

함정의 생존성 향상을 위한 최소 수중방사소음 장비 조합 선정

Selection of the On-board Machinery Combination to Minimize the Underwater Radiated Noise for the Survivability of the Naval Vessel

이경현 † · 한형석*

Lee Kyung Hyun, Han Hyung Suk

Key Words : Underwater Radiated Noise(수중방사소음), Naval Vessel(함정)

1. 서 론

수중방사소음은 함정의 생존성과 밀접한 관련이 있기 때문에 매우 중요한 특수성능 중 하나이다. 그러나 운항중인 함정의 수중방사소음 시험은 비용적 제약이 커 함 건조 후 함정의 수중방사소음 관리를 위해 시험을 하는 것은 큰 어려움이 있다. 함정의 수중방사소음은 CIS(Cavitation inception speed)이하에서는 함정에 설치된 장비들, 예를 들어 펌프류, 발전기 등과 같은 가진원들에 의한 고체소음이 주를 이루는 것으로 알려져 있다. 따라서 CIS이전에 수중방사소음을 관리하기 위해서는 하이드로폰을 이용한 수중방사소음 계측보다는 훨씬 작은 비용이 드는 선체 진동데이터를 활용하여 수중방사소음을 예측하는 방법이 효과적이다.

따라서 본 연구에서는 해군함정의 대잠전 중 생존성을 향상시키기 위한 목적으로 POO급 OO함에 서 운용되는 탑재장비들의 최소소음 조합을 찾고 CIS이전의 저속에서 수중방사소음을 선체진동데이터를 이용하여 계산하였다. 그리고 수중방사소음 예측결과로부터 장비조합에 따른 피탐성능 변화를 비교하였다.

2. 최소소음 장비조합 선정

각 개별 장비가 수중방사소음에 얼마만큼 영향을

† 교신저자; 정회원, 국방기술품질원

E-mail : sam1717@snu.ac.kr

Tel :051-750-2566, Fax :051-758-3992

* 국방기술품질원

미치며 동일 장비의 경우 어떤 장비가 운용하는데 있어 가장 적은 소음을 방사하는지 확인하기 위해 개별 장비에 대한 오버사이드 수중 소음을 Figure 1 과 같이 측정하였다. 오버사이드 수중소음은 좌현측/우현측 양방향에 대해 좌현 2개소, 우현 2개소로 총 4지점에 대해 정박 중 측정하였으며, 4지점에서의 소음값의 평균을 통하여 개별장비의 수중방사소음을 평가하였다. 정박 중 오버사이드 수중소음 평가 장비는 Table 1과 같다. 개별장비 소음 계측은 1번 보일러와 2번 해수펌프가 항상 켜진 상태에서 수행하였다. 단 해수펌프 수중방사소음 계측 중에는 6개의 해수펌프 중 하나를 작동시켜 평가하였으며 보일러 평가 시험도 같은 방법으로 2개의 보일러 중 하나를 작동시켜 평가하였다.

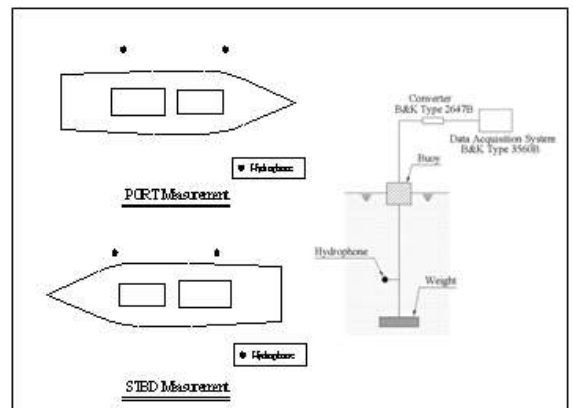


Figure 1 수중방사소음 측정 셋업

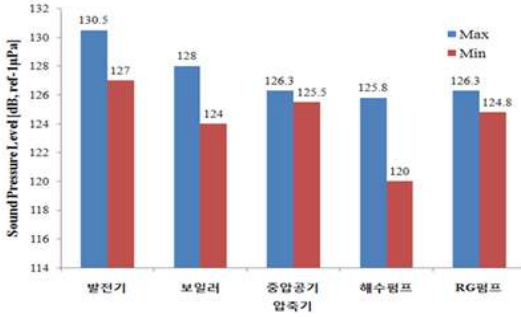


Figure 2 정박 중 개별장비 소음 측정 결과

Table 2 수중방사소음 최소/최대 장비조합

장비명(총수)	장비번호	
	최소소음조합	최대소음조합
발전기(2)	1	2
보일러(2)	1	2
중앙공기압축기(2)	2	1
해수펌프(6)	2	3
RG 펌프(2)	2	1

개별장비 별 수중방사소음 시험 결과는 Figure 3 과 같다. Figure 3에서 계측된 음압레벨은 0~12.8KHz대역에서의 Overall dB값이다. CPP 펌프 같은 경우 1번과 2번 사이의 수중방사소음 레벨이 유사하며 함정의 초기 기동 시에만 사용되는 장비이므로 CPP 펌프는 대잠전 운용 장비 리스트에서 제외시켰다. CPP펌프를 제외하고는 오버사이드 소음 계측 값을 바탕으로 최소소음 조합과 최대소음조합을 Table 2와 같이 분류 할 수 있었다.

