

พฤติกรรมเสียงของอุปกรณ์ลดเสียงความถี่สูงแบบ Helmholtz Acoustical Characteristic of Helmholtz Resonator at High Frequency

อัครเดช สินธุภักดิ์ ,จำลอง ปรามแก้ว และ ปราโมทย์ เรืองฤทธิ์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร 10520

โทร (02)326-9987 ,โทรสาร (02)326-9053,E-Mail : Ruangrit.Pramot@kmitl.ac.th

Akradech Sindhuphak ,Chamlong Prabkeao and Pramot Ruangrit

Department of Mechanical Engineering , Faculty of Engineering ,

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Bangkok 10520 ,Thailand

Tel:(662)326-9987, Fax: (662)326-9053

บทคัดย่อ

บทความนี้แสดงพฤติกรรมการลดเสียงโดยใช้ Helmholtz Resonator ที่สามารถปรับปริมาตรได้ ซึ่งนำมาติดตั้งเข้ากับผนังท่อกลม และท่อสี่เหลี่ยม เพื่อหาค่าการลดเสียงในช่วงความถี่ต่างๆกัน สมการ Transmission loss ได้มาจากทฤษฎีพื้นฐานมิติเดียว โดยคำนวณหาค่า Transmission loss(TL) เปรียบเทียบกับผลการทดลอง เมื่อมีและไม่มีความเร็วลมที่อุณหภูมิห้อง จากการทดลองพบว่าปริมาตรของ Helmholtz Resonator มีพฤติกรรมต่อเสียงที่ลดลง ซึ่งปริมาตรน้อยจะทำให้ความสามารถการลดเสียงได้ในช่วงความถี่สูง ส่วนปริมาตรมากสามารถลดเสียงได้น้อยลง แต่ช่วงความถี่ในการลดเสียงกว้างขึ้น

Abstract

This paper indicates the acoustic characteristic of noise reduction. The Helmholtz Resonator can be adjust volume and located on the wall of circle duct and square duct which are used for attenuation the noise of particular frequency regions. The transmission loss equation derived from one- dimensional theory. The calculated of transmission loss(TL) characteristic

is compassion between experiment with and without velocity flow at room temperature. The result of experiment found that volume of Helmholtz Resonator has the acoustic characteristic of noise reduction. Less volume can reduce noise at high frequency and high volume makes more band width at frequency of noise reduction.

1.บทนำ

เสียงรบกวน หมายถึงเสียงที่เราไม่ต้องการได้ยินนั่นเอง จะมีโทษมากกว่าผลดี และทำให้มนุษย์เกิดความรำคาญ,ความดันโลหิตสูง,เกิดความเหนื่อยล้า มีผลทำให้หัวใจผิดปกติ และประสิทธิภาพในการทำงานลดลง เสียงจะเคลื่อนที่ใน ลักษณะรูปคลื่น ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปได้ทั้งในอากาศ,ของแข็ง และของเหลว เป็นเสียงที่เกิดขึ้นซ้ำๆกัน จะส่งผ่านระบบท่อ คลื่นเสียงจะถูกขนส่งจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง และผ่านออกไปยังปลายท่อ ในบทความนี้ใช้ Helmholtz Resonator เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งเข้ากับผนังของท่อ เพื่อจำกัดเสียงให้ลดน้อยลงก่อนที่จะเสียงจะผ่านไปยังปลายท่อ จากการศึกษาค้นคว้าวิจัยการลดเสียงนี้สามารถเลือก Helmholtz Resonator ไปใช้ในช่วงความถี่ที่ต้องการ

