แนวทางการออกแบบอุปกรณ์วัดอัตราการไหลอากาศอย่างง่าย สำหรับการทดสอบเครื่องยนต์

เชษฐวุฒิ ภูมิพิพัฒน์พงศ์ [1,2,*] และปิติณัตต์ ตรีวงศ์ [1,2]

บทคัดย่อ

ในการวิจัยและพัฒนาเครื่องยนต์ ผู้วิจัยมักต้องการต้องเก็บข้อมูลต่างๆ ให้มากที่สุดเพื่อการวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำ ปริมาณอากาศที่ไหลเข้าสู่เครื่องยนต์ส่งผลต่อแรงบิดและกำลังที่เครื่องยนต์สามารถสร้างได้ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับนักวิจัยที่จะต้องมีเครื่องมือหรืออุปกรณ์ในการวัดอัตราการไหลอากาศของเครื่องยนต์ อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบกล่องอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานกันอย่างทั่วไป ราคาถูก ใช้หลักการพื้นฐานทางวิศวกรรม สร้างขึ้นใช้งานเองได้ง่ายและมีความถูกต้องในระดับที่ยอมรับได้ โดยบทความนี้สรุปเอาหลักการทำงานพื้นฐานของแผ่นออริฟิต มานอมิเตอร์และสมการเบอร์นูรีย์ รวมไปถึงสมการต่างๆ ที่จำเป็นและแสดงเป็นลำดับขั้นสำหรับการคำนวณหาขนาดของกล่องอากาศที่เหมาะสมกับการทดสอบเครื่องยนต์หนึ่งๆ ได้

คำสำคัญ : อุปกรณ์วัดอัตราการไหลอากาศ, กล่องอากาศ, การทดสอบเครื่องยนต์, ออริฟิต

---

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[2] ศูนย์วิจัยพลังงานยานยนต์เพื่อสิ่งแวดล้อม, สำนักวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[*] ผู้ติดต่อ, อีเมล์: chedthawutp@kmutnb.ac.th รับเมื่อ 27 มิถุนายน 2554 ตอบรับเมื่อ 7 พฤศจิกายน 2554

Design Procedure of a Simple Air Flow Meter for Engine Testing

Chedthawut Poompipatpong[1,2*] and Peeteenut Triwong[1,2]

Abstract

In an engine research and development procedure, researchers intend to collect as much data as possible since it is crucial for the precise and reliable results. Air consumption affects directly to the engine output torque and power. Therefore, it is important that the researchers should have an equipment or instrument for measuring the intake airflow rate. Air Box is one of the generally used equipments since it is comparatively cheap in price and it operates under the basic engineering principles. Moreover, it can be easily constructed with an acceptable accuracy. This article concluded the basic of orifice plate, manometer and Bernoulli's equation including other essential equations which brought to the calculating method of an appropriate Air Box capacity for a particular engine testing.

Keywords: Air-flow meter, Air box, Engine testing, Orifice

[1] Department of Power Engineering Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[2] Automotive Eco-Energy Research Center, Science and Technology Research Institute, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[*] Corresponding author, E-mail: chedthawutp@kmutnb.ac.th Received 22 June 2011; Accepted 7 November 2011

1. บทนำ

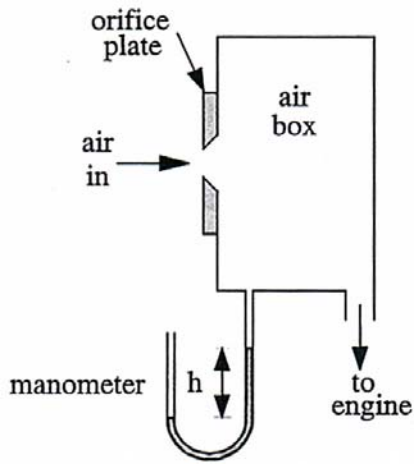
หากจะเปรียบเทียบการทดสอบเครื่องยนต์บนไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) กับการตรวจร่างกายของมนุษย์ก็คงจะไม่แตกต่างจากกันมากนัก กล่าวคือ เมื่อมนุษย์ต้องมีการตรวจวัดอุณหภูมิของร่างกาย เครื่องยนต์ก็ต้องมีการตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น เมื่อมนุษย์ต้องตรวจวัดความดันเลือด เครื่องยนต์ก็ย่อมมีการวัดความดันภายในห้องเผาไหม้ และเมื่อมนุษย์มีการตรวจวิเคราะห์สิ่งขับถ่าย การทดสอบเครื่องยนต์ก็ย่อมต้องมีการวิเคราะห์ส่วนประกอบของก๊าซไอเสีย (Exhaust Gas Analysis) ดังนั้น สิ่งที่ขาดมิได้ในการทดสอบเครื่องยนต์คือ การตรวจวัดปริมาณวัตถุดิบที่ป้อนเข้าสู่เครื่องยนต์ ซึ่งสามารถเปรียบเทียบกับการวัดปริมาณน้ำหรืออาหารที่มนุษย์รับประทานเข้าไปได้ทุกประการ

