

박용엔진 배기소음기 개발 및 실선 적용 연구

Design and Application of Exhaust Silencer for Ships

황성목† · 이보하* · 최충영* · 권혁*

Sungmok Hwang, Bo-Ha Lee, Choongyoung Choi and Hyuk Kwun

Key Words : Silencer, Exhaust noise, Resonator

ABSTRACT

This study deals with design and application of silencer to reduce the exhaust noise, especially at the low frequency range below 200 Hz which is main contribution for the bridge wing noise and the external noise of ships. The designed silencer is composed of side branch resonator, Helmholtz resonator and absorbing material. The resonating frequencies of resonators are set to be the firing order frequencies of the generator engine. Based on the on-board measurement result, it is verified that the designed silencer can effectively reduce the exhaust noise of generator engine.

1. 서 론

International Maritime Organization(IMO) 규정에 따르면, 선박의 운항 시 Bridge wing(BW) 소음은 70 dBA를 넘지 않도록 되어 있다⁽¹⁾. BW의 주요 소음원은 발전기 엔진과 주기관 엔진의 배기 소음, 주변 Fan 소음 등이다. 특히 발전기 엔진의 점화 주파수 성분은 저주파 대역으로 배기계 토출구가 위치한 Funnel top과 BW 사이의 거리에 따른 감음량이 적어 BW 소음을 증가시키는 주 원인이 된다. 또한, 최근 들어 엔진 배기 소음으로 인한 선외 작업 구역의 소음 문제, 항구 정박 시 항구 주민의 민원 발생 문제 등이 대두 되고 있으며, 이로 인해 각 항구마다 정박 시 소음 규제가 강화되고 있고 선박 발주 시 선외 소음 기준을 계약조건으로 요구하고 있는 추세이다.

엔진의 배기 소음을 저감하기 위하여 기본적으로 배기계 중간에 소음기(Silencer)가 설치되나, 기존의 소음기는 설치 및 공간 등의 제약 조건으로 인해 내부에 흡음재를 충진한 흡음형 소음기가 주로 사용된다. 흡음재로는 Mineral wool이 주로 사용되

는데, 약 250 Hz 이상의 중고주파 영역의 소음을 저감시키는 데 효과적이거나 발전기 엔진의 점화주파수 성분(약 200 Hz 이하)의 소음 저감에는 효과가 미미하다. 따라서 BW 및 선외 구역의 주 소음원인 발전기 엔진의 저주파 대역 점화주파수 성분을 저감시키기 위한 새로운 접근이 필요하다.

2. 배기소음기 설계

2.1 목표 저감 주파수 설정

발전기 엔진 소음의 주요 성분은 엔진 점화 주파수로서 엔진 분당 회전수(RPM)와 실린더 수에 따라 수식 (1)과 같이 결정된다.

$$f_n = \frac{RPM}{60} \times \frac{1}{2} \times N \times n \quad \text{수식 (1)}$$

여기서 f_n 은 n -차 점화 주파수이고, N 은 엔진의 실린더 개수이다.

Figure 1은 기존 흡음형 소음기가 장착된 선박의 시운전 중 BW에서 측정한 소음 특성으로, 소음의 전체 크기 및 1/3 옥타브 주파수 대역별 기여도를 나타낸다. 200Hz 이하 저주파 대역의 엔진 점화 주파수 성분이 BW 소음에 가장 크게 기여함을 확인 할 수 있다. 따라서 효과적인 BW 소음 저감을 위해 200Hz 이하 저주파 대역에서 수식 (1)과 같이 정의된 엔진의 점화 주파수 성분을 저감할 수 있는 소음기 설계가 필요하다.

† 교신저자; 정회원, 삼성중공업㈜ 조선해양연구소

E-mail : sungmok.hwang@samsung.com

Tel : 055-630-5904, Fax : 055-630-8061

* 삼성중공업㈜ 조선해양연구소

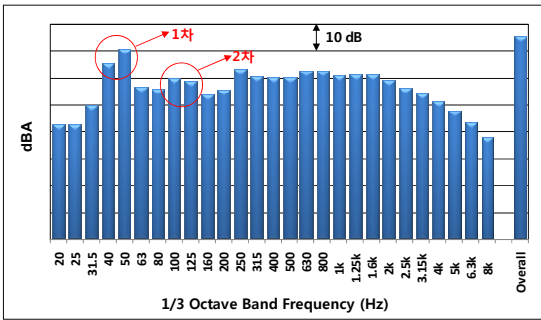


Figure 1 Characteristics of noise measured at BW during sea trial.

