

# 발전소 디젤엔진 연료펌프의 상태진단을 위한 초음파측정 연구

## A Study on the Ultrasonic Measurement for Condition Diagnosis of Engine Fuel Pump in Power Plant

이상국†·최광희\*·최유성\*\*

Sang-Guk Lee, Kwang-Hee Choi and You-Sung Choi

### 1. 서 론

원자력발전소에서는 비상시 전력공급을 목적으로 운용하는 비상디젤발전기의 엔진 상태진단을 위해 주기적 점검시 성능 및 기능 점검 수행이 필요하다.

디젤엔진의 상태를 감시하고 진단하는 목적은 엔진의 연소과정에서 일어나는 동적특성을 파악하여 엔진의 성능 상태를 감시하고 이상상태를 예측하고자 하는 것이다. 이를 통해 고장의 징후가 있는 실린더를 예방차원의 정비를 수행하도록 함으로써 정비를 보다 효과적으로 수행하게 하며 최적정비를 통해 계획예방정비의 계획을 보다 합리적이고 효율적으로 수립할 수 있는 기반(basis)을 제공하기 위함이다.

엔진의 성능을 감시하기 위해서는 엔진의 내부 성능을 측정함으로써 가능하다. 중요한 성능변수로는 엔진내부의 폭발압력, 연료펌프 작동상태, 엔진 흡/배기 밸브의 정상적 작동상태, 엔진의 진동상태, 그리고 엔진의 크랭크축 각도 등이다. 본 논문에서는 실린더 내부에 연료를 공급하는 연료펌프의 작동상태를 정밀하게 측정할 수 있는 초음파 센서와 가속도센서를 이용한 진동 및 초음파 분석을 통해 신호를 감지하고 이들 데이터를 수집 및 신호를 분석하여 발전소 디젤엔진의 이상상태를 감시 및 진단하는 기술 구축에 기초자료로 활용하고자 한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 엔진의 진동 및 초음파 분석

왕복 엔진의 진동 및 초음파 소음에는 여러 가지 원인이 존재한다. 왕복 운동의 특성상 진동(관성) 힘이 발생한다. 또한, 밸런스가 맞지 않는 회전 요소도 진동을 일으킨다. 그리고, 기계적 충격(예, 밸브가 닫힐 때) 및 고속 가스

흐름(예, 배기 블로우 다운)도 고주파 신호를 야기한다. 이들 원인으로부터의 진동 신호를 측정하고 이들 신호를 "양호" 또는 "정상" 엔진의 예상 또는 사전 측정된 기준 신호와 비교해서 엔진 문제 진단에 사용한다.

초음파 또는 고주파 진동 에너지는 다음의 몇 가지 발생원에서 야기된다.

- 밸브 닫힘이나 피스톤 기계적 타격 같은 기계적 충격
- 배기 블로우 다운이나 실린더 링 블로우바이 같은 고속 가스 흐름
- 기계적 거칠기 또는 마찰 및 직접 연소에 의해 유도된 에너지

Fig. 1은 디젤 엔진의 상태측정을 위한 진동 및 초음파 측정방법을 보여준다.

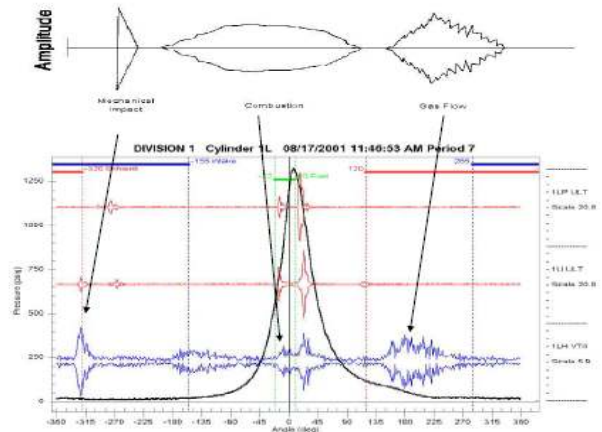


Fig. 1 Vibration and ultrasonic test method for diesel engine

#### 2.2 실험장치 및 방법

엔진의 각 연료펌프 작동상태는 미국의 Dynalco사에서 제작한 엔진 분석장비(RECIP- TRAP 9269 ; RT9260)를 이용하여 측정하였다. 연료펌프 작동상태에 따른 진동 및 초음파 신호를 크랭크 축 위치와 동시에 측정하게 된다.

† 이상국; 한전 전력연구원  
E-mail : sglee@kepri.re.kr  
Tel : (042) 865-5507, Fax : (042) 865-5412

\* 한전 전력연구원

\*\* 한전 전력연구원

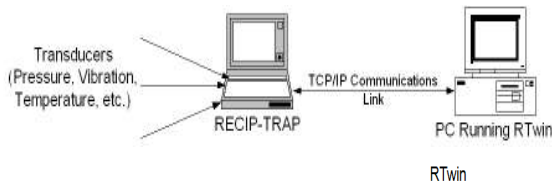


Fig. 2 Engine performance measurement system

### 2.3 실험결과 및 고찰

Fig. 3 및 Fig. 4는 디젤엔진 1L(엔진 좌측열 첫번째) 실린더 및 2L(엔진 좌측열 두번째) 실린더의 연료주입펌프에서 진동 및 초음파 신호를 측정된 결과를 각각 나타낸다.