วัตถุดิบสำคัญต่อการเผาไหม้ (Combustion) ของเครื่องยนต์ประกอบด้วยเชื้อเพลิงและอากาศ งานวิจัยที่มุ่งเน้นไปที่ระบบเชื้อเพลิง [1,2] รวมถึงการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ การออกแบบรูปทรงของลิ้นปีกผีเสื้อ ท่อไอดี ลิ้นไอดี [3-6] ล้วนแล้วแต่มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มความสามารถการบริโภคอากาศของเครื่องยนต์ (Air Consumption) เครื่องยนต์ที่สามารถประจุอากาศได้มาก (ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสูง) ก็จะสร้างแรงบิดและกำลังได้สูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับวิศวกรผู้ทดสอบที่จะต้องมีเครื่องมือหรืออุปกรณ์ในการวัดอัตราการไหลอากาศของเครื่องยนต์

บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอขั้นตอนการคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อนำไปสร้างอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศอย่างง่ายและมีราคาถูกได้เอง

2. อุปกรณ์วัดอัตราการไหลอากาศ

อุปกรณ์วัดอัตราการไหลอากาศที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันมีด้วยกันอยู่ 5 ชนิดหลักๆ คือ (1) Air Box (2) Viscous Air Flow Meter หรือ Laminar Air Flow Meter (3) Positive Displacement Air Flow Meter (4) Corona Discharge Air Flow Meter และ (5) Hot Wire Air Flow Meter อุปกรณ์แต่ละชนิดมีจุดเด่นและจุดด้อยแตกต่างกันไปไม่ว่าจะเป็นด้านความถูกต้องแม่นยำ ความละเอียด ราคาและความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งในบทความนี้จะขอนำเสนออุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิด กล่องอากาศ หรือ Air Box เนื่องจากอุปกรณ์ชนิดนี้มีจุดเด่นอยู่ตรงที่ราคาถูก อายุการใช้งานยาวนาน ใช้หลักการพื้นฐานทางวิศวกรรม สร้างขึ้นใช้งานเองได้ และมีความถูกต้องในระดับที่ยอมรับได้



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของอุปกรณ์วัดชนิด Air Box

Air Box เป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลอากาศที่มีลักษณะเป็นกล่องขนาดใหญ่ต่อเข้ากับระบบไอดีของเครื่องยนต์ เครื่องยนต์จะดูดอากาศจากภายใน Air Box เข้าไปใช้งาน ส่วนความดันบรรยากาศจะทำหน้าที่เติมอากาศจากภายนอกเข้าสู่ Air Box ผ่านทางช่องออริฟิต (Orifice) ซึ่งทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความดันภายในและภายนอก อุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิด Air Box จึงใช้ปรากฏการณ์นี้ร่วมกับการทำงานของมานอมิเตอร์ (Manometer) ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานสามารถคำนวณหาค่าอัตราการไหลของอากาศได้ในที่สุด รูปที่ 1 เป็นการแสดงส่วนประกอบพื้นฐานของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิด Air Box [7]

จากพื้นฐานด้านกลศาสตร์ของไหล อากาศที่ไหลผ่านช่องออริฟิตจะมีความเร็วและความดันเปลี่ยนแปลงไปตามสมการของเบอร์นูลลีย์ (Bernoulli Equation) ดังนี้

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2 \qquad (1)$$

การคำนวณอัตราการไหลของอากาศที่ผ่านช่องออริฟิตสามารถทำได้โดยสมการที่ (2)

$$\dot{m} = \rho C_d A V \tag{2}$$

โดย $\dot{m}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)

