

# 진동 신호분석을 통한 선박용 기어시스템의 안정성 평가에 대한 기초 연구

## A Basic Study on the Stability Assessment of Marine Gearbox through Vibration Signal Analysis

김준성\* · 김진희\* · 이돈출†

Kim Junseong, Kim Jinhee and Lee Donchool

### 1. 서 론

선박용 감속기어는 주 기관으로부터 발생하는 동력을 전달하는 과정에서 회전속도를 줄여 프로펠러 효율을 증가시키는 역할을 한다. 이때 주기관인 디젤엔진에서 발생하는 진동토크가 기어로 전달되는 것을 줄이기 위해 엔진과 감속기 사이에 고성능의 탄성 커플링이 사용된다. 그러나 이러한 고성능 커플링 대신에 비교적 진동 절연효과가 낮고 값싼 러버 블럭을 탑재한 감속기어 시스템이 국내 소형 연안선박에 많이 적용되고 있고, 본 연구는 이러한 추진 모델에서 감속기의 안전성을 평가하기 위하여 수행하였다. ISO 규정에서 기어의 평가는 대부분 저주파수 진동 영역에 국한되어 평가가 되어 왔지만, 본 연구에서는 이러한 저주파 영역 대신에 기어 맞물림 주파수의 조화차수를 이용한 고주파 대역에 초점을 맞추어 수행하였다.

### 2. 실험 장치 및 방법

실험 대상 선박과 감속기어의 요목은 Table 1과 같고 디젤엔진과 감속기어의 개략도는 Fig.1에 보인다. 진동은 접근이 가능한 기어박스에 가속도계를 x, y, z방향으로 각각 부착하였다. 이러한 진동 신호는 A/D변환기와 EVAMOS (엔진/회전체 진동 분석 및 모니터링 시스템) S/W를 이용해 랩톱에서 자동 저장되고 분석되었다. 신호처리에 대한 여러 가지 응용 기법은 이때 획득한 원신호와 Matlab을 이용해 후처리 하였다. 샘플링속도는  $2^{14}$  S/s로 비교적 높

고 주 기관의 부하는 진동 토크 리버설(reversal)이 없이 부하가 있는 25% (608 rpm), 50% (743 rpm), 75%(각각 856, 855 rpm), 90%(각각 890, 892 rpm)에서 각각 5분씩 계속하였다.

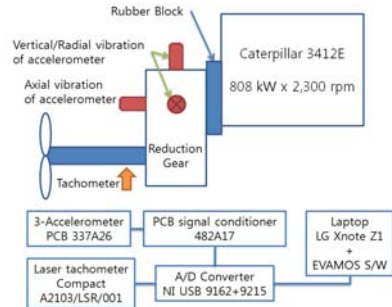


Fig. 1 The schematic diagram of propulsion shafting system and sensor's location

Table 1 Specification of marine gearbox

	Driving gear	Driven gear
Model	Hitachi-Nico MGN90	
Normal module	5 (DP)	
Center distance	285 mm	
Helix angle	12°	
Number of teeth	32	78
Reduction ratio	2.44	

### 3. 진동 신호분석

기어시스템의 이상상태 확인을 위해 가장 기본인 FFT분석, energy(power) spectrum density, kurtosis (time, frequency domain)를 Load별로 각각 검토하였다. 이 중 비틀림 진동이 가장 크고 기어의 안정상태가 가장 나쁜 75%(856 rpm)에 대한 결과를 Fig.2~7에 보이며, 주파수 및 진폭

