ศึกษาผลของความดันลมยางที่มีต่ออัตราสิ้นเปลืองและอัตราเร่งของรถยนต์ในการใช้งานจริง
Study an Effect of Tyre Pressure on Fuel Consumption and Acceleration of Vehicles Under Real Driving Conditions

อภิวัฒน์ สูยะโพธ
ภาควิชาวิศวกรรมยานยนต์และมอเตอร์สปอร์ต วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
E-mail: apiwat.s@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบแรงต้านการหมุนของล้อจากการเปลี่ยนแปลงความดันลมยางล้อหน้าที่มีต่ออัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และอัตราเร่งของรถยนต์จากการใช้งานจริง ซึ่งผลของอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเมื่อเทียบกับความดันลมยางที่กำหนดโดยผู้ผลิต คือ 33 psi แสดงให้เห็นว่าที่ความเร็วของรถยนต์ 60 km/hr อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ความดันลมยางล้อหน้า 28 psi มีค่ามากขึ้น 4.70% ในขณะที่ความเร็วรถยนต์ 100 km/hr มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น 1.31% ส่วนอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ความดันลมยางล้อหน้า 38 psi มีค่าลดลง 3.70% และ 1.69% ที่ความเร็ว 60 km/hr และ 100 km/hr ตามลำดับ สำหรับแนวโน้มการใช้เชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วของรถยนต์ ส่วนอัตราเร่งของรถยนต์ที่ความดันลมยางล้อหน้า 28 psi จะใช้เวลาเร่งความเร็วจาก 60 km/hr ถึง 100 km/hr มากที่สุด คือ 10.49 วินาที ในขณะที่การใช้ความดันลมยางล้อหน้า 38 psi ใช้เวลาเพียง 8.53 วินาที โดยผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าแรงต้านการหมุนของล้อจากการเปลี่ยนแปลงความดันลมยางล้อหน้ามีผลกระทบอย่างเห็นได้ชัดในช่วงความเร็วต่ำ เนื่องจากผิวสัมผัสระหว่างยางและถนนมีมากกว่าความดันลมยางสูง และที่ความเร็วรถยนต์สูงเช่นกัน

คำสำคัญ: ความดันลมยาง, แรงต้านการหมุนของล้อ, อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง, อัตราเร่ง

Abstract

The study of this research is to findb the effect of front tyre pressure on rolling resistance by focusing on the rate of fuel consumption and acceleration of the vehicle and compare with front tyre pressure of 33 psi according to the recommend of manufacturing under real driving conditions. The test results showed the rate of fuel consumption under vehicle speed of 60 km/hr with front tyre pressure of 28 psi increase by 4.70% while the vehicle speed of 100 km/hr consumed 1.31% higher. For the front pressure of 38 psi the fuel consumption decrease by 3.70% and 1.69% under speed of 60 and 100 km/hr respectively. However the trend of fuel consumption still increases when the vehicle speed increase. For the acceleration from 60 to 100 km/hr, the vehicle under front tyre pressure of

28 psi used 10.49 seconds while the front tyre pressure of 38 psi used only 8.53 seconds. The resultant showed the rolling resistance from changing front tyre pressure had an effect on vehicle under low speed because the contact area between the rubber and road surface was more than the contact area under high tyre pressure and high vehicle speed.