C_d คือ Discharge Coefficient ซึ่งมักใช้ค่าเป็น 0.6 [7]

A คือ พื้นที่ของช่องออริฟิต (m^2)

V คือ ความเร็วอากาศที่ไหลผ่านแผ่นออริฟิต (m/s)

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

ซึ่งหาได้จาก $\rho = \frac{P}{RT}$

จากสมการที่ (1) และ (2) ได้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ (3)

$$\dot{m} = \rho C_d A \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \tag{3}$$

โดย ΔP คือ ความดันตกคร่อมออริฟิต

ความดัน ΔP ที่ตกคร่อมออริฟิตนั้นจะนำมาเชื่อมต่อเข้ากับมานอมิเตอร์ซึ่งหาได้จาก $\Delta P = \rho_i g h$ ทำให้สมการที่ใช้ในการคำนวณอัตราการไหลเชิงมวลของอุปกรณ์ชนิด Air Box แสดงได้ดังนี้

$$\dot{m} = \rho C_d A \sqrt{\frac{2(\rho_i g h)}{\rho}} \tag{4}$$

โดย ρ_i คือ ความหนาแน่นของเหลวมานอมิเตอร์ (kg/m^3)

3. การคำนวณขนาดอุปกรณ์วัดชนิด Air Box

ธรรมชาติของการดูดอากาศของเครื่องยนต์นั้นมีลักษณะเป็นจังหวะๆ (Pulsation) ขนาดของ Air Box ที่เล็กเกินไปจะทำให้ของเหลวในมานอมิเตอร์มีการแกว่งกระเพื่อมอยู่ตลอดเวลา (Fluctuation) ดังนั้น Air Box ที่ดีต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอเพื่อทำหน้าที่เปรียบเสมือนเขื่อนโดยขนาดของ Air Box ที่ไม่ทำให้มานอมิเตอร์เกิดการกระเพื่อมสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (5) [7]

$$V_b = \frac{417 \times 10^6 n_s^2 d^4}{n_c V_s N_m^2} \tag{5}$$

โดย V_b คือ ขนาดของ Air Box (m^3)

d คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นออริฟิต (m)

n_c คือ จำนวนสูบของเครื่องยนต์

n_s คือ ค่าคงที่ซึ่งเท่ากับ 1 ในเครื่องยนต์สองจังหวะ และเท่ากับ 2 ในเครื่องยนต์สี่จังหวะ

V_s คือ ขนาดความจุรวมของเครื่องยนต์ (m^3)

$N_{\min}$ คือ ความเร็วรอบต่ำสุดที่ต้องการวัด (rpm)

สมการที่ (5) ได้แสดงความสัมพันธ์ที่น่าสนใจอยู่จุดหนึ่งคือ ขนาดของ Air Box จะแปรผันไปตามของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นออริฟิตยกกำลังสี่ การลดขนาดของออริฟิตลงเพียงเล็กน้อยก็เป็นการลดขนาด Air Box ลงได้อย่างมาก ยกตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการสร้าง Air Box เพื่อใช้กับเครื่องยนต์ 4 สูบ 4 จังหวะ ขนาด 2 ลิตร โดยเลือกใช้แผ่นออริฟิตขนาด 0.05 เมตร และทดสอบที่ความเร็วรอบต่ำสุดเท่ากับ 1,500 rpm ขนาดของ Air Box ที่เหมาะสมตามสมการที่ (5) จะเท่ากับ

$$V_b = \frac{417 \times 10^6 \times 2^2 \times 0.05^4}{4 \times (2 \times 10^{-3}) \times 1500^2}$$

$$V_b = 0.579 \text{ m}^3$$

ผลการคำนวณแสดงว่าขนาด Air Box ที่เหมาะสมต้องมีขนาดความจุไม่น้อยกว่า 579 ลิตร แต่ถ้าเลือกใช้แผ่นออริฟิตที่เล็กลงกว่าเดิมเพียง 20% หรือก็คือ 0.04 เมตรขนาดของ Air Box ที่เหมาะสมตามสมการที่ (5) จะคำนวณได้เท่ากับ

$$V_b = \frac{417 \times 10^6 \times 2^2 \times 0.04^4}{4 \times (2 \times 10^{-3}) \times 1500^2}$$

