

제 7 장 - 계측제어

목 차 (17 중 1)

번 호	제 목	페이지
7	계측 제어	7.1-1
7.1	개요	7.1-1
7.1.1	안전성관련 계통 구분	7.1-2
7.1.1.1	발전소보호계통	7.1-2
7.1.1.2	원자로정지차단기 계통	7.1-2   2
7.1.1.3	공학적안전설비계통	7.1-3
7.1.1.4	안전정지에 필요한 계통	7.1-4
7.1.1.5	안전성관련 지시계	7.1-5
7.1.1.6	안전에 필요한 기타 계통	7.1-6
7.1.1.7	안전에 필요한 데이터 통신계통	7.1-6
7.1.1.8	설계 비교	7.1-6
7.1.1.9	계통 도면	7.1-8   1
7.1.1.10	계통 다양성	7.1-8
7.1.1.11	안전성관련 제어기 적용	7.1-8
7.1.1.12	안전에 요구되지 않는 계측제어계통 및 다양성 계측제어계통 제어기 적용	7.1-8a   2
7.1.2	안전기준의 구분	7.1-9
7.1.2.1	설계기준	7.1-9
7.1.2.1.1	발전소보호에 필요한 계통	7.1-9
7.1.2.1.2	안전정지에 필요한 계통	7.1-10
7.1.2.1.3	안전성관련 지시계	7.1-10
7.1.2.1.4	안전에 필요한 기타 계통	7.1-10
7.1.2.1.5	기기보호	7.1-10
7.1.2.1.6	연동장치	7.1-10
7.1.2.1.7	우회	7.1-10   1
7.1.2.1.8	비상전력	7.1-10
7.1.2.1.9	안전에 필요한 데이터 통신계통	7.1-10
7.1.2.2	IEEE 308-2001에 대한 적합성	7.1-10a
7.1.2.3	KEPIC ENB-6430(해외구매 품목은 IEEE 317-1983)에 대한 적합성	7.1-10a   1
7.1.2.4	IEEE 323-2003에 대한 적합성	7.1-10a
7.1.2.5	규제지침서 1.30의 규제입장을 반영한 IEEE 336-1985에 대한 적합성	7.1-11

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 목 차 (17 중 2)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
7.1.2.6	규제지침서 1.118을 반영한 IEEE 338-1987에 대한 적합성	7.1-11
7.1.2.7	규제지침서 1.100의 규제입장을 반영한 IEEE 344-1987에 대한 적합성	7.1-11
7.1.2.8	규제지침서 1.53의 규제입장을 반영한 IEEE 379-2000에 대한 적합성	7.1-11
7.1.2.9	규제지침서 1.75를 반영한 IEEE 384-1992에 대한 적합성	7.1-12
7.1.2.10	KEPIC ENB-6240(해외구매 품목은 IEEE 387-1995)에 대한 적합성	7.1-13
7.1.2.11	KEPIC ENF-3400(해외구매 품목은 IEEE 450-1995)에 대한 적합성	7.1-13
7.1.2.12	규제지침서 1.153의 규제입장을 반영한 IEEE 603-1998에 대한 적합성	7.1-13
7.1.2.13	규제지침서 1.6에 대한 적합성	7.1-13
7.1.2.14	규제지침서 1.11에 대한 적합성	7.1-13
7.1.2.15	규제지침서 1.22에 대한 적합성	7.1-14
7.1.2.16	규제지침서 1.29에 대한 적합성	7.1-14
7.1.2.17	규제지침서 1.40에 대한 적합성	7.1-15
7.1.2.18	규제지침서 1.45에 대한 적합성	7.1-15
7.1.2.19	규제지침서 1.47에 대한 적합성	7.1-15
7.1.2.19.1	운전우회	7.1-16
7.1.2.19.2	트립채널우회	7.1-16
7.1.2.19.3	발전소 안전에 중요한 계통들의 계통우회 및 작동불능상태 지시	7.1-16
7.1.2.20	규제지침서 1.62에 대한 적합성	7.1-17
7.1.2.21	규제지침서 1.63에 대한 적합성	7.1-17
7.1.2.22	규제지침서 1.68에 대한 적합성	7.1-17
7.1.2.23	규제지침서 1.73에 대한 적합성	7.1-17
7.1.2.24	규제지침서 1.89에 대한 적합성	7.1-18
7.1.2.25	규제지침서 1.97에 대한 적합성	7.1-18
7.1.2.26	규제지침서 1.105에 대한 적합성	7.1-18
7.1.2.27	규제지침서 1.106에 대한 적합성	7.1-19
7.1.2.28	규제지침서 1.133에 대한 적합성	7.1-19
7.1.2.29	규제지침서 1.151에 대한 적합성	7.1-19

