

## 연료펌프 모터의 진동품질관리 자동화

이종광\*, 박병석, 윤지섭(한국원자력연구소), 강이석(충남대 기계설계공학과)

### Automatic Quality Control of Fuel Pump Motor Using Vibration Analysis

J. K. Lee, B. S. Park, J. S. Yoon(KAERI), E. S. Kang(Mechanical Design Eng. Dept., CNU)

#### ABSTRACT

In this work, we developed an equipment for automatic quality control of fuel pump motor using vibration analysis. The equipment automatically performs a series of tasks such as aligning and conveying the motor, attachment/detachment of an accelerometer, data acquisition, vibration analysis, and classification, etc. Compared to previous manual operations, the developed system is able to provide considerable savings in both time and cost.

**Key Words** : Quality control (품질관리), Fuel pump motor (연료펌프 모터), vibration analysis (진동분석)

#### 1. 서론

자동차 산업의 발전과 더불어 수요자의 요구가 점점 다양화되고 고급화됨에 따라 자동차에서 발생되는 소음 및 진동 문제가 큰 현안으로 대두되고 있다. 본 연구에서 다루고자 하는 Fig. 1과 같은 연료펌프 모터는 연료탱크 내부의 가솔린을 엔진으로 이송시키는 역할을 한다. 모터의 진동은 전기적인 원인, 구조적 공진과 같은 기계적 원인, 또는 이들 상호간의 복합적인 요인으로 발생된다. 또한 연료펌프 모터는 연료가 모터 내부를 흐르는 특징이 있어 유체의 유동에 의한 진동이 추가적으로 발생된다. 이러한 모터의 진동은 운전자의 안락한 승차감을 저해하거나, 내부 구성품의 진동 피로에 의한 수명 단축을 유발하는 요인으로 작용한다. 따라서 진동의 원인을 찾아내어 개선하기 위한 새로운 설계기법의 개발에 관한 연구와 더불어 생산된 모터에서 발생하는 진동을 정량적으로 평가하고 품질 등급에 따라 구분하여 관리하는 것도 전략도 필요하다.

진동평가 장비는 시중에서 쉽게 구할 수 있다. 하지만 이러한 장비들은 진동의 측정 및 평가에 관련된 많은 유용한 소프트웨어적인 도구들이 제공되는 편리성에도 불구하고, 연료펌프 모터의 자동화된 품질관리를 위해 필요한 추가적인 하드웨어 시스템과의 인터페이스에 어려움이 있으며, 비용이 또한 상당히 고가인 단점이 있다. 본 연구에서는 연료펌프용 DC 모터의 진동품질관리를 위하여 모터의 정렬 및 이송, 가속도계 탈부착, 주파수 신호분석, 진동 품질선별 및 분류 등의 일련의 과정을 자동적으로 수행할 수 있는 장치의 개발에 관한 내용을 다룬다.

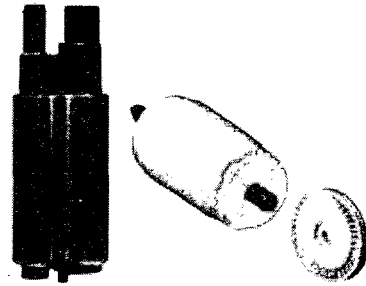


Fig. 1 Fuel pump motor

#### 2. 모터 진동평가

진동신호 분석을 위해 혼합 기수 Fast Fourier Transform (Mixed-Radix FFT) 알고리즘이 적용되었다[1]. 일반적인 DFT는 데이터의 수가 2의 제곱 형태인 경우 계산이 가능한 반면에 혼합 기수 FFT는 작은 prime factor의 곱으로 표현되는 일반적인 크기의 데이터 열에 대한 FFT가 가능한 장점이 있다. 따라서 이 알고리즘을 이용하면 주파수 분해능을 정수 형태로 표현할 수 있으므로 (예를 들어 1Hz, 2Hz, 4Hz 등), 상용의 진동분석 장비에서도 선호되는 방식이다.

진동신호 측정을 위해 NI사의 PCI-4472 dynamic signal acquisition 보드를 사용하였다[2]. 이 보드는 총 8개 채널의 진동 신호를 측정할 수 있으며, 가속도계에 전류를 공급할 수 있도록 구성되어 별도의 signal conditioner 없이도 직접 가속도계와 연결하여 사용할 수 있는 장점이 있다. 진동신호의 측정

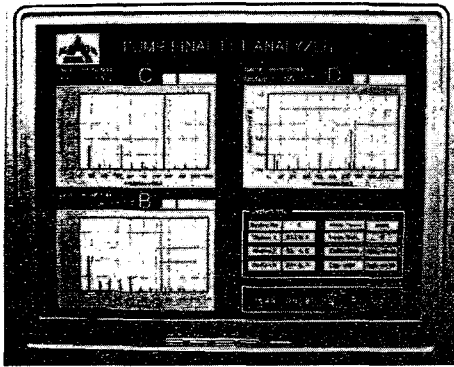


Fig. 2 Main display for vibration evaluation.

