

# 수직전동기 기초의 체결상태 변화에 따른 진동사례 고찰

## A Case Study on Vibration of Vertical Motor according to Foundation Condition

송우석† · 정혁진\* · 이혁순\*\*

Woo Sok Song, Hyuk Jin Chung, Hyuk Soon Lee

### 1. 서 론

수직펌프는 용량 대비 적은 공간에서 설치가 가능하고, 흡입수두의 확보가 용이한 장점이 있어 원자력발전소의 경우 공간적 제약이 있거나 흡입수두의 확보가 요구되는 대용량의 펌프에 많이 적용되고 있다. 특히 발전소 냉각원으로 이용되는 냉각용 해수 취수계통의 경우 대부분 수직 형식이 적용된다. 그러나 이러한 장점에 반하여 수직펌프는 기초하부로 긴 양수관을 포함한 펌프구조물을 갖고, 대형의 구동기 대비 왜소한 지지대나 기초로 인해 진동문제가 많이 발생한다. 특히 기초 상부에 수직 안착되는 구동기는 외팔보 형태로 설치되어 지지 강성대비 질량이 커 고유진동수가 비교적 낮고, 종종 운전주파수와 공진이 발생하기도 한다. 본 논문에서는 취약한 기초를 갖는 대형 수직전동기에서 발생한 진동현상 및 기초부의 체결상태 변화에 따른 진동변화를 시험하고 고찰하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 기기사양

대상기기는 조외형(dry Pit) 장축 수직펌프의 전동기로 유니버설 조인트로 펌프와 체결되며 Fig. 1 과 같이 전동기 기초는 펌프와 분리되어 약 10m 높은 슬래브에 위치하였다. 동 전동기는 초기 설치 직후부터 진동 문제가 있었고, 이력 확인결과 안착상태의 변화가 수반되는 인출 등 위치변화 후에 진

동 상승을 경험하는 빈도가 높았다.

Table 1 Equipment specification

구분	내 용	비고
형식	수직형 3상 유도전동기, 1000HP 급 펌프 : 조외형,	
회전속도	594rpm (12극)	
베어링	상부: 앵글러콘택 볼 /하부: 원통 롤러	

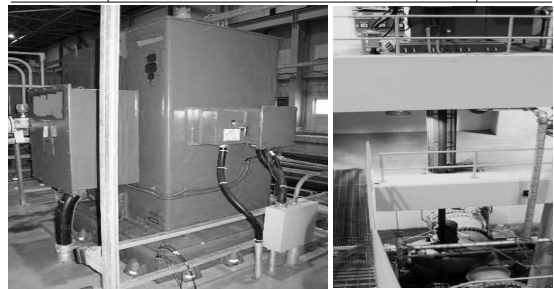


Fig. 1 Motor(left) and pump ass'y(right)

#### 2.2 진동 특성

전동기 상부 베어링하우징에서 간헐적으로 경보값(4.5mm/s)을 초과하는 진동이 나타났고, 이는 Fig. 2와 같이 25~35 Hz 구간의 비동기 진동성분 증가에 기인하였다. 반면 회전주파수 성분(1X, 9.9Hz)은 일정하였다.

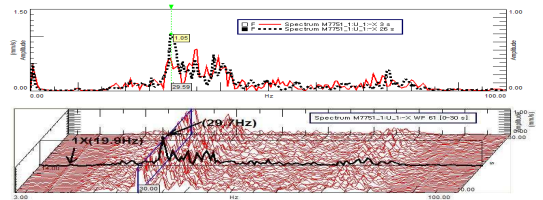


Fig. 2 Vibration spectrum & waterfall plot

유체영향 및 외부진동유입 확인을 위해 슬래브를 공유하는 동종 이웃펌프의 운전 중이나, 동 펌프 운전 중 이웃펌프의 진동변화를 계측하였으나 상관관계는 나타나지 않았고, 펌프 측의 진동영향은 크지않은 것으로 나타났다.

† 교신저자; 한수원중앙연구원  
E-mail : rainandt@khnp.co.kr  
Tel : 042-870-5676 , Fax : 042-870-5689  
\* 한수원중앙연구원  
\*\* 한수원중앙연구원

### 2.3 동특성 및 운전중 진동형상

전동기 구조물의 동특성 규명을 위한 모드시험결과를 Fig. 3, Fig. 4에 나타내었다. 반경방향 26Hz 및 30Hz에 주 응답을 포함 25~35Hz 구간에 다수의 고유진동 성분이 확인되었고, 전동기 상부 반경방향(X,Y) 응답은 전동기 하부의 축방향(Z) 응답과 비례관계를 나타내었다.

