

การศึกษาความสัมพันธ์ของรันเนอร์ที่มีผลต่อ สมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนสูบเดียวสี่จังหวะ Study of Runner Relation with Four Stroke Single-Cylinder Gasoline Engine Performance

รัชชัย นาคพิพัฒน์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทร. 66(2)326-9987 , โทรสาร 66(2)326-9053 , E-mail : kntawatc@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

จากหลักทางทฤษฎีของเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในจุด ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือจุดที่มีแรงบิดสูงสุดและมีอัตราการกินน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำ แต่เครื่องยนต์ทั่วไปมีแรงบิดสูงสุดที่ความเร็วรอบสูง ในบริเวณเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น เครื่องยนต์จะถูกจำกัดไม่ให้เดินถึงรอบที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดได้ การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของรันเนอร์ที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนสูบเดียวสี่จังหวะ โดยการทดลองย้ายย่านแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์ให้มาอยู่ที่รอบต่ำเพื่อให้ความเหมาะสมกับสภาพการใช้งานโดยการเปลี่ยนขนาดท่อไอเสียซึ่งมีผลทำให้ความดันในท่อเปลี่ยนแปลง ได้ประสิทธิภาพทางปริมาตรที่รอบต่ำเพิ่มขึ้น การวิจัยในครั้งนี้ประสบผลตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ทุกประการ

Abstract

In theory of Internal Combustion Engine, maximum efficiency gives the maximum torque, and cause to low fuel consumption. Normal commercial engines has maximum torque at high speed, and because of traffic jam in city, engines have limited by low speed, can't approach to maximum efficiency condition. Study of runner effective relation to four strokes single-cylinder gasoline engine performance, point to change efficiency torque band for suitable condition. Supposition to change tube size will take effect to pressure, and volumetric efficiency at low speed. This research has successful by assumption.

บทนำ

เมื่อเปลี่ยนขนาดความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางความดันของอากาศที่ไหลในท่อ พิจารณาความดันที่จุดสแตกเนชันและการสะท้อนกลับของความดันเมื่อวาล์วไอเสียปิด ทางทฤษฎีสามารถลดความดันสะท้อนกลับที่เพิ่มขึ้นหลังจากเกิดสแตกเนชันภายในท่อลงได้ โดยอาศัยหลักการเพิ่มความยาวของท่อเป็นผลให้เกิดการลดความแตกต่างของความดันภายในและการลดพื้นที่หน้าตัดของท่อเพื่อเพิ่มความเร็วนั่นเอง ผลรวมที่ได้จะทำให้

ของไหลมีความเร็วและปริมาตรไหลเข้าห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพทางปริมาตรก็จะเพิ่มมากขึ้นไปด้วย

ทฤษฎีเกี่ยวกับของไหลและความดัน

1. The equation of motion

$$\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} - g \sin \alpha + \frac{f v |v|}{2m} = 0 \quad (1)$$

2. Continuity equation

$$\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dt} + \frac{1}{A} \frac{dA}{dt} = 0 \quad (2)$$

3. Head Loss

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

4. Stagnation

$$P_2 = P_{02} - \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (4)$$

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. เครื่องยนต์แก๊สโซลีนสูบเดียว 4 จังหวะ
2. เครื่องวัด Torque Transducer และ กล่องรับสัญญาณ
3. เพลาพร้อมคัปปลิง
4. จานดิสเบรคและคาลิเปอร์
5. เครื่องวิเคราะห์ไอเสีย
6. runner ขนาดต่างๆ

วิธีการทดลอง

1. เปลี่ยนขนาดรันเนอร์ โดยให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นจากขนาดมาตรฐาน แล้วเปลี่ยนความยาวทีละ 5 ซม. ในแต่ละการทดลอง
2. ติดเครื่องที่รอบเดินเบาควบคุมอุณหภูมิการทดลองไว้ที่ 60-80 องศาเซลเซียส
3. เปิดวาล์วเร่งเครื่องจนสุด

4.เพิ่มโหลดโดยการขันสกรูปรับแรงเบรคเพิ่มขึ้น จนรอบเครื่องยนต์คงที่อยู่ที่ 4000 รอบต่อนาที บันทึกค่าแรงดันที่อ่านได้จากเครื่องวัดแรงบิด ค่า CO, CO_2, HC จากเครื่องวัดไอเสียและจับเวลาอัตราการใช้น้ำมันโดยกำหนดให้ใช้น้ำมัน 1 CC.

