

제158회 원자력안전위원회

의안번호	제 1 호	심 의 의 결 사 항
의결일자	2022. 5. 27.	
공개여부	공개	

원자력이용시설 운영 변경허가(안)

제 출 자	원자력안전위원회 위원장 유국희
제출일자	2022. 5. 27.

1. 의결주문

- 원자력이용시설 운영 변경허가(안)을 <붙임>과 같이 의결한다.

2. 제안이유

- 「원자력안전위원회 회의 운영에 관한 규칙」 제7조(안전의 구분 등) 제2항에 따라 원자력안전위원회의 심의를 거쳐 운영 변경허가 여부를 결정하고자 함

3. 주요내용

순번	대상시설	신청사유	허가조항	소관부서
1	한빛 3·4호기	안전등급 기기 공급사 및 검증문서 반영	제20조 (운영허가)	원자력 안전과

4. 검토사항 : “붙임” 참조

5. 참고사항 : “참고” 참조

1

**한빛3·4호기 안전등급 기기 공급사 및 검증문서 반영
〔'21.1.20 신청〕**

1. 개 요

□ 한수원은 한빛3,4호기 현장에 설치된 안전등급 기기와 FSAR 간 일치를 위해 공급사 및 검증문서를 추가하는 운영변경허가를 신청함에 따라 KINS에서 심사 수행

- 심사기간 : '21.2.~'22.4.(총 4차례 21건 질의·답변)
- 변경대상 : 최종안전성분석보고서(이하 FSAR) 표 3.11 2건

2. 변경 사유

□ 한수원의 FSAR 표3.11* 불일치 조사 결과**, 일부 안전등급 기기가 허가서류인 FSAR 표3.11과 현장설치 상황이 불일치함을 확인

* FSAR 표3.11: 기기검증(내환경 및 내진) 대상 기기 목록 및 정보가 기재된 표

** 「가동원전 안전등급 일부 기기의 허가서류와 현장 설치상황 불일치 보고」(제104회 원안위, '19.7.) 관련 후속조치로 제136회 원안위('21.4.)에 한수원이 보고

※ 운영변경허가 대상 56건 중 50건 완료, 6건(본 심의안건, 호기당 3건) 진행 중

[FSAR 표3.11의 불일치 안전등급 기기 현황]

기기명	FSAR 상 공급사	현장 설치 공급사	최초 설치년도	주요 기능
600V 제어케이블			'06년	사용후연료저장조 수위 전송기 제어전원 공급
열전대 연장선			'14년	사용후연료저장조 온도 계측신호 전송
솔레노이드 밸브			'93년	원자로냉각재 가스배기 배관 격리(4대)
			'01년	원자로냉각재 가스배기 배관 격리(10대)

- 한수원은 과거 설계 변경* 시, 안전등급 케이블 2종 및 안전등급 밸브 10대에 대한 FSAR 표3.11 변경 누락

* ① 사용후연료저장조 수위전송기 모델 및 설치위치 변경('06년), ② 사용후연료저장조 온도계측기 등급 변경('14년), ③ 원자로냉각재 가스배기계통 밸브교체('01년)

3. 변경 내용 및 심사결과

□ 변경내용

- 既설치되어 있는 안전등급 기기의 정보를 FSAR에 추가·반영
 - 안전등급 케이블 2종의 공급사() 및 검증문서 정보를 FSAR 표3.11-3에 추가
 - 안전등급 밸브 10대의 공급사() 및 검증문서 정보를 FSAR 표3.11-3에 추가

□ 심사결과

[관련 기술기준]

- ▶(외적요인) 안전등급 기기 등은 지진·태풍 등 자연현상의 영향에 의하여 그 안전기능이 손상되지 않도록 설계되어야함 (원자로규칙 제13조)
- ▶(화재방호) 안전등급 기기 등은 화재 및 폭발의 가능성과 그로인한 영향이 최소화될 수 있도록 설계되어야함 (원자로규칙 제14조)
- ▶(환경영향 등 설계기준) 안전에 중요한 기기는 정상운전·설계기준사고 등의 환경 조건에 적합하여야 하며 이에 의한 경년열화 현상을 고려하여 설계(원자로규칙 제15조)

