

발전소 주증기격리밸브 배관계의 진동원인 분석

Root Cause Evaluation on the Vibration of Main Steam Isolation Valve Piping System

전창빈† · 원윤호* · 오동범**

Changbeen Jeon, Yunho Won, and Dongbum Oh

1. 서론

주증기격리밸브 배관계는 MSIV Room 내에 설치된 주증기 배관으로 주증기대기방출밸브(MSADV), 주증기안전밸브(MSSV), 주증기격리밸브(MSIV) 등으로 구성된다.

주증기격리밸브는 웨지형 게이트 밸브로 각 주증기 배관에 1 개씩 설치되었으며, 주증기 배관 파단 시 사고 영향을 한 대의 증기발생기로 제한하기 위해 최대 증기유량에 대응하여 5 초 이내에 작동한다. 주증기격리밸브에는 실린더 형태의 Hydraulic Actuator 가 설치되어 있어 주증기 격리밸브 전·후단에 있는 주증기 배관 또는 관련기기 파단 사고 시, 전원 상실 시 자동적으로 작동하고, 빠른 속도로 디스크를 닫을 수 있다.

정상운전 중 MSIV A 쪽에서 진동이 크게 발생하여 진동을 측정하여 평가하고 건진성을 확인하였다. 또한 고진동이 발생하는 MSIV A 쪽 배관계의 진동원인을 분석하고 조치방안을 수립하였다.

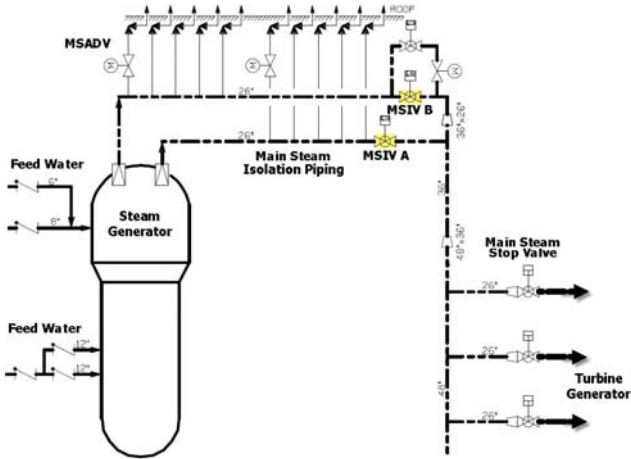


그림 1. 주증기 배관 계통도

2. 본론

표 1 과 표 2 는 밸브에서 측정된 최대 진동변위와 최대 진동속도로 MSIV A 의 진동이 다른 쪽 밸브보다 약 2~3 배 더 크게 발생함을 보여준다.

주증기격리밸브의 디스크는 2 개의 디스크 판으로 구성된 웨지형 디스크(Split Wedge Type Disc)로 디스크 판 사이에 간극유자용 링(Spacer Ring)이 설치되어 있고, 디스크 판에는 T-Head Slot 이 있어 스태프와 디스크를 연결한다. 디스크에는 그림 2 와 같이 옆에 돌출된 레일이 있어 밸브 몸체의 가이드에 의해 지지되며, 가이드와 디스크 사이에 약간의 간극이 있다.

표 1. MSIV 진동 데이터(변위, Pk-Pk, mils)

	MSIV A	MSIV B	MSIV C	MSIV D
지지대	24.3	15.6	10.7	13.5
MSIV 몸체	49.4	21.1	12.5	22.1
Actuator	62.4	24.2	18.4	22.1

· 주파수 범위: 7.6 ~ 7.8 Hz

표 2. MSIV 진동 데이터(속도, 0-Pk, in/sec)

	MSIV A	MSIV B	MSIV C	MSIV D
지지대	1.3	0.37	0.72	0.71
MSIV 몸체	1.19	0.52	0.59	0.43
Actuator	1.6	0.66	0.92	1.18