Keywords: tyre pressure, rolling resistance, fuel consumption, acceleration

1. บทนำ

ในปัจจุบันรถยนต์ถือเป็นยานพาหนะที่สำคัญที่ใช้ในการขนส่งสินค้า และการเดินทาง ซึ่งรถยนต์ที่ใช้ในงานแบบต่างๆ ก็จะมีลักษณะ และขนาดของเครื่องยนต์ที่สัมพันธ์กับการใช้งานนั้นๆ ด้วย โดยปกติรถยนต์จะใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงเหลว ได้แก่ น้ำมันเบนซิน และ น้ำมันดีเซล แต่ในปัจจุบันมีการนำพลังงานในรูปแบบอื่นๆ มาใช้แทนเชื้อเพลิงเหลว ได้แก่ น้ำมันแกสโซฮอล น้ำมันไบโอดีเซล และยังรวมถึงพลังงานจากไฟฟ้า เพื่อใช้ในการสร้างแรงขับเคลื่อนให้รถยนต์ โดยมุ่งเน้นให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพมากที่สุด แรงต้านการหมุนของล้อเป็นแรงต้านการเคลื่อนที่ของรถยนต์ชนิดหนึ่ง ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตามความดันลมยาง ในการใช้งานจริงของรถยนต์ความดันลมยางมีการเปลี่ยนแปลงจากหลายสาเหตุ เช่น การเติมลมยางที่ไม่เท่ากัน การเติมลมยางที่มาก หรือน้อยกว่าค่าที่บริษัทกำหนด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลของความดันลมยางที่มีต่อการใช้เชื้อเพลิงและอัตราการเร่งของรถยนต์ในสภาวะการใช้งานจริง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการเคลื่อนที่ของรถยนต์นั้น จะมีต้นกำลังคือเครื่องยนต์สันดาปภายใน ซึ่งใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้ กำลังและแรงบิดที่ได้ จะถูกผ่านระบบส่งกำลังที่ประกอบด้วยชุดเกียร์ที่มีอัตราทดต่างๆ (Gear) และชุดเฟืองเหลื่อมความเร็ว (Final drive) ก่อนจะผ่านไปยังล้อเพื่อแปลงแรงบิดเป็นแรงขับเคลื่อนรถยนต์ โดยอาศัยแรงเสียดทานระหว่างยางและผิวถนน โดยแรงขับเคลื่อนที่ส่งมายังล้อ จะต้องมีค่าเท่ากับแรงต้านการเคลื่อนที่ ณ ความเร็วใดๆ ของรถยนต์นั้น [1]

2.1 แรงต้านการเคลื่อนที่

แรงต้านการเคลื่อนที่ของรถยนต์ คือ แรงที่เกิดในทิศทางตรงกันข้ามการเคลื่อนที่ของรถยนต์ โดยในการเคลื่อนที่รถยนต์จะมีแรงต้านการเคลื่อนที่ 3 ชนิด คือ แรงต้านอากาศ แรงต้านการหมุนของล้อ และแรงต้านทางชัน แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงแรงต้านการเคลื่อนที่ของรถยนต์ที่เคลื่อนที่บนทางราบ ซึ่งประกอบด้วย [2], [3]

2.1.1 แรงต้านอากาศ

แรงต้านอากาศ (air resistance) เป็นแรงต้านที่เกิดขึ้นขณะที่รถยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า โดยแรงต้านอากาศจะทีทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของรถยนต์ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$R_a = \frac{1}{2} \rho C_d A v^2 \qquad .... (1)$$

โดย

R_a คือ แรงต้านอากาศ (N)

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

C_d คือ สัมประสิทธ์แรงต้านอากาศ

A คือ พื้นที่หน้าตัดของรถยนต์ (m^2)

v คือ ความเร็วของอากาศที่ผ่านตัวถังรถยนต์ (m/s)

จากสมการที่ 1 จะเห็นได้ว่าแรงต้านอากาศแปรผันโดยตรงกับความเร็วของอากาศที่ผ่านตัวถังรถยนต์ ซึ่งมาจากผลรวมทางเวกเตอร์ของความเร็วรถยนต์กับ ความเร็วลม กล่าวคือเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นแรงต้านอากาศก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย

