유도탄고속함 발전기 패널의 진동 저감

박미유*, 김용욱*
*국방기술품질원
e-mail:hanhim@dtaq.re.kr

Vibration Reduction for Electric Generator Panel of PKG

Mi-You Park*, Yong-Wook Kim*
*Defense Agency for Technology and Quality, DTaQ

요 약

유도탄고속함은 우리 해군의 최신예 함정으로서 디젤엔진 2기와 개스터빈 엔진 2기로 구성되어 최대 속력 40노트를 낼 수 있도록 구성되어 있다.
이를 위해 각각의 엔진에는 발전기가 배치되도록 구성되어 있는데, 이러한 발전기는 엔진 및 감속기어가 설치되어 있는 엔진룸에 배치되어 있어 커다란 진동에 그대로 노출이 되어 있는 상황이다. 따라서 이러한 진동의 저감을 위해 이중탄성마운트 등으로 발전기에 전달되는 진동을 저감하고자 하였으나 발전기의 패널에 전달되는 진동의 저감이 불충분하여 패널의 접지 불량이 수차례 발생하였다. 본 연구에서는 이러한 불량을 없애고자 유한요소법을 이용하여 발전기 패널의 위치를 변경하고 구조를 변경하였으며, 이를 통해 그 효과를 검증하였다.

1. 서론

유도탄고속함이란 연평해전 등에 참가한 참수리급 고속정의 후속 함정으로서, 최전방에서 기동타격을 목표로 운용하는 최신예 함정이다. 현재 1번함인 윤영하함이 취역하여 임무를 수행중에 있으며 후속함이 차례로 건조되고 있는 중이다.

이러한 유도탄고속함은 40노트 이상의 속력을 낼 수 있는 고속함의 역할을 하기 위하여 디젤엔진 2기와 개스터빈 엔진 2기로 추진기관이 구성되어 있다.

[그림 1] 유도탄고속함

따라서 이러한 추진기관들이 위치한 함의 후미 쪽은 진동이 크게 발생하게 되어 엔진실에 배치되어 있는 여러 기기들은 커다란 진동에 노출되어 있으며 이러한 진동으로 인하여 오작동을 일으킬 수 있는 가능성 또한 크게 높아져 있는 상황이다.

2. 발전기 패널의 진동

2.1. 발전기 패널 진동의 개요

유도탄고속함의 발전기는 개스터빈실에 위치해 있는데 주위에 개스터빈 및 감속기어가 위치해 있으며 고속 운행 시 선체로 전달되는 외부가진력이 바로 전달되는 선체 주위에 위치해 있기 때문에 진동에 특히 취약한 상태로 배치되어 있다.

[그림 2] 유도탄고속함 발전기 및 제어패널

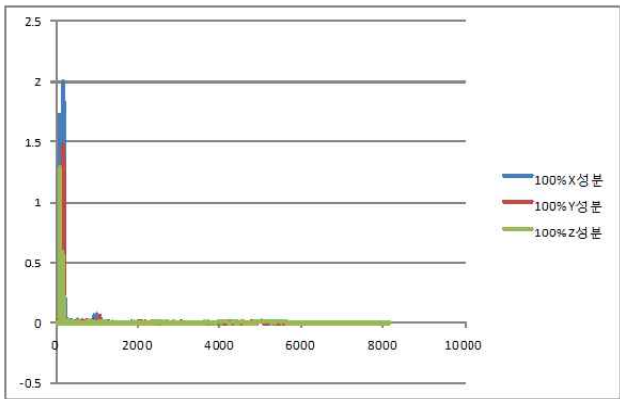
또한, 발전기를 제어하는 컨트롤 패널(Control

Panel)은 발전기 바로 옆에 외팔보의 역할을 하는 프레임에 의해 고정되어 있어 진동에 특히 취약한 상태이다. 따라서 이러한 진동의 저감을 위해 이중탄성마운트 등으로 발전기에 전달되는 진동을 저감하고자 하였으나 발전기의 패널에 전달되는 진동의 저감이 불충분하여 패널의 접지 불량이 수차례 발생하였다. 본 연구에서는 이러한 불량을 없애고자 유한요소법을 이용하여 발전기 패널의 위치를 변경하고 구조를 변경하였으며, 이를 통해 그 효과를 검증하였다.