5.เพิ่มโหลดเพื่อลดความเร็วรอบลงทีละ 500 รอบต่อนาทีโดยเพิ่มแรงเบรค บันทึกค่าต่างๆ ทุกความเร็วรอบที่ลดลงไป จนกระทั่งถึงความเร็วรอบ 1700 รอบต่อนาที

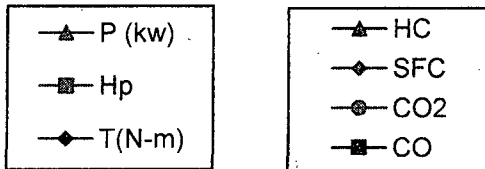
6.เปลี่ยนขนาดรันเนอร์ เพื่อหาขนาดที่เหมาะสม

7.ใช้ขนาดความยาวที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด และเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรันเนอร์

8.ทำการทดลองตามข้อที่ 2-5 จนกระทั่งได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสม

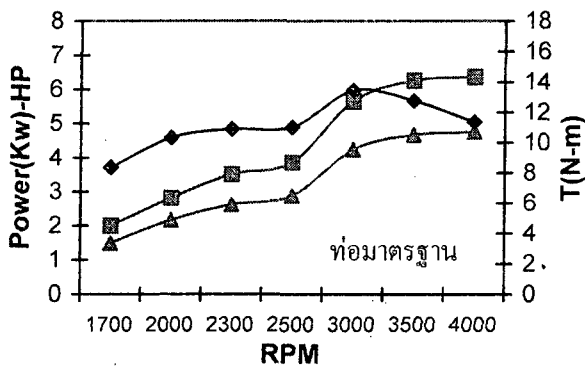
9.วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดลอง

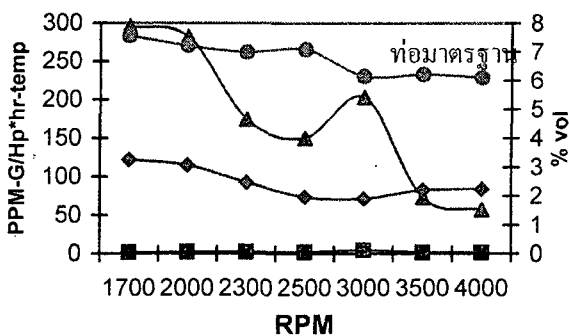


รูปที่ 1 แสดงการใช้สัญลักษณ์เส้นกราฟ

จากรูปที่ 2 และ 3 เป็นข้อมูลที่ใช้ทดสอบสถานะมาตรฐาน พบว่า จะได้แรงบิดสูงสุด 13.75 N-m ที่ 3000 รอบต่อนาที กำลังงาน 4.244 kW อัตราการกินน้ำมันต่ำสุด 71.154 g/hp.hr ที่ 3000 รอบต่อนาที

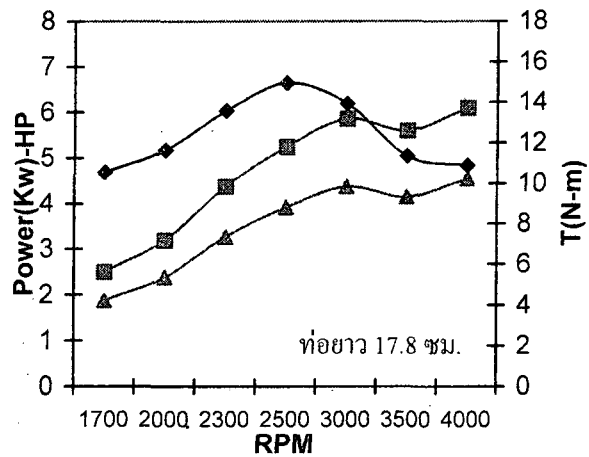


รูปที่ 2 แสดงแรงบิด แรงม้า และกำลังจากเครื่องยนต์



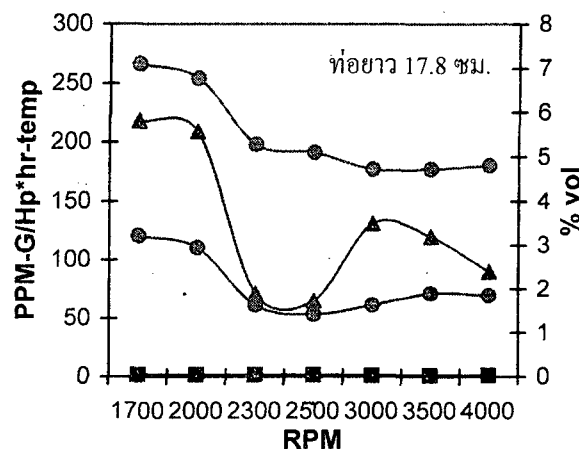
รูปที่ 3. HC, CO, CO₂ และอัตราการกินน้ำมัน