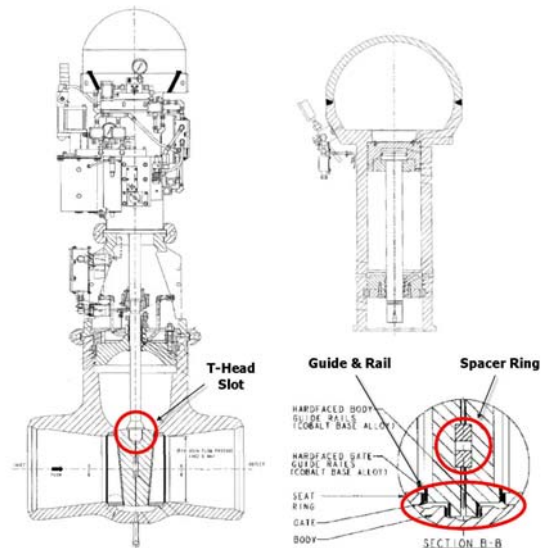


그림 2. MSIV 단면 및 디스크 지지부 상세도면

주증기격리밸브 배관의 동특성을 분석하기 위해 대상 배관계에 대한

† 한국전력기술㈜

E-mail : changbin@kepco-enc.com

Tel : (031) 289-3678

* 한국전력기술㈜

** 한국전력기술㈜

해석모델을 이용하여 모드해석을 수행하였으며, 그림 3 과 같이 밸브와 주변 배관이 좌우로 흔들리는 1 차 모드(7.6 Hz)가 측정된 배관계의 거동과 일치하는 것을 확인하였다.

진동에 의해 배관계에 발생하는 응력을 확인하기 위해 진동변위가 크게 발생하여 가진원으로 의심되는 밸브의 무게중심에 가진력을 주어 배관계를 해석하고 진동으로 인해 발생하는 응력을 계산하였다. 진동해석 결과, 측정된 진동응답과 일치하는 해석결과를 얻었으며, 주주기밸브 끝단과 배관 지지대 중간에서 가장 큰 응력이 발생함을 확인하였다. 또한, 진동으로 인한 응력을 허용기준과 비교한 결과, 표 3 과 같이 허용응력의 16.3% 로 진동에 의한 영향이 허용응력 범위 내에 있음을 확인하였다.

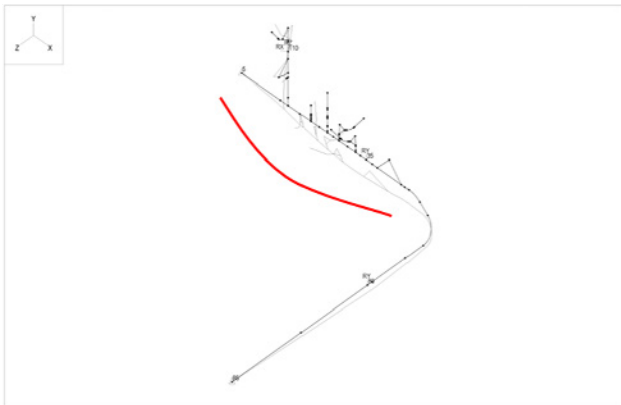


그림 3. 1 차 모드(7.6Hz)

표 3. 상세해석 결과

	해석 절점	해석 결과
진동 변위	41	50 mils(Pk-Pk)
진동 응력	37	1254 psi
허용응력에 대한 비율	-	16.3% (허용응력 7690 Psi)

MSIV A 에서 측정된 진동은 가진주파수가 7~8 Hz 로 배관의 1 차 모드와 일치하며, 배관계에서 일반적으로 볼 수 있는 난류유동에 의한 불규칙한 진동형태를 보이지 않고, 그림 4 의 위쪽 그림과 같이 Sine 파형의 진동형태를 보인다. 그림 4 의 아래쪽 그림은 진동신호를 주파수 분석한 것으로 7.8 Hz 진동이 지배적임을 보여준다. 그림 5 는 충격음 발생 시 진동 형태로 위쪽에 있는 신호가 소음이고 아래 쪽의 신호는 충격음 발생 시의 진동변위이다. 소음신호에서 중간에 튀는 신호들이 타격음이 발생할 때의 신호이며, 이때 진동변위를 보면 소음이 발생하는 시점에서 진동응답이 함께 증폭되는 것을 확인할 수 있다.