† 교신저자: 이돈출, 목포해양대학교 기관시스템공학부

E-mail : ldcvib@mmu.ac.kr

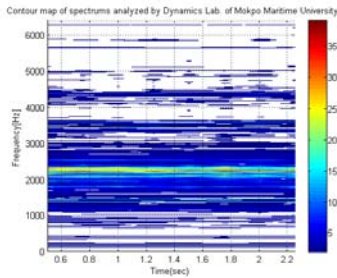
Tel : 061-240-7219

\* 목포해양대학교 기관시스템공학부

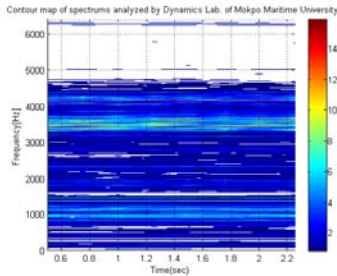
값은 Table 2에 보인다. 분석 결과 부하와 관계없이 주 지배 진동 주파수는 2 x GMF 및 3 x GMF 이고 이중에서도 상하방향 진동이 가장 크다. 반경(Radial) 방향과 중(Axial) 방향에서 3 x GMF 가 주 진동이다. 원인으로는 고성능의 탄성 커플링 대신 러버 블록 적용에 따라 진동토크가 크게 감소되지 않았고, 종감속축 회전수의 1차 성분에 의한 휘둘림 진동으로 인한 축의 정렬 불량에 의한 원인이 복합된 것으로 판단된다.

**Table 2** 75%(856 rpm) load condition

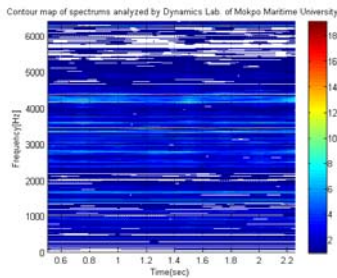
Direction	Dominant frequency (Hz)	Amplitude (m/s <sup>2</sup> )
Vertical	2229 (2 x GMF)	41.0314
Radial	3423 (3 x GMF sideband)	16.6642
Axial	3423 (3 x GMF sideband)	20.0634



**Fig. 2** Spectrum contour of 75%(856 rpm) load, vertical

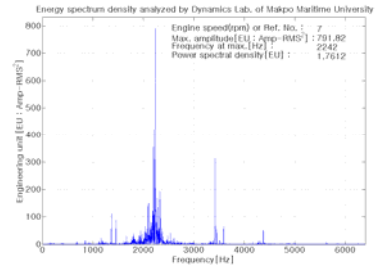


**Fig. 3** Spectrum contour of 75%(856 rpm) load, radial

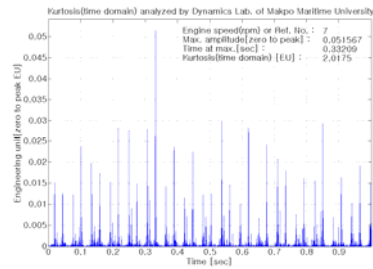


**Fig. 4** Spectrum contour of 75%(856 rpm) load, axial

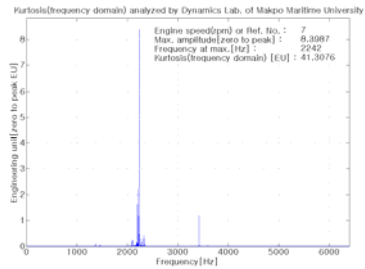
Fig. 5~7에서 ESD 및 Kurtosis 분석 결과를 보면 GMF와 함께 측대파 성분이 일어나는 것을 확인할 수 있다.



**Fig. 5** ESD of 75% load, vertical vibration



**Fig. 6** Kurtosis (time domain) of 75% load, vertical vibration



**Fig. 7** Kurtosis (frequency domain) of 75% load, vertical vibration

### 3. 결 론

본 연구의 모델에서는 러버 블록 사용에 의한 진동토크의 증가와 프로펠러축의 휨이 복합되어 기어 이빨수의 조화성분들의 진동이 증가하여 시스템의 안정성이 현저하게 떨어짐을 확인할 수 있으며 이러한 기준은 더 많은 계측을 통한 데이터베이스를 구축하여 수행할 예정이다. 또한 기어시스템의 진동 평가는 저주파 영역보다는 고주파 영역인 GMF의 조화성분이 그리고 FFT 분석보다는 ESD와 Kurtosis 분석이 효과적임을 확인할 수 있다.