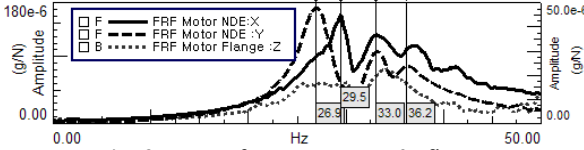


Fig. 3 FRF of motor NDE & flange

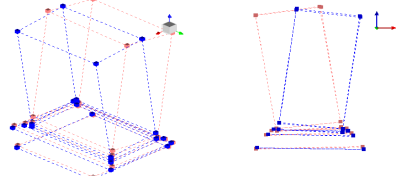


Fig. 4 30Hz mode shape of motor ass'y

특히 전동기 하부플랜지 축의 25~35Hz구간 축방향 응답은 전동기 기초대비 커서 체결볼트의 신장이 전동기 상부의 반경방향 응답에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 운전중 진동형상(ODS) 분석결과도 거의 동일한 형태를 나타내었다.

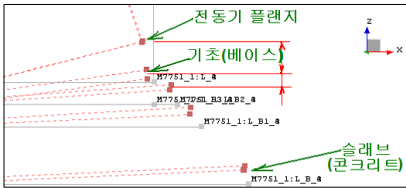


Fig. 5 Comparison of deflection shape

특히 25~35Hz 대역의 속도시간과형을 이용한 ODS 분석결과 진동 상승 시의 거동형태는 유사하지만 위치나 각도 등의 불규칙한 움직임이 나타나 하부 기초 체결 접촉부의 접촉 불량이나 이완과 유사한 형태로 나타났다.

### 2.4 체결부 강성

기초 체결 볼트의 진동모드 영향확인을 위해 실제 전동기 기초, 볼트 및 전동기 플랜지를 모델링하고 상용코드(ANSYS)를 이용 모드해석을 수행하였고, 접촉 불량 시의 조건 부여를 위해 바닥의 마찰계수는 낮게 입력하였다. 해석결과 1,2차 모드는

Fig. 6과 같이 체결볼트의 신장 영향으로 나타났고 실측 데이터와 일관성 있는 결과를 보였다.

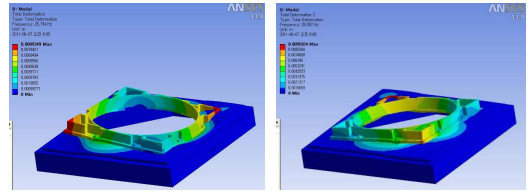


Fig. 6 1st and 2nd mode shape of motor base

### 2.5 조치내용

기초 접촉부의 상태확인을 위해 전동기를 인출하여 점검결과 전동기 체결 플랜지의 미소변형 및 불균일 접촉상태가 확인되었다. 이는 통상적으로 나타날 수 있는 수준이었으나, 체결부의 취약한 강성에 의해 회전기기의 운전 중 진동 조화성분이 부근의 고유진동모드를 가진하여 진동이 나타나는 것으로 결론 내리고, Shim 삽입 후 조화성분들과 이격되도록 주파수 응답시험을 통한 Shim위치 조정을 통해 운전 중 진동수준을 낮추었다. 해당전동기 기초는 근본적인 강성증가를 위해 개선할 예정이다.

## 3. 결 론

회전기기에서 기초는 매우 중요한 부분이며, 통상 API610 등 관련규격에서는 펌프의 기초는 구조적으로 충분한 강성을 갖도록 규정하고 있다.<sup>(1)(2)</sup> 아울러 볼트 등으로 결합되는 체결부나 접촉부는 운전 년수 누적에 따른 미소한 변형, 청결정도 및 기타 다양한 요인에 의해 설계와는 달리 완전한 접촉상태를 보증할 수 없고, 취약한 체결 강성을 갖는 경우 볼트의 조임 순서나 정비 시의 위치변화 등 통상적 변화에 의해서도 동특성을 변화시킬 수 있다.

펌프/전동기 설계 시 기초의 체결부는 요구 체결력이나 응력 여유뿐 아니라 접촉 상태를 고려한 구조적 강성 측면의 여유도 충분히 고려될 필요가 있다고 사료된다.

### 참고문헌

- (1) ANSI/API, 2004, Standard 610, pp.59-61
- (2) ANSI/HI, 1994, American National Standard for Centrifugal Pumps 1.1-1.5-1994, pp.113