เมื่อเปลี่ยนแปลงความยาวของท่อเพิ่มขึ้นทีละ 5 ซม. (พื้นที่หน้าตัดคงที่ 21 มม.) ทำให้แรงบิดจากเครื่องยนต์มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น และย้ายจุดสูงสุดของแรงบิดไปทางซ้ายมือ(ทางรอบต่ำลง) โดยจากรูปที่ 4 และ 5 แสดงข้อมูลที่เป็นผลจากการเพิ่มความยาวท่อเป็น 17.8 ซม. (จากคาร์บูเรเตอร์ถึงห้องเผาไหม้) จะได้แรงบิดสูงสุด 14.96 N-m ที่ 2500 รอบต่อนาที กำลังงานสูงสุด 4.372kW ที่ 3000 รอบต่อนาที มลภาวะมีแนวโน้มลดลงทั้ง HC, CO, CO₂ อัตราการกินน้ำมันลดลงเล็กน้อย ตลอดทุกช่วงความเร็วรอบ

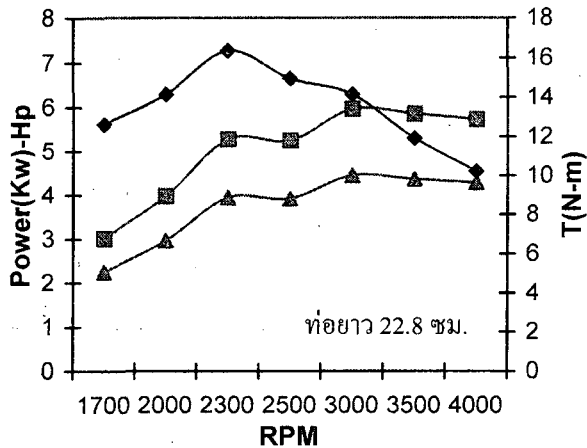


รูปที่ 4 แสดงแรงบิด แรงม้าและกำลังจากเครื่องยนต์

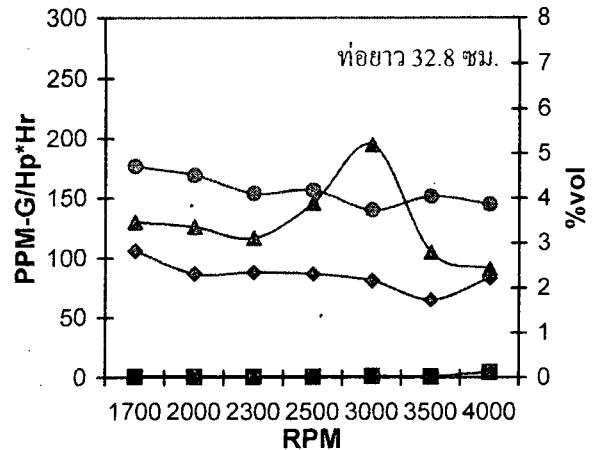
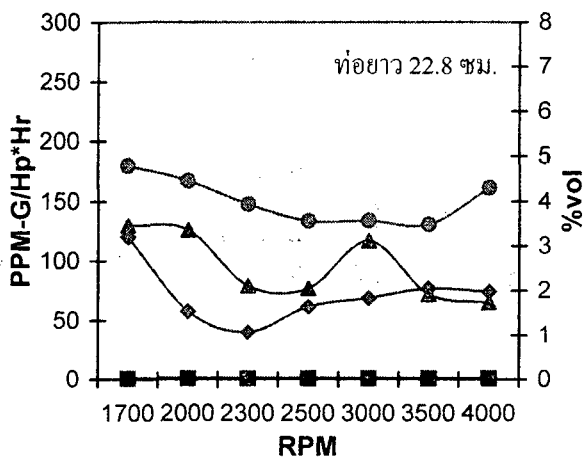
เพิ่มความยาวท่อเป็น 22.8 ซม. (จากคาร์บูเรเตอร์ถึงห้องเผาไหม้) จากรูปที่ 5 และ 6 จะได้แรงบิดสูงสุด 16.353 N-m ที่ 2300 รอบต่อนาที เป็นขนาดท่อที่ให้แรงบิดสูงสุดที่รอบต่ำสุดที่เครื่องยนต์สามารถทำได้ สำหรับกรณีเปลี่ยนเฉพาะความยาว และกำลังงานสูงสุด 4.446 kW ที่ 3000 รอบต่อนาที อัตราการกินน้ำมันต่ำสุด 39.978 g/hr.hp ที่ 2300 รอบต่อนาที โดยมีมลภาวะมีแนวโน้มต่ำกว่าขนาดท่ออื่นๆ