$$V_b = 0.237 \text{ m}^3$$

เมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณทั้งสองครั้งจะเห็นได้ชัดเจนว่าการลดขนาดออริฟิตเพียง 20% สามารถลดขนาด Air Box จาก 579 ลิตร เหลือเพียง 237 ลิตร และด้วยเหตุนี้เองที่ทำให้เกิดความเข้าใจผิดในการออกแบบขนาดของแผ่นออริฟิตและ Air Box กล่าวคือ มีการพยายามบ่อยครั้งในการใช้แผ่นออริฟิตขนาดเล็กลงเพื่อจะได้สร้าง Air Box ที่ขนาดเล็กลงเช่นกัน

การคำนวณเริ่มต้นโดยพยายามใช้แผ่นออริฟิตขนาดเล็กนั้นมีข้อควรระวังคือ การทำงานของ Air Box ต้องอยู่บนทฤษฎีพื้นฐานของเบอร์นูลีย์ ค่าที่ได้จากการคำนวณจะถูกต้องก็ต่อเมื่อสภาวะการไหลของอากาศเป็นไปตามกฎของเบอร์นูลีย์ ด้วย กล่าวคือ ต้องเป็นการไหลแบบอัดตัวไม่ได้ (Incompressible Flow) ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องจำกัดความเร็วของอากาศขณะไหลผ่านแผ่นออริฟิตให้ไม่เกิน 0.3 Mach [8] หรือประมาณ 110 m/s และหากคำนวณตามสมการที่ (1) โดยความเร็วอากาศภายนอก Air Box เท่ากับ 0 m/s และใช้น้ำเป็นของเหลวในมานอมิเตอร์จะได้ผลดังนี้

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2$$

$$\Delta P = \frac{1}{2}\rho V_2^2$$

$$\rho_i g h = \frac{1}{2}\rho V_2^2$$

$$h = \frac{1}{2g\rho_i}\rho V_2^2$$

$$h = \frac{1}{2(9.81)(1000)}(1.181)(110^2)$$

$$h = 0.728\ m$$

ผลการคำนวณแสดงว่าระดับน้ำในมานอมิเตอร์ขณะใช้งานต้องไม่ต่างกันมากกว่า 72.8 cm จึงจะถือได้ว่าอุปกรณ์ยังคงทำงานอยู่ภายใต้หลักการพื้นฐานได้อย่างถูกต้อง

จากข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นได้ว่าการออกแบบขนาดของ Air Box นั้นจะเกี่ยวข้องอยู่ 2 ส่วน คือ 1) ขนาด Air Box ต้องใหญ่เพียงพอเพื่อป้องกันระดับของเหลวในมานอมิเตอร์กระเพื่อมแต่ก็ต้องไม่ใหญ่จนมานอมิเตอร์อ่านค่าไม่ได้ และ 2) การเลือกขนาดของแผ่นออริฟิต ถ้าแผ่นออริฟิตมีขนาดใหญ่ ระดับน้ำในมานอมิเตอร์จะแตกต่างกันน้อยทำให้อ่านค่าได้ค่อนข้างยาก แต่ถ้าแผ่นออริฟิตมีขนาดเล็กเกินไป ระดับน้ำในมานอมิเตอร์ต่างกันเกิน 72.8 cm ก็จะผิดจากข้อกำหนด ดังนั้น การสร้างอุปกรณ์วัดชนิด Air Box จึงมีความซับซ้อนด้วยข้อจำกัดและการใช้งานในสภาวะต่างๆ

วิธีการสร้างอุปกรณ์การไหลชนิด Air Box ในหลายๆ กรณีจึงใช้วิธีสร้างถังขนาดใหญ่พร้อมด้วยแผ่นออริฟิตขนาดต่างๆ จำนวนมากและใช้วิธีลองผิดลองถูกซึ่งนับเป็นวิธีการที่ใช้งานได้แต่เกิดการสิ้นเปลืองโดยใช่เหตุและยังจะมีปัญหาการเลือกใช้เนื่องจากผู้ทดสอบไม่มีข้อมูลโดยสังเขป ดังนั้นบทความนี้จะขอนำเสนอแนวทางการคำนวณที่จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการสร้างแผ่นออริฟิต ดังนี้

