

연료전지용 재생형 송풍기를 위한 다공형 소음기 설계

Design of a perforated muffler attached to a regenerative blower for fuel cell application

이광영† · 서경휘* · 전관호* · 길현권* · 이찬* · 황상문**

Kwang Yeong Lee, Kyeong Hwi Seo, Kwan Ho Jeon, Hyun Gwon Kil, Lee Chan 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 일차적인 소음기 설계로 상용화를 고려하여 제작이 보다 쉽고 단순한 형태의 소음기로 요구 성능을 발휘할 수 있는 설계안을 제시하고자 한다.

2. 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 같이 정의할 수 있다.

$$TL = L_{wi} - L_{wt} = 10 \log \left| \frac{\text{Incident Power}}{\text{Transmitted Power}} \right| = 10 \log \left| \frac{W_i}{W_t} \right|$$

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

* 수원대학교
** (주)프로파워

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

(2) 전달행렬⁽³⁾

본 논문에서 고려하는 다공형 소음기 (Fig.1)에서 소음기의 음원단과 출구단의 압력($P_{1,2n}, P_{1,1}$) 과 체적속도($U_{1,2n}, U_{1,1}$)와의 관계로 식(2)과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} P_{1,2n} \\ U_{1,2n} \\ P_{2,2n} \\ U_{2,2n} \end{bmatrix} = [G_n] \prod_{j=1}^{n-1} [H_j][G_j] \begin{bmatrix} P_{1,1} \\ U_{1,1} \\ P_{2,1} \\ U_{2,1} \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서 ($P_{2,2n}, U_{2,2n}$)과 ($P_{2,1}, U_{2,1}$)은 확장관 양 끝단에서의 압력과 체적속도를 나타낸다. 그리고 $[H_j]$ 와 $[G_j]$ 는 각각 직관부분과 공극부분의 전달행렬을 의미한다.

Fig.1의 확장관 임피던스를 고려하면, 식(2)는 식(3)과 같이 소음기 음원단과 출구단의 압력과 체적속도에 대한 전달행렬 $[F]$ 로 이용하여 표현할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} P_{1,2n} \\ U_{1,2n} \end{bmatrix} = [F] \begin{bmatrix} P_{1,1} \\ U_{1,1} \end{bmatrix} \quad (3)$$

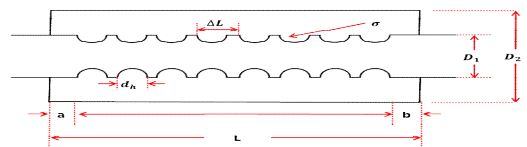


Fig. 1 Perforated muffler

3. 다공형 소음기 분석

다공형 소음기의 투과손실 특성은 관의 음향모드 및 공극에 의한 공명현상과 확장관에 의한 영향의 복합된

현상으로 나타나게 된다. 다공률이 낮을 때는 음향모드에 의한 영향과 중·고주파수에서의 공극률에 의한 영향을 명확히 구분 할 수 있다.(Fig.2a) 그러나 다공률을 높이면, 이 같은 주파수 대역에서 두 영향의 복합된 형태로 상대적으로 높은 TL값이 형성된다.(Fig.2b) 그리고 다공률이 보다 커질수록 이러한 높은 TL값을 나타내는 현상은 고주파수로 이동하게 되면 해당 주파수 이하 영역에서는 단순확장관의 TL특성을 보이고 있음을 알 수 있다.(Fig.2c) 이런 특성을 이용하여 원하는 주파수 대역에서 큰 TL값이 형성 되도록 관의 길이와 다공률을 구할 수 있다.

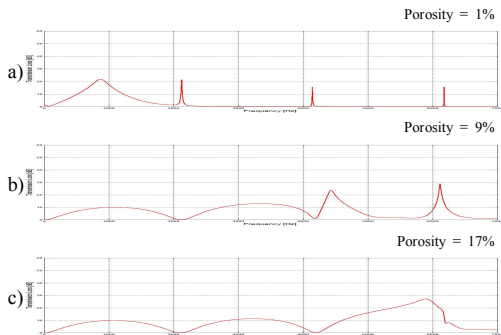


Fig. 2 Effect of porosity on transmission loss for a muffler

4. 소음기 모델 제안

본 연구에서 개발된 저소음 송풍기로부터 측정된 소음스펙트럼은 Fig.3과 같다.

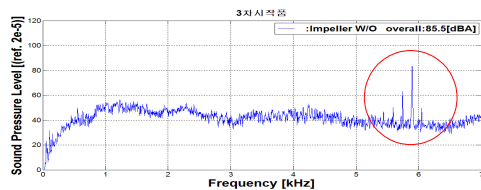


Fig. 3 Noise spectrum

측정된 소음특성은 광대역 주파수 소음과 약 5800Hz 주변에서 이산주파수 소음이 발생함을 알 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 주 소음원으로 판단되는 5800Hz대역에서 투과손실 값이 크게 형성되는 소음기 모델을 고려하였다.

본 연구에 제안하는 소음기모델의 제원은 관통형 다공관 소음기로서 다공관의 직경 $D_1 = 26mm$, 확장관의 직경 $D_2 = 60mm$, 구멍의 지름

$d_h = 2mm$, 다공률 $\sigma = 17\%$ 로 고려하였다. 이러한 소음기 모델을 송풍기에 부착하는 경우, 예상되는 소음 주파수 특성은 Fig.4와 같다. 이 결과로부터 주된 소음 원인인 5800Hz 부근의 이산주파수 소음을 효과적으로 저감할 수 있으며 소음기 부착 전 84dB의 소음은 72dB로 저감되게 된다.

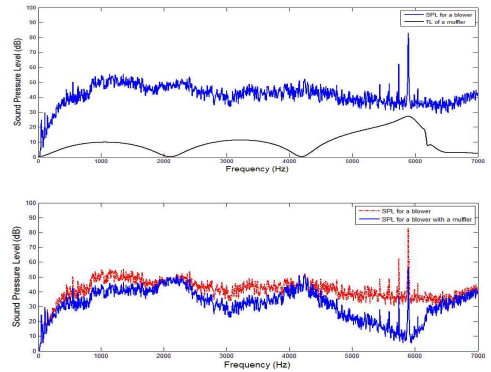


Fig. 4 Performance of designed muffler

5. 결론

본 연구에서는 물류운반차용 연료전지 시스템의 재생형 송풍기 소음을 저감하기 위한 소음기 개발을 위한 기초연구로 수행하였다. 그리고 흡음재를 포함하여 보다 더 소음 저감을 위해 현재 연구가 진행 중에 있다.

후 기

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

참고문헌

- (1) 김준곤, 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