้มที่มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นเมื่อเชื้อเพลิงมีส่วนผสมของเอทานอลที่เพิ่มขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] P. Kongsukanant, K. Laohalidanond and R. Thitipatanapong (2011) The Fuel Consumption on E85 with Conventional EFI Vehicle, The 7th International Conference on Automotive Engineering (ICAE-7) March 28 – April 1, 2011, Challenger, Impact, Muang Thong Thani, Bangkok, Thailand.

[2] Goncalves, G.A., Farias, T.L., "On-road measurements of emissions and fuel consumption of gasoline fueled light duty vehicles" Clean Air 2005, June 27-30, 2005, Lisboa, Portugal

[3] รักษิต ฐิติพัฒนพงศ์ และ ถนัด เหลืองนฤทัย (2553), "วิธีการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลสภาวะการขับขี่ที่ส่งผลต่ออัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในรถยนต์นั่งส่วนบุคคล", การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24 (MENETT), มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

[4] Raksit Thitipatanapong, et. al., (2011) “Actual Fuel Consumption and Carbon Dioxide Emission of Passenger Vehicles in Bangkok” The 7th International Conference on Automotive Engineering (ICAE-7), Paper G15, March 28 – April 1, 2011, Challenger, Impact, Muang Thong Thani, Bangkok, Thailand