3. 운항중 선체진동 데이터를 이용한 수중방사소음 예측

‘11년 진행된 함정기술용역과제의 결과로부터 선체진동으로 인한 수중소음을 선체를 무한강판으로 가정하고 선체를 구성하는 기본강판을 모두 2.4m×0.6m×0.015m의 강판으로 가정하면 식 (1)을 통해 근사적으로 음향파위레벨을 예측할 수 있다.

$$W_{rad} = \sigma_{rad} \rho_0 c_0 A_{rad} v^2 \quad [W] \quad (1)$$

여기서 ρ_0 는 유체밀도, c_0 는 유체 내 음속, σ_{rad}

는 음향방사효율, A_{rad} 은 방사면적, v 는 피스톤 속도의 RMS 값이다.

식 (1)에서 음향방사효율은 '11년 진행된 함정기술용역과제 결과로부터 식 (2)~(5)의 Hattori식이 실험값과 잘 일치함을 확인하였다.

$$f < f_1, \quad 10\log\sigma_{rad} = 10\log(m\sqrt{B}A_{rad}) - 78,$$

$$\text{where } f_1 = 0.25f_0, \\ f_0 = 700(m\sqrt{B}A_{rad})^{0.2} \quad (2)$$

$$f_1 < f < f_2, \quad 10\log\sigma_{rad} = (50/3)\log(4f/f_0) + 10\log(m\sqrt{B}A_{rad}) - 78,$$

$$\text{where } f_2 = 2f_0 \quad (3)$$

$$f_2 < f < f_3, \quad 10\log\sigma_{rad} = 50\log(f/16000) - 10,$$

$$\text{where } f_3 = 16000\text{Hz} \quad (4)$$

$$f_3 < f < f_4, \quad 10\log\sigma_{rad} = -10 \quad (5)$$

여기서 m 은 표면밀도($=\rho_s h$), B 는 굽힘 강성 (N/m) ($=\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$), A_{rad} 은 판의 방사면적이다.

○함의 경우 선체에 총 8개의 가속도계를 설치하여 운항장비 및 속도별 진동레벨을 측정하였으며 이를 바탕으로 선체진동에 의한 수중방사소음을 앞서 언급한 방법을 통해 예측해보았다.

Figure 3~7은 10~21knot, 개스터빈 운전 모드에서 정박 중 수중소음평가로부터 예측된 최대소음/최소소음 장비 조합 운전에 대한 수중방사소음의 1/1 옥타브 밴드 스펙트럼 예측 결과이며 Figure 8~9은 12 및 15knot, 디젤엔진 운전 모드에서의 수중방사소음의 1/1 옥타브 밴드 스펙트럼 예측 결과이다. 개스터빈 운전모드의 경우 최대소음장비조합 대비 최소소음장비조합의 방사소음이 f2Hz에서 최대 8.33dB까지 저감됨을 알 수 있다. 또한 디젤엔진 운전모드의 경우 역시 최대소음장비조합 대비 최소소음장비조합의 방사소음이 f2Hz에서 최대 8.25dB 까지 저감됨을 알 수 있었다.

하지만 개스터빈 운전모드의 경우 f1Hz의 경우 오히려 최소장비 장비조합 운전의 소음이 훨씬 더

음을 알 수 있는데, 디젤엔진 모드의 경우 1Hz에서도 최소소음 장비조합의 경우가 작음을 비교해 볼 때 개스터빈 운전모드에서 1Hz의 소음이 최대소음과 최소소음 조합운전 시 외부환경 등에 따라 달라진 것으로 판단된다.

2Hz의 경우 앞서 언급한바와 같이 해수펌프 3차 회전 성분과 발전기 2차 회전성분인 3Hz 진동 성분의 변화로부터 차이가 발생되므로 대잠전 작전수행 시 운전되는 해수펌프와 발전기 조합에 따라 크게 달라질 것으로 판단된다.

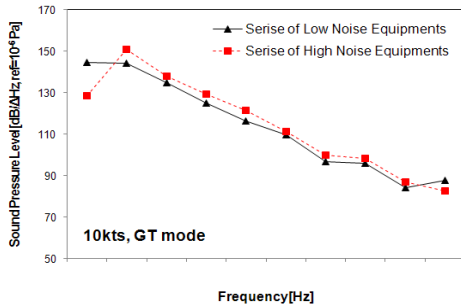


Figure 4 수중방사소음 예측 결과(GT 10kts)