1) ให้สมมติขนาดออริฟิตขึ้นมา 1 ค่า และใช้สมการที่ (5) ในการคำนวณหาขนาดของ Air Box โดยขนาดของ Air Box ควรมีขนาดประมาณ 500 เท่าของความจุเครื่องยนต์ชนิดสูบเดียว และประมาณ 100 เท่าสำหรับเครื่องยนต์ตั้งแต่สี่สูบขึ้นไป [9,10] ถ้า Air Box ที่คำนวณได้มีขนาดใหญ่เกินไปให้สมมติขนาดออริฟิตที่เล็กลง

ทั้งนี้เนื่องจาก ขนาดแผ่นออริฟิตมีผลกระทบแบบยกกำลังสี่ต่อขนาดของ Air Box ตามสมการที่ (5) แผ่นออริฟิตจึงต้องผลิตด้วยความละเอียดสูงกว่า Air Box มาก การกำหนดขนาดออริฟิตเพื่อคำนวณหาขนาด Air Box จะทำให้การสร้างชิ้นงานจริงง่ายกว่าการกำหนดขนาด Air Box แล้วคำนวณย้อนไปหาขนาดออริฟิต

2) เมื่อเสร็จขั้นตอนที่ 1 จะได้ขนาดเบื้องต้นของออริฟิตและ Air Box จากนั้น จำเป็นต้องตรวจสอบว่าขนาดออริฟิตที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 นั้นยังคงทำให้ความสูงของมานอมิเตอร์ไม่เกิน 72.8 cm ดังที่กล่าวไว้แล้วหรือไม่ โดยเริ่มจากการคำนวณหาค่าอัตราการไหลเชิงมวลโดยประมาณ ($\dot{m}_{est}$) ซึ่งสามารถทำได้ด้วยสมการที่ (6) โดยในขั้นตอนนี้ให้แทนค่า N ด้วย $N_{\min}$ และ η_v ด้วย 0.5 (เพื่อใช้ทดสอบในกรณีลิ้นปีกผีเสื้อเปิดแคบ)

$$\dot{m}_{est} = \eta_v \frac{\rho \times N \times V_s}{n_s \times 60} \qquad (6)$$

โดย $\dot{m}_{est}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลโดยประมาณ (kg/s)

N คือ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (rpm)

η_v คือ ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร

3) นำค่า $\dot{m}_{est}$ ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 แทนลงในค่า $\dot{m}$ ของสมการที่ (4) เพื่อหาค่า h ของมานอมิเตอร์ว่าอยู่ประมาณเท่าไร ถ้าค่า h ที่คำนวณได้ไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ให้ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 1 โดยทดลองปรับขนาดออริฟิตให้ใหญ่ขึ้นหรือเล็กลงทีละน้อยจนได้ทั้งขนาดความจุ Air Box และระดับน้ำในมานอมิเตอร์ที่เหมาะสม

4) เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนที่ 3 ก็จะได้ขนาด Air Box ที่แน่นอนพร้อมทั้งขนาดออริฟิตแผ่นแรก ที่ใช้ทดสอบในช่วงความเร็วรอบต่ำ ในกรณีที่ต้องการทดสอบเครื่องยนต์ที่รอบสูงๆ ขึ้นไป มีความจำเป็นที่จะต้องสร้างแผ่นออริฟิตขนาดใหญ่กว่าแผ่นแรกขึ้นมาเพิ่มเติม โดยวิธีการคำนวณยังคงใช้สมการที่ (6) เพื่อหาค่า $\dot{m}_{est}$ โดยในครั้งนี้ให้แทนค่า N ด้วยความเร็วรอบสูงสุดที่ต้องการทดสอบ และ η_v ด้วย 1 (เพื่อใช้ทดสอบในกรณีลิ้นปีกผีเสื้อเปิดกว้าง)

5) จากนั้นนำค่า $\dot{m}_{est}$ แทนค่าลงในค่า $\dot{m}$ ของสมการที่ (4) และกำหนดระดับความสูง h ของน้ำในมานอมิเตอร์ตามต้องการ ผลการคำนวณจะได้ค่า A หรือก็คือ ขนาดพื้นที่ของออริฟิตสำหรับการทดสอบที่รอบสูงสุด (ขนาดใหญ่ที่สุด) นั่นเอง เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนนี้ก็จะได้ขนาดแผ่นออริฟิตมา 2 ขนาด คือ ขนาดเล็กสุดและใหญ่สุด

