

Plant진동 측정 및 저감



글 / 全 亨 植
(Chun, Hyung Sik)

소음진동기술사, 공학박사,
(주)유비콘엔지니어링 기술사사무소 대표이사.
E-mail: chun@ubcon.com

본 원고는 12월 1일(목)에 개최한 「소음진동기술사 CPD」에서 발표한 원고를 요약 정리한 것입니다.

1. 서론

Plant 정상가동 중에 자주 발생하는 기기의 진동으로는 회전체의 불평형(Unbalance)과 축정렬(Misalignment)에 의한 진동이 있으며, 그 외의 기기진동원으로 구름베어링에 기인하는 진동, 열적 Rotor Bending, Bent Shaft, Loose Bearing, 열적 축정렬변화, 기초불량, 배관계의 공진, Casing의 변화, 유체력의 가진에 의한 Blade의 진동, 기초여진 등이 있다.

많은 기기진동 중에서 가장 빈도가 높은 진동문제는 회전체의 불평형과, 축정렬불량 그리고 구름베어링에 의한 진동이다. 기기진동 문제를 해결하기 위해서는 진동을 측정하고, 어느 특정 진동에 대한 스펙트럼을 분석하여 탁월한 가진주파수가 무엇인지를 알아내야 한다.

2. 기기진동의 발생원인

불평형은 회전체 Mass의 중심이 회전축과 일치하지 않을 때 발생하며, Rotor의 고유진동수와 같은 회전속도에서 가장 큰 진동값을 가지며, 주로 1X 회전속도에서 탁월한 진동치를 보여준다.

불평형 다음으로 많은 기기진동의 요인은 축정렬불량이며, 두 개의 회전축이 서로 일치하지 않아 회전축 정렬상태가 부적절하게 되어 발생하며, 진동특성은 회전축의 2X에 대하여 수직 및 수평방향의 성분이 가장 크게 나타나며, 1X성분도 크게 나타난다.

다음으로는 구름베어링 문제이며, 베어링 자체의 결함에서 오는 경우와 위의 두 가지 진동요인을 포함하여 복합적인 진동요인으로 인하여 베어링에 과도한 동적하중이 작용하여 베어링의 결함을 일으키기도 한다. 베어링 문제는 불평형이나 축정렬불량과는 달리 회전속도의 Harmonics에서 가장 큰 진동이 발생하지 않고, Non-Harmonic 성분이 지배적이다.

3. 기기진동의 허용기준

기기진동의 허용기준으로 사용되는 기준치로는 Rathbone Chart, General Machinery Vibration Severity Chart, ISO Standard 2372, ISO Standard 3945, ISO 10816 Severity Chart, MIL-STD-167-1(U.S.A.), S9073-AX-SPN-010/MVA(U.S.A), VDI2056(독일) 등이 있다.

4. 배관진동

배관계의 진동으로 인한 발전소, Plant의 일시 정지현상은 주로 정상상태진동에 그 원인이 있다. 반복적인 하중의 작용은 배관 재질의 허용응력을 낮추게 되며, 또한 응력집중현상이 두드러진 배관 접합부나 밸브 연결부에서 교차응력이 허용응력보다 크게 되어 배관에 손상이 오게 된다. 배관손상의 대표적인 경우가 배관에 Crack이 가는 것인데, 때에 따라서는 방사선물질의 누출로 발전소가 일시 정지되기도 한다. 따라서 배관진동과 아울러 배관계의 응력집중현상을 고려하여 배관진동 문제를 해결하여야 한다.

5. 배관진동의 허용기준

정상상태진동의 허용기준은 진동응력을 배관재질의 내구한도보다 적게 제한하는 것이며, 과도진동의 경우는 배관재질의 내구한도에 적용을 받지 않으며, 일반 배관코드의 허용응력의 적용을 받는다. 일반적으로 배관진동의 screening criteria로는 J.C. Wachel과 Richart의 Allowable Vibration Levels를 주로 사용한다.

6. 진동문제해결

기기의 공진으로 인한 경우 기기지지물의 강성을 높여 지지물의 동적특성을 향상하여 구조물과의 공진을 피하게 하거나, 기기자체에 추가적인 질량을 부착하여 진동특성을 낮추어 진동을 저감시킨다.

기기를 지지하고 있는 구조물의 동적특성은 회전기기의 진동에 대하여 공진을 일으키지 않도록 일반적으로 강성을 크게 설계한다.

공진영역에서의 진동에너지 소산을 효과적으로 수행하기 위해서는 damper를 적용하여야 한다. 웬, 모터진동과 같은 정상상태진동에서는 Wire Energy Absorbing Rope Restraint를 적용하는 것이 바람직하다.

펌프에서 발생된 압력맥동이 배관계에 영향을 줄이기 위하여 압력맥동의 크기를 suction stabilizer와 pulsation damper를 이용하여 최소화한다.

시스템의 운전조건이 변화함에 따라 진동치도 현격하게 변화함으로 유동특성이 일정하도록 시스

템의 설계를 수정 보완하는 것이 바람직하다.

정상상태진동을 격고 있는 배관계의 진동특성은 전 배관계를 여러 가지 경계조건을 가진 짧은 공간으로 나누어 배관의 상태가 허용기준을 만족하는가를 배관의 처짐이 허용한도를 만족하는 가로 결정하는 간단한 단순보 개념을 이용하여 해석할 수 있다.

배관계의 범위가 정해지면 식별되는 진동이 있는지를 육안으로 검사하여야 하며, 적어도 한곳의 진동측정은 이루어져야 한다.

진동측정에는 최대진폭(peak-to-peak) 변위값을 측정할 수 있는 기기를 사용하는 것이 바람직하다. 일반적으로 배관계의 진동은 여러 곳에서 발생하기 때문에 전반적인 위치에서의 진동측정은 어려우며, 진동이 가장 심각하다고 판단되는 곳에서 측정을 하여야 한다.

가장 심각한 진동위치가 결정되면 측정된 변위는 허용기준을 적용하여 분석한다. 허용변위기준은 적용하기 쉽게 단순화하여서 세부적인 해석에 앞서 적격심사기준(screening criteria)으로 사용한다. 측정된 진동변위가 허용변위기준을 초과할 경우, 컴퓨터해석을 통해 얻어진 최대응력을 재료의 허용응력과 비교하여 진동의 적격여부를 결정, 적절한 조치방법을 선택하여 진동문제를 해결한다.

7. Case Study

- 1) Vibration Evaluation on an ESW Screen Wash Pump
- 2) Vibration Evaluation on a Cryogenic Pump
- 3) Pressure Pulsation on a Reciprocating Pump
- 4) SVL-2H 80E Pump
- 5) Vibration Evaluation on Cooling Fans
- 6) Centrifugal Compressor BCL 608
- 7) LDPE Compressor Piping & Support Structure Vibration
- 8) LDPE GB102 Compressor Pipe Rack Structural Stability Evaluation
- 9) Piping Vibration of Nuclear Power Plant
- 10) Piping Vibration of Power Plant
- 11) Plant Cavitating Ventri
- 12) Vibration Evaluation on Preflash Drum
- 13) Vibration Evaluation on YGN 5&6 COP and Piping