밸브에서 간헐적으로 쇠를 두드리는 듯한 충격음이 발생할 때 배관계의 진동이 증폭되고 충격음이 발생하지 않을 때는 진동이 감소되는데, 가진주파수가 배관의 고유진동수와 일치하여 가진력이 증폭되는 것으로 볼 때, 충격에 의한 가진력이 간헐적으로 작용하여 공간에 의해 진동이 증폭되고 가진력이 없을 때는 배관계의 감쇠특성에 의해 진폭이 줄어드는 과정이 반복되는 것으로 판단된다.

측정 데이터 분석 결과, MSIV A 배관의 고진동은 불연속부에서

발생하는 난류유동에 의한 영향보다는 마모나 헐거워진 부품에 의해 발생하는 기계적 진동이 더 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

측정 데이터 평가 결과 허용변위와 응력을 모두 만족하므로 배관진동이 주주기격리배관의 건전성에 미치는 영향은 심각하지 않은 것으로 볼 수 있지만, 마모가 계속 진행될 경우에는 배관계의 고유진동 특성에 의해 진동이 위험한 수준까지 증폭될 수 있으므로 주기적으로 진동을 점검하여야 한다.

또한, 진동원인으로 파악된 디스크, 스템연결부, Space Ring, 디스크 지지부 등 마모로 인해 헐거워질 수 있는 부품의 손상을 확인하기 위해 MSIV 밸브의 트럼부에 대한 검사도 수행되어야 한다.

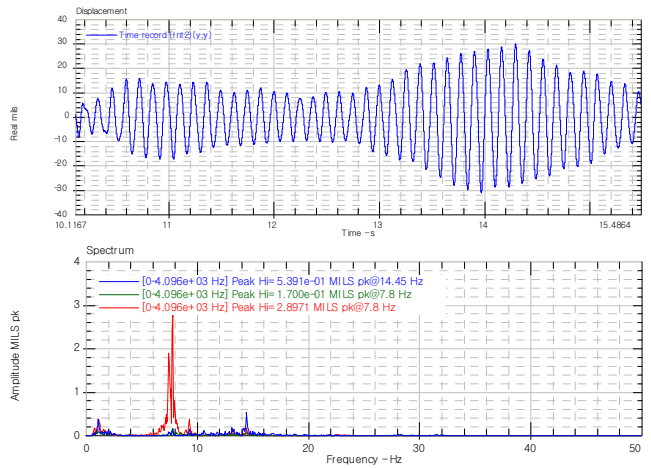


그림 4. MSIV 배관의 진동 특성

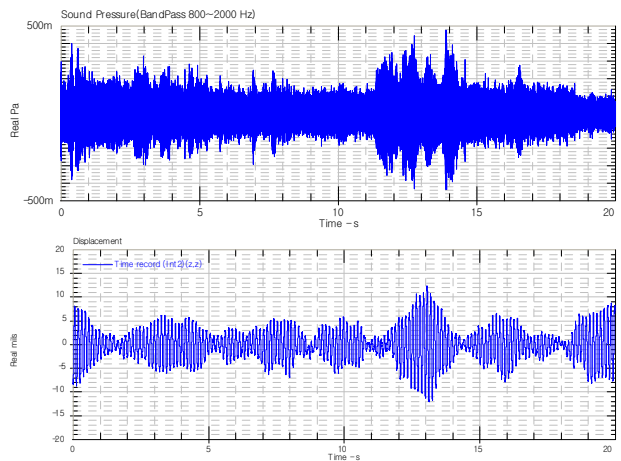


그림 5. 소음 발생 시 배관 진동 형태

3. 결 론

진동 데이터 평가 결과, 진동으로 인한 응력이 허용응력을 만족하므로 지지대 보강과 같은 조치는 불필요한 것으로 검토되었지만, 마모가 계속 진행될 경우에는 배관계의 고유진동 특성에 의해 진동이 위험한 수준까지 증폭될 수 있으므로 주기적으로 진동을 점검하여야 한다.

MSIV A 배관의 고진동은 불연속부에서 발생하는 난류유동에 의한 영향보다는 마모나 헐거워진 부품에 의해 발생하는 기계적 진동이 더 큰 영향을 미치는 것으로 판단되며, 진동 원인을 확인하기 위해 발전소 보수기간 중 밸브 트럼부에 대한 검사도 수행되어야 한다.