< ① 600V 제어케이블 및 열전대연장선 2종 >

- (내환경검증) IEEE Std. 323*에 따라 발전소 환경 허용기준 보다 가혹한 환경에서 케이블 내환경 시험이 수행되었고,

* IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment

- 내환경 시험 후 케이블의 절연파괴가 없었으며 성능시험*을 통해 기능이 정상적으로 유지되었음을 확인

* 절연저항시험, 침수내전압시험(전압을 가한 실온의 물에서 건전성 유지 확인) 등

기기명	구 분	허용기준 (FSAR 환경 조건)	시험기준 (내 환경 시험 조건)	성능 시험
600V 제어 케이블 ( , 4가닥)	방사선 조사시험 (TID**)	2.0x10 ⁶ Gy	2.16x10 ⁶ Gy	만족
	열적가속노화시험	120 °F, 40년	194°F, 40.18년	만족
	사고 환경 모의시험	기간	1년 이상	만족
		온도	360 °F	
		압력	54 psig	
열전대 연장선* ( , 2가닥)	방사선 조사시험	2.0x10 ⁶ Gy	2.52x10 ⁶ Gy	만족
	열적가속노화시험	120 °F, 40년	194 °F, 60.39년	만족
	사고 환경 모의시험	기간	1년 이상	만족
		온도	360 °F	
		압력	54 psig	

* 600 V 제어케이블과 열전대 연장선은 현재 케이블 위치(핵연료건물 등)보다 가혹한 환경인 격납건물 내부를 기준으로 검증 시험

** TID(Total Integrated Dose): 정상운전 및 사고기간 동안 받는 총누적방사선량

- (난연성능) IEEE Std. 383*에 따른 화염시험 결과, 케이블의 탄화 길이는 허용기준(1.5m) 이하인 최대 1.35m로 만족하였으며, 화염 제거 시 자연 소화됨을 확인

* IEEE Standard for Qualifying Class 1E Electric Cables and field Splices

< ② RCGVS 솔레노이드 밸브 >

- (재질 적합성) 밸브의 재질은 ASME Sec III NB/NC 2121(허용 재료 규격)에 등재된 재질이므로 안전등급 규격에 적합
- (설계) 밸브 · 연결배관 · 지지대의 설계는 관련 기술기준에 따라 설계되었고, 설계 값들이 허용기준을 만족함을 확인

구분	기준*	주요 설계항목	허용기준	설계 값	결과
밸브 몸체	ASME NB/NC	최소벽두께(inch)	0.47[NB]/0.32[NC]이상	0.93[NB]/0.67[NC]	만족
연결 배관	ASME NB/NC	응력비 (최대응력/허용응력)	1.0 이하	0.73[NB]/0.97[NC]	만족
지지대	ASME NF		1.0 이하	0.78	만족

*인허가 대상 RCGVS 밸브는 2종류(MODEL 00P-001/002)이며 00P-001은 ASME NC가 00P-002는 ASME NB가 적용됨.

- (내진검증) IEEE Std. 344*에 따라 지진하중으로 인한 밸브 응력 해석 결과, 최대응력 (29.2/15.9 ksi)는 허용기준(32.4/86.4 ksi 이하)을 만족

* IEEE Recommended Practice for Seismic Qualification of Class 1E Equipment

구분	최대응력 (ksi)	허용응력 (ksi)	결과
MODEL 00P-001	29.2	32.4	만족
MODEL 00P-002	15.9	86.4	만족

- (내환경검증) IEEE Std. 323*에 따라 발전소 환경 허용기준 보다 가혹한 환경에서 밸브 내환경 시험이 수행되었고,

* IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment

- 내환경 시험 후 밸브 성능시험을 통해 기능이 정상적으로 유지 되었음을 확인

기기명	구 분	허용기준 (FSAR 환경조건)	시험기준 (내 환경 시험조건)	성능 시험
솔레노이드 밸브	방사선조사시험	2.0x10 ⁶ Gy	2.71x10 ⁶ Gy	만족
	열적가속노화시험	120 °F, 20년	160 °F, 22.75년	만족
	사고 환경 모의시험	기간 20.72일	1년 이상	만족
		온도 360 °F	492 °F	
		압력 54 psig	113 psig	