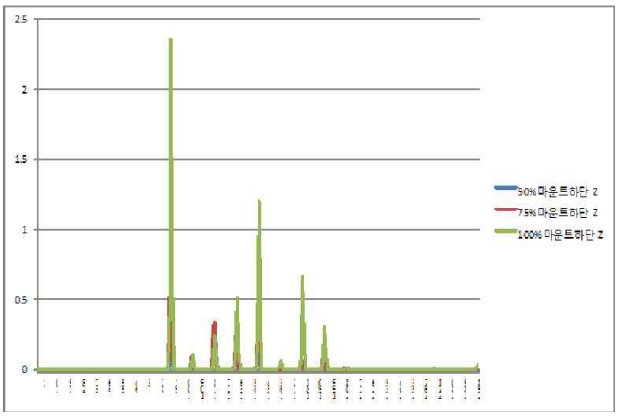
2.2 패널의 가진력 측정

패널의 진동제어를 위하여 패널에 전달되는 가진력을 측정하였다.

측정은 패널의 프레임이 고정되어 있는 이중탄성마운트 상단과 하단에서 실시하였으며, 주파수 범위는 1~8200Hz까지로 잡았는데 그 결과는 [그림 3, 4]에서와 같이 주로 1~300Hz 사이에 가진력이 집중되어 있었으며 30Hz의 하모닉(Harmonic) 성분으로 이루어져 있었다.



[그림 3] 이중탄성마운트 하단부 가진력(발전기 부하 : 100%)



[그림 4] 이중탄성마운트 하단부 Z 방향 부하별 가진력(1~300Hz)

[표 1, 2]는 마운트 상, 하단부에서 측정한 가진력 중 발전기 부하별 각방향의 최고치 및 그 때의 주파수를 정리해 놓은 것으로, 마운트 상단의 경우 수직방향인 Z방향의 진동이 압도적으로 크다는 것을 알 수 있고, 그 다음으로 패널의 전후 방향인 X성분이 크고, 패널의 좌우방향인 Y방향 진동이 가장 작음을 알 수 있다.

마운트 하단부의 경우는 Z방향보다 패널 앞뒤방향인 X성분의 진동이 약 2배 정도 더 크다는 것을 알 수 있다. 또한 이 측정을 통해 마운트를 통한 진동저감 효과가 크게 나타난다는 것을 알 수 있다.

[표 1] 마운트 상단부 가진력 정리

부하	성분	X	Y	Z
50%	최대치(가속도량)	8.68	9.64	82.66
	주파수(Hz)	180	180	90
75%	최대치(가속도량)	116.10	13.34	740.43
	주파수(Hz)	90	180	90
100%	최대치(가속도량)	360.67	15.67	2103.48
	주파수(Hz)	90	179	90

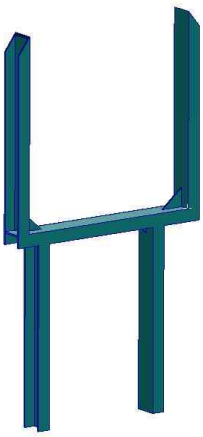
[표 2] 마운트 하단부 가진력 정리

부하	성분	X	Y	Z
50%	최대치(가속도량)	1.05	1.20	0.34
	주파수(Hz)	180	180	150
75%	최대치(가속도량)	2.49	1.96	1.07
	주파수(Hz)	179	179	90
100%	최대치(가속도량)	4.95	4.20	2.36
	주파수(Hz)	180	180	90

3. 발전기 패널 프레임의 모델링 및 해석

진동의 제어를 위해 발전기 패널의 프레임을 유한요소모델링 하였다. 발전기 제어 박스는 [그림 5]에서와 같이 유연한 스프링으로 패널 프레임과 연결되어 있기 때문에 프레임만을 모델링하였다. 완성된 모델링은 [그림 6]에서와 같다.

[그림 5] 발전기 제어 박스 및 패널 프레임

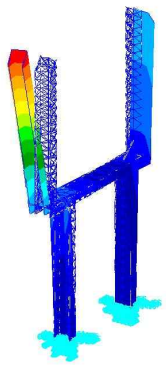


[그림 6] 패널 프레임 유한요소모델

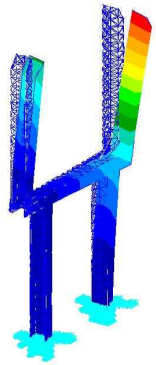
우선 [그림 6] 유한요소모델의 고유진동 해석을 수행해 보았다. 그 결과는 [표 3] 및 [그림 7, 8]에서와 같다.

