

**การปรับปรุงสมรรถนะแรงบิดเครื่องยนต์แก๊สโซลีนสำหรับการแข่งขัน
จากการออกแบบลักษณะท่อร่วมส่งไอดี**
**Torque Performance Characteristic Improvement of a Gasoline Engine
for Motor Sport Competition due to Design of
Intake Air Manifold Configuration**

ดุษิต เพ็ชรปานกัน, อิทธิพล ไตรสิกขา, พัทธรัตน์ เขตประเสริฐกุล,
สิทธิพันธ์ สิงห์ธรรม และ ชลธิศ เอี่ยมวรอุฒิกุล*

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
*ติดต่อ: chonlathis.ei@spu.ac.th, 02-579-1111 ต่อ 2168, โทรสาร ต่อ 2147

บทคัดย่อ

ลักษณะของระบบทางเดินอากาศเข้าเครื่องยนต์หรือท่อร่วมส่งไอดี (Intake Air Manifold System) มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์โดยเฉพาะแรงบิด (torque) โดยงานวิจัยนี้ได้รายงานผลการศึกษารูปแบบลักษณะระบบท่อร่วมส่งไอดีของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนสำหรับรถแข่งเข้าร่วมในรายการ TSAE Auto Challenge - Student Formula 2013 เพื่อให้เกิดค่าแรงบิดสูงสุดในย่านความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ต้องการเหมาะสมต่อการแข่งขัน ซึ่งระบบท่อร่วมไอดีได้รับการศึกษาออกแบบประกอบด้วย 4 ส่วนหลักคือ 1) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวาล์วปีกผีเสื้อ (Butterfly Valve) ของ Throttling Body บนเงื่อนไขการเกิด choke 2) รูปลักษณะ Venturi ของ Flow Restrictor ที่ลดแรงต้านของการไหล 3) ความยาวของท่อนำอากาศ (Runner) บนพื้นฐานทฤษฎีของ Helmholtz Resonator และ 4) รูปลักษณะของ Plenum เพื่อให้เกิดการกระจายอากาศสู่กระบอกสูบอย่างสม่ำเสมอ โดยการศึกษาได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ประกอบการคำนวณเบื้องต้นตามหลักทฤษฎีพื้นฐาน เพื่อจำลองพฤติกรรมการไหลของอากาศและสมรรถนะของเครื่องยนต์ ในการวิเคราะห์ออกแบบของรูปร่างลักษณะของระบบท่อร่วมส่งไอดีก่อนดำเนินการจัดสร้างติดตั้งจริง ผลการทดสอบด้วยเครื่อง dynamometer มาตรฐานให้ค่าสมรรถนะเครื่องยนต์ที่สอดคล้องกับผลการคำนวณ โดยเครื่องยนต์ที่ติดตั้งระบบท่อร่วมส่งไอดีที่ได้รับการออกแบบใหม่นี้สามารถผลิตแรงบิดได้สูงสุดที่ค่าค่อนข้างคงที่ (Flat Torque) ตลอดย่านความเร็วรอบประมาณ 8,250 - 10,550 rpm ที่เหมาะสมต่อการควบคุมรถในการแข่งขัน

คำหลัก: การเพิ่มสมรรถนะ เครื่องยนต์แก๊สโซลีน ท่อร่วมส่งไอดี

Abstract

Intake air manifold system can have an important effect on power and, especially, torque performance characteristic of an engine. This study focuses on the design of the intake air manifold system for a gasoline engine used in a formula racing car to compete in the TSAE Auto Challenge - Student Formula 2013. The design objective is to improve torque characteristic, so the engine can provide relatively flat torque value at close to the maximum point over a range of engine speed needing

TSF-258

of the race. Four main parts of the manifold system are considered for the design investigation including: Butterfly Valve diameter in the Throttling Body to be evaluated according to choke flow limitation; Venturi profile to be selected base on minimizing flow restriction; Runner length to be determined fundamentally due to the guideline from Helmholtz Resonator; Plenum geometry to be selected so balance flow distribution to all engine pistons can be obtained. In addition to the fundamental theoretical calculations, the investigation utilizes commercial software packages to simulate intake air flow as well as to evaluate engine performance during the design processes. The design results are used for the construction of the intake manifold system which is installed into the engine of the race car. The performance results via standard dynamometer testing yield engine powers and torque values aligning with the calculations. High flat torque value can be obtained over a range of engine speed between 8,250 and 10,500 rpm suitable for car controlling in the competition.

Keywords: performance enhancement, gasoline engine, air intake manifold

1. บทนำ

ในการแข่งขัน TSAE Auto Challenge 2013 ผู้แต่งได้มีโอกาสอยู่ในทีมสร้างประดิษฐ์รถแข่ง Student Formula ซึ่งเป็นที่ทราบกันว่าลักษณะของระบบท่อส่งไอดีมีผลสำคัญต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์เป็นอย่างยิ่ง โดยหากมีการออกแบบที่เหมาะสมก็จะส่งผลให้การทำงานของระบบเครื่องยนต์สามารถตอบสนองต่อสมรรถนะของรถที่ต้องการในสนามแข่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการศึกษาบันทึกจากการแข่งขัน TSAE Auto Challenge ในปีที่ผ่านมาของสถาบันต่างๆ เช่นโครงการพัฒนา Intake Manifold สำหรับเครื่องรถจักรยานยนต์เบนซิน 4 จังหวะ (4สูบ) เพื่อให้แรงบิดสูงสุดอยู่ในช่วงความเร็วรอบปานกลาง [1] โครงการงานการเพิ่มสมรรถนะเครื่องยนต์ เพื่อที่จะนำไปร่วมทำการแข่งขัน TSAE Auto Challenge 2012 [2] รวมถึงการถอดประสบการณ์การของทีมนักศึกษารุ่นที่ผ่านมา และช่างผู้มีความเชี่ยวชาญในภาคอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นงาน ได้ชี้ให้เห็นว่ายังมีสิ่งที่สามารถปรับปรุงได้ โดยเฉพาะในส่วนของการออกแบบระบบท่อไอดี ขนาด Intake Butterfly Valve, รูปร่างของ Flow Restrictor, ความยาวของ Runner และ รวมถึงรูปร่างลักษณะของ Plenum Header เพื่อกระจายอากาศเข้าสู่กระบอกสูบ ให้เหมาะสมสอดคล้องกับสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ถูกนำมาใช้