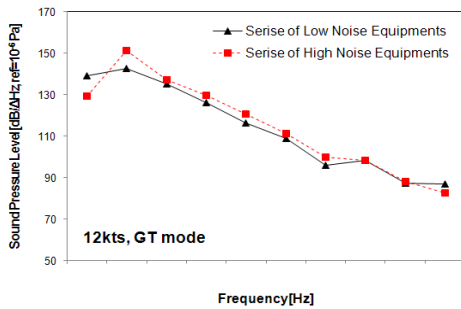


Figure 6 수중방사소음 예측 결과(GT 12kts)

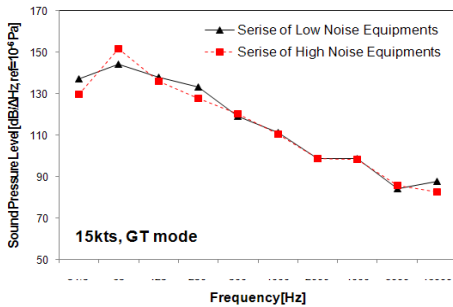


Figure 8 수중방사소음 예측 결과(GT 15kts)

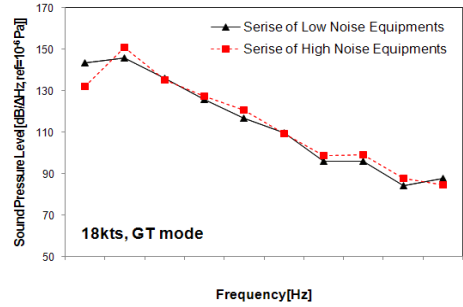


Figure 10 수중방사소음 예측 결과(GT 18kts)

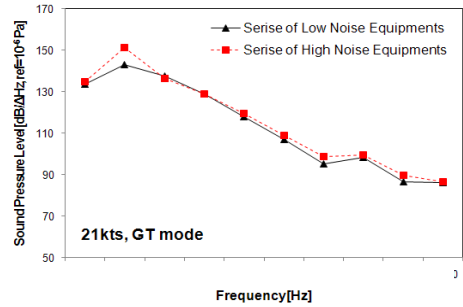


Figure 12 수중방사소음 예측 결과(GT 21kts)

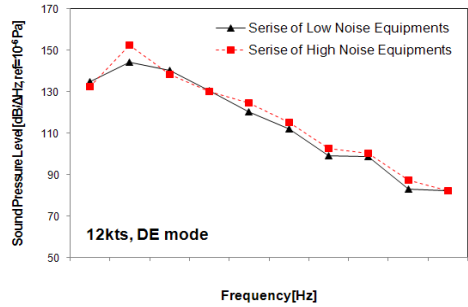


Figure 14 수중방사소음 예측 결과(DE 12kts)

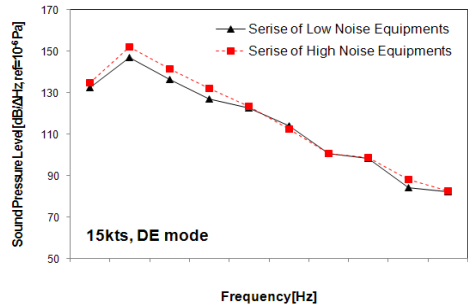


Figure 16 수중방사소음 예측 결과(DE 15kts)

3. 장비조합에 따른 함정의 피탐거리 예측

장비조합에 따른 함정의 피탐거리를 수동소나방 정식으로부터 예측하는 과정은 식 (6) ~ (8)과 같다.

$$TL = SL - NL + AG - GT = 20 \log r \quad (6)$$

$$TL_{\max} - TL_{\min} = 8.33 \text{ dB} \quad (7)$$

$$\frac{r_{\max}}{r_{\min}} = 10^{(8.33/20)} = 2.61 \quad (8)$$

여기서 TL은 목표물의 URN에 대한 소나시스템까지의 전달손실(dB)이며 SL은 목표물의 음압레벨이다. AG는 소나시스템의 배열이득, NL은 주변소음레벨이며 DT는 탐지경계레벨로 장비조합이 달라져도 변하지 않는 변수들로 식 (7)에서 모두 소거됨을 알 수 있다. 12Hz에서 최대 8.25dB의 음압레벨 차이로 피탐거리의 감소정도를 계산해보면 식 (8)과 같이 최소소음조합장비의 피탐거리는 최대소음조합의 0.37수준으로 예상된다.

4. 결 론

(a) P○○급 ○○함에 대해 대잠 작전 시 수중 피탐을 최소화하기 위한 최적의 장비조합을 제시하였으며 추후 대잠전 훈련을 통해 최적 장비 조합을 검증 예정이다.

(b) 현재 운용중인 P○○급 함정을 포함한 다른 종류의 함정에 대해 동일한 시험을 통해 대잠 작전 운용 장비 리스트 제안이 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

(1) 한형석, 박미유, 이경현 “수중 피탐가능성 최소화 및 함승조원 전투력 향상을 위한 함정 진동 적용 기준 강화 연구”, 국방기술품질원, 2011

(2) Kazuo Hattori, "Prediction of Underwater Sound Radiated From Ship's Hull by Using Statistical Energy Analysis", Internoise-85, pp 645-648, 1985