2.1.2 แรงต้านการหมุนของล้อ

แรงต้านการหมุนของล้อในรถยนต์เกิดได้จากหลายปัจจัย เช่น ลักษณะของผิวถนน ลักษณะและดอกยาง ความดันลมยาง การยุบตัวของยาง อายุของยางที่ใช้งาน หากพิจารณาการหมุนของล้อรถยนต์ภายใต้เงื่อนไขคงตัว แรงต้านการหมุนของล้อสามารถหาได้จากสมการที่ (2)

$$R_r = K_r W \qquad \text{.... (2)}$$

โดย

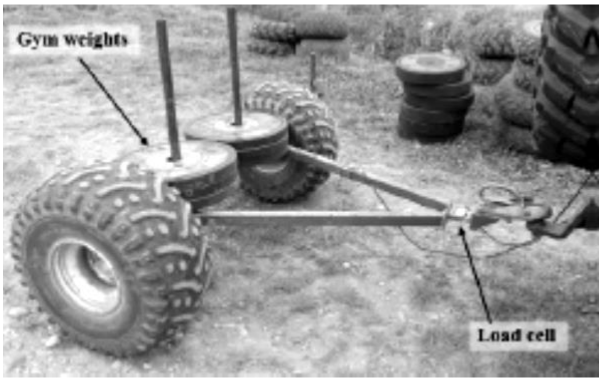
R_r คือ แรงต้านการหมุนของล้อ (N)

K_r คือ สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ

W คือ น้ำหนักของรถยนต์ (N)

จากสมการที่ 2 จะเห็นได้ว่า แรงต้านการหมุนของล้อขึ้นอยู่กับน้ำหนักของรถยนต์ มีการทดลองผลกระทบของน้ำหนักที่มีต่อแรงต้านการหมุน [4] โดยใช้อุปกรณ์ลากจูงดังรูปที่ 1 ซึ่งสามารถเพิ่มน้ำหนักที่กดลงที่ล้อแล้ววัดแรงดึงจาก Load Cell

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นทำให้แรงต้านการหมุนของล้อบนพื้นถนนเดียวกันเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเพิ่มความดันลมยางส่งผลให้แรงต้านการหมุนของล้อลดลง แรงขับเคลื่อนของรถยนต์ก็จะเพิ่มมากขึ้น [5]

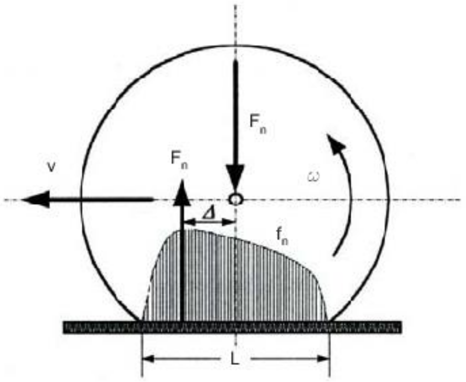


รูปที่ 1 อุปกรณ์ทดสอบแรงต้านการหมุนของล้อ [4]

หากพิจารณาความดันลมยางของรถยนต์ขณะที่รถยนต์จอดนิ่ง พบว่าน้ำหนักของรถยนต์ที่ล้อนั้น จะกระจายลงพื้นอย่างสม่ำเสมอ แต่เมื่อรถยนต์มีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า การกระจายความดันจะเพิ่มมากที่บริเวณด้านหน้า ดังแสดงในรูปที่ 2 ทำให้แรงปฏิกิริยาเลื่อนตำแหน่งจากกึ่งกลางไปด้านเดียวกับการเคลื่อนที่ ส่งผลให้เกิดโมเมนต์ต้านการหมุน ทำให้เกิดแรงต้านการหมุนของล้อ [6]

เมื่อความดันลมยางมีค่าต่ำ ทำให้ยางมีหน้าสัมผัสกับผิวถนนมากขึ้น ส่งผลให้รัศมีของยางลดลง และทำให้น้ำหนักที่ล้อนั้นกระจายกว้างมากขึ้นตามผิวสัมผัส และเมื่อมีรถยนต์มีการเคลื่อนที่ ก็จะ

