

# 진동측정 좌표축 회전을 이용한 저널베어링 상태 진단

## Diagnostics of Journal Bearing System Using Coordinate Transformed Vibration Signals

윤병동\*†, 전병철\*‡, 정준하\*, 김동환\*\*, 손석만\*\*

Byung D. Youn, Byungchul Jeon, Joonha Jung, Donghwan Kim and Seok-Man Sohn

**Key Words** : Coordinate Transformation(좌표축 변환), Diagnostic(진단), Vibration(진동), Journal Bearing (저널 베어링)

### ABSTRACT

Vibration signal has been widely utilized in the diagnostics of rotating mechanical system. Diagnostics systems in rotating machinery are depends on the vibration data which are acquired from the system. However, the characteristics of acquired data can be vary according to the position of anomaly installed or the position of data acquired. In this research, the coordinate transform of journal bearing vibration signal was proposed to overcome the limitation mentioned above. Journal bearing systems are equipped two gap sensors with ninety degree angles, and it can enable to generate coordinate transformed signals in arbitrary angle domain. More abundant information for each normal or anomaly conditions are obtained from coordinate transformation than only the data of the existing measuring position, then we have developed a reliable and robust diagnosis algorithm for journal bearing system.

### 1. 서 론

산업계에서 사용되는 많은 기계 시스템은 회전체 구조물이 포함되어 있다. 특히, 저널베어링은 고하중 및 고속 환경의 회전체 시스템에 적합하기 때문에 대형 펌프, 증기터빈 시스템 등에 흔히 사용되고 있다. 이러한 시스템의 치명적인 고장이나 사고를 미연에 방지하기 위해 진동데이터를 이용한 진단 시스템이 널리 적용되고 있다. 대형 발전소의 경우 현재까지는 진동 데이터의 크기를 기준으로 주의 및 경고 시스템을 적용하고 있는 실정이며, 각 이상상태를 구분하고 이상상태의 수준을 평가하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 진동 데이터를 활용한 시

스템 진단을 위해서는 계측된 신호의 특성이 중요한데, 이러한 데이터는 신호가 계측된 위치에 민감한 영향을 받는 제한점이 발생할 수 있다.

본 연구에서는 계측신호의 측정위치에 따른 영향을 최소화하기 위한 방안으로 좌표축 회전 데이터 활용을 제안하였다. 좌표축 회전 데이터를 통해 각 이상상태의 특성을 충분히 반영함으로써 신뢰성 있고 강건한 진단 알고리즘을 개발할 수 있다.

### 2. 저널베어링 진단 시스템

저널베어링 시스템의 진단을 위해 본 연구에서는 지도학습 기반의 기계학습이 활용되었다. 시스템에서 획득된 훈련 데이터를 이용하여 진단 알고리즘을 학습한 상태에서 실제 시스템의 데이터를 적용하여 상태를 진단하는 과정을 거치게 되며, figure 1에 해당 절차가 나타나 있다. 진단 알고리즘의 개발과정에

† 교신저자; 서울대학교 기계항공공학부  
E-mail : bdyoun@snu.ac.kr  
Tel : 02-880-1919

‡ 발표자; \* 서울대학교 기계항공공학부

\*\* 한전 전력연구원

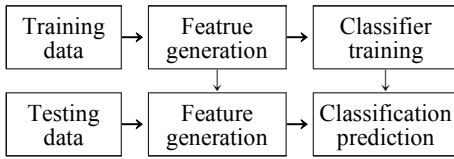


Figure 1. Diagnostics procedure

서는 훈련을 위해 측정된 진동데이터로부터 시간, 주파수 영역의 특성인자 생성(추출 및 선택) 과정을 거쳐 분류기를 학습하게 된다. 테스트 과정에서는 훈련데이터와 동일한 특성인자 생성 과정을 거친 후, 학습된 진단 분류기에 적용하여 이상상태 분류 예측 결과를 얻는다.

본 연구에서는 진단 알고리즘 개발을 데이터로 RK4 저널베어링 시험기(GE Bently Nevada)에서 획득된 변위형태의 진동신호가 활용되었다. RK4를 이용하여 정상 및 3가지 이상상태(질량불평형, 접촉, 오정렬)에 대해 3,600rpm의 정상상태(steady-state) 조건에서 진동데이터를 획득하였다. 특성인자 생성을 위해서는 시간, 주파수영역의 19개 특성인자를 추출하고, Genetic Algorithm을 적용한 특성인자 선택과정을 적용하였다. 기계학습에 사용된 분류기는 Fisher Discriminant Analysis (FDA)를 적용하였다.

### 3. 진동신호의 좌표축 회전

직교좌표계로 구성된 2차원 평면의 데이터는 식 (1)을 통해  $x$ ,  $y$  축 데이터에서 임의의 각도  $\theta$ 만큼 좌표축 회전을 적용한  $x'$ ,  $y'$  데이터로 변환될 수 있다.

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (1)$$

발전소 시스템을 포함하는 대부분의 저널베어링 시스템은 회전축 진동 측정을 위해 90도의 위상차를 갖는 2개의 변위센서가 장착되어 있다. 따라서, 각 센서에서 측정된 데이터를 기준으로 임의의 각도에 대한 좌표축 변환 데이터를 획득할 수 있다. 기존 각 센서에서 측정된 데이터를 이용한 진단방법에서는 측정된 데이터에 국한된 진단 결과를 얻을 수 있었으나, 좌표축 회전 데이터를 활용함으로써 각 이상상태별 전반적 거동 특성이 반영된 진단 알고리즘 적용이 가능하다.

## 4. 결과 및 토의

RK4의 4가지 상태조건에서 획득된 데이터를 진단 알고리즘의 개발 및 테스트에 적용하였다. 각 센서로부터 측정된 데이터를 이용한 경우와 좌표축 회전 데이터를 적용한 경우의 진단결과를 비교하였다. 좌표축 변환에서는 일정크기로 회전각을 변화시키면서 16개의 회전각  $\theta$ 에 대한 좌표축 변환 데이터를 얻었다. Figure 2는 특성인자 수를 3~19개까지 변화시키면서 특성인자 선택을 통한 진단결과의 정확성을 나타내고 있다. 좌표축 회전을 적용한 경우 기존 데이터만을 활용한 경우에서 보다 진단 결과가 크게 향상됨을 확인할 수 있다.

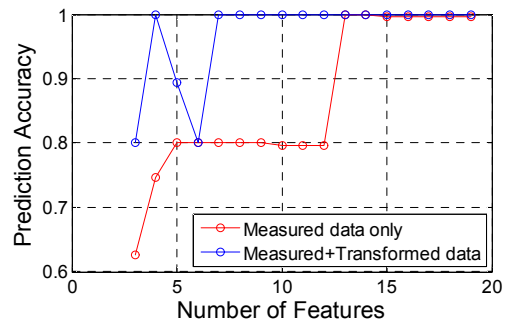


Figure 2. Results of classification prediction

## 5. 결론

저널베어링 시스템 진단을 위해 측정된 데이터는 이상상태의 발생 위치 또는 측정 위치에 따라 매우 민감한 차이가 발생하기 때문에 이를 해결할 수 있는 방안이 필요하다. 본 연구에서 제안된 좌표축 회전 데이터를 적용하면 각 이상상태의 전반적인 특성반영이 가능하기 때문에 신뢰성 있고 강건한 저널베어링 시스템 진단이 가능하다.

## 후 기

본 논문은 2013년도 지식경제부 한국에너지기술평가원의 전력산업원천기술개발사업의 지원에 의하여 연구되었음 (2012101010001C).