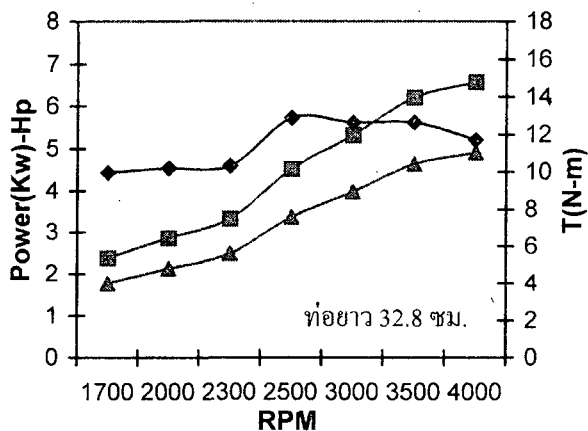
รูปที่ 5 HC, CO, CO₂ และอัตราการกินน้ำมัน



รูปที่ 6 แสดงแรงบิด แรงม้าและกำลังจากเครื่องยนต์

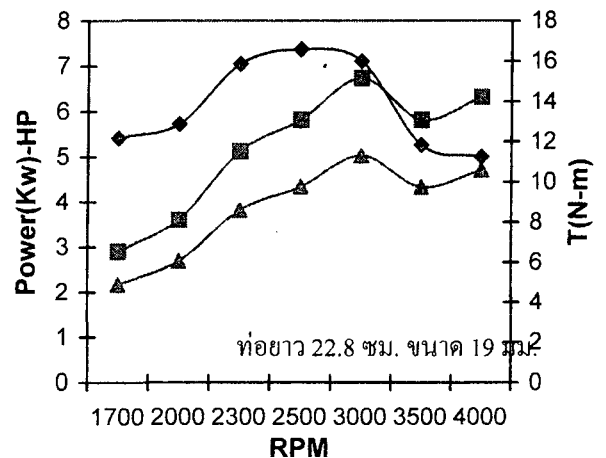
รูปที่ 9 HC, CO, CO₂ และอัตราการกินน้ำมันรูปที่ 7 HC, CO, CO₂ และอัตราการกินน้ำมัน

จากรูปที่ 8 และ 9 เพิ่มความยาวท่อเป็น 32.8 ซม. จะได้แรงบิดสูงสุดลดลงเป็น 12.88 N-m ที่ 2500 รอบต่อนาที กำลังงานสูงสุด 3.971 kW ที่ 3000 รอบต่อนาที อัตราการกินน้ำมันต่ำสุด 65.24 g/hr.hp ซึ่งย้ายมาทางด้านขวามือที่ 3500 รอบต่อนาที ผลภาวะมีแนวโน้มสูงขึ้นจากท่อขนาด 22.8 ซม. เป็นผลมาจาก loss ที่เกิดขึ้นภายใน มีผลมากกว่าการเปลี่ยนแปลง ความดัน และความเร็วยังของไอดี