[표 3] 패널 프레임 고유진동해석 결과

차수	고유진동수(Hz)
1	855.8
2	1121.2
3	1171.5
4	1708.5
5	2921.5



[그림 7] 1차 고유모드형상



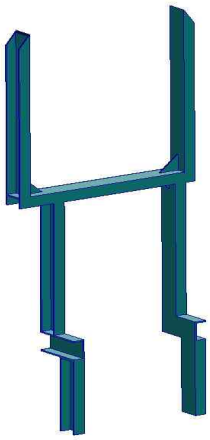
[그림 8] 2차 고유모드형상

해석 결과 [표 3]에서와 같이 패널 프레임의 고유진동수가 발전기에서 기인하는 진동의 주파수 스펙트럼과 상당한 차이를 보이고 발전기 외의 다른 추진기관이나 외부 가진력은 발전지 자체의 기진력보다 현저하게 낮을 것이므로 프레임의 공진에 의한 진동은 없을 것으로 예상되었다.

4. 발전기 패널 프레임의 진동제어

앞 절의 해석에서와 같이 패널 프레임이 공진에 의해서 진동할 것으로는 판단되지 않기 때문에 패널 프레임의 진동제어는 위치를 변경하는 것으로 실시하였다. 이는 앞의 2절에서 알 수 있듯이 이중탄성마운트의 상단은 하단에 비해 그 진동량이 훨씬 크기 때문에 패널 프레임의 구조를 변경하거나 감쇠효과를 주는 것보다 그 고정 위치를 변경함으로써 프레임에 가해지는 진동량 자체를 줄여주는 것이 가장 큰 효과를 보일 수 있기 때문이다.

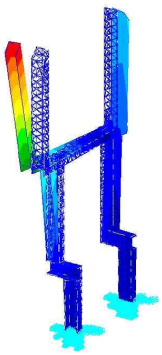
이에 따라 패널 프레임을 이중탄성마운트의 하단부로 옮겨 부착하였는데 이때 옮겨 부착하는 곳에 간섭이 생기게 되어 부득이 [그림 9]와 같이 프레임을 제작할 수밖에 없었다.



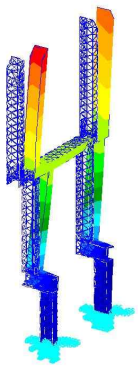
[그림 9] 새로운 패널 프레임의 유한요소모델

[표 4] 새로운 패널 프레임의 고유진동해석 결과

차수	고유진동수(Hz)
1	524.8
2	596.9
3	684.4
4	1580.2
5	2062.0



[그림 10] 새 패널 프레임의 1차 고유모드형상



[그림 11] 새 패널 프레임의 2차 고유모드형상

[표 4] 및 [그림 10,11]은 새로운 패널 프레임의 고유진동수와 1, 2차 고유모드형상을 나타낸 것으로서 기존 패널 프레임 보다 고유진동수가 발전기 기전력의 주파수 대역에 좀 더 가깝게 내려온 것을 알 수 있다. 이는 프레임의 하단부가 굴절됨으로 인해 앞뒤 방향으로의 진동에 더 취약하게 되었음을 의미한다. 물론 현재의 이 상태로도 기진력 주파수와 무관하므로 현재로도 어느 정도 진동에 대한 제어는 되었다고 할 수 있으나 향후 계속적으로 진동량을 저감할 수 있는 모델 변경을 진행시킬 예정이다.

5. 결론

본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 발전기 패널에 가해지는 기진력을 측정하여 기진력의 주파수 대역과 성분을 파악하였다.
(2) 패널 프레임을 유한요소모델링하여 고유진동수를 파악, 발전기의 기진력과 주파수 대역이 서로 다름을 확인할 수 있었다.
(3) 유한요소법을 통해 패널 프레임의 고정 위치를 변경함으로도 패널에 전해지는 진동을 크게 줄일 수 있음을 확인하였고, 실제 변경을 통해 패널의 접지 불량을 개선할 수 있었다.
(4) 향후 패널 프레임을 좀 더 개선하여 진동량을 좀 더 저감할 수 있을 것으로 판단된다.