จากการศึกษาพบว่าในการควบคุมเพื่อให้เกิดค่าแรงบิดที่สูงคงที่ตลอดช่วงความเร็วรอบที่ต้องการหรือ Flat Torque ของเครื่องยนต์นั้นจะทำให้อัตราเร่งคงที่เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นต่อการแข่งขันและยังไม่ได้มีการออกแบบควบคุมให้เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้กำหนดให้เป็นเป้าหมายหลักในการทำงานวิจัยนี้ เพื่อหากระบวนการและวิธีการ ที่มุ่งเน้นสำหรับการออกแบบระบบท่อไอดีและการพยากรณ์ยานการทำงานของเครื่องยนต์ได้ตรงตามความต้องการ โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้เกิดแรงบิดสูงสุด เหมาะสมกับสนามแข่งขัน TSAE Auto Challenge 2013

2. วิธีการศึกษา

เครื่องยนต์ที่ได้นำมาใช้ในรถ Student Formula และถูกใช้ศึกษาสำหรับการออกแบบระบบท่อไอดีเป็นเครื่องยนต์ของรถมอเตอร์ไซค์ยี่ห้อ YAMAHA รุ่น YZF-R6 ปี 2006 โดยตามกติกาที่กำหนดโดย TSAE [3] ระบุว่าในระบบท่อไอดีได้มีการจำกัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของทางเข้าอากาศ หรือเรียกว่า Restrictor ไว้ที่ 20 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการออกแบบเพื่อให้การไหลของอากาศมีความคล่องตัวมีความราบเรียบและต่อเนื่องมากที่สุด ในส่วนของ Runner ได้นำหลักการปรับคลื่นของ Helmholtz ร่วมกับการใช้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Engine Analyzer ในการออกแบบ

TSF-258

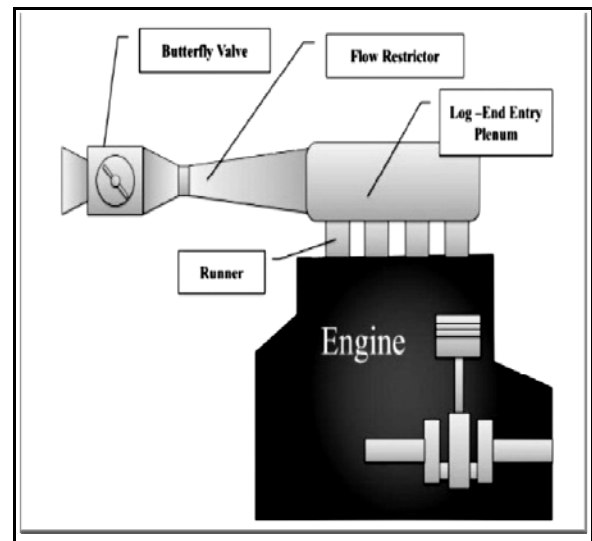
คำนวณหาความยาวและขนาดของ Runner จากนั้นจึงนำค่าที่ได้จากการคำนวณดังกล่าวมาสร้าง Runner ที่มีความยาวเหมาะสมต่อการทำงานของเครื่องยนต์ และในส่วนของห้องประจุอากาศ (Plenum) ต้องออกแบบให้มีปริมาตรและลักษณะรูปร่างที่เพียงพอต่อจังหวะการดูดอากาศของเครื่องยนต์และโดยเฉพาะเพื่อให้เกิดการกระจายไอดีสูงกระบอกสูบอย่างสมดุล โดยพิจารณาจากความดันและความเร็วที่อากาศแต่ละกระบอกสูบเคลื่อนที่ ในความเร็วรอบที่ให้แรงม้าสูงสุดของเครื่องยนต์ โดยตั้งสมมุติฐานไว้ที่ 10,000 rpm

การออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ ของระบบท่อไอดีได้ดำเนินการเป็นไปตามข้อบังคับของกติกากำหนดในการแข่งขัน TSAE Auto Challenge 2013 และมีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปช่วยคำนวณวิเคราะห์ออกแบบ ประกอบกับหลักทฤษฎีพื้นฐานทาง Fluid Mechanics, Internal Combustion Engine [4], Intake Manifold and Induction System Design [5] เพื่อให้ผลการออกแบบมีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น และ ลดต้นทุนในการสร้างดำเนินการ โดยได้มีการจัดสร้างระบบท่อไอดีที่ได้ถูกออกแบบใหม่และนำไปติดตั้งทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ของรถแข่ง Student Formula เพื่อนำมาเปรียบเทียบผลจากการคำนวณออกแบบ รวมถึงผลการทดสอบของเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบท่อไอดีเดิมก่อนการปรับปรุง

การออกแบบระบบท่อไอดี (Intake Manifold) ในโครงการศึกษานี้ ได้ถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ดังรูปที่ 1 คือ Intake Butterfly Valve, Flow Restrictor, Plenum Header, และ Runner ซึ่งสามารถอธิบายแนวทางการดำเนินงานในแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