ส่งผลให้แรงปฏิกิริยาเลื่อนไปด้านการเคลื่อนที่มากขึ้น และห่างจากจุดกึ่งกลางมากขึ้น แรงต้านจากโมเมนต์ก็จะมากขึ้นตาม



รูปที่ 2 การกระจายน้ำหนักขณะเคลื่อนที่ [6]

หากพิจารณารัศมี ณ จุดที่ยางสัมผัสกับผิวถนน พบว่าเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น รัศมีของยาง ณ จุดสัมผัสกับถนนจะมากขึ้นด้วย [7] ดังนั้นผิวสัมผัสระหว่างยางกับถนนก็จะลดลงทำให้แรงปฏิกิริยาเลื่อนมาใกล้กับจุดศูนย์กลางมากขึ้น แรงต้านการหมุนของล้อก็จะลดลงด้วย

จากที่กล่าวมา แรงต้านการเคลื่อนที่ของรถยนต์บนทางราบนั้น เกิดจากแรงต้าน 2 แรงหลักๆ ได้แก่ แรงต้านอากาศ และแรงต้านการหมุนของล้อ หากรถยนต์ที่ใช้ไม่มีการดัดแปลงรูปทรงใดๆ แต่ปรับเฉพาะความดันลมยาง แรงต้านการเคลื่อนที่ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจะมาจากแรงต้านการหมุนของล้อ ซึ่งหากสามารถลดแรงต้านดังกล่าวได้ จะทำให้รถยนต์มีการใช้ประหยัดเชื้อเพลิงมากขึ้น

3. วัตถุประสงค์

3.1 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความดันลมยางล้อหน้ากับอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ความเร็วต่างๆ

3.2 เพื่อศึกษาความแตกต่างของอัตราเร่งของรถยนต์ที่ความดันลมยางล้อหน้าต่างๆ

4. วิธีการทดสอบ

ในการทดสอบผลกระทบของความดันลมยางล้อหน้าที่มีต่ออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และอัตราเร่งของรถยนต์ทดสอบ การทดสอบจะทดสอบบนถนนราบเสมือนใช้งานจริง และปิดระบบทำความเย็น โดยรถยนต์ทดสอบที่ใช้เป็นรถยนต์ที่มีเครื่องยนต์วางหน้าและขับเคลื่อนล้อหน้า สำหรับใช้งานในเมือง มีขนาดเครื่องยนต์ 1198 cc ระบบเกียร์เป็นแบบ CVT (Continuously Variable Transmission) ใช้ยางขนาด 175/65 R14 ดังรูปที่ 3 โดยมีความดันลมยางล้อหน้าล้อหน้า 33 psi และล้อหลัง 29 psi ซึ่งกำหนดโดยบริษัทผู้ผลิต

รูปที่ 3 รถยนต์ทดสอบ

สำหรับการวัดอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะใช้มาตรวัดในรถยนต์เพื่อให้ได้อัตราสิ้นเปลือง ณ ความเร็วที่ศึกษา ส่วนการวัดอัตราเร่งจะใช้นาฬิกาจับเวลา โดยวิธีการทดสอบดังนี้

4.1 การทดสอบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ในการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง จะเติมความดันลมยางตามที่โรงงานผู้ผลิตกำหนด คือ ล้อหน้า 33 psi และล้อหลัง 29 psi ขับรถยนต์ไปบนถนนลาดยางราบ ด้วยความเร็วคงที่ 60 km/hr จากนั้นใช้ทำการรีเซ็ตมาตรวัดอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่หน้าปัดรถยนต์ให้เป็นศูนย์เพื่อเริ่มวัดการใช้เชื้อเพลิง ขับรถยนต์เป็นระยะทาง 5 km บันทึกค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง จากนั้นเพิ่มความเร็วเป็น 80 km/hr และ 100 km/hr แล้ววัดอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเช่นเดิม

