월성2발전소

고압안전주입(ECC) 격리밸브 PV81 안전성증진 이행 사례

2019.08.27~28 / 워크숍 발표자료

월성2발전소 발전운영팀
정기점검차장
조선오

KHNP

목 차

1 개 요

2 정기 및 주기시험 시행 근거

3 주기시험 불만족 및 정비사례

4 원인분석

5 안전성 증진 계획

1 개 요

1. 배 경

가. 월성3호기 15차 / 16차 계획예방정비 중 ECC PV81 전차압시험 개방 불만족

* ECC PV81
  - 고압비상노심냉각계통 작동밸브 2개(PV81, PV82)가 병렬(100%*2)로 설치
  - 고압비상노심냉각계통 동작신호에 의해 20초 내에 개방되도록 설계
  - 전단에는 고압공기탱크가 4.32 Mpa, 후단은 액체탱크가 0.18 Mpa 로 가압 상태
* 월성2,3,4호기는 정상운전 중 부분차압시험을 매월 수행
* 계획예방정비 중 전차압시험을 수행

2. 문제점

가. 16차 계획예방정비 정기검사 중 ECC PV81의 2주기 연속 개방 불만족 문제점 대두

* 정상운전 중 ECC 동작신호에 의해 열림을 보장할 수 없음
* 정상운전 중 전차압시험에 대한 검토 필요
  (후단에 병렬로 위치한 전동밸브 내부누설에 따른 파열판 손상 등 리스크 존재)
* 해당 밸브 2개는 밸브 분해정비 이력이 없었음

나. 밸브분해점검 결과 디스크 시트의 윤활상태에 문제

AOV 진단결과에서도 5도 방향에서 강한 마찰 발생

* 디스크 시트 및 밀봉링 교체 후 정비후시험 결과, 행정시간 대폭 단축

시험 수행 리스크 검토

월성3호기 ECC 고압가스격리밸브 PV81
정상운전 중 전차압시험 수행시 리스크 검토

'18. 08. 24(금) 발전운영팀

2. 문제점

□ ECC 파열판 손상 가능성 있음

1. PV 부분차압 / 전차압 시험 비교
   - 부분차압 : 3432-TK1/3 압력을 180 kPag → 2.76 MPag 서서히 가압 후 PV 개방하여 4.14 MPa 까지 가압됨
   - 전차압 : PV 개방하여 3432-TK1/3 압력이 180 kPag → 4.14 MPag 까지 순간적으로 가압됨
2. 정상운전 중 부분차압 시험 수행시 2.76 MPag까지 서서히 가압 후 수행함으로 배관과 파열판에 큰 영향을 주지 않음
3. 현재 O/H 기간 수행중인 전차압시험은 파열판 손상을 방지하기 위해 TK1/3 후단 MV를 추가 격리하여 수행하고 있으나, 정상운전 중 MV71/MV72 격리없이 전차압 시험 수행시 밸브 내부누설(MV79/MV80)에 의해 상대적으로 파열 설계압력이 미압(340 kPad)인 파열판의 손상가능성이 있음

3. 검토결과

□ 2주기 연속 개방실패된 PV81의 개방 신뢰성 확인을 위해 정상운전 중 전차압시험을 수행시 파열판 손상으로 발전소를 정지해야 할 수도 있는 만큼 신중한 검토가 필요함

□ 안전성 중진 및 규제기관의 요구사항에 대한 정상운전 중 PV 전차압시험 추가 검토

1. 후단 밸브(MV71/MV72)를 닫지 않고 시험했을 때의 리스크

- 내부누설 예방을 위한 전단 밸브(MV79/MV80) 수동 추가닫음 조치 필요 (추가닫음 시 전동밸브의 특성상 토크스위치 영향 가능, 디스크 마찰로 인한 차단기 보호계전기 동작으로 자동 개방불능 가능)
- 예방조치 방안 : PV81 시험 후 MV79/MV80 개방시험 추가 수행

2. 후단 밸브(MV71/MV72)를 닫고 시험했을 때의 리스크

- ECC 자동동작신호 발생시 2개 유로 운전복구를 위한 즉시 개방 필요 (격리 상태에서 T/S 적용 필요, 30분 내외)

2 정기 및 주기시험 시행 근거

4.6.6 Other Considerations

4.6.6.1 Testing of HP Gas Isolation Valves PV81/82

PV81/82 are tested monthly. This test schedule will be included in the reliability analysis of the ECC system. The valves are to be tested at reduced ΔP, i.e., below 1.38 MPa(d). Further, it is proposed that the full ΔP 4.14 MPa(d) tests will be performed yearly during the planned shutdowns. A bypass line 3/4 G-97 from the gas tank side to the water tanks side with an isolation valve has been designed that will initially be used to pressurize the water tanks to about 2.76 MPa(d). Following pressurization of the water tanks to this pressure, testing of PV81/PV82 can be normally carried out. The line size is 3/4 inch and the isolating valve is a manual globe valve (V123).