เลือก Helmholtz Resonator ไปใช้ในช่วงความถี่ที่ต้องการได้

2. ทฤษฎีการคำนวณ

ในการพิจารณาทางทฤษฎี อ้างถึง One - dimensional sound waves ส่งผ่านท่อ Ducts ไม่มีการเปลี่ยนพื้นที่หน้าตัด (Cross - Sectional Area) และ Resonator ซึ่งเงื่อนไขในการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงมีอยู่สองเงื่อนไข คือ ประการแรก เงื่อนไขของความดัน และประการสองเงื่อนไขของความเร็ว ในการพิจารณาเกี่ยวกับการป้องกันเสียงสะท้อน

$$Z_o = \frac{\text{Pressure}}{\text{Volume Velocity}} = \frac{P}{U}$$

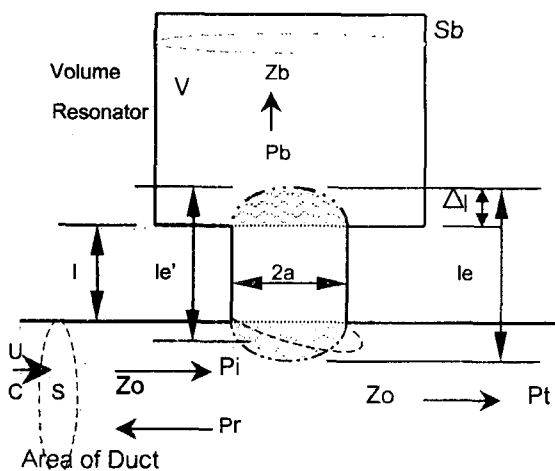
$$= \frac{p}{S \cdot u} = \frac{z}{S} \quad (1)$$

เนื่องจากต้องขึ้นกับ Cross -Sectional Area ดังนั้น Total Acoustic power ที่ประกอบอยู่ใน Plane Wave จะเป็น

$$W = I \times S = (\bar{p}^2 / \rho c) \times S = \bar{p}^2 / Z_o \quad (2)$$

2.1 Helmholtz Resonator

Helmholtz Resonator เป็นเรื่องที่หน้าสนใจ จะประกอบด้วย Volume โดยเชื่อมต่อระหว่างท่อกลมเล็กๆ เข้ากับท่อ ที่ความยาว l เมื่อมีความดันเสียง และความเร็วลมจะทำให้ Connector length เปลี่ยนไป



รูปที่ 1 Schematic diagram of Helmholtz Resonator

ดังนั้นสมการ Transmission loss without flow จะได้

$$TL = 10 \log \left[1 + \left(\frac{Z_o^2}{4Xb^2} \right) \right] \quad (3)$$

และสมการ Transmission loss with flow หาได้จาก

$$TL = 10 \log \left[\frac{\left\{ M(1 + M)^2 + \left(\frac{Xb}{Z_o} \right)^2 \right\}^2 - \frac{(1 - M)^4}{4} \left(\frac{Xb}{Z_o} \right)^2}{\left\{ 4M^2 + \left(\frac{Xb}{Z_o} \right)^2 \right\}^2} \right] \quad (4)$$

เมื่อ M คือ Mach number

$$\text{เมื่อ } \frac{Xb}{Z_o} = S_o \left(\frac{f}{f_r} - \frac{f_r}{f} \right) \sqrt{\frac{l_e}{S \cdot V}} \quad (5)$$

และ ความถี่ resonance จะได้

$$f_r = \frac{C}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{V \cdot l_e}} \quad (6)$$