เมื่อทดสอบที่ความดันลมยางล้อหน้า 33 psi แล้วให้ทำการทดลองซ้ำ แต่ปรับความดันลมยางล้อหน้าเป็น 28 psi และ 38 psi ตามลำดับ โดยอุปกรณ์เติมลมยางแบบดิจิตอล พร้อมทั้งวัดอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ได้

4.2 การทดสอบอัตราเร่ง

ในการทดสอบอัตราเร่งของรถยนต์นั้น จะเริ่มจากการทดสอบที่ความดันลมยางตามที่โรงงานผู้ผลิตกำหนด คือ ความดันลมยางล้อหน้า 33 psi และความดันลมยางล้อหลัง 29 psi ขับรถยนต์ไปบนถนนลาดยางราบโดยให้มีความเร็วคงที่ 40 km/hr จากนั้นทำการกดคันเร่งให้ลิ้นผีเสื้อเปิดสุด เมื่อรถยนต์เริ่มเพิ่มความเร็ว ให้เริ่มจับเวลาตั้งแต่ความเร็ว 60 km/hr จนถึงความเร็ว 100 km/hr

เมื่อทดสอบเสร็จแล้ว ให้ทำการทดสอบเช่นเดิม แต่ปรับความดันลมยางล้อหน้าเป็น 28 psi และ 38 psi ตามลำดับ โดยอุปกรณ์เติมลมยางแบบดิจิตอล

5. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

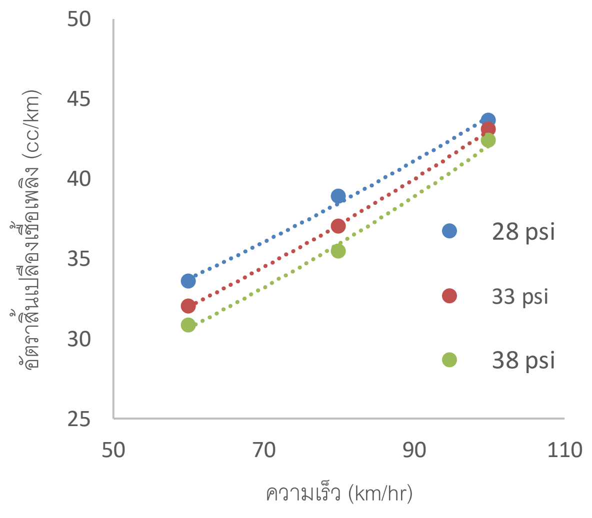
ในการทดสอบนี้ มีการปิดระบบทำความเย็นและทดสอบบนถนนราบเสมือนใช้งานจริง เพื่อให้อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาจากผลของความดันลมยางล้อหน้าเพียงอย่างเดียว รวมทั้งรถยนต์ที่ใช้ทดสอบไม่มีการดัดแปลงตัวถัง ซึ่งทำให้แรงต้านอากาศของรถยนต์ที่ความเร็วต่างๆ มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง

ส่วนในการหาเวลาในการเร่งนั้น ได้ทำการกดคันเร่งให้ลิ้นผีเสื้อเปิดสุด เพื่อให้รถยนต์ส่งกำลังสูงสุดออกมา โดยตัวแปรเดียวที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ คือ ความดันลมยางล้อหน้า เนื่องจากล้อหน้ารับน้ำหนักมากกว่าล้อหลัง จะช่วยให้ผลการทดสอบแรงต้านการหมุนของล้อเห็นชัดขึ้น และผลการทดสอบที่ได้ มีดังนี้

5.1 ผลการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

จากการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองที่ความเร็วต่างๆ โดยการเปลี่ยนความดันลมยางล้อหน้า จะได้ผลดังแสดงรูปที่ 4 ซึ่งแสดงอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ความเร็วต่างๆ จะเห็นได้ว่า แนวโน้มอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วของรถยนต์เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาความดันลมยางล้อหน้า 33 psi ที่ความเร็ว 60 km/hr รถยนต์มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอยู่ที่ 32.05 cc/km ในขณะที่ความดันลมยางล้อหน้า 28 psi และ 38 psi รถยนต์มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 33.56 cc/km และ 30.86 cc/km ดังรูปที่ 4