4. 종합 의견

- ☐ 한수원이 신청한 한빛3·4호기 안전등급 기기 공급사 및 검증문서 반영 관련 운영변경허가 건이 원안법 제21조 제1항의 허가기준에 적합

첨 부

한빛3,4호기 최종안전성분석보고서 변경 전 · 후 비교표 및 검토의견

번호	페이지/항목	변경 전							검토 의견	
1	Table 3.11-3 (Sh. 5,6 of 33)								공급자, 기기 검증 문서에 대한 정보를 반영하는 것으로 타당함.	
		Equipment		Supplier/ Model No.	Location	Req. Duration of Operation for DBA		Envir. Qual. Methods		EQ Doc. No. & PNS No(s).
						LOCA	MSLB			
		600V Control Cable			Various	CONT	CONT	T,A		9-175-G-440 E728-QG-057
		Thermocouple Extension Wires			Various	CONT	CONT	T,A		9-175-G440-200 E732-QG-062
		변경 후								
		Equipment		Supplier/ Model No.	Location	Req. Duration of Operation for DBA		Envir. Qual. Methods		EQ Doc. No. & PNS No(s).
						LOCA	MSLB			
		600V Control Cable			Various	CONT	CONT	T,A		9-175-G-440 E728-QG-057
										9-175-G440-102 E728-QG-059
		Thermocouple Extension Wires			Various	CONT	CONT	T,A		9-175-G440-200 E732-QG-062
										9-175-G440-201 E732-QG-067
		1) and are the same company.								

※ T: Testing, A: Analysis, N/R: Not Required, CONT: continuous

번호	페이지/항목	변경 전						검토 의견
2	Table 3.11-3 (Sh. 14 of 33)	Equipment	Supplier/ Model No.	Spec. No.	Seismic Qualification		EQ Doc. No. & PNS No(s).	
					Excit- ation Method	Fre- quency Range (Hz)		Qual. Methods
		Solenoid Valve		J802	Resona nce Search Random Biaxial	I-50 I-35	T,A	9-184-G430-501~505 9-184-G440-500 J802-QG-125, 072, 146 thru 151, 152, 180 J802-SQ-072
		변경 후						
		Equipment	Supplier/ Model No.	Spec. No.	Seismic Qualification		EQ Doc. No. & PNS No(s).	
			Excit- ation Method	Fre- quency Range (Hz)	Qual. Methods			
		J802	Resona nce Search Random Biaxial	I-50 I-35	T,A	9-184-G430-501~505 9-184-G440-500 J802-QG-125, 072, 146 thru 151, 152, 180 J802-SQ-072		
				1-100 1-60		J802-QG-A01-01,02,03		
공급자, 내환경, 내진 요건 및 기기 검증 문 서에 대한 정보를 반 영하는 것으로 타당함.								

참고 1-1 안전관련 설비 기기검증 주요 규제요건 및 기술기준

□ 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙

제13조(외적 요인에 관한 설계기준)

- ① 안전에 중요한 구조물, 계통 및 기기는 지진, 태풍, 홍수, 해일 등을 포함한 예상 가능한 자연현상의 영향과 항공기 충돌, 폭발 등을 포함한 예상 가능한 외부 인위적 사건의 영향에 의하여 그 안전기능이 손상되지 아니하도록 설계하여야 한다.

제14조(화재방호에 관한 설계기준)

- ① 안전에 중요한 구조물, 계통 및 기기는 화재 및 폭발의 가능성과 그로 인한 영향이 최소화될 수 있도록 다음 각 호의 기준에 적합하도록 설계하고 배치하여야 한다.

2. 원자로시설 전체에 가능한 한 불연성물질 또는 내열재료를 사용하고 내화구조를 적용하여야 하며,

제15조(환경영향 등에 관한 설계기준)

- ① 안전에 중요한 구조물, 계통 및 기기는 환경 및 동적 영향에 의한 손상을 방지하기 위하여 다음 각 호의 기준에 적합하도록 설계하여야 한다.