6.3.5.6.7 밸브 3432-PV81, PV82 시험

가스 차단 밸브 3432-PV81, PV82는 주기적으로 밸브양단의 차압이 1.38 MPa(d) (200 psid)로 유지한 상태에서 시험한다. 이것은 PV81과 PV82의 하류 압력을 약 2.76 MPa(g) (400 psig) 까지 증가시켜 수행한다.

가스 탱크 TK2 의 압력이 시험후 최소한 4.14 MPa(g) (600 psig) 이상임을 보증하기 위해 시험전 정상압력 이상으로 증가시킨다.

비상노심냉각 물 탱크를 4.14 MPa(g) (600 psig)로 가압시키도록 가스차단 밸브 3432-PV81, -PV82는 개방된다. 이들 밸브의 작동은 리미트 스위치로 나타나고 비상노심냉각수 탱크내의 압력지시계 63432-PI-126은 탱크가 가압되어 있는것을 확인시켜준다. 그리고 나서 가스차단 밸브는 닫힌다. 또한 주제어반에 압력지시계 63432-PI-26이 있다.

- 정기-23432O/P (부분차압시험, 1개월), 주기-68500A (전차압시험, O/H) 시험의 유일한 근거
- 최초 월성2,3,4호기 68500-DM 4.6.6(개정 01, 1992년) 시험시 다른 조건이 기술되어 있음.
  1.38 MPad 미만 차압에서 주기적으로 밸브시험을 수행,
  4.14 MPad 전차압시험은 매계획예방정비 중 수행
- 월성1,2발 자료실에는 Rev.2가 건설 이후 최초 전달된 자료로서 원본으로 관리되고 있으며, 한수원 서버에 pdf로 Rev.0과 1이 저장되어 있음. 그러나, Rev.2 개정 시 DM 매뉴얼 표지에 개정이력이 없고, 일반적인 DM 개정관리 형식에서 벗어난 것으로 보아 4-7페이지 전체가 누락된 것으로 추정
- FSAR에는 부분차압시험 조건만 기술

3 주기시험 불만족 및 정비사례

1. 고압 ECC PV81, PV82 시험불만족 이력

호기	O/H 차수	시험불만족 보고서	조치결과보고서
2	13	없음	없음
	14	없음	없음
	15	없음	없음
	16	없음	없음
	17	없음	없음
3	12	없음	없음
	13	없음	없음
	14	없음	없음
	15	1건(PV81)	1건(PV81)
	16	1건(PV81)	1건(PV81)
4	11	없음	없음
	12	없음	없음
	13	없음	없음
	14	없음	없음
	15	없음	없음

