

함정탑재장비 측정불확도 추정 Estimation of Uncertainty in Measurement of Shipboard Equipment

박성호† · 이정현* · 한형석*
Sungho Park, KyungHyun Lee and HyungSuk Han

1. 서 론

함정탑재장비의 소음/진동은 기계적 성능, 탑승자의 근무환경 및 안락함과 밀접한 연관성을 가지고 있다. 더욱이 함정탑재장비의 소음/진동은 함정의 구조물을 통과하여 수중방사소음에 영향을 미치게 된다.⁽¹⁾ 수중방사소음은 함정에서 수중을 통해 적군에게 가장 멀리 전파되는 함정 신호이며, 함정의 위치 및 속도 등의 정보를 포함하고 있다. 따라서 함정에 탑재되는 장비에 대해서는 소음/진동 특수성능에 대하여 엄격한 성능만족이 요구되고 있다.

함정탑재장비는 공기소음(Airborne Noise), 구조소음(Structure-borne Noise), 진동, 충격과 같은 특수성능에 대하여 MIL-STD에서 요구하는 성능기준을 만족하여야 한다. 함정탑재장비 특수성능 시험평가 수행에 있어 다양한 측정의 불확도 요인이 존재하며, 한국인정기구(KOLAS, Korea Laboratory Accreditation Scheme)에서는 시험결과에 올바른 측정불확도가 고려될 수 있도록 “측정결과와 불확도 추정 및 표현을 위한 지침”을 발간하였다. 실제로 함정탑재장비의 특수성능 시험평가는 주변의 환경이 통제된 무향실 환경 혹은 주변의 환경 통제가 불가능한 공장환경 등 다양한 환경에서 이루어질 수 있으며 시험평가의 종류에 따라 적절한 측정불확도 요인을 파악하여야 한다.

본 연구에서는 함정탑재장비의 구조소음 및 진동 특수성능 시험평가를 수행함에 있어 불확도에 영향을 미치는 인자를 파악하고 모델식을 제안하며 측정불확도 각각의 인자가 미치는 영향의 크기를 분석하고자 한다.

2. 측정불확도 추정모델

2.1 측정불확도

측정불확도란, GUM(Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 측정불확도 표현지침서)에 의하면 측정결과와 관련하여 측정량을 합리적으로 추정된 값들의 분산특성을 나타내는 파라미터로 정의하고 있다. 측정불확도는 반복측정 및 확률밀도함수를 활용한 A형 표준불확도와 기존의 정보 또는 문헌을 통해 추정값이 가질 수 있는 확률밀도함수를 활용한 B형 표준불확도로 구분될 수 있다. 시험결과에 영향을 미치는 다양한 측정불확도 인자에 대하여 적절한 수학적 모델 및 통계적 분석을 통해 보다 정확한 측정불확도를 추정할 수 있다.

2.2 구조소음 측정불확도 추정모델

구조소음(Structure-borne Noise)의 경우 특수성능 시험평가에 있어서 MIL-STD-740-2(SH) 규격의 요구조건을 만족하여야 한다.⁽²⁾ 구조소음 규격에서는 배경진동을 보정하지 않도록 규정하고 있으며, 배경진동이 장비의 진동레벨보다 10 dB 이상 차이가 나는 환경조건에서 시험평가가 이루어지도록 명시하고 있다. 또한 현장교정을 실시한 후 시험평가를 수행하도록 명시하고 있다.

(1) 계측장비 분해능의 불확도 모델

계측장비 분해능에 대한 불확도는 아래의 관계식과 같이 나타낼 수 있다.

$$a_{res} = a_m \times 10^{\frac{\Delta a_{res}}{20}} \text{ [m/s}^2\text{]} \quad (1)$$

계측장비의 분해능 불확도는 직사각형 확률분포를 따른다고 가정하여 불확도를 산출할 수 있다.

(2) 센서장비 주파수별 민감도 불확도 모델

센서장비의 민감도는 주파수에 따라 달라진다. 측

† 교신저자; 국방기술품질원
E-mail : sungho88@dtqa.re.kr
Tel : 051-750-2565, Fax : 051-758-3992
* 국방기술품질원

정된 가속도의 값은 각 주파수별 센서에서 발생하는 전압의 값과 민감도의 곱으로 표현된다.

$$a_m = \frac{V_f}{S_f} \text{ [m/s}^2\text{]} \quad (2)$$

센서로 계측된 가속도의 불확도는 교정성적서에 나타난 센서 민감도 불확도와 반복측정을 통해 산출한 전압의 불확도를 통해 구할 수 있다.