1. 정상운전, 예상운전과도 및 설계기준사고의 환경조건에 적합하여야 하고, 그 영향을 수용할 수 있을 것

□ 내환경검증 : IEEE Std. 323-1974 (KEPIC END 1100)

원자력발전소 전기1급 기기의 내환경검증을 위한 기술기준으로 내환경검증 기준, 절차 및 방법 등을 기술함. ①해석, ②시험, ③운전경험, ④조합된 방법(해석 + 시험) 중 최소 1개 이상의 방법으로 확정된 검증 수명 또는 감시/보수 간격을 제시해야 함

□ 내진검증 : IEEE Std. 344-1987 (KEPIC END 2000)

①해석, ②시험, ③운전경험, ④조합된 방법(해석+시험) 중 최소 1개 이상의 방법을 적용하여 내진 요건을 만족해야 함

□ 케이블 난연성능 : IEEE Std. 383-2003 (KEPIC END 3810) / IEEE Std. 1202-1991

(IEEE Std. 383-2003) 원자력발전소에 사용되는 케이블 및 현장이음의 내환경검증 시험기준으로, 8. 화염 시험 검증에서 케이블에 적용하는 화염 시험 요건을 규정함.

(IEEE Std. 1202-1991) IEEE Std. 383-2003에서 요구하는 케이블의 화염시험 요건으로, 난연성능시험의 기준, 절차 등을 규정함.

참고 1-2 600V 제어케이블 설치배경 및 설계변경 내용

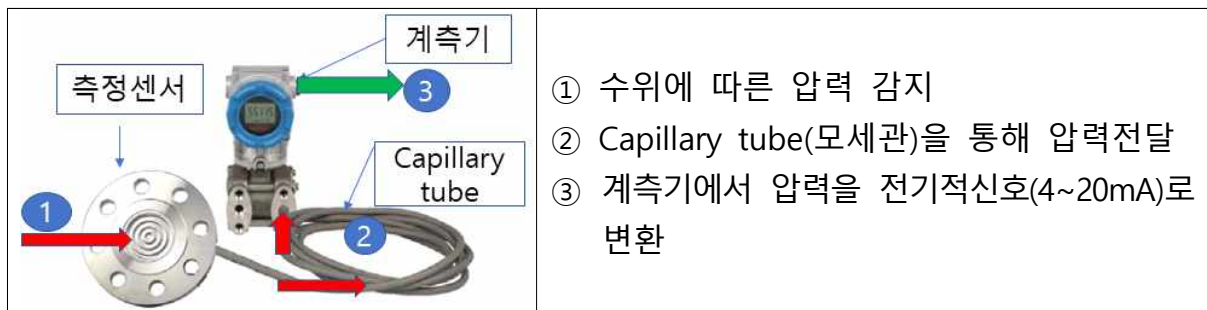
□ 배 경

- 사용후연료저장조 수위전송기 모델 변경 관련, 경미한사항변경 신고('07.1월 수리) 및 교체 설치완료('07.7월)하였음
- 설계변경 과정에서 신규로 설치된 600V 제어케이블을 FSAR 표3.11에 반영하지 않음