2. 고압 ECC PV81, PV82 정비 이력

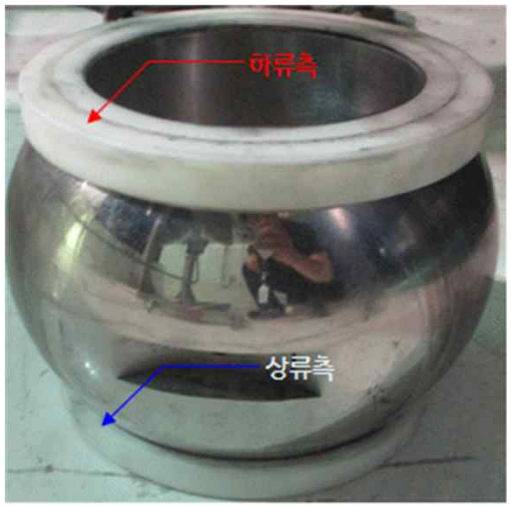
호기	차수	정비 이력	내 용
2	13	PV81 분해점검	밸브 내장품 분해점검 (시트교체, 내부 이물질 제거) / PRV 81,82 노후 교체
	14	PV82 분해점검	밸브 내장품 분해점검 / PRV 점검 및 교정
	15	PV82 구동기 점검	구동기 분해점검
	16	없음	
	17	PV82 분해점검	밸브 내장품 분해점검(시트교체) / PRV 점검 및 교정
3	12	PV81,82 구동기 외관점검	구동기 윤활후 동작점검
	13	없음	
	14	PV81,82 점검	구동기 분해 및 피스톤부 윤활작업 / SV 교체
	15	PV81 외관점검	윤활상태 점검
	16	PV81 분해점검	구동기 분해점검, 밸브 바디시트 교체 / PRV, SV 및 계측라인 점검
		PV82 구동기 점검	구동기 분해 및 피스톤부 윤활작업 / SV 교체
4	11	PV82 구동기 점검	구동기 및 스템 윤활, 바디 토크값 점검 / SV 교체
	12	없음	
	13	PV81,82 분해점검	구동기 분해 및 피스톤부 윤활작업 바디 분해, 시트 및 오링 교체, 볼 윤활작업 / SV 교체
	14	없음	
	15	없음	

4 원인분석

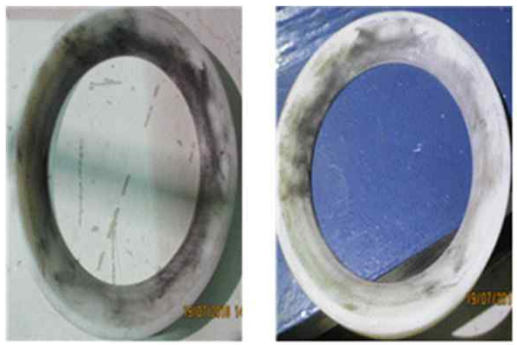
1. 구동부/밸브 분해점검
가. 구동부 분해점검 결과 : 특이사항 없음
나. 구동기 실린더 및 피스톤 구동부 윤활제 도포
다. 구동기 스프링 점검

2. 밸브 분해점검 결과
: 밸브 시트면의 열화(마찰로 인한 시트면 오염)

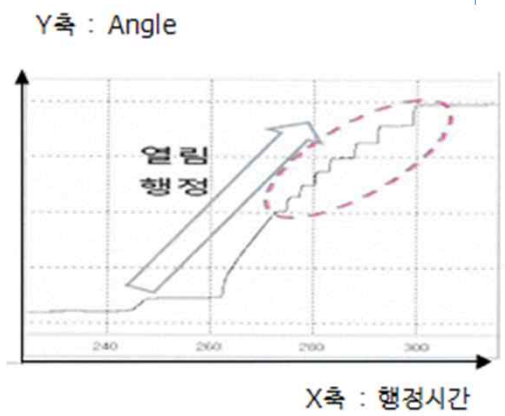
3. 밸브 동작시험
가. 밸브 정비 작업 수행 전/후 개도각 위치지시계(Potentialmeter)를 설치하여 밸브 동작시험 수행
나. 정비 전의 밸브는 열림 구동시 단속적으로 회전하는 현상을 보임
다. 이는 밸브 디스크와 시트면 사이의 과도한 마찰력으로 인한 현상
라. 밸브 시트 교체 후 동작시험 수행결과 양호한 구동상태를 보임



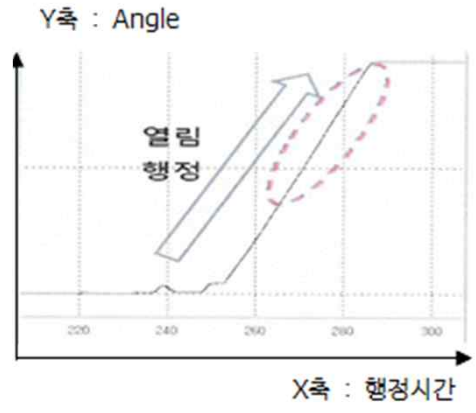
디스크(Ball) 상태 양호



열화로 인해 변색된 시트면



정비 전 : 구동 시 스탬토크 헌팅 현상



정비 후 : 행정시간에 따라 선형적 개도각

5 안전성 증진 계획

업무보고 | 공개

W3 ECC 고압가스격리밸브 PV81 안전성증진 이행 계획 보고

'18. 08. 29(수) 발전운영팀 차장 조선오(☎ 2225)

1. 배 경

☐ 규제기관의 요청에 따라 월성3호기 ECC PV81 안전성증진을 위한 3호기 기동이후 이행 계획을 보고하고, KINS 안전평가실로 제출하고자 함

※ 근거 : ECC 가스탱크격리밸브 PV81 현안설명회(KINS, '18.08.22)

2. 이행 계획

☐ ECC PV81 및 PV82 예방점검강화 계획 작성 및 제출
[기계팀/계측제어팀, ~2018.12.]