และ $l_e = l + \beta d$

เมื่อ Z_o คือ Characteristic Impedance

β คือ coefficient ของ Connector length

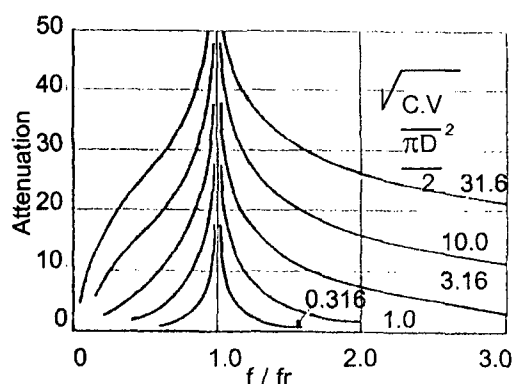
C คือ Sound velocity

S คือ Cross - Sectional Area ของ Connector

S_o คือ Cross - Sectional Area ของ Ducts

V คือ Volume ของ Resonator

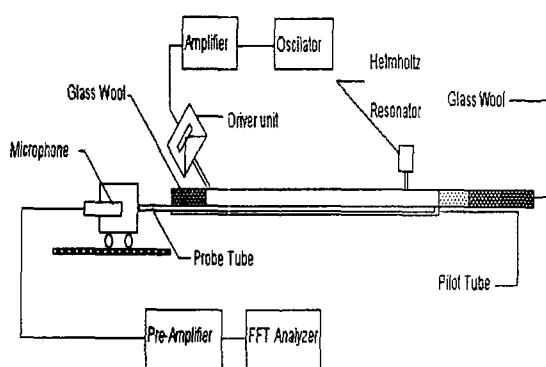
l_e คือ effective length ของ Connector



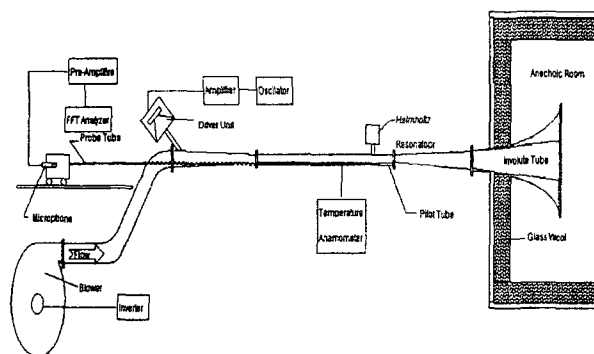
รูปที่ 2 Attenuation values for Helmholtz Resonator

Transmission loss ที่คาดการณ์เอาไว้จะขึ้นไปถึงค่าอนันต์(rises to infinity) ณ.ความถี่ Resonant $f / f_r = 1$ ถ้า effective length ของความยาว l ไม่สั้นเพียงพอเมื่อเปรียบเทียบกับความยาวคลื่นเสียง

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3 อุปกรณ์ทดลองสำหรับ without flow



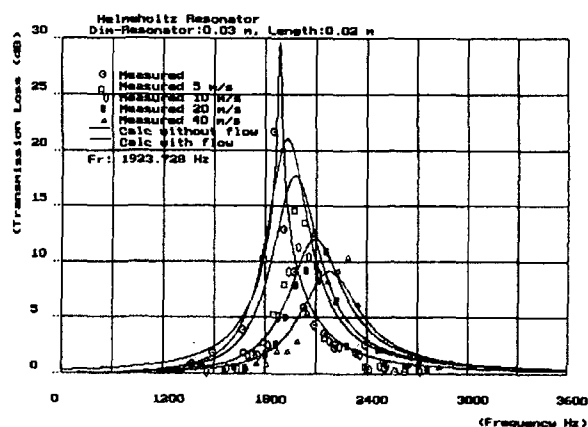
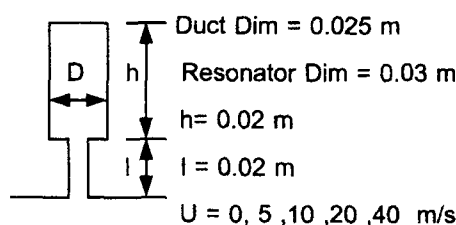
รูปที่ 4 อุปกรณ์ทดลองสำหรับ With flow