□ 사용후연료저장조 수위전송기 모델 변경 내용

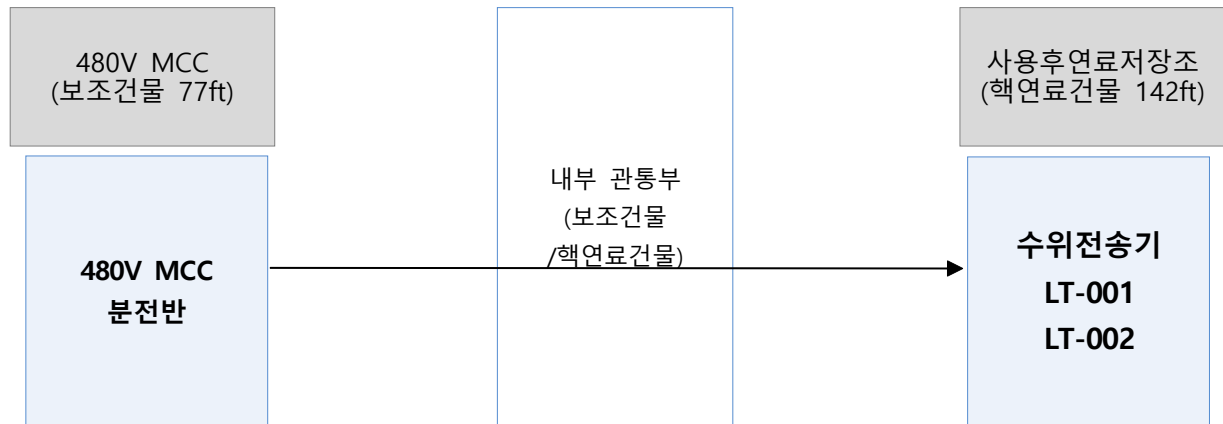
- (배경) 사용후연료저장조 조밀저장대와의 간섭 문제 해결 및 유지보수 편의성을 향상시키기 위하여 Capillary 형식*으로 설치된 사용후연료저장조 수위전송기를 초음파 형식으로 변경

* Capillary 형식(모세관 형식): 측정센서와 계측기 사이에 모세관(Capillary Tube)을 설치하는 형식



(사용후연료저장조 수위전송기 기능) 사용후연료저장조 봉산수 수위가 135' - 11" 이상, 140' - 2" 이내로 유지되는지 감시하기 위한 수위 계측기 로써 수위 변동에 따른 경보 및 연동 신호를 제공하여 사용후연료의 건전성을 확인

- (케이블포설) 600V 제어케이블(전원공급)은 480V MCC 분전반(보조건물) → 사용후연료저장조의 수위전송기(핵연료건물)까지 포설(호기당 2가닥, 길이 190m)



□ 케이블 제원 관련 개정 전·후 비교

공급사	(전)	(후)
품질등급	Q	Q
정격전압	600V	600V
도체재질 및 도체개수	Tinned Copper / 2개	Tinned Copper / 2개

□ 사용후연료저장조 수위계측기 및 케이블 사진

사용후연료저장조(142ft)		수위감지기(초음파) 사진	
현장 수위전송기 및 케이블 사진		480V MCC 분전반(보조건물 77ft)	

참고 1-3 열전대 연장선 설치배경 및 설계변경 내용

□ 배 경

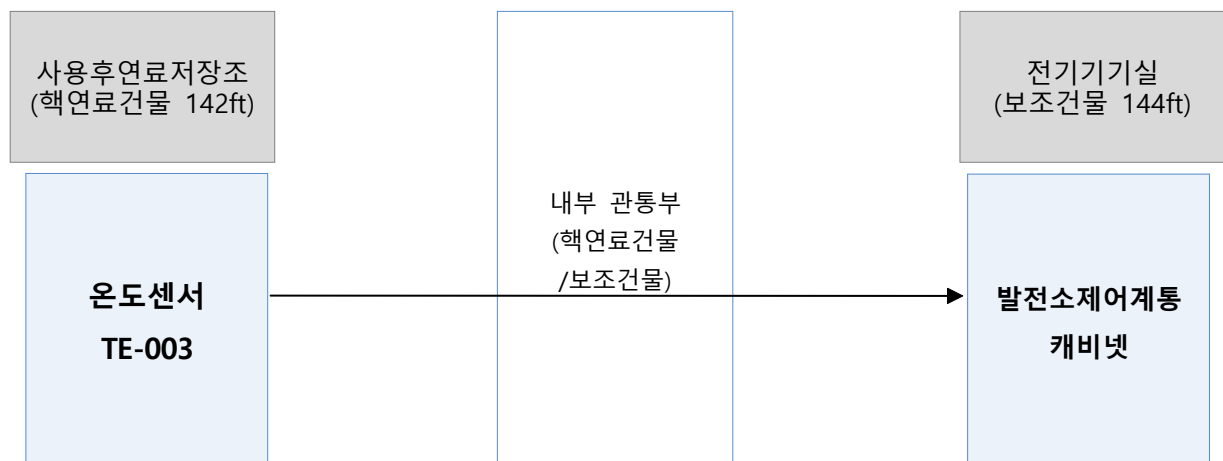
- 사용후연료저장조 온도계측기 등급 변경* 관련 경미한사항변경신고 ('14.1월 수리) 및 신규 설치완료(3호기 '14.12월, 4호기 '14.9월) 하였음
 - * 후쿠시마 원전사고 후속조치의 일환으로, 비안전등급으로 설치된 사용후연료저장조 온도 계측기 등을 안전등급 기기로 변경
- 설계변경에서 신규로 설치된 열전대 연장선을 FSAR 표3.11 반영하지 않음