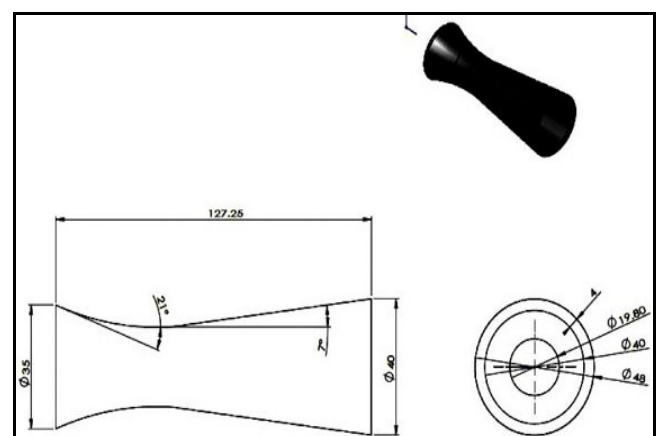
Flow Restrictor

รูปแบบมีลักษณะของ Venturi ซึ่งทั่วไปจะมีมุมในทางด้าน Upstream ประมาณ 15° - 21° และมุมทางด้าน Downstream ประมาณ 5° - 7° หลังจากการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสีย (loss Coefficient) จากตารางที่ได้มีการทดสอบหาค่าเหล่านี้ [2] และศึกษาจากขนาดที่ที่ใช้ในรถแข่งที่ผ่านมา ได้



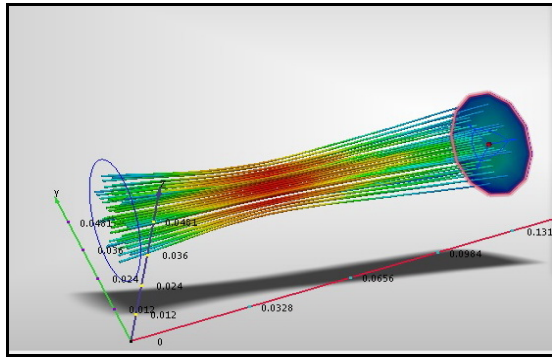
รูปที่ 1 แบบจำลองส่วนประกอบ Intake Manifold

เลือกใช้มุม 21° และ 7° สำหรับด้าน upstream และ downstream ตามลำดับ โดยได้เขียนแบบและนำมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Autodesk CFD [6] ดังแสดงลักษณะผลการไหลของอากาศในรูปที่ 2 และ 3 ซึ่งสามารถพิจารณาจากผลของอัตราการไหลเชิงมวล ความเร็วและความดันเป็นหลัก วัสดุที่เลือกใช้ในการผลิตเลือกใช้อลูมิเนียมเนื่องจาก มีความแข็งแรงทนทาน ไม่เกิดสนิม



รูปที่ 2 แบบ Flow Restrictor

TSF-258



รูปที่ 3 แบบจำลองการไหลของอากาศภายใน Flow Restrictor

Intake Butterfly valve

การกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเบื้องต้นอยู่บนพื้นฐานการคำนวณจากสมการความสัมพันธ์ $\dot{m}_{choked}$ เพื่อคำนวณข้อจำกัดปริมาณอากาศที่ไหลได้มากที่สุด (kg/s) โดยไม่เกิด choke จากการทำงานของเครื่องยนต์ [1] ดังนี้

$$\dot{m}_{choked} = A_t P_0 \sqrt{\frac{\gamma}{RT_0}} \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}} \quad (1)$$

$$\dot{m}_{choked} = 0.04 A_t P_0 / \sqrt{T_0} \quad (2)$$

เมื่อ

A_t คือ throat area (m^2)

P_0 คือ inlet air pressure (Pa)

T_0 คือ inlet air temperature (K)

ผลการคำนวณจะได้ว่า $\dot{m}_{choked} = 0.0735$ kg/s คือมวลของอากาศสูงสุดที่ไหลผ่าน Butterfly valve กำหนดให้เป็นแบบ Incompressible เนื่องจากมีความเร็วอากาศสูงสุดไม่เกิน 100 m/s หรือ 0.3 Mach และจะได้ขนาด Butterfly valve จากสมการ

$$D_{th} = \sqrt{\frac{4 \rho \dot{m}_{choked}}{\pi v}} \quad (3)$$

เมื่อ V คือความเร็วของอากาศที่ไหลผ่าน Butterfly valve เท่ากับ 100 m/s

ดังนั้นจะได้เส้นผ่านศูนย์กลางของ Butterfly valve เท่ากับ 33.5 mm

Runner

ตามหลักการของ Helmholtz Resonator [4] อธิบายว่าท่อส่งไอดี (Runner) ที่ยาวจะส่งผลให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูงในรอบการทำงานต่ำและถ้า Runner สั้นจะส่งผลให้มีประสิทธิภาพสูงในรอบการทำงานสูง โดยสามารถหาความยาวของท่อส่งไอดีที่เหมาะสมจากสมการ [1]

$$N_e = K_1 C \sqrt{\frac{A_1}{L_1 V_d} \left[\frac{CR-1}{CR+1} \right]} \quad (4)$$

N_e คือ engine speed

K_1 คือ constant parameter of equation

C คือ sound velocity

A_1 คือ cross section area of the runner

L_1 คือ runner length

V_d คือ volume of cylinder

CR คือ compression ratio

จากสมการ สามารถหาความยาวที่เหมาะสมสำหรับท่อส่งไอดีในแต่ละรอบการใช้งาน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความยาวท่อส่งไอดีในแต่ละรอบการใช้งาน