4. วิธีการทดลอง

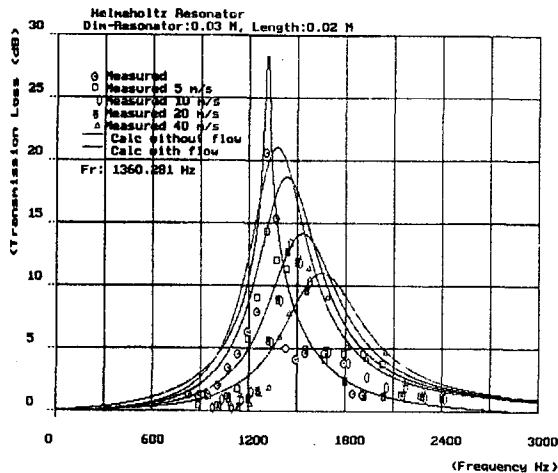
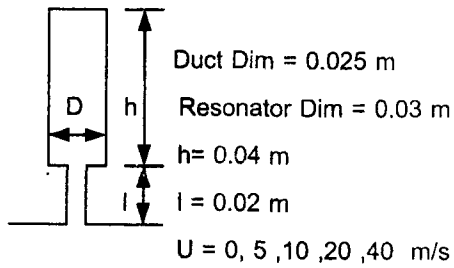
จากรูปที่ 3 และ 4 เมื่อสัญญาณเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง Oscillator ผ่าน Amplifier ขยายสัญญาณเสียง และผ่าน Driver Unit ส่งคลื่นเสียงเข้าไปในระบบท่อ ซึ่งจะมีเสียงเกิดขึ้นที่ความถี่นั้นในระบบท่อ จากนั้นใช้ Microphone วัดสัญญาณเสียงผ่าน Probe-tube โดยวัดค่าก่อนตำแหน่งหน้า Resonator และตำแหน่งหลัง Resonator โดยอ่านค่าจาก FFT Analyzer ซึ่งจะแปลงสัญญาณความดันเสียง บันทึกผลการทดลองเป็นหน่วยเดซิเบล (dB) และทำการเปลี่ยนค่าความถี่ที่ Oscillator หลายๆ ความถี่ และนำข้อมูลที่ได้มาปรับแก้โดยใช้ทฤษฎีของ Davis curve เมื่อได้ค่าที่ถูกต้องแล้วจึงนำข้อมูล TL มา Plot กราฟเปรียบเทียบกับทฤษฎี Transmission loss(TL)

5. ผลการทดลอง

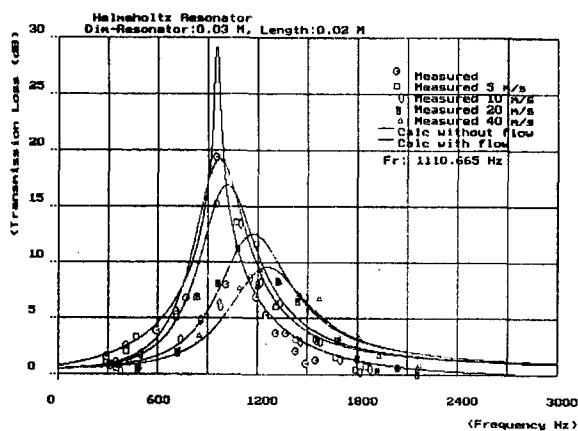
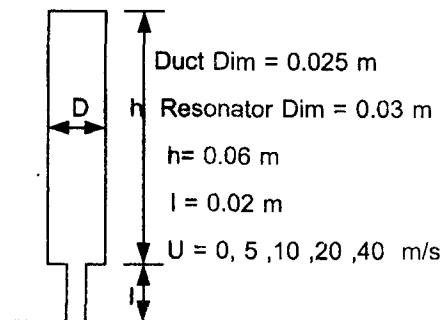
รูปที่ 5,6,7,8,9 และ 10 แสดงผลการทดลองพฤติกรรมเสียงของอุปกรณ์ลดเสียง Helmholtz Resonator โดยใช้ท่อนำเสียงแบบกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.025 m และท่อนำเสียงแบบสี่เหลี่ยม 0.025 m x 0.025 m โดยใช้ Resonator เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.03 m ซึ่งจะ Vary ความถี่ 400 ~ 3000 Hz