□ 사용후연료저장조 온도계측기 등급 변경 내용

- (배경) 비안전등급으로 설치된 사용후연료저장조 온도 계측기를 안전등급 기기로 변경

(사용후연료저장조 온도계측기 기능) 사용후연료저장조 봉산수 온도가 66℃ 이내로 유지되는지 감시하기 위한 온도 계측기로서 주제어실 및 현장에 온도지시계가 설치되어 냉각계통의 성능 및 사용후연료의 건전성을 확인

- (케이블포설) 사용후연료저장조의 온도계측기(핵연료건물) → 발전소 제어계통 캐비넷(보조건물)까지 포설(호기당 1가닥, 길이 232m)



□ 케이블 제원 관련 개정 전·후 비교

공급사	(전)	(후)
품질등급	Q	Q
정격전압	600V	600V
도체재질 및 도체개수	니켈-크롬 / 2개	니켈-크롬 / 2개

□ 사용후연료저장조 온도계측기 및 케이블 포설 사진

사용후연료저장조(142ft)	현장 온도계측기 사진
케이블 관통부 설치 사진(보조건물)	발전소제어계통 캐비닛(보조건물 144ft)

참고 1-4 RCGVS 솔레노이드밸브 설치배경 및 설계변경 내용

□ 배 경

- 솔레노이드 밸브 교체 설계변경 관련, 보수계획서에 FSAR 표3.11에 공급사명 및 기기검증 문서번호 미반영

* FSAR 표3.11 공급사: [] / 현장 공급사: []

- 설계변경서에 FSAR 개정 내용이 없다고 표기되어 당시 FSAR 표3.11-3 개정사항이 누락됨을 인지하지 못함

□ RCGVS 밸브 교체 설계변경 내용

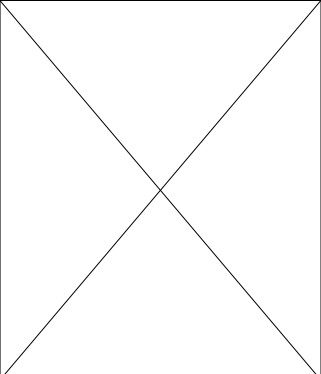
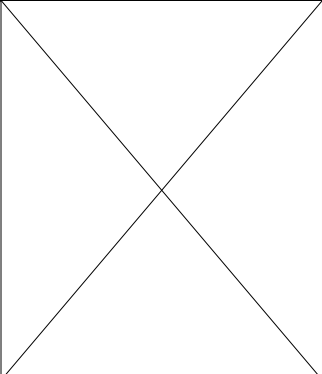
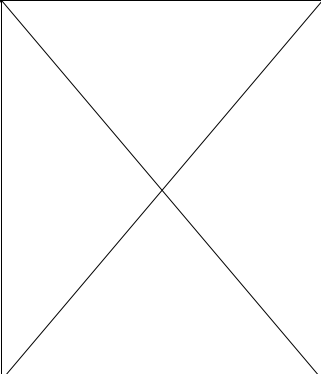
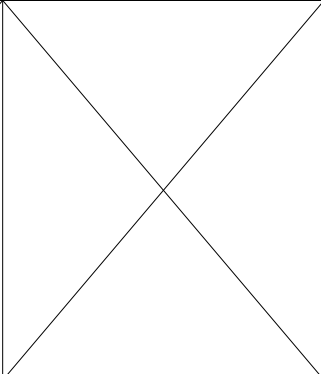
- (변경내용) 밸브 내부점검 편의성 향상 위해 Body-Bonnet 연결방식 변경(용접→플랜지)
- (설치수량) Target Rock 솔레노이드 밸브 10대(5대/호기)