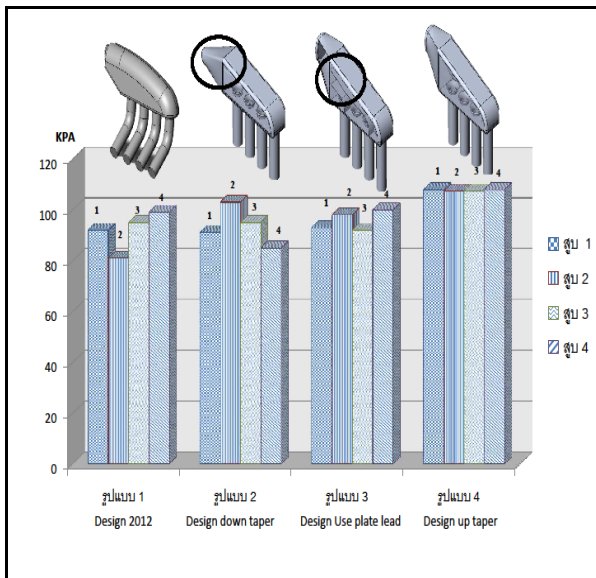
Engine Speed(RPM)	Helmholtz Resonator	
	Diameter(mm)	Runner Length(mm)
7000	35	430
8000	35	307
9000	35	220
10000	35	159
11000	35	95
12000	35	55

Plenum

จุดประสงค์ของการออกแบบ เพื่อให้ได้รูปร่างที่เหมาะสม ที่จะเกิดการกระจายอากาศเข้าสู่กระบอก

TSF-258

สับทั้ง 4 ของเครื่องยนต์ในอัตราการใช้ที่สมดุลกัน คณะวิจัยได้จำลองลักษณะแบบของ Intake Manifold ในรูปแบบต่างๆลงในโปรแกรม Solid Works จำนวน 4 แบบ หลังจากนั้นจึงใช้โปรแกรม Autodesk CFD Simulation เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะการไหลของไอดี โดยกำหนดสมมติฐานให้เครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 10,000 rpm ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการใช้ไอดีอากาศที่เท่ากับ 25 liter/s และกำหนดให้ความดันภายนอกมีค่าเท่ากับ 1 บรรยากาศ โดยคัดเลือกรูปร่างของ Plenum ที่มีค่า Pressure Drop ต่ำและมีความดันที่ช่องทางออกใกล้เคียงกันทั้ง 4 สับมากที่สุด หมายถึงการกระจายอากาศที่สมดุลกัน



รูปที่ 4 Pressure Drop Intake Manifold ทั้ง 4 แบบ

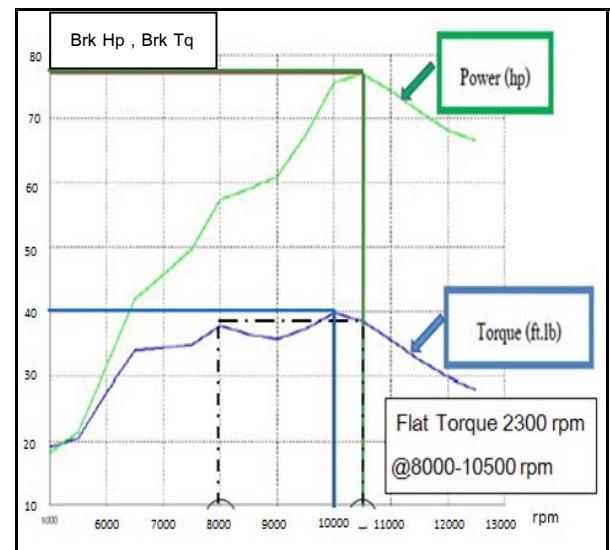
โดยผลเปรียบเทียบได้แสดงไว้ในรูปที่ 4 ซึ่งปรากฏว่ารูปแบบที่ 4 เป็นลักษณะของ Plenum ที่เหมาะสมสำหรับการศึกษานี้

เนื่องจากข้อจำกัดในระหว่าง การออกแบบของส่วนประกอบระบบท่อไอดีทั้ง 4 ส่วนข้างต้น ที่ไม่สามารถทำการทดสอบจริงได้โดย Flow Bench ซึ่งการจำลองการไหลด้วยโปรแกรม ได้กำหนดไว้ที่สภาวะคงตัว (Steady State) ผลของที่ได้จึงอาจมีความคลาดเคลื่อน ทางกลุ่มจึงได้นำผลที่ได้จากการ

คำนวณทั้ง 4 ทัศนียภาพค่าลงในโปรแกรม Engine Analyzer Pro 3.9 โดยวิธีลองผิดลองถูก (Trial & Error) บนพื้นฐานของทั้ง 4 ทัศนียภาพพื้นฐานที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น และได้ผลลัพธ์ในการคำนวณดังแสดงในรูปที่ 4, 5a, 5b, 6a และ 6b ตามลำดับ ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Engine Analyzer มีดังนี้

- Max Power = 76 hp@10500 rpm
- Max Torque = 54 Nm@10000 rpm
- POWER-BAND
= (10500-8000)/10500=0.24
- Flat Torque 2500 rpm@ 8000-10500

ซึ่งค่าที่ได้ออกแบบโดยใช้โปรแกรมตรงตามรอบการใช้งานที่ต้องการดังแสดงในรูปที่ 5 จึงได้ตัดสินใจดำเนินการจัดสร้างระบบจริงตามผลการออกแบบที่ได้รายงานมา