(3) 현장교정 감도보상 불확도 모델

함정탑재장비의 특수성능 시험평가를 수행함에 앞서 현장에서의 온도, 압력 등의 영향을 보상하기 위하여 현장교정이 실시된 이후에 평가가 이루어져야 한다. 현장교정에서 측정된 가속도 값과 감도보상 이득값이 곱해진 값은 아래의 관계식을 만족한다.

$$\tilde{A} = K_{cal} \left(\frac{V_{cal}}{S_{cal}} \right) \text{ [m/s}^2\text{]} \quad (3)$$

현장교정 감도보상 이득값의 합성불확도는 교정성적서에 나타난 교정기 표준값의 불확도, 교정주파수 센서민감도의 불확도 및 반복측정을 통해 산출되는 현장교정시 센서의 전압발생값 불확도를 합성하여 산출할 수 있다.

2.3 진동 측정불확도 추정모델

진동의 경우 특수성능 시험평가에 있어서 MIL-STD-167-1A 규격의 요구조건을 만족하여야 한다.⁽³⁾ 진동규격에서는 가속도 레벨이 아닌 변위에 대한 기준값을 제시하고 있다. 따라서 시험측정을 통해 계측된 가속도의 값을 아래의 식을 통해 변위로 환산하여 적용하여야 한다. 환산된 변위의 값은 진폭의 최대값을 의미한다.

$$\text{Displacement} = \left(\frac{\sqrt{2} \times 10^3}{(2\pi f)^2} \right) \times a_{RMS} \text{ [mm]} \quad (4)$$

진동의 불확도는 구조소음과 같은 방식으로 계측 장비, 센서장비 및 현장교정의 불확도 요인을 적용하여 합성된 불확도를 산출할 수 있다.

3. 구조소음 측정불확도 추정

구조소음 시험평가 측정불확도에 영향을 미치는

Table 1 구조소음 측정불확도 총괄표

불확도인자	표준불확도	감도계수	불확도기여량
분해능	0.0029 [dB]	1.0000	0.0029 [dB]
\tilde{A}	0.15 [m/s ²]	0.8686	0.1303 [dB]
S_{cal}	0.0098 [mV/(m/s ²)]	8.8632	0.0869 [dB]
S_f	0.0099 [mV/(m/s ²)]	-8.7736	0.0869 [dB]
V_{cal}	0.2346 [mV]	-0.8868	0.2080 [dB]
V_f	0.1506 [mV]	0.1368	0.0206 [dB]

인자는 계측장비 분해능, 센서 민감도, 전압발생값, 교정기 불확도가 존재한다. 함정탑재장비 냉수펌프에 대하여 구조소음 시험평가를 실시하였으며, 주파수 A[Hz]성분에 대하여 각 인자의 불확도를 추정 한 결과는 Table 1 과 같다. 합성된 표준불확도는 1.11 [dB] 이며 측정장비의 진동레벨 63.5 [dB] 의 약 1.75%의 크기를 나타내고 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 함정탑재장비의 구조소음 및 진동 특수성능 시험평가에 있어 측정불확도에 영향을 미치는 인자를 파악하고 모델식을 통해 불확도를 산출하였으며 각 인자가 합성불확도에 미치는 정도를 분석 및 비교하였다.

후 기

이 연구는 국방기술품질원 자체연구로 실시되었으며 군사보안상 문제가 없음을 확인함.

참 고 문 헌

- (1) 한형석, 이경현, 박성호, 2013, “선체 구성 강판의 종류 및 고유진동수를 고려한 선체의 음향방사효율 추정”, 한국소음진동공학회논문집 제13권 제12호, pp 1073~1081.
- (2) MIL-STD-740-2(SH), 1986, Structure-borne vibratory acceleration measurements and acceptance criteria of shipboard equipment.
- (3) MIL-STD-167-1A, 2005, Mechanical vibrations of shipboard equipment