

# 가

## A Study on Vibration Characteristics for Misfiring Condition of Large Marine Diesel Engines using Accelerometer Signal

서종철† · 김상환 \* · 김준성\*\* · 이돈출\*\*

Seo, Jong Cheol, Kim, Sang Hwan, Kim, Jung Sung and Lee and Don Chool

Key Words: Marine Diesel Engine(선박용 디젤엔진), Misfiring(착화실패), Time-Frequency Analysis(시간-주파수 신호분석), Vibration Conditioning Monitoring (진동 모니터링 시스템)

### ABSTRACT

최근 내연 기관에서 엔진상태 및 잠재적인 결함의 발견을 위해 연료분사, 실린더 내 연소과정, 실린더 내부와 피스톤 마모상태, 흡 배기 밸브 및 과급기 (turbocharger) 등의 상태 모니터링을 통해서 결함에 대한 진단 및 경향관리에 대한 연구들이 진행되고 있다.

본 연구에서는 기 개발된 선박용 대형디젤엔진에 대한 상시 모니터링 시스템을 이용하여 엔진상태 및 잠재적인 결함을 진단하고자 하였으며, 일차적으로 가속도 신호를 이용하여 실린더 내 연소과정에서 정상적인 상태와 착화실패에 따른 진동 양상을 비교 분석하였다. 신호 분석 기법으로 시간-주파수 분산 기법들은 충격파 신호인 엔진 폭발신호를 분석하는데 적합하였으며, 그 기법들 중 Short Time Fourier Transform 기법과 Wavelet Transform 기법을 이용하였다.

### 1. 서론

최근 조사에 따르면, 국제적인 운송 업무에 투입된 선박 중 단지 2%만이 선박 내에 유지보수 관리를 위해 상시 모니터링 시스템을 갖추고 있는 것으로 파악되었다. [1] 그리고 대부분의 다른 선박들은 선급 규정에 따라 검사원이 의무적으로 시행하는 조사 기간에 실시하는 기계 장치 류의 상태를 점검 받거나, 일부는 검사원들의 평가결과에 의존하는 실정이다. 따라서 선박 운항 도중 과급기나 실린더와 같이 핵심 부품에서 문제가 발생하였을 경우 선박의 운항을 일시적으로 중단해야 하는 문제까지도 봉착할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 사고 중의 하나로 선박의 해상 시운전 시 임의의 실린더 1 개에 대하여 압축 공기만을 공급하고 연료 분사를 중지하여 착화실패 조건을 만들었고, 그 외 정상적인 연소상태의 실린더에서 각각 가속도 신호를 받아 서로 비교 검토를 하였다.

여기서 입수된 진동 신호는 연료가 연소하면서 발생된 충격파의 영향이 크며 이를 진동모니터링 시스템으로 감지하여, 후처리 과정으로 시간-주파수법을 이용하여 Short Time Fourier Transform 기법과 Wavelet Transform 기법을 이용하여 데이터를 분석하였다. 이 분석결과에 의하면 착화실패가 발생한 실린더는 진동레벨이 낮다 할지라도 넓게 고르게 퍼져 있는 반면 정상적인 실린더는 특정 주파에 국한하여 집중적으로 분포하였다. 이러한 진동 패턴을 통해서 실린더의 연소상태의 불량에 대한 조기 진단법을 개발하고자 한다.

### 2. 실험 장치 배치 및 시험 방법

본 연구의 실험에 사용된 엔진 제원은 Fig. 1 과 Table 1 에 보인다. 엔진은 6 실린더를 갖는 저속 2 행정 디젤엔진으로 원유 운반선에 적용되었다. 실험은 엔진 부하가 거의 걸리지 않은 최저 회전수로부터 100%부하를 갖는 최대 회전수까지 ISO 20283-2, 4 의 규정에 의해서 단계별로 회전수를 올리면서 수행하였다.