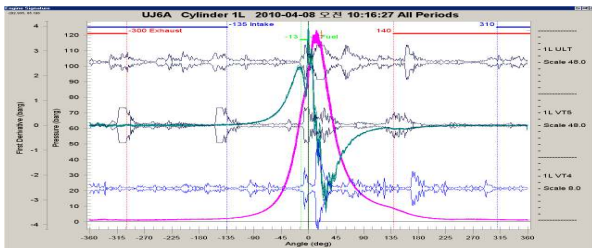


Fig. 3 Vibration and ultrasonic test results for fuel pump of cylinder 1L

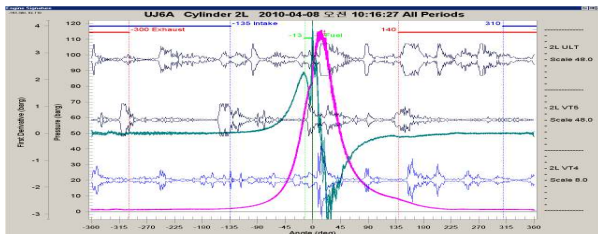


Fig. 4 Vibration and ultrasonic test results for fuel pump of cylinder 2L

신호 분석결과 다음 4개의실린더에서 이벤트 신호가 발생되었으며, 1L 실린더는  $-230^{\circ}$ ,  $-120^{\circ}$ ,  $250^{\circ}$ ,  $230^{\circ}$  부근에서 미세한 초음파 신호를 발생하였으며, 한편 2L 실린더에서는  $-246^{\circ}$ ,  $-100^{\circ}$ ,  $246^{\circ}$  부근에서 작은 미세한 신호를 발생하였음을 알 수 있다. 실린더 1L 및 2L에 대한 진동측정에서 이벤트가 발생되었다. 4 행정 엔진기관에서는 흡입, 압축, 팽창, 배기등 피스톤링은 라이너의 모든 지점을 4회 통과하며, TDC를 기준으로 대칭이다. 실린더 2L 실린더는 초음파 신호음이 3곳에서 발생된 것은 흡입밸브, 배기밸브와 중첩되는 부분에서는 이벤트 부분이 밸브 동작 신호음과 겹침

부분으로 탐지할 수 없었다.

Fig. 5는 디젤엔진 1R(엔진 우측열 첫번째) 실린더의 연료주입펌프에서 진동 및 초음파 신호를 측정된 결과를 나타낸다.

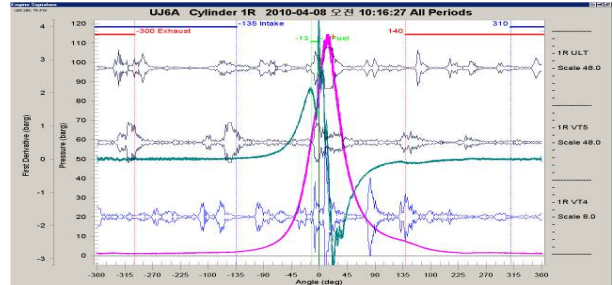


Fig 5 Vibration and ultrasonic test results for fuel pump of cylinder 1R

1R 실린더에서는  $-180^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$  부근에서 미세한 이벤트가 발생하였다. TDC와 BDC는 2회 통과하며, 커넥팅 로드 핀 베어링등 유격을 점검할 필요가 있음을 알 수 있다.

3R 실린더 흡입밸브 닫힌 이후 이벤트 발생 하였다. 밸브 스프링 손상, 압축 링 위치의 라이너 마모가 예상되며 추가적인 점검이 필요하다. 동력행정에서 라이너가 마모되면 압축행정에서 가스가 링을 빠져나가는 블로우바이 현상이 일어날수 있다. 이는 라이너 Borescopic 검사를 통해 라이너 마모여부를 확인할수 있다. 만일 라이너 마모 및 손상이 발견되면 라이너를 교체해야할 것으로 판단된다.

4R 실린더  $51^{\circ}$  부근에서 이벤트 신호음 발생하였다. 연소 이후 발생한 팽창 행정에서의 이벤트로 밸브누설, 링 손상 등을 예상할 수 있으며, 추가적인 조사가 필요하다.  $-225^{\circ}$ ,  $-135^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$ ,  $225^{\circ}$  부근에서도 미세한 이벤트 신호가 발생되었다. 스커트, 링, 라이너 마모상태를 점검할 필요가 있음을 알 수 있다.

다른 실린더 및 연료펌프의 초음파 진동 측정 데이터에서는 특이사항이 발견되지 않았다.

### 3. 결 론

1. 발전소 디젤엔진의 연료펌프 작동상태를 진단하기 위한 초음파 및 진동신호 측정은 엔진의 상태진단을 위한 중요한 방법임을 알 수 있다.
2. 디젤엔진의 각 실린더의 연료펌프 작동상태에 대한 진동 및 초음파 측정을 통하여, 연료펌프 각 구성요소의 고장 상태까지도 예측이 가능하였다.
- 3 향후 본 논문은 발전소 디젤엔진의 이상상태 진단을 위한 기초 데이터로 활용가능하다.