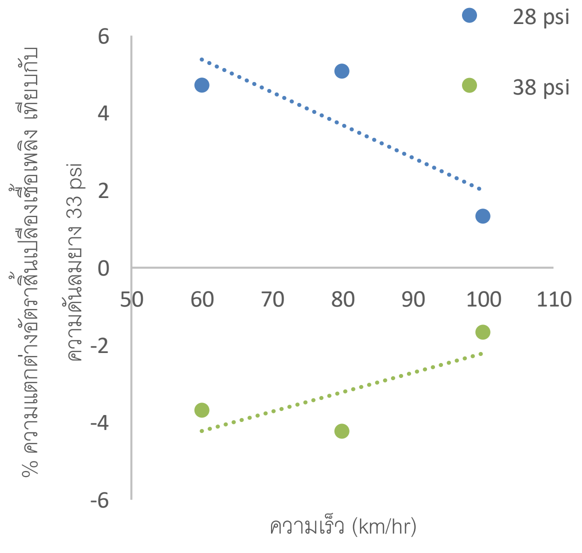
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว
กับอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (cc/km)

สำหรับที่ความเร็ว 100 km/hr ความดันลมยางล้อหน้า 33 psi พบว่ามีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 43.10 cc/km ส่วนที่ความดันลมยางล้อหน้า 28 psi อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่า 43.67 cc/km และอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่า 42.37 cc/km ที่ความดันลมยางล้อหน้า 38 psi

เมื่อนำความแตกต่างของอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาเขียนความสัมพันธ์ โดยให้ความดันลมยางล้อหน้า 33 psi ซึ่งเป็นค่าที่โรงงานผู้ผลิตกำหนดเป็นค่าเปรียบเทียบ จะได้ความสัมพันธ์ดังรูปที่ 5 พบว่าที่ความดันลมยางล้อหน้า 28 psi มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น 4.70% ที่ความเร็ว 60 km/hr และมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ส่วนที่ความดันลมยางล้อหน้า 38 psi มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลง 1.31% และมีแนวโน้มในลักษณะเดียวกัน คือ ลดลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น การลดความดันลมยางล้อหน้าลง 5 psi จะทำให้รถยนต์มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าการเพิ่มความดันลมยางล้อหน้า 5 psi ซึ่งประหยัดเชื้อเพลิงได้น้อยกว่า

จากการที่อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเปลี่ยนไปเมื่อความเร็วรถยนต์เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าแรงต้านการหมุนของล้อมีค่าลดลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากความเร็วของรถยนต์ที่เพิ่มขึ้น ยางมีการยุบตัวน้อยลง หรือกล่าวได้ว่ายางมีรัศมี ณ ตำแหน่งที่สัมผัสพื้นมากขึ้น พื้นที่ผิวสัมผัสลดลง ทำให้แรงปฏิกิริยาเลื่อนมาใกล้จุดศูนย์กลางล้อมากขึ้น ส่งผลให้แรงต้านการหมุนของล้อลดลงนั่นเอง

แต่เมื่อพิจารณาความดันลมยาง พบว่าความดันลมยางล้อหน้า 28 psi มีการเปลี่ยนแปลงรัศมีมากกว่าความดันลมยางล้อหน้า 38 psi ส่งผลให้การลดความดันลมยาง 5 psi มีผลต่ออัตราสิ้นเปลืองมากกว่าการเพิ่มความดันลมยางล้อหน้า 5 psi โดยความแตกต่างของอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะมีค่ามากที่ความเร็วต่ำ