호기	밸브 번호	설치일자	호기	밸브 번호	설치일자
3	433-V-RG-0101	'02.4.	4	433-V-RG-0101	'01.6.
	433-V-RG-0102			433-V-RG-0102	
	433-V-RG-0103			433-V-RG-0103	
	433-V-RG-0104			433-V-RG-0104	
	433-V-RG-0105			433-V-RG-0105	

□ RCGVS 솔레노이드 밸브 제원 관련 개정 전·후 비교

공급사		[] (전)	[] (후)
품질등급		Q	Q
재 질	Body	SA 240 Type 316	SA 182 F316
	Seat	SA 479 XM19	SA 479 XM19
밸브 Type		Globe	Globe
밸브 몸체-본넷 연결방식		용접	볼트 체결
동작방식		솔레노이드 구동	솔레노이드 구동
솔레노이드 전원		125V dc	125V dc

□ 현장 밸브사진

							
V0101/V0102		V0103		V0104		V0105	

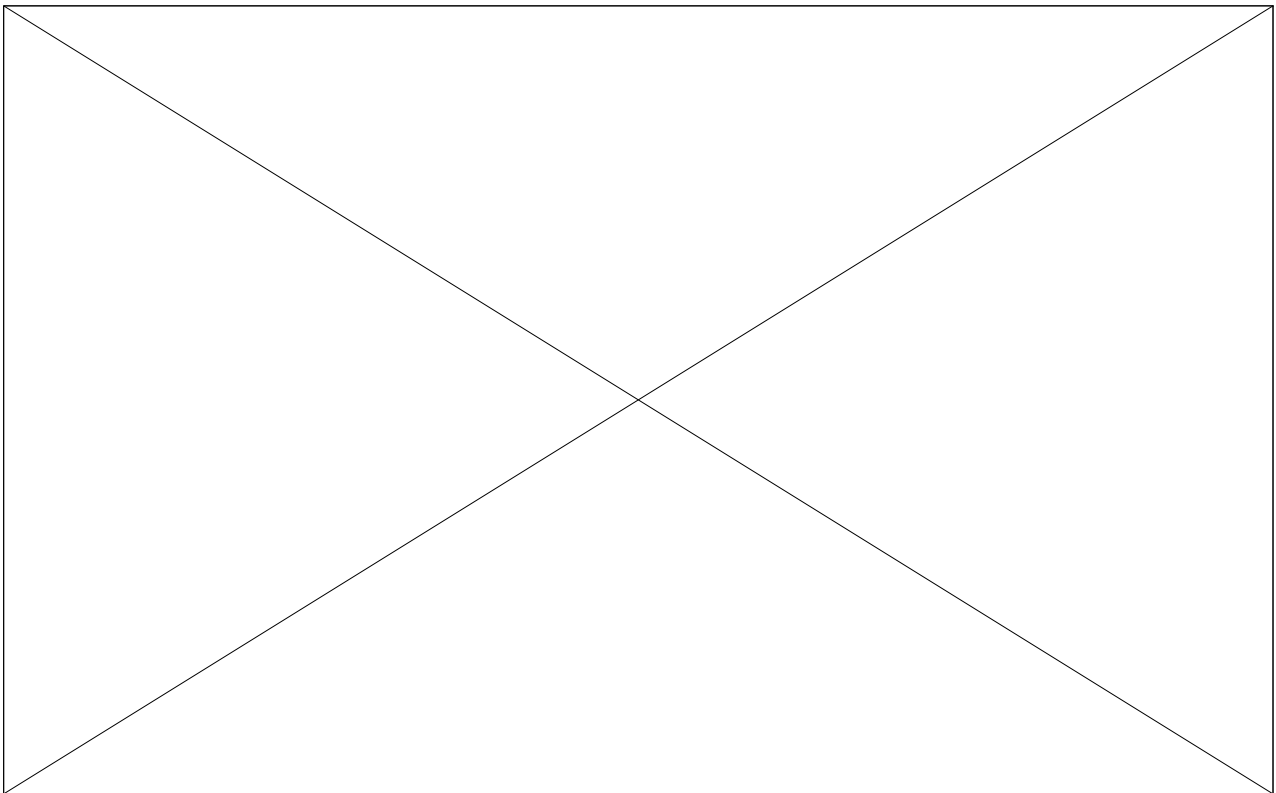
참고 1-5 한빛3,4호기 내환경검증 관련 상세 내용

□ (사고환경모의시험 수행방법) 내환경검증 중 사고환경모의시험은 해당 발전소의 사고 시 환경조건을 도출하고, 대상 기기의 시험이 해당 곡선을 포괄하는 범위에서 수행되어야 함

※ 본 운영변경허가의 사고환경모의시험 평가 대상은 600V 제어케이블 등 총 3개 품목

○ (온도 및 압력) 설계기준사고 시 발생할 수 있는 격납건물 내 온도·압력을 포괄하는 시간에 따른 온도, 압력 프로파일이 FSAR에 제시됨¹⁾

[한빛3,4호기 사고환경모의시험 온도 압력 프로파일]



1) 분석에 포함된 세부 사고는 다음과 같음

- (대형파단 LOCA) Double Ended Hot Leg Break, Double Ended Pump Suction Break(최대 안전주입), Double Ended Pump Suction Break(최소 안전주입)
- (소형파단 LOCA) 저온관 파단(파단크기 3인치, 4인치, 6인치, 8인치), 펌프 흡입관 파단(파단크기 3인치, 4인치, 6인치, 8인치), 고온관 파단 (파단크기 3인치, 4인치, 6인치, 8인치)