및 분석 과정을 다음과 같다. 우선 연료펌프 모터에 전류를 인가한 후, 모터에 부착된 3축 가속도 센서로부터 진동 신호를 읽어 들인다. Windowing 처리를 거친 후, 혼합 기수 FFT 알고리즘을 통해 power spectrum을 구한다. 모터에서 발생된 진동 신호는 Fig. 2에 나타난 바와 같이 기준 주파수의 harmonic 성분들로 구성된다. 측정된 모드 별 주파수의 크기 (magnitude)를 등급 판정을 수행하기 위해 미리 설정된 lookup table의 값들과 비교하여 최종적인 등급을 판정한다.

컴퓨터 프로그램은 Visual C++로 작성되었으며, 진동신호의 측정, 분석 및 다른 장치와의 인터페이스가 동시에 이루어질 수 있도록 두 개의 독립된 루프로 구성되었다. 즉, 진동신호는 background 루프를 이용하여 측정되며, 프로그램의 주 루프는 진동 평가와 함께 Main PC 및 PLC와의 인터페이스를 위해 사용된다.

### 3. 시스템 구성 및 적용

Fig. 3은 구성된 시험장치의 개략도를 나타낸다. 개발된 장비는 총 6개의 모터를 동시에 시험할 수 있다. 그림에서 PLC는 모터의 정렬, 이송, 가속도계 탈부착을 담당하며 FFT PC와는 DIO 신호를 이용하여 진동평가의 시작 및 종료 신호를 주고받는다. Main PC는 PLC와 FFT PC들 간에 진동 평가와 관련된 정보들을 중계하는 역할과 함께 측정 결과를 관리하는데 이용된다.

연료펌프 모터의 진동품질관리를 자동으로 수행하기 위한 일련의 과정은 다음과 같다.

- (1) 생산된 모터가 컨베이어 벨트를 타고 이송
- (2) 제품의 일련번호를 생성
- (3) 가속도계를 부착할 위치로 모터를 정렬
- (4) 측정 스테이션으로 모터를 이송
- (5) 연료공급 호스와 전원부를 연결
- (6) 모터에 전원을 공급하고, 진동신호를 측정
- (7) 주파수 분석에 의한 품질 등급을 판정
- (8) 일련번호 및 등급을 마킹
- (9) 등급별로 모터를 분류하여 보관

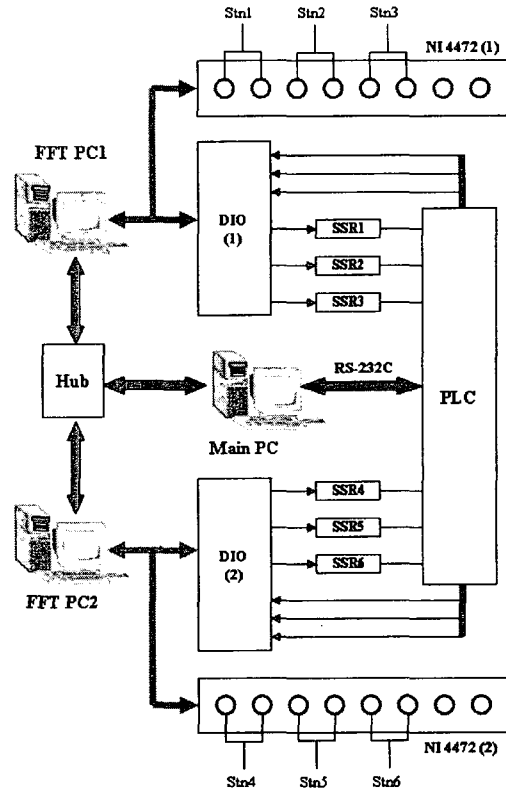


Fig. 3 Schematic diagram for experimental setup.

2대의 PC에서 개별적으로 수행된 진동시험 데이터는 Hub를 통해 Main PC에 수집된다. 기록되는 정보는 모터 일련번호, 시험일시, 스테이션 및 채널 인덱스, 각 모드별 주파수 크기, rpm, 등급 등을 포함하며, 모터의 생산관리와 연계된 통계자료를 생성하기 용이하도록 Excel 파일로 저장된다.

### 4. 결론

본 논문에서는 연료펌프 모터의 진동품질관리를 자동화하기 위한 시스템의 구성 및 적용에 관한 내용을 다뤘다. 개발된 시스템은 진동품질 관리를 위하여 모터의 정렬 및 이송, 가속도계의 자동 탈부착, 진동평가, 마킹, 등급별 보관 등의 일련의 과정을 PLC와 연계하여 자동으로 수행한다. 기존의 단순 수작업에 의해 수행되던 것과 비교하여 개발된 장치는 검사 시간을 크게 단축시켰으며, 모든 진동평가 데이터를 데이터베이스 형태로 관리할 수 있어 생산성 향상에 크게 기여하였다.

### 참고문헌

1. Richard, C. S., "An Algorithm for Computing the Mixed Radix Fast Fourier Transform," IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics, vol. AU-17, no. 2, pp. 93-103, 1969.
2. NI 447X User Manual, www.ni.com