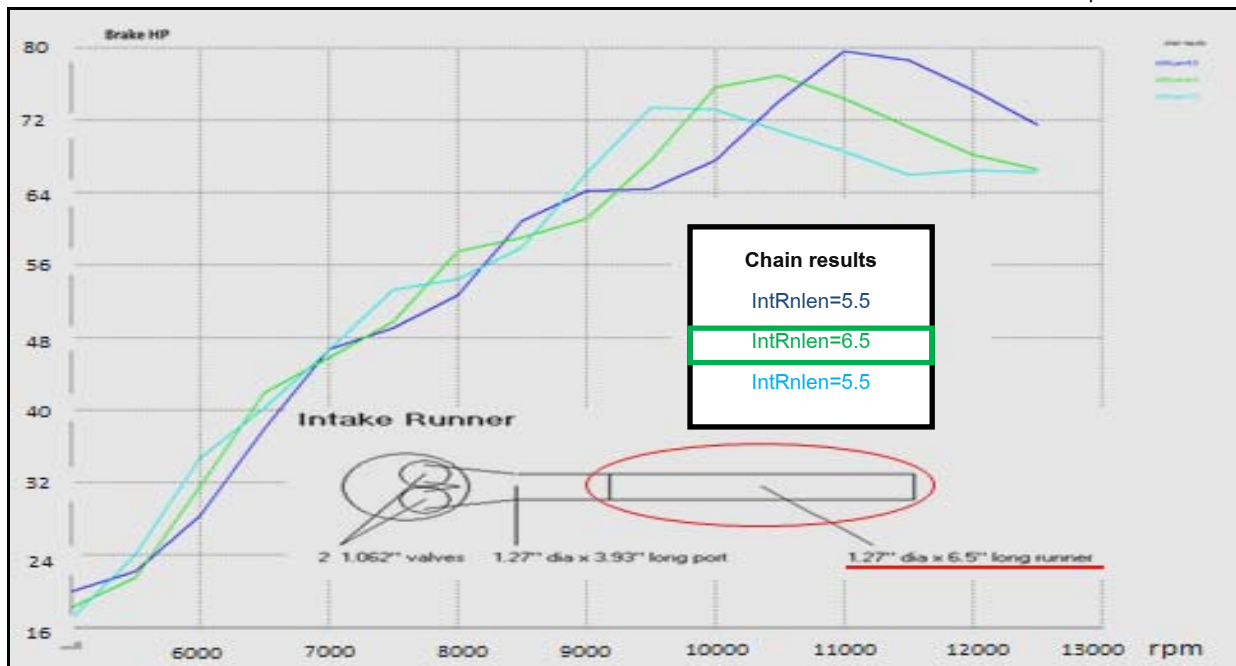
รูปที่ 5 กราฟแรงม้าและแรงบิดที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Engine Analyzer

ในรูปที่ 5 แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลเนื่องจากความยาวท่อร่วมไอดี ต่อสมรรถนะเครื่องยนต์ที่มีกำลังแรงม้าและแรงบิด ที่ความเร็วรอบการทำงานที่แตกต่างกัน โดยพบว่าขนาดความยาวของ Runner ที่ 6.5 นิ้ว ให้ผลการคำนวณที่ให้กำลังเครื่องยนต์ที่สูง

