

연료전지용 재생형 송풍기를 위한 소음기 해석연구

Analysis of a muffler attached to a regenerative blower for fuel cell application

이광영† · 김준곤* · 길현권* · 이찬* · 정경호** · 황상문***

Kwang Yeong Lee, Jun Kon Kim, Hyun Gwon Kil, Lee Chan, Kyung Ho Chung and Sang Moon Hwang

1. 서 론

연료전지의 활용을 산업현장에서 다양하게 적용되고 있으며, 지게차의 경우에도 기존 납축전지를 방식의 충전시간, 운행시간 등 단점을 보완하고자 연료전지의 활용의 필요성이 대두 되고 있다. 연료전지 시스템은 높은 압력의 공기를 필요로 하기 때문에 재생형 송풍기가 적합하나 소음이 크다는 단점이 있다. 저자를 포함한 본 연구팀은 저소음 재생형 송풍기를 개발하여오고 있으며⁽¹⁾, 보다 소음을 저감시키기 위해 소음기 설계가 필수적으로 요구되고 있다.

본 연구에서는 일차적으로 개발된 저소음 재생형 송풍기에 적합한 소음기를 설계 연구를 수행하였다. 연구결과로서 저소음 재생형 송풍기에 적합한 소음기 설계안을 제시하였다.

2. 소음기 해석

2.1 소음기 이론

(1) 투과손실⁽²⁾

음향요소만의 에너지 손실을 표현하는 것으로서 음향요소의 입·출구 사이의 음압차를 dB로 나타낸다. 소음기 요소로 입사하는 음의 파워레벨(L_{wi})과 투과음의 파워레벨(L_{wt})의 차로서 다음 식(1)과 같

이 정의할 수 있다.

$$TL = L_{wi} - L_{wt}$$

$$= 10 \log \left| \frac{\text{Incident Power}}{\text{Transmitted Power}} \right| = 10 \log \left| \frac{W_i}{W_t} \right|$$

$$\begin{cases} W_i : \text{입구측에너지} \\ W_t : \text{출구측에너지} \end{cases} \quad (1)$$

(2) 전달행렬⁽³⁾

Fig.1과 같은 격판이 있는 다공형 소음기의 경우, 공극부분과 이러한 공극부분을 연결하는 직관부분으로 나눌 수 있다. 각 연결부에서 압력과 체적속도가 연속조건을 이용하면 다음 식(3)과 같이 4단자 전달행렬을 구할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} P_2 \\ U_2 \end{bmatrix} = [F]_1 [F]_N [F]_2 \begin{bmatrix} P_1 \\ U_1 \end{bmatrix} = [F] \begin{bmatrix} P_1 \\ U_1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$[F]_1$ 은 첫 번째 소음기의 4단자정수를 나타내고 $[F]_2$ 는 두 번째 소음기의 4단자 정수이며 $[F]_N$ 은 소음기와 소음기를 연결시켜 주는 직관을 나타내는 전달행렬이다.

투과손실은 위의 전달행렬 관계식으로부터 다음 식(4)과 같이 구할 수 있다.

$$TL = 20 \log \left[\frac{1}{2} |F_{11} + Z_2^{-1} F_{12} + Z_1 F_{21} + F_{22}| \right] \quad (4)$$

여기서 Z_1 과 Z_2 는 입구와 확장부분의 임피던스에 해당한다.

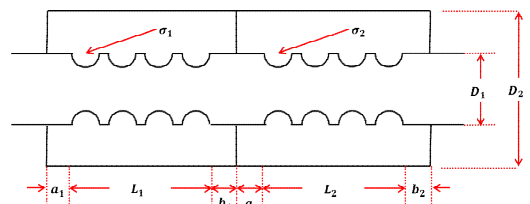


Fig. 1 Perforated muffler with a partition

† 교신저자; 이광영, 수원대학교
E-mail : kylee87@hanmail.net
Tel : 01062697226 , Fax : 0312202527

* 수원대학교
** 황해전기
*** (주)프로파워

3. 수치해석 및 결과

3.1 소음기 이론해석 검증

소음기 관련 이론식을 검증하기 위해 표의 제원을 갖는 소음기의 TL값에 대한 해석값과 문헌(3)에서의 실험값과의 비교를 하였다.