6) ให้สมมติแผ่นออริฟิตที่มีขนาดอยู่ระหว่างสองแผ่นแรกเพิ่มขึ้นมาประมาณ 2 - 4 แผ่น โดยมีช่วงห่างเท่าๆ กัน ก็จะครอบคลุมทุกช่วงอัตราการไหล ทั้งนี้ จำนวนแผ่นออริฟิตที่จะต้องสร้างขึ้นเพิ่มเติมนั้นขึ้นกับความละเอียดที่ผู้ใช้งานต้องการ ซึ่งหากต้องการตรวจสอบช่วงการใช้งานของแผ่นออริฟิตแต่ละขนาด ก็สามารถใช้สมการที่ (6) และ (4) ได้เช่นเดิม

4. การติดตั้งอุปกรณ์วัดชนิด AirBox เข้ากับเครื่องยนต์

การติดตั้งอุปกรณ์ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ใดๆ เข้าไปขวางระบบประจุอากาศของเครื่องยนต์ย่อมส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์เปลี่ยนไปอย่างแน่นอน ดังนั้น การติดตั้งอุปกรณ์หรือเครื่องมือวัดที่ดีนั้นต้องพยายามทำให้การทำงานของเครื่องยนต์ใกล้เคียงรูปแบบเดิมมากที่สุด

การออกแบบลักษณะการไหลของอากาศในระบบประจุอากาศของเครื่องยนต์มีเทคนิคอยู่ 3 วิธีหลักๆ คือ 1) Inertial Ram Cylinder Charging 2) Wave Ram Cylinder Charging และ 3) Helmholtz Resonator Cylinder Charging

Inertial Ram Cylinder Charging เป็นการออกแบบท่อไอดีให้มีความยาวและพื้นที่หน้าตัดมีขนาดเหมาะสมกับความเร็วรอบที่ใช้งานเพื่อใช้ประโยชน์จากความเฉื่อยการไหลของไอดีในการประจุอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้

Wave Ram Cylinder Charging เป็นวิธีที่ใช้ประโยชน์จากการสั่นพ้อง (Resonance) ของคลื่นอากาศที่เกิดจากการดูดของลูกสูบ ซึ่งการออกแบบท่อไอดีที่มีความยาวเหมาะสมจะทำให้เกิดคลื่นความดันเสริมกันบริเวณลิ้นไอดีพอดี อากาศจะถูกประจุเข้ากระบอกสูบได้มากขึ้น

ส่วนวิธี Helmholtz Resonator Cylinder Charging เป็นการใช้กระเปาะทรงกลมที่มีปลายท่อยื่นออกมาดังแสดงในรูปที่ 2 กระเปาะทรงกลมนี้เปรียบได้กับท่อไอดีของเครื่องยนต์ เมื่อลิ้นไอดีเปิด คลื่นสุญญากาศจะเคลื่อนที่ออกมากระตุ้นอากาศในกระเปาะ ถ้าความเร็วรอบของเครื่องยนต์ตรงกับความถี่ธรรมชาติของอากาศในกระเปาะก็จะทำให้เกิดคลื่นความดัน (Pressure Wave) กลับเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ซึ่งในเครื่องยนต์จริงกระเปาะทรงกลมนี้จะอยู่ในรูปของ Resonating Volume ที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกดังแสดงในรูปที่ 2 [11]

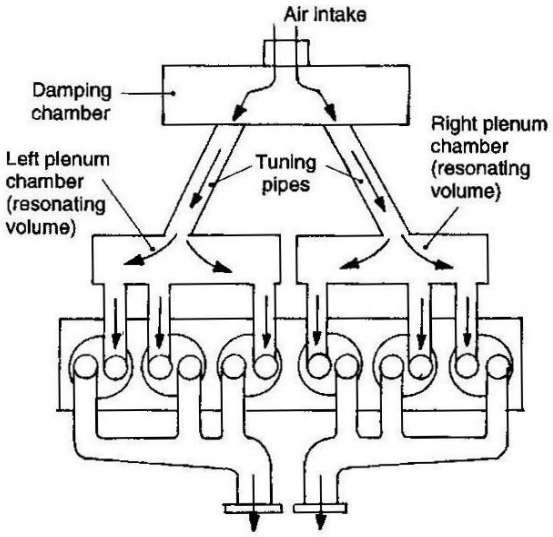
การติดตั้ง Air Box เข้ากับเครื่องยนต์ส่งผลทำให้การประจุอากาศแบบ Inertial Ram Cylinder Charging และ Wave Ram Cylinder Charging เปลี่ยนไปไม่มากนัก แต่จะส่งผลอย่างมากต่อวิธีการประจุอากาศแบบ Helmholtz Resonator Cylinder Charging เนื่องจาก Air Box มีลักษณะเป็น Resonance Volume อย่างชัดเจน ดังนั้น เพื่อให้อุปกรณ์ Air Box ส่งผล