☐ 차기 O/H 중 ECC PV81 또는 PV82 전차압 개방 불만족 시 대책 작성 및 제출
[기계팀, ~2018.12.]

☐ 3호기 PV81 밸브 동적진단시험 수행[정비기술팀, 3호기 17차 O/H]
- 16차 O/H 중 PV81 AOV 진단결과 중 As found / As left 운전여유도 검토 후 제출[~2018.12.]

☐ 해외 중수로원전 전차압시험 현황 조사 및 제출[발전운영팀, ~2018.12.]

- 월성2발은 6주기마다 밸브동작시험 후 특이사항 발생시 분해정비 10주기마다 일반정비를 수행하므로 주기 단축
  * IST(부분차압시험) 경향분석에서 허용기준 근접시 분해정비
  * 월성2호기는 9주기마다 분해정비

- 밸브 바디 분해정비시 디스크 시트와 밀봉링을 교체해야 하나, 해외 제작사 파산으로 자재확보에 어려움. 대체품 마련을 추가 검토 중

- 2013년 진단시험 결과만으로 2017년 O/H 전차압시험 결과를 분석/예측하기에 부족함이 있으므로, 차기 O/H 중 동적진단시험 수행예정

5 안전성 증진 계획(계속)

Pressure Test of HPECC Gas Isolation Valve (3432-PV81/82)

Plant	Partial differential pressures test		Full differential pressures test		Does your plant conduct the full delta pressures test during normal operation? (O,X)
	Initial condition	Period	Initial condition	period	
Wolsong (Rep.of Korea)	Gas Tk pr : 4.3 Mpa Water Tk Pr : 2.76 Mpa △P : 1.38 Mpa	monthly	Gas Tk pr : 4.3 Mpa Water Tk Pr : 0.18 Mpa	Every outage	No
Point Lepreau (Canada)	PLGS does not conduct partial differential pressure testing of these valves.	N/A	Gas Tk pr : 4.4-4.6 Mpa Water Tk Pr : 0.23 Mpa	Every Outage (2yr)and Running (4wk)	Yes
CNNO (China)	CNNO does not conduct partial differential pressure testing of these valves.	N/A	Gas Tk pr : 4.3 Mp Water Tk Pr : 0.18 Mpa	monthly	Yes
Cernavoda U1&U2 (Rumania)	NO TESTING AT REDUCED DP	N/A	Gas Tk pr : 4.5 MPa Water Tk Pr : 0.22 MPa	monthly	Yes
Embalse (Argentina)	Gas Tk pr : 4.3 Mpa Water Tk Pr : 2.94 Mpa △P : 1.38 Mpa(200psi)	monthly	Gas Tk pr : 4.3 Mpa Water Tk Pr : 0.19 Mpa	Every outage	No
Bruce B* (Canada)	Bruce B does not conduct partial differential pressure testing of these valves.	N/A	Gas Tk pr : 5.8 Mpa Water Tk Pr : 0.30 Mpa	12 weeks	Yes

5 안전성 증진 계획(계속)

■ 3호기 17차 O/H(2019.09~10) 시 밸브를 취외한 후 전,후단 배관 플랜지의 간격 및 평형상태 등 배관의 설치상태를 세부적으로 측정/평가

■ 평가결과에 따라 필요 시, 배관의 연결상태를 기술규격이 제시하는 허용공차(±2mm) 이내로 변경하고 플랜지 간의 평형상태도 편심되지 않도록 수정

- **밸브 기술규격서(86-30830-TS-001)**의 5.8항에 따르면 밸브 설치 시 면간거리는 ANSI B16.10의 규격을 따르도록 규정함. 이는 ASME B16.10과 동일한 기준임
- **코드 요건(ASME B16.10)**의 5.0항에 따르면 밸브 설치 시 크기 10inch 이하 밸브의 면간거리는 **±2mm의 허용공차**를 제시하고 있음