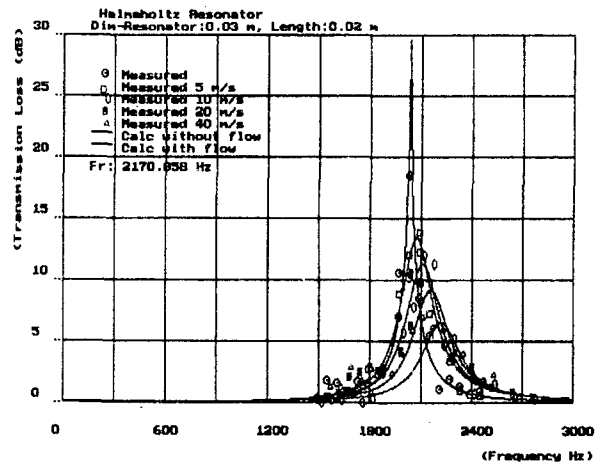
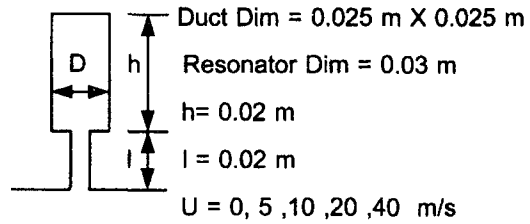
รูปที่ 5 แสดงพฤติกรรมผลการลดเสียง without flow และ with flow สามารถลดเสียงความถี่ 1923.729 Hz



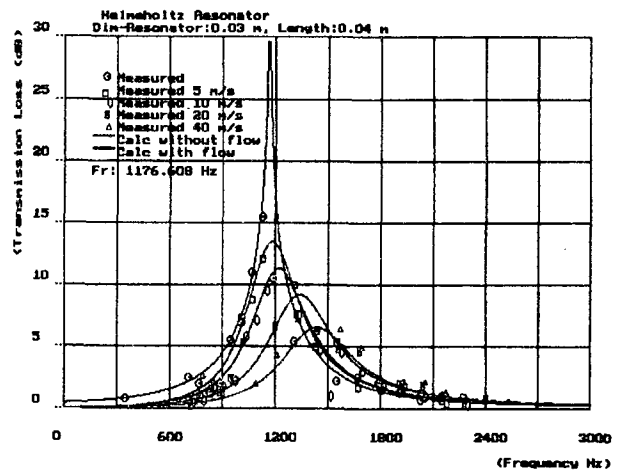
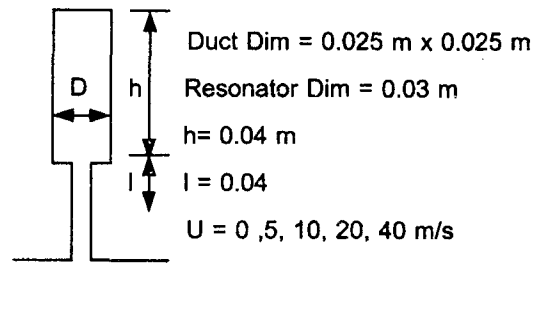
รูปที่ 6 แสดงพฤติกรรมของการลดเสียง Without flow และ with flow สามารถลดเสียงความถี่ 1360.28 Hz



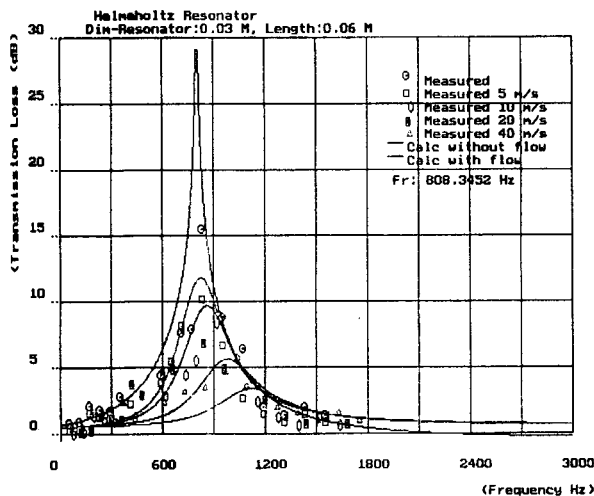
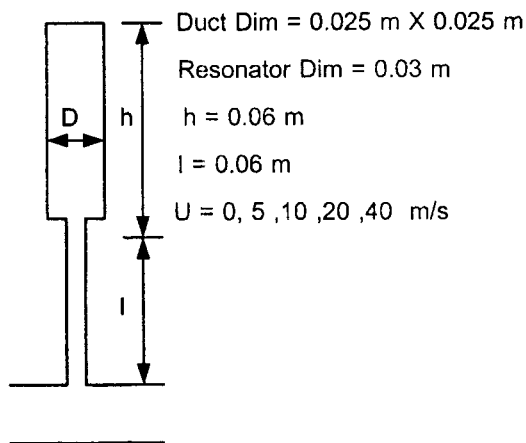
รูปที่ 7 แสดงพฤติกรรมของการลดเสียง without flow และ with flow สามารถลดเสียงความถี่ 1110.665 Hz