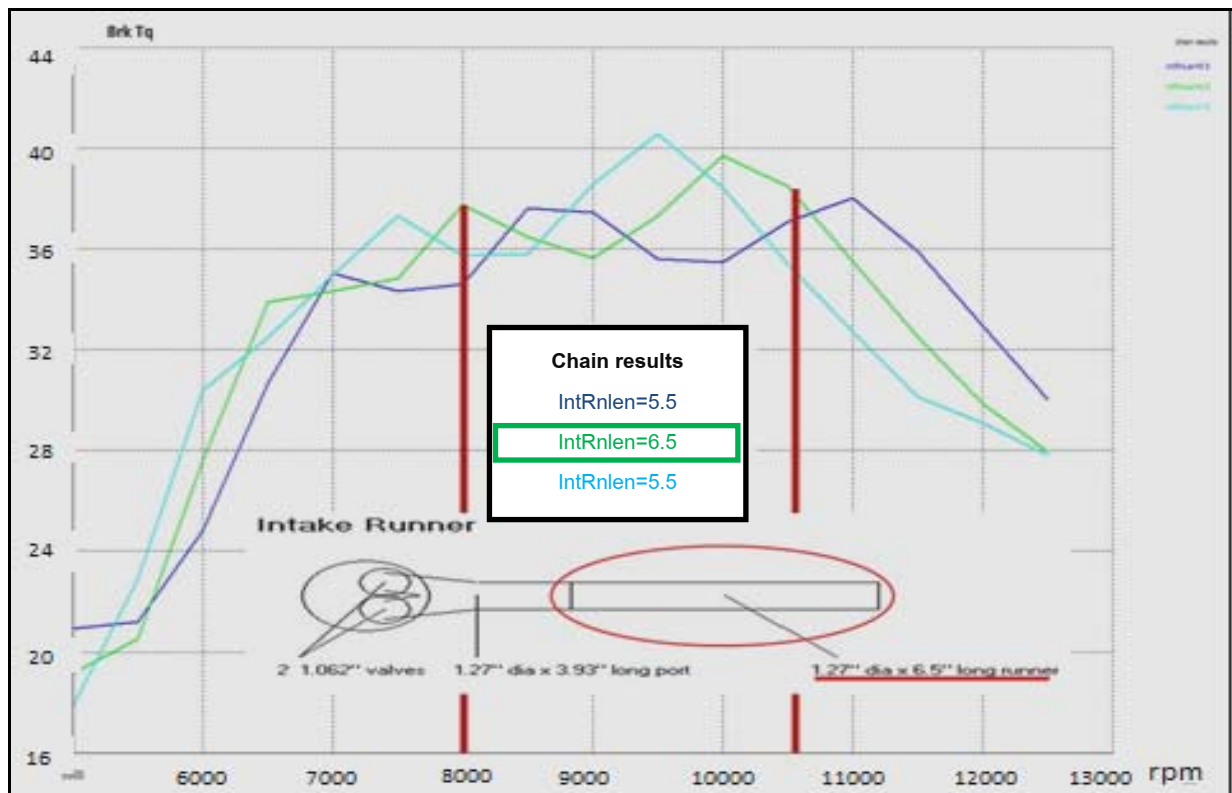
TSF-258

และมีขนาดแรงบิดค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงความเร็ว

รอบที่ต้องการในการแข่งขันเหมาะสมที่สุด



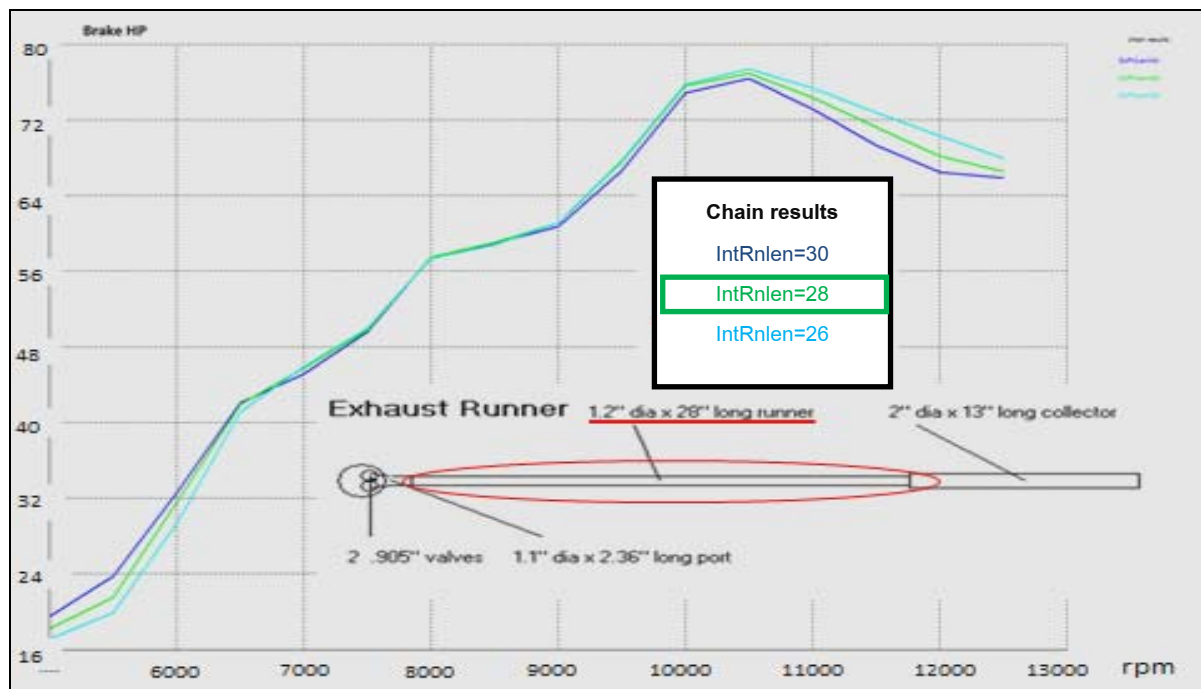
(a) กำลังแรงม้า



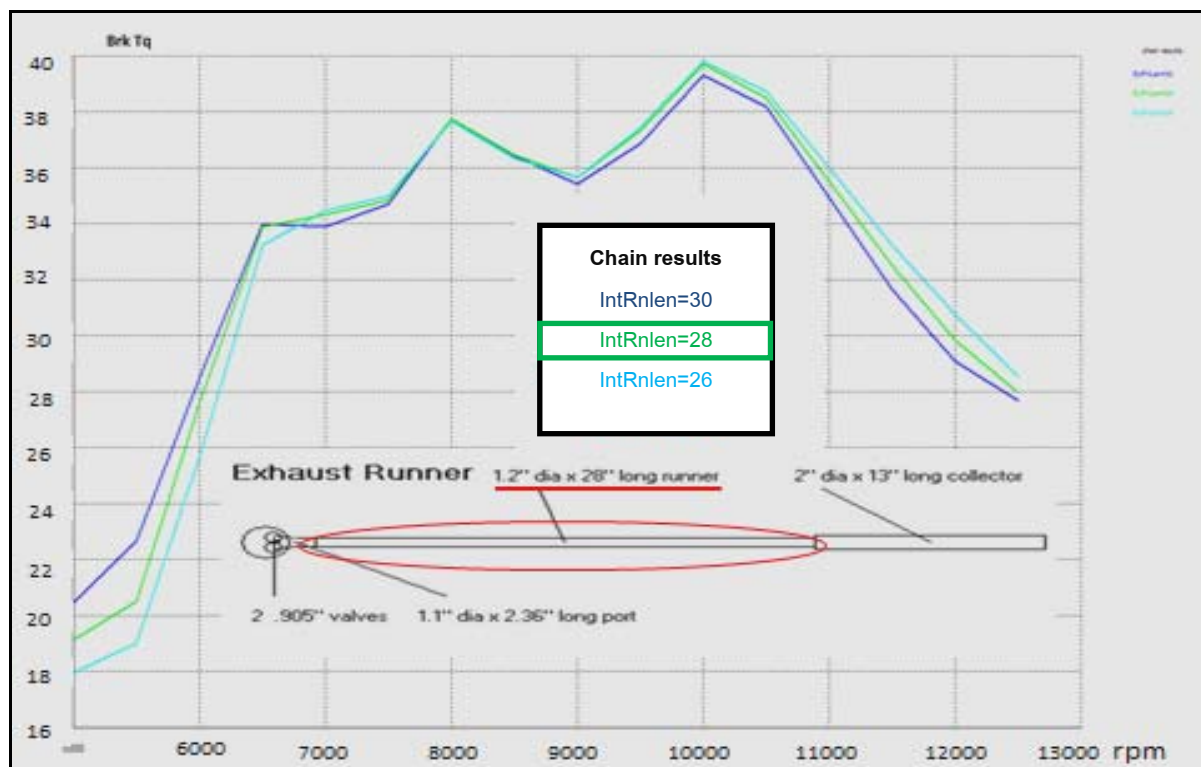
(b) แรงบิด

รูปที่ 6 ผลของความยาวของท่อส่งไอดี ต่อสมรรถนะเครื่องยนต์ในช่วงรอบการทำงานตั้งแต่ 8,000-10,500 RPM

TSF-258



(a) กำลังแรงม้า



(b) แรงบิด

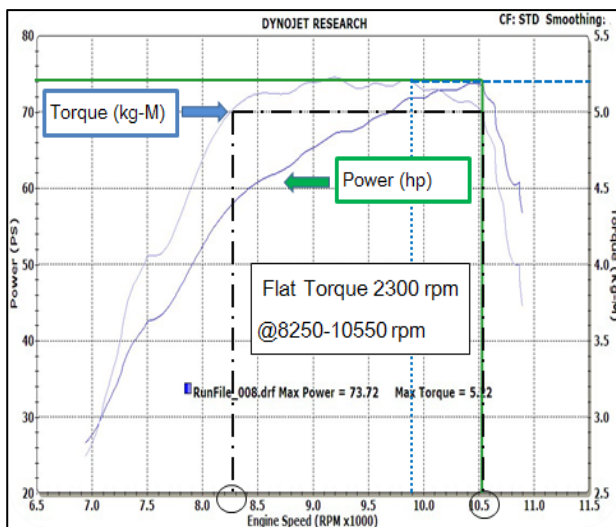
TSF-258

รูปที่ 7 อิทธิพลของความยาวของท่อส่งไอเสียต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่รอบการทำงาน 8,000-10,500 RPM

รูปที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ถึงอิทธิพลของความยาวท่อส่งไอเสียขนาดต่างๆที่ได้ทำการศึกษา มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่างๆ ในขณะที่ความยาว runner ของท่อส่งไอเสียที่ใช้ พบว่าส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์น้อยมาก