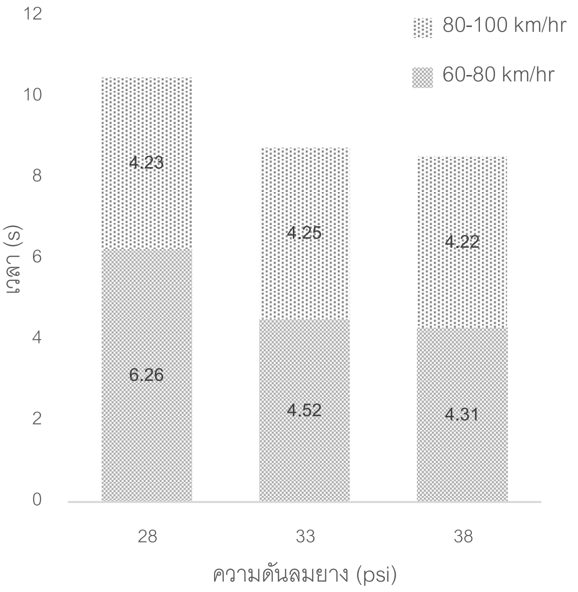


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของ
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเทียบกับความดันลมยาง 33 psi

5.2 ผลการทดสอบอัตราเร่ง

สำหรับผลของการทดสอบอัตราเร่งนั้นจะทำแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วจาก 60-80 km/hr และ 80-100 km/hr ซึ่งในรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าที่ความดันลมยางล้อหน้า 38 psi อัตราเร่งของรถยนต์จาก 60 km/hr จนถึง 100 km/hr ใช้เวลาน้อยที่สุด คือ 8.53 วินาที ส่วนที่ความดันลมยางล้อหน้า 33 psi และ 28 psi ใช้เวลา 8.77 วินาที และ 10.49 วินาที ตามลำดับ แต่เมื่อแยกพิจารณาความเร็วเป็น 2 ช่วง คือ 60-80 km/hr และ 80-100 km/hr พบว่า ความดันลมยางล้อหน้ามีผลกับการเร่งความเร็วของรถยนต์ในช่วง 60-80 km/hr อย่างเห็นได้ชัด โดยความดันลมยางล้อหน้า 28 psi ใช้เวลามากที่สุด 6.26 วินาที กล่าวคือ แรงต้านทางการหมุนของล้อในช่วงดังกล่าวมีค่ามาก ทำให้แรงขับเคลื่อนที่ใช้เร่งรถยนต์ลดลงด้วย ในขณะที่ความดันลมยางล้อหน้า 33 psi ใช้เวลา 4.52 วินาที ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ส่วนที่ความดันลมยางล้อหน้า 38 psi ใช้เวลา 4.31 วินาที ลดลงไม่มาก สำหรับการเร่งรถยนต์ในช่วง 80-100 km/hr พบว่าที่ความดันลมยางล้อหน้าทั้ง 3 ค่า ใช้เวลาใกล้เคียงกัน

จากผลการทดลองอัตราเร่ง จะเห็นได้ว่าแรงต้านการหมุนของล้อเมื่อความดันลมยางน้อย จะมีผลกับความเร็วต่ำ เนื่องจากการยุบตัวของยางมีมาก ทำให้ยางสัมผัสผิวถนนมาก แรงปฏิกิริยาก็จะห่างจากจุดศูนย์กลาง ทำให้แรงต้านจากโมเมนต์ก็มากตาม แต่เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น การยุบตัวของยางลดลง ทำให้โมเมนต์ต้านการหมุนลดลง แรงต้านการหมุนของล้อก็ลดลงเช่นกัน



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันลมยางกับเวลาที่ใช้เร่งรถยนต์ในช่วงความเร็วต่างๆ