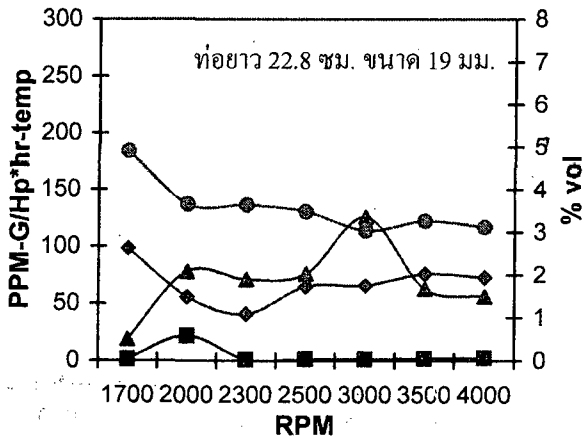
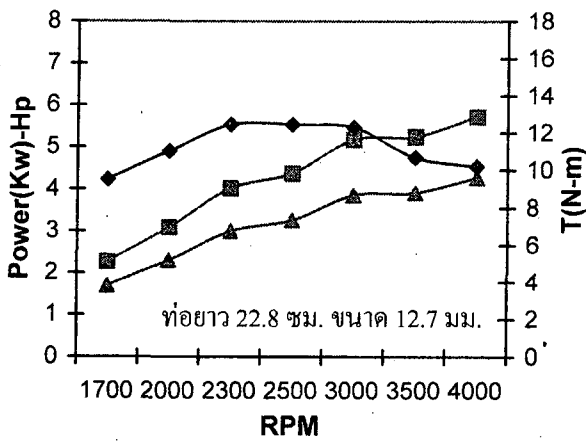
รูปที่ 8 แสดงแรงบิด แรงม้าและกำลังจากเครื่องยนต์

หลังจากการทดลองเปลี่ยนความยาวท่อ ได้ค่าแรงบิดสูงสุดที่ท่อขนาด 22.8 ซม. ใช้ค่าความยาวคงที่ที่ 22.8 ซม. ทดลองผลจากการเปลี่ยนขนาดท่อโดยให้มีพื้นที่หน้าตัดลดลง เหลือ 19 มม. (6 หุน) จาก รูปที่ 10 และ 11 (จากการบูเรเตอร์ถึงห้องเผาไหม้) จะได้แรงบิดสูงสุด 16.578 N-m ที่ 2500 รอบต่อนาที กำลังงานสูงสุด 5.052 kW ที่ 3000 รอบต่อนาที อัตราการกินน้ำมันต่ำสุด 40.3 g/hr.hp ที่ 2300 รอบต่อนาที ผลภาวะและอัตราการกินน้ำมันมีแนวโน้มต่ำลงจากท่อพื้นที่หน้าตัดมาตรฐาน ซึ่งเป็นท่อที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับทุกความยาวท่อที่ทดสอบ โดยได้แรงบิดเพิ่มขึ้น 20% จากการใช้ท่อมาตรฐานมาตรฐาน



รูปที่ 10 แสดงแรงบิด แรงม้าและกำลังจากเครื่องยนต์

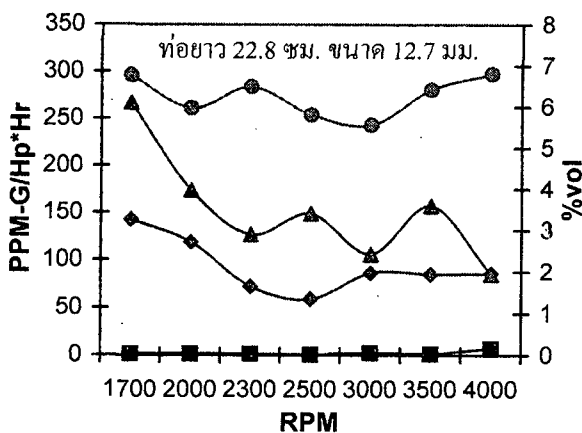
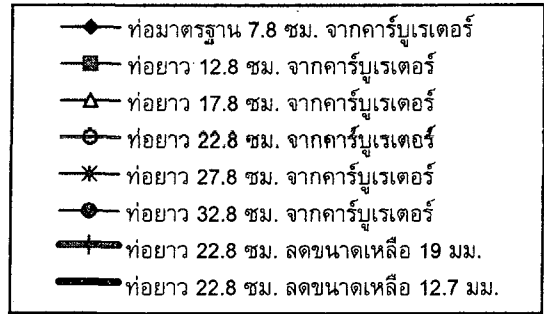
ใช้ค่าความยาวคงที่ที่ 22.8 ซม. เปลี่ยนขนาดท่อให้มีพื้นที่หน้าตัดลดลง เหลือ 12.7 มม. (4 หุน) โดยจากรูปที่ 12 และ 13 จะได้แรงบิดสูงสุด 12.458 N-m ที่ 2500 รอบต่อนาที กำลังงานสูงสุด 3.86 kW ที่ 3000 รอบต่อนาที อัตราการกินน้ำมันต่ำสุดเพิ่มขึ้นเป็น 58.958 g/hr.hp ที่ 3000 รอบต่อนาที ผลภาวะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากท่อพื้นที่หน้าตัดมาตรฐาน เป็นผลมาจาก Loss ที่เกิดขึ้นภายในมีผลมากกว่าการเปลี่ยนแปลง ความดันและความเร็วยังของไอดี