- (MSLB) 주증기관 대형 양단파단(초기출력 0%, 30%, 70% 102%), 주증기관 소형 양단파단(초기출력 0%, 30%, 70% 102%), 주증기관 Split break(초기출력 0%, 30%, 70% 102%)

- (방사선) 정상운전시 발전소 수명기간 동안 기기에 흡수될 수 있는 누적 방사선량과 설계기준사고시 기기의 작동요구기간 동안 기기에 흡수될 수 있는 누적 방사선량을 합하여 총누적흡수선량(TID, Total Integrated Dose)을 산출함
- (습도) 정상운전 및 설계기준사고 환경에 노출되는 최대습도임.
 - 격납건물 내부는 LOCA/MSLB 사고시 습도 100%이므로 검증시험 (사고환경모의시험)시에 고온고압 스팀에 노출시켜 온도/압력 조건을 구현하여 100% 습도에 노출시킴

□ 안전등급 기기 검증조건 및 시험 결과

- 600V 제어케이블, 열전대 연장선 및 솔레노이드 밸브는 사고환경모의 시험 시 한빛3,4호기 사고 시 온도, 압력, 습도, 방사선 환경 조건을 상회하는 환경 조건에서 시험이 수행됨

설비명	분류	Temperature (°F)		Pressure (psig)		Relative Humidity(%)		Radiation(Gy)	
		환경 조건	검증 조건	환경 조건	검증 조건	환경 조건	검증 조건	환경 조건	검증 조건
600V 제어케이블	정상	50-120	360	0	0	5-90	5-90	4.0x10 ⁵	2.16x10 ⁶
	사고	360	385	54	67	100	100	2.0x10 ⁶	
열전대 연장선	정상	50-120	122	0	0	5-90	5-90	4.0x10 ⁵	2.52x10 ⁶
	사고	360	375	54	94	100	100	2.0x10 ⁶	
솔레노이드 밸브	정상	50-120	160	0	0	5-90	95	2.0x10 ⁵	2.71x10 ⁶
	사고	360	492	54	113	100	100	2.0x10 ⁶	
검증결과		만족		만족		만족		만족	

〈 안전 담당자 〉

원자력안전위원회 원자력안전과	
김기환 과 장	(02) 397 - 7281
사민경 사무관	(02) 397 - 7283
한국원자력안전기술원 원자력검사단	
이정재 단 장	(042) 868 - 0015
차정훈 실 장	(042) 868 - 0957