Table 1 Reference muffler and its dimensions

Case	Dimensions (mm)
Muffler	$D_2=120$
Perforated tube 1	$D=20, d_h=3, t=1.65, a_1=9, b_1=2, L_1=87$
Perforated tube 2	$D=20, d_h=3, t=1.65, a_2=9, b_2=2, L_2=87$

Fig.3으로부터 이론식을 바탕으로 본 연구에서 계산한 값이 측정값과 유사한 경향을 보이는 것을 확인할 수 있다.

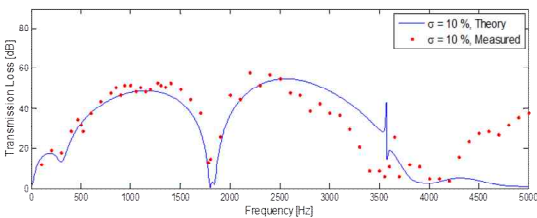


Fig. 3 Comparison of the measured value and the theoretical value for TL

3.2 소음기 모델 제안

본 연구에서 개발된 저소음 송풍기로부터 측정된 소음스펙트럼은 다음과 같다.

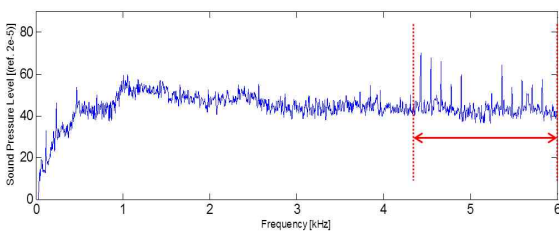


Fig. 4 Noise spectrum

측정된 소음특성은 광대역 주파수 소음과 약 4300Hz 이상의 이산주파수 소음이 발생함을 알 수 있다. 본 연구에서는 주로 1kHz ~ 6kHz 대역에서 투과손실 성능을 발휘하는 소음기 모델을 고려하였다.

본 연구에 제안되는 소음기모델의 제원은 격판의 위치가 1/3에 위치하고 공동의 직경 $D_2 = 75mm$, 다공관의 직경 $D_1 = 20mm$, 공극의 구멍 $d_h = 3mm$, 공극과 공극 사이의 거리 $\Delta d = 6.28mm$, 다공률 $\sigma_1 = \sigma_2 = 17.91\%$ 이다. 이러한 모델에 대한 투과손실 성능은 다음 Fig.5 와 같다.

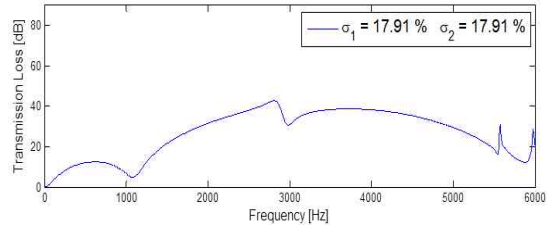


Fig. 5 Transmission loss of a proposed muffler

3. 결 론

본 연구에서는 지게차용 연료전지 시스템의 재생형 송풍기의 소음을 저감하기 위한 소음기 설계를 수행했다. 본 연구에서는 재생형 송풍기용 소음기 개발을 위한 기초연구로 수행되었으며, 흡음재를 포함한 보다 실제적인 모델 개발을 위하여 상용프로그램인 ACTRAN을 활용 및 최적화 설계에 대한 확장연구가 필요하다고 사료된다.

후 기

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20123010030020)

참고문헌

- (1) 김준근, 이광영, 이찬, 길현권, 정경호, 황상문, 2014, “연료전지용 저소음 재생형 송풍기의 개발”, 한국유체기계학회 v.17, no.2, 2014
- (2) M.L.Munjaj,1987, Acoustics of ducts and mufflers, John Wiley & Sons
- (3) 방극호, “다공관 소음기의 투과손실에 관한 실험적 연구”, 국민대학교 박사학위 논문