5. สรุปผลการทดสอบ

การทดสอบผลกระทบของความดันลมยางล้อหน้าจากการใช้งานในรถยนต์บนถนนจริง พบว่า ความดันลมยางล้อหน้ามีผลต่อแรงต้านการหมุนของล้อโดยตรง โดยทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงความเร็วคงที่ 60 km/hr ของรถยนต์ที่ความดันลมยางล้อหน้า 38 psi มีค่า 30.86 cc/km ในขณะที่ความดันลมยางล้อหน้า 28 psi มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 33.56 cc/km และเมื่อเพิ่มความเร็วเป็น 100 km/hr พบว่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ความดันลมยางล้อหน้า 38 psi มีค่า 42.37 cc/km ในขณะที่อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ความดันลมยางล้อหน้า 28 psi มีค่า 43.67 cc/km ซึ่งต่างกันไม่มากเมื่อเทียบกับความเร็ว 60 km/hr สำหรับความดันลมยางล้อหน้ามาตรฐาน 33 psi มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ 32.05 cc/km และ 43.10 cc/km ตามลำดับ

ส่วนอัตราเร่งของรถยนต์นั้นพบว่า ที่ความดันลมยางล้อหน้า 38 psi สามารถเร่งความเร็วรถยนต์จาก 60 km/hr ถึง 80 km/hr ใช้เวลาน้อยที่สุด คือ 8.53 วินาที ในขณะที่ความดันลมยางล้อหน้า 28 psi ใช้เวลามากถึง 10.49 วินาที ส่วนที่ความดันลมยางล้อหน้ามาตรฐาน ใช้เวลา 8.77 วินาที และจากผลที่ได้พบว่าที่ความดันลมยางล้อหน้า 28 psi การเร่งรถยนต์ในช่วง 60-80 km/hr ใช้เวลา 6.26 วินาทีซึ่งมากที่สุด

จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ในการใช้งานรถยนต์จริง ความดันลมยางล้อหน้าต่ำจะทำให้แรงต้านการหมุนของล้อที่เกิดจากผิวสัมผัสของยางกับถนนมีค่ามากกว่าผิวสัมผัสของยางกับถนนที่ความเร็วสูง การที่ผิวสัมผัสมากส่งผลให้ตำแหน่งของแรงปฏิกิริยาอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของล้อมาก ผลที่ตามมาก็คือ เกิดโมเมนต์ต้านมากขึ้น แรงต้านการหมุนของล้อก็เพิ่มตาม ในทางตรงข้ามหากเพิ่มความดันลมยางให้สูงขึ้น พบว่าแรงต้านการหมุนของล้อลดลง เนื่องจากโมเมนต์ที่เกิดจากผิวสัมผัสลดลงส่งผลให้รถยนต์ประหยัดเชื้อเพลิง

เอกสารอ้างอิง

[1] เผด็จ แสนเกษม, “กลศาสตร์ยานยนต์,” ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2544.

[2] รศ.ธีระยุทธ สุวรรณประทีป, “วิศวกรรมยานยนต์: Automotive Engineering,” วิทยพัฒน์ จำกัด, 2544.

[3] รศ.อำพล ซื่อตรง, ชัชชัย เสริมพงษ์พันธ์ และ ธงชัย เสริมพงษ์พันธ์, “วิศวกรรมยานยนต์,” ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ 25.

[4] T.C.Petterson and S.D.Gooch, “Rolling Resistance of ATV Tyres in Agriculture,” 16th International Design Conference, 2020, pp. 2561-2570.

[5] Milan Djordjevic, Aleksandra Jankovic and Branislav Jeremic, “Rolling resistance as the risk factor for fuel consumption Milan Djordjevic,” International Journal of Vehicle Systems Modelling and Testing, 2009, Vol.4, No.3, pp.185-200.

[6] VIKTORIA JANSSON, “A literature study of rolling resistance and its affecting factors,” Thesis submitted to KTH Royal Institute of Technology 2022.

[7] Matthias Korte, Frederic Holzmann, Volker Scheuch and Hubert Roth, “Development of an adaptive vehicle observer for an electric vehicle,” European Electric Vehicle Congress, Belgium, October 26-28, 2011.