ดังแสดงในรูปที่ 7 (a) และ 7 (b) จึงไม่ได้ดำเนินการศึกษาออกแบบผลกระทบของท่อไอเสียเพิ่มเติมในงานวิจัยนี้

3 ผลการศึกษา

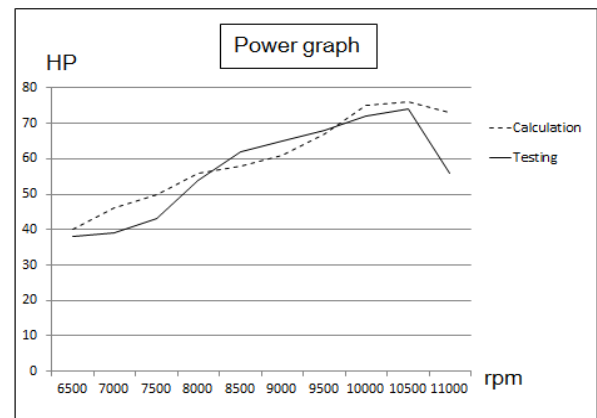
ผลการออกแบบคำนวณของระบบท่อส่งไอเสียได้ถูกนำมาจัดสร้างและติดตั้งให้กับเครื่องยนต์จริงที่ใช้ในการแข่งขัน โดยได้ถูกนำไปทดสอบสมรรถนะของรถยนต์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 8 พบว่าแรงม้าถึงขั้นสูงสุดอยู่ที่ 73.72 BHP ที่ความเร็วรอบ 10,500 RPM และแรงบิดสูงสุดอยู่ที่ 51 Nm ที่ความเร็วรอบ 9,900 RPM และมีค่า Flat Torque ในย่านการทำงาน 8,250-10,550 RPM ตามที่ได้ออกแบบคำนวณไว้



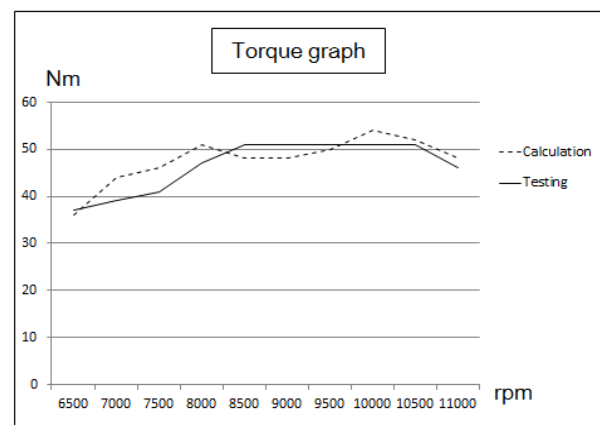
รูปที่ 8 กราฟแรงม้าและแรงบิดที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่อง Chassis dynamometer

ส่วนของ POWER-BAND มีค่าเท่ากับ 0.22 ซึ่งจากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากระบวนการที่ใช้ในการ