รูปที่ 8 แสดงพฤติกรรมของการลดเสียง without flow และ with flow สามารถลดเสียงความถี่ 2170.858 Hz



รูปที่ 9 แสดงพฤติกรรมของการลดเสียง Without flow และ with flow สามารถลดเสียงความถี่ 1176.608 Hz



รูปที่ 10 แสดงพฤติกรรมการลดเสียง without flow และ with flow สามารถลดเสียงความถี่ 808.345 Hz

จากรูปที่ 5,6,7 แสดงการลดเสียงโดยใช้ท่อนำเสียงแบบกลม และ รูปที่ 8,9,10 แสดงการลดเสียงโดยใช้ท่อนำแบบสี่เหลี่ยม ใช้ Helmholtz Resonator เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.03 m จากผลการทดลองซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี Transmission loss เมื่อ Volume ของ Helmholtz Resonator น้อยจะสามารถลดเสียงได้ในช่วงความถี่สูง ส่วน Volume ของ Helmholtz Resonator มากจะลดเสียงในช่วงความถี่ได้กว้างขึ้น เมื่อมีความเร็วลมมากๆ การลดเสียงจะน้อยลง สำหรับท่อนำเสียงแบบสี่เหลี่ยม Volume และ Connector length ของ Resonator น้อยจะทำให้การลดเสียงในช่วงความถี่ที่แคบกว่าท่อนำเสียงแบบกลม

6. สรุปผลและวิจารณ์

จากการวิจัยพฤติกรรมการลดเสียงโดยใช้อุปกรณ์ลดเสียงแบบ Helmholtz Resonator สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

6.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมการลดเสียงของ Helmholtz Resonator ว่าสามารถลดเสียงในช่วงความถี่ต่างๆ กันได้จากผลการทดลองลดเสียงเป็นไปตามทฤษฎี Transmission loss (TL)

6.2 Volume ของ Helmholtz Resonator น้อยๆ จะสามารถลดเสียงได้ในช่วงความถี่สูง และ Volume ของ Helmholtz Resonator มากจะสามารถลดเสียงในช่วงความถี่ได้กว้างขึ้น

6.3 Connector length ยาวจะสามารถลดเสียงได้ช่วง band width ความถี่มากกว่า Connector length สั้น

6.4 ท่อนำเสียงแบบกลมสามารถลดเสียงได้ดีกว่าท่อนำเสียง

แบบสี่เหลี่ยม

6.5 เมื่อมีความเร็วลมมากๆ จะทำให้การลดเสียงน้อยลง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Don D.Davis,Jr.,George L.Stevens,Jr.,Dewey Moore and George M .Stokes, " Theoretical and measured attenuation of mufflers at room temperature without flow , with comments on engine-exhaust muffler design" , NACA Technical Note,2893 ,1954,pp.1-111
- [2] Harold W.Lord,William S. Gattley,Harod A. Evenson " Noise Control for Engineers" McGraw – Hill Book Company, 1980
- [3] David A. Bies and Colin H.Hansen " Engineering Noise Control " E&FN Spon an Imprint of chapman & Hall ,1996
- [4] M.O.Tokhi,R.R.Leitch " Active Noise Control " Published in the United States by Oxford University ,1992
- [5] Leo L. Beranek " Noise Reduction " McGraw – Hill Book Company ,Co.,Inc,1960
- [6] บุญชัย ศิลปกิจวงษ์กุล "สมรรถนะของเครื่องลดเสียงชนิด Helmholtz " สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2542