† 교신저자; 목포해양대학교 기관시스템공학부  
E-mail: jcseo@gein.co.kr  
Tel: (061) 240-7478, Fax: (061) 240-7854

\* (주)바이텍

\*\* 목포해양대학교 기관시스템공학부

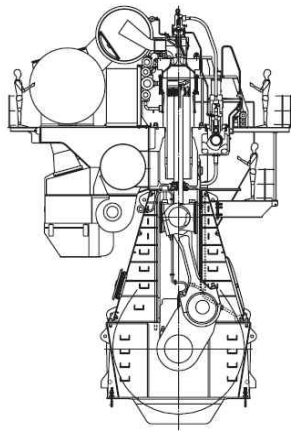


Fig. 2 Engine cross section of 6S70MC-C7 for test

Table 1 Specification of test engine

Engine Type	6S70MC-C7
Combustion system	Heat of compression to initiate ignition
Max. Continuous output	18,660 kW
Max. Continuous speed	91 RPM
Cylinder bore * Stroke	700 mm * 2800 mm
No. of cylinder	6
Mean indicated pressure	20.0 bar
Firing order	1-5-3-4-2-6

실린더의 연소 상태를 확인하기 위하여 미국 PCB사의 ICP 타입으로 마크네트와 함께 가속도 센서(337A26)를 착화실패가 일어나는 실린더 No. 3의 헤드부분에 횡 방향과 종 방향으로 설치하였다. 그리고 실린더 내에서 정상적인 연소를 하는 실린더 No. 1은 횡 방향으로만 가속도 센서를 설치하였다. 그리고 케이블과 함께 미국 Wilcoxon사 모델 P703B 휴대용 signal conditioner 연결하였다. 그리고 A/D 변환기로 미국 NI사 9215와 자체적으로 개발한 EVAMOS (Engine/Rotor Vibration Analysis Monitoring System) 소프트웨어를 이용하여 데이터를 획득하였다.

Table 2 Equipments for vibration test

Data acquisition	EVAMOS Software & NI 9215 - Sampling rate; 8192 - Useful bandwidth; 3,200 Hz - Recording time; 60 sec
Data signal processing	m+p Smart Office - Post-processing Time, FFT, STFT, Wavelet

Accelerometer	No.1 cylinder transverse PCB 337A26
Tachometer	COMPACT Laser A2103/LSR/001
Engine speed	60 rpm

계측된 데이터를 분석한 결과 엔진회전수마다 조금씩의 차이는 있지만, 일반적으로 데이터의 특성은 비슷한 경향을 나타내었다. 따라서 본 연구에서는 대표적으로 60rpm에서 취득된 자료를 이용하였다.

### 3. 결 론

선박용 대형 디젤엔진을 대상으로 엔진 상태 및 착화실패에 대한 진동 특성을 검토하였으며 이들을 요약 정리하면 다음과 같다.

- 1) 실린더 내 연소상태가 정상적인 경우와 착화실패가 일어난 경우의 진동분석을 주파수 및 STFT 기법을 이용한 결과 전문가의 분석으로 차이를 확인할 수가 있었으나 비전문가적인 기계적 방법으로 구분하기는 어려웠다.
- 2) Wavelet Transforms 기법을 이용한 결과 실린더 정상적인 연소와 착화실패에 대한 차이가 커서 비전문가라도 쉽게 관별이 가능하였다. 그리고 Short Time Fourier Transforms 기법은 고주파 대역에서 적합하지 않음을 알 수 있었다.
- 3) Wavelet Transforms 기법을 이용하면 실린더 내 연소상태를 쉽게 관별할 수 있으므로 목포해양대학교 동역학연구소에서 개발중인, 엔진상태 모니터링시스템인 EVAMOS와 결합할 때, 엔진성능에 대한 모니터링뿐만 아니라, 엔진 연소 상태에 대한 모니터링도 가능할 것으로 예상된다.