กระทบต่อเครื่องยนต์น้อยที่สุด แนวทางการติดตั้ง Air Box จึงมีดังนี้

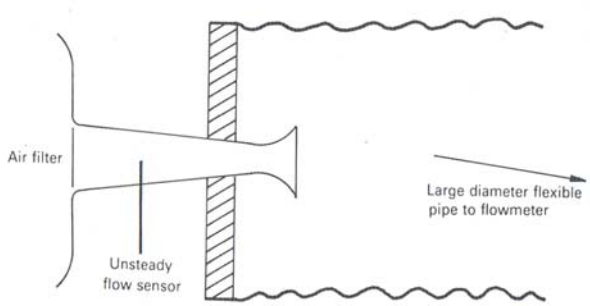
1) ท่อทางเดินอากาศระหว่าง Air Box มายังเครื่องยนต์ควรมีระยะสั้นที่สุดเท่าที่เป็นไปได้

2) ท่อทางเดินอากาศควรมีขนาดใหญ่ โค้งงอดัดตัวได้ พื้นผิวภายในมีลักษณะเป็นลูกคลื่นไม่เรียบ

3) ท่อดูดอากาศของเครื่องยนต์ควรติดตั้งในลักษณะสอดลึกเข้าไปในท่อทางเดินอากาศดังแสดงในรูปที่ 3 [10]



รูปที่ 2 ลักษณะเครื่องยนต์ที่มีการติดตั้ง Resonating Volume



รูปที่ 3 การติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับเครื่องยนต์

5. เอกสารอ้างอิง

[1] C. Poompipatpong and D. Choowichien, “A Comparative Experiment of Performance between Fumigation System and Injection System in a Natural Gas Dedicated Diesel Engine”, The Journal of Industrial Technology, 5 , 2009, pp. 1-8. (in Thai)

[2] C. Haoharn and C. Poompipatpong, “Effects of Injection Timings in an MPI Natural Gas Engine” The Journal of Industrial Technology, 6 , 2010, pp. 10-17. (in Thai)

[3] G.H. Choi, C. Poompipatpong, S. Koetniyom, Y.J. Chung, Y.H. Chang and S.B. Han, “Development and performance analysis of a Miller cycle in a modified using diesel engine”, Journal of Energy Engineering, 17, 2008, pp. 198-203.

[4] S.B. Han, Y.H. Chang, G.H. Choi, Y.J. Chung, C. Poompipatpong and S. Koetniyom, “Effect of the Intake Valve Timing and the Injection Timing for a Miller cycle engine”, Journal of Energy Engineering, 19, 2010, pp. 32-37.

[5] M.A. Jemni, G. Kantchev and M.S. Abid, “Influence of intake manifold design on in-cylinder flow and engine performances in a bus diesel engine converted to LPG gas fuelled, using CFD analyses and experimental investigations”, Energy, 36, 2011, pp. 2701-2715.

[6] K. Lee, C. Lee and Y. Joo, “Optimization of the intake port shape for a five-valve gasoline engine”, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, 215, 2001, pp. 739-746.

[7] H. Zhao and N. Ladammatos, Engine Combustion Instrumentation and Diagnostics, SAE International, 2001.

[8] J. D. Anderson, Fundamentals of Aerodynamics, McGraw-Hill, 3rd Edition, 2007.

[9] V. Ganesan, Internal Combustion Engines, TATA McGraw-Hill, 4th Edition, 2005.

[10] C.R. Stone, Introduction to Internal Combustion Engines, SAE International, 2nd Edition, 1995.

[11] H. Heinz Advanced Engine Technology, SAE International, 1995.