รูปที่ 11 แสดง HC, CO, CO₂ และอัตราการกินน้ำมัน

รูปที่ 12 แสดงแรงบิด แรงม้าและกำลังจากเครื่องยนต์

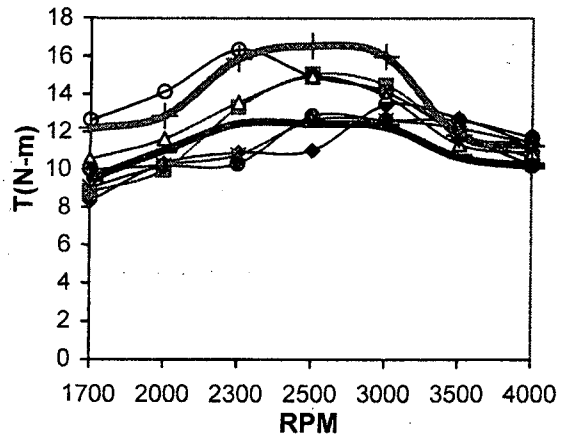
วิเคราะห์ผล

จากผลการทดลองที่ผ่านมา สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่รอบต่ำได้จากการเพิ่มความยาวท่อเพื่อให้ความแตกต่างของความดันในท่อไอดีที่เพิ่มขึ้นในจังหวะวาล์วปิดลดลง จนถึงความยาวหนึ่ง หลังจากนั้นระยะทางของท่อที่ยาวเกินไป มีผลทำให้เกิด loss ซึ่งมีผลมากกว่าความดัน ทำให้ความเร็วของไอดีลดลงจนกระทั่งเครื่องยนต์ไม่สามารถดูดอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

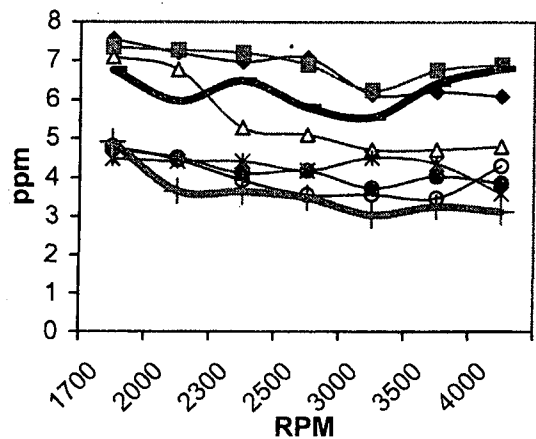
รูปที่ 13 แสดง HC, CO, CO₂ และอัตราการกินน้ำมัน

รูปที่ 14 แสดงการใช้สัญลักษณ์เส้นบนกราฟเปรียบเทียบ

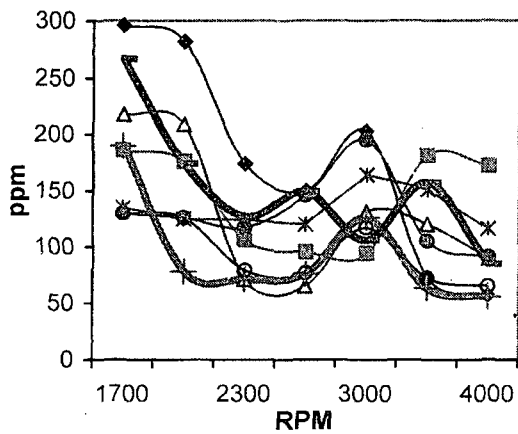
การลดขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อทำให้ความเร็วของไอดีสูงขึ้นก็มีผลเช่นเดียวกับการเพิ่มความยาวท่อ ทำให้ผลภาวะลดลงจากการที่เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพทางปริมาตรสูงขึ้นที่ขนาดพื้นที่หน้าตัดค่าหนึ่ง ทำให้การเผาไหม้มีความสมบูรณ์ จะเห็นได้จากแนวโน้มการลดลงของคาร์บอนไดออกไซด์