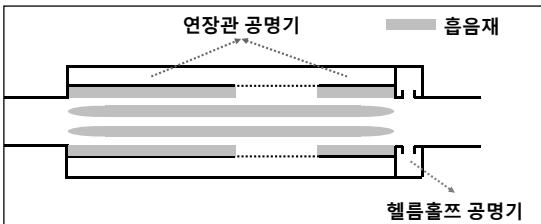


Figure 2 Schematic diagram of the developed exhaust silencer.

2.2 기본 설계안

저주파 엔진 소음 중 가장 주요한 엔진 점화 주파수 성분을 연장관 공명기(Side branch resonator)와 헬름홀츠 공명기(Helmholtz resonator)로 구성된 소음기 내부 구조를 이용하여 저감시키는 것이 개발 소음기 설계의 핵심이다⁽²⁾. Figure 2는 개발 소음기의 기본 설계안을 나타낸다. 공명기의 공명 주파수를 수식 (1)의 점화 주파수 성분과 일치하도록 소음기 내부 설계 파라미터들을 설정하여 점화 주파수 성분 소음을 저감할 수 있다.

연장관의 1차 공명 주파수는 기본적으로 연장관의 길이가 1/4 파장이 되는 주파수에서 결정되며, 연장관의 특성상 1차 공명 주파수의 홀수 배에 해당하는 주파수 역시 공명 주파수가 되어 소음 저감 효과를 기대할 수 있다. 헬름홀츠 공명기는 연장관 공명기와는 달리 단일 공명 주파수에서만 소음 저감 효과가 있다.

중고주파 소음 성분을 저감하기 위해 소음기 내부는 기존 소음기와 같이 흡음재를 충전하였다.

3. 실선 적용 및 검증

개발 소음기를 대형 컨테이너선(14100 TEU)에 장착 후 시운전 중 계측을 통해 저감 성능을 검증하였다. Figure 3은 소음기 전·후 배기관 내부에서

계측한 Sound Pressure Level(SPL)과 소음기 전·후 SPL의 차이인 Noise Reduction(NR)을 1/3 옥타브밴드 대역 별로 나타내었다. 회색으로 표시된 주파수 대역은 소음기 설계 시 설정한 목표 주파수 대역을 나타낸다. 목표 주파수 이하 대역에서는 소음기 전·후 SPL 차이가 미미하나, 목표 주파수 대역에서는 그 차이가 명확함을 확인할 수 있다. 또한, 목표 주파수 대역이 포함된 1/3 옥타브밴드 대역(80~160 Hz)에서 NR이 증가함을 확인할 수 있다.

4. 결론

선박 발전기 엔진의 배기소음을 효과적으로 저감하기 위한 소음기를 설계하여 실선에서 그 성능을 검증하였다. 이로써 선박의 BW 소음 및 선외 소음 저감이 기대된다.

참고 문헌

- (1) Code on noise levels on board ships (IMO Resolution A.468(XII), adopted in 1981).
- (2) Choi, C. Y., Lee, B. H., Kwun, H., Eom, J. K., Hwangbo, S. M., Kim, T. K., and Ih, J. G, 2011, Development of silencer for low frequency exhaust noise, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp. 596~597.

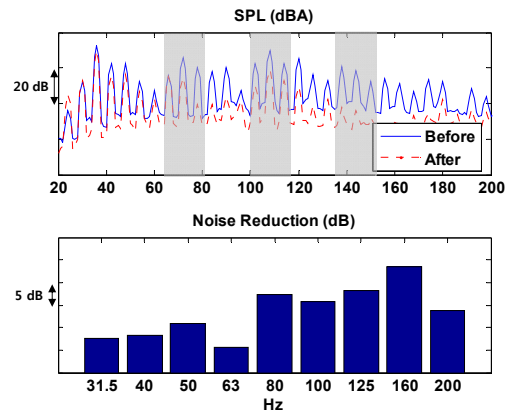


Figure 3 On-board measurement results.

Upper figure: Sound Pressure Level measured inside the exhaust duct before and after silencer. Gray-colored box indicates the target frequency region.

Lower figure: Noise reduction value at 1/3 octave band frequencies.