ออกแบบเพื่อให้ได้ผล แรงม้าและแรงบิด รวมถึง Flat Torque ในย่านการทำงานของเครื่องยนต์ที่ต้องการคือ 8,000-10,500 RPM ให้ผลสมรรถนะเครื่องยนต์ที่มีค่าใกล้เคียงเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบ เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ทั้งนี้เป็นผลมาจากการประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปรวมกับการคำนวณตามหลักทฤษฎีพื้นฐานที่ได้กล่าวมาข้างต้น ส่งผลให้ค่าคำนวณจากการออกแบบและพยากรณ์มีผลที่สอดคล้องกับค่าที่ได้จากการทดสอบจริง ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 9 และ 10 ทั้งในส่วนของการกำลังแรงม้าและแรงบิดของเครื่องยนต์ตามลำดับ



รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบกำลังแรงม้าที่ได้จากการคำนวณและการทดสอบ



รูปที่ 10 กราฟเปรียบเทียบแรงบิดที่ได้จากการคำนวณและการทดสอบ

TSF-258

4 สรุป

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นได้ชัดว่าการให้ได้น้ำของแรงบิดเครื่องยนต์ที่คงที่ (Flat Torque) ในย่านการทำงานความเร็วรอบที่ต้องการ สามารถทำได้ โดยการออกแบบระบบท่อส่งไอดีของเครื่องยนต์ (Intake Air Manifold System) ในการควบคุมแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์ ให้อยู่ในย่านที่เหมาะสมกับการแข่งขัน โดยการวิจัยอาศัยหลักทฤษฎีพื้นฐานในการออกแบบ ผสมกับการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการคำนวณและสร้างแบบจำลอง 4 ส่วนประกอบหลักของระบบท่อส่งไอดีดังนี้

- 1) Throttle Body ใช้สมการการเกิด Choked flow เพื่อใช้หาขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางของ Butterfly Valve ที่เป็น Throttle Body ที่เหมาะสม
- 2) Flow Restrictor โดยกำหนดรูปแบบ Venturi และการหาค่า Loss Coefficient จากข้อมูลในตารางและผลการทดสอบที่เผยแพร่ จากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Autodesk CFD
- 3) Long Runner ใช้พื้นฐานทฤษฎีของ Helmholtz Resonator ในการวิเคราะห์
- 4) Plenum ใช้วิธี Trial & Error โดยใช้โปรแกรม Autodesk CFD ออกแบบลักษณะรูปทรงเพื่อให้เกิดการไหลที่ราบเรียบและส่งผลให้มีการกระจายอัตราการไหลไปยังแต่ละสูบที่สมดุลใกล้เคียงกัน

ผลการคำนวณในส่วนต่างๆ ได้ถูกนำมาประกอบจำลองและประมวลผลสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Engine Analyzer ที่แสดงผลของอัตรากำลังและแรงบิดในย่านความเร็วรอบต่างๆ ที่ต้องการ ก่อนการนำผลมาจัดสร้างและติดตั้งระบบท่อส่งไอดีจริงกับเครื่องยนต์ โดยผลการทดสอบรถโดย Chassis dynamometer ให้ผลที่สอดคล้องกับผลการคำนวณตามที่ได้ศึกษาวิจัย

5 กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้จัดทำงานวิจัย ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลธิศ เอี่ยมวรอุฒิกุล และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เผชิญ จันทร์สาตลอดจนบุคลากร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ที่ให้คำแนะนำในการทำโครงการนี้จนสำเร็จ ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยศรีปทุมที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณและสถานที่ในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณบริษัท MPK MOTORSPORT ที่ได้ช่วยเหลือในเรื่องการจัดสร้าง รวมไปถึงสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ไทย (TSAE) ที่ได้จัดการแข่งขัน TSAE Auto Challenge 2013 Student Formula

เอกสารอ้างอิง

- [1] โครงการพัฒนา Intake Manifold สำหรับเครื่องรถจักรยานยนต์เบนซิน 4 จังหวะ (4สูบ) เพื่อให้แรงบิดสูงสุดอยู่ในช่วงความเร็วรอบปานกลาง
URL: <http://www.me.eng.chula.ac.th/SeniorProject/file/proceeding52.pdf> access on 18/6/2013
- [2] โครงการการเพิ่มสมรรถนะเครื่องยนต์ เพื่อที่จะนำไปร่วมทำการแข่งขัน TSAE Auto Challenge 2012 URL: http://mis.en.kku.ac.th/administrator/doc_upload/20130308090723.pdf access on 18/6/2013.
- [3] Kasikapat, A., "กติกาสากลของ Formula SAE 2010 ฉบับภาษาไทย", สมาคมวิศวกรรมยานยนต์ไทย, 2010
- [4] Heywood, J.B., 1988. Internal Combustion Engine Fundamental: A Basic Approach. Singapore: McGraw-Hill, Inc.
- [5] Engelman H. W., "Design of a tuned intake manifold", ASME paper No. 73-WA/DGP-2, 1973
- [6] Autodesk Privacy | Legal Notices & Trademarks | Report Noncompliance | Site map | © 2014 Autodesk Inc. All rights reserved
URL: <http://www.autodesk.com/products/autodesk-simulation-family/features/simulation-cfd/all/list-view>, access on 15/8/2013.
- [7] Yamaha "2006-2009 RZF R-6 repair manual", 2006

TSF-258

[8] Performance Trends Inc Producing Quality
Computer Tools for Racers and Engine Builders
since 1986 URL :[http://
Performancetrends.com/Engine-Analyzer-Pro.htm](http://Performancetrends.com/Engine-Analyzer-Pro.htm),
access on 22/10/2013.

[9] อภิธิพล ไตรสิขิภา และ คณะ, “การออกแบบ ท่อ
ส่งไอดีสำหรับเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ 4สูบ
เพื่อให้เกิดแรงบิดสูงสุดเหมาะสมกับสนามแข่งขัน
TSAE Auto Challenge” รายงานโครงการ
หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2014