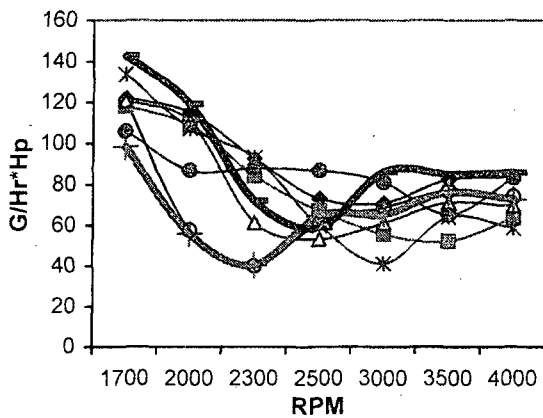
รูปที่ 15 เปรียบเทียบแรงบิดหลังทำการเปลี่ยนขนาดท่อ

รูปที่ 16 เปรียบเทียบ CO₂ หลังจากเปลี่ยนขนาดท่อ

เมื่อเปรียบเทียบแรงบิดและแกสมลพิษ ตามรูปที่ 15, 16, 17, และ 18 จะเห็นผลได้ชัดเจนขึ้นว่าท่อที่มีความยาว 22.8 ซม. และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 19 มม. ให้ค่าแรงบิดและกำลังที่สูงสุด ตลอดจนมีค่าของความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุด ทำให้มีแกสมลพิษต่ำสุด



รูปที่ 17 เปรียบเทียบ HC หลังจากเปลี่ยนขนาดท่อ



รูปที่ 18 เปรียบเทียบอัตราการกินน้ำมันหลังเปลี่ยนขนาดท่อ

สรุป

จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงขนาดท่อมีผลต่อความแตกต่างของความดันและความเร็วของไอดีที่เข้าสู่เครื่องยนต์มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านประสิทธิภาพทางปริมาตร ทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพเปลี่ยนแปลง โดยเครื่องที่นำมาทดสอบให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น

1. การยืดท่อทำให้เกิดความดันเปลี่ยนแปลงภายในท่อไอดีลดลง มีผลเพิ่มประสิทธิภาพทางปริมาตรของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่ำ
2. สามารถเปลี่ยนช่วงแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์ได้จากการเปลี่ยนความยาวท่อโดยท่อยาวมีผลทำให้แรงบิดอยู่ในช่วงความเร็วรอบต่ำ ท่อสั้นมีผลทำให้แรงบิดอยู่ในช่วงความเร็วรอบสูง
3. เมื่อเพิ่มความยาวท่อมากเกินไป จะเกิด loss ในท่อมาก ทำให้ประสิทธิภาพทางปริมาตรลดลง แรงบิดต่ำ และมีแกสมลพิษเพิ่มขึ้น
4. ขนาดความโตของท่อที่เล็กลง ทำให้ความเร็วไอดีเพิ่มขึ้นและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพทางปริมาตรที่รอบต่ำทางหนึ่ง แต่ไม่เหมาะที่จะใช้ที่ความเร็วรอบสูง เพราะมี loss มาก
5. ความยาวและความโตของท่อไอดีมีผลต่อการเผาไหม้ ทำให้แกสมลพิษลดลงได้เมื่อใช้ความยาวท่อที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

- [1] สมาน เจริญกิจพูนผล, มนตรี พิรุณเกษตร, "กลศาสตร์ของไหล ฉบับเสริมประสบการณ์", บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด (มหาชน)
- [2] พูนพร แสงบางปลา, "ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม", สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พิมพ์ครั้งที่ 7, 2537
- [3] ปราโมทย์ เดชะอำไพ, "ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในงานวิศวกรรม", สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พิมพ์ครั้งที่ 1, 2538
- [4] อุตสาหกรรม จิรากร, เชื้อ ชูชา, "เครื่องยนต์สันดาปภายใน", สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซนเตอร์, 2537
- [5] Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Harriott, "Unit Operations of Chemical Engineering" McGraw-Hill Book Co.Ltd., Fifth Edition
- [6] J.F.Douglas, J.M.gasiorek, J.A.Swaffield 1979, 1985 : Fluid Mechanics :Pressure Transient Theory, Longman group limited 1995