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 목 차 (17 중 3)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
7.1.2.30	규제지침서 1.152에 대한 적합성	7.1-19
7.1.2.31	규제지침서 1.156에 대한 적합성	7.1-20
7.1.2.32	규제지침서 1.168에 대한 적합성	7.1-20
7.1.2.33	규제지침서 1.169에 대한 적합성	7.1-20
7.1.2.34	규제지침서 1.170에 대한 적합성	7.1-20a
7.1.2.35	규제지침서 1.171에 대한 적합성	7.1-21
7.1.2.36	규제지침서 1.172에 대한 적합성	7.1-21
7.1.2.37	규제지침서 1.173에 대한 적합성	7.1-21
7.1.2.38	규제지침서 1.180에 대한 적합성	7.1-21
7.1.2.39	SECY 93-087에 대한 적합성	7.1-21
7.1.2.40	규제지침서 1.152를 반영한 IEEE 7-4.3.2-2003에 대한 적합성	7.1-23
7.1.2.41	IEEE 730-2002에 대한 적합성	7.1-23
7.1.2.42	규제지침서 1.169의 규제입장을 반영한 IEEE 828-1998에 대한 적합성	7.1-23
7.1.2.43	규제지침서 1.172를 반영한 IEEE 830-1998에 대한 적합성	7.1-23
7.1.2.44	규제지침서 1.168을 반영한 IEEE 1012-1998에 대한 적합성	7.1-23
7.1.2.45	IEEE 1016-1998에 대한 적합성	7.1-24
7.1.2.46	IEEE 1228-1994에 대한 적합성	7.1-24
7.1.3	계통 연계	7.1-24
7.1.4	디지털 계측제어계통 소프트웨어 설계절차	7.1-24
7.1.4.1	소프트웨어 등급분류	7.1-25
7.1.4.2	소프트웨어관리계획	7.1-26
7.1.4.3	소프트웨어개발계획	7.1-26
7.1.4.4	소프트웨어품질보증계획	7.1-26
7.1.4.5	소프트웨어통합계획	7.1-27
7.1.4.6	소프트웨어설치계획	7.1-27
7.1.4.7	소프트웨어훈련계획	7.1-27
7.1.4.8	소프트웨어형상관리계획	7.1-27
7.1.4.9	소프트웨어확인 및 검증계획	7.1-27
7.1.4.10	소프트웨어운전 및 유지보수계획	7.1-28
7.1.4.11	소프트웨어안전성계획	7.1-28
7.1.4.12	상용제품 인가절차	7.1-28

목 차 (17 중 4)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
7.1.5	보안성 개발 및 운영 환경	7.1-29
7.1.5.1	삭제	
7.1.5.2	삭제	
7.1.6	참고문헌	7.1-30
7.2	<u>원자로보호계통</u>	7.2-1
7.2.1	설명	7.2-1
7.2.1.1	계통설명	7.2-1
7.2.1.1.1	트립신호	7.2-2
7.2.1.1.1.1	가변 과출력	7.2-2
7.2.1.1.1.2	고 대수출력준위	7.2-3
7.2.1.1.1.3	고 국부출력밀도	7.2-3
7.2.1.1.1.4	저 핵비등이탈률	7.2-3
7.2.1.1.1.5	가압기 고압력	7.2-4
7.2.1.1.1.6	가압기 저압력	7.2-4
7.2.1.1.1.7	증기발생기 저수위	7.2-5
7.2.1.1.1.8	증기발생기 저압력	7.2-5
7.2.1.1.1.9	원자로건물 고압력	7.2-5
7.2.1.1.1.10	증기발생기 고수위	7.2-5
7.2.1.1.1.11	원자로냉각재 저유량	7.2-6
7.2.1.1.1.12	수동 원자로정지	7.2-6
7.2.1.1.2	트립신호 측정 및 연산	7.2-6
7.2.1.1.2.1	공정변수 측정	7.2-6
7.2.1.1.2.2	제어봉집합체 위치 측정	7.2-7
7.2.1.1.2.3	노외중성자속 측정	7.2-8
7.2.1.1.2.4	원자로냉각재 유량 측정	7.2-9
7.2.1.1.2.5	원자로노심보호계통	7.2-10
7.2.1.1.3	트립 발생	7.2-13
7.2.1.1.3.1	비교논리	7.2-13
7.2.1.1.3.1.1	비교논리 기능	7.2-13
7.2.1.1.3.1.2	비교논리 하드웨어	7.2-15

목 차 (17 중 5)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
7.2.1.1.3.1.3	비교논리 소프트웨어	7.2-16
7.2.1.1.3.2	동시논리	7.2-17
7.2.1.1.3.2.1	동시논리 기능	7.2-17
7.2.1.1.3.2.2	동시논리 하드웨어	7.2-17
7.2.1.1.3.2.3	동시논리 소프트웨어	7.2-18
7.2.1.1.3.3	개시회로	7.2-18
7.2.1.1.4	작동장치	7.2-19
7.2.1.1.5	우회	7.2-19
7.2.1.1.6	연동장치	7.2-21
7.2.1.1.7	다중성	7.2-23
7.2.1.1.8	다양성	7.2-23
7.2.1.1.9	시험	7.2-24
7.2.1.1.9.1	감지기 시험	7.2-25a   2
7.2.1.1.9.2	비교논리 시험	7.2-26
7.2.1.1.9.3	원자로노심보호계통 시험	7.2-27
7.2.1.1.9.4	동시논리 시험	7.2-27
7.2.1.1.9.5	원자로보호계통 개시논리 및 회로 시험	7.2-27
7.2.1.1.9.6	수동 원자로정지 시험	7.2-28
7.2.1.1.9.7	우회 시험	7.2-28
7.2.1.1.9.8	응답시간 시험	7.2-29
7.2.1.1.10	필수계측전원	7.2-30
7.2.1.1.11	계통의 배치	7.2-30
7.2.1.2	설계기준	7.2-31
7.2.1.3	계통도면	7.2-36
7.2.2	분석	7.2-36
7.2.2.1	개요	7.2-36
7.2.2.1.1	예상운전과도사건	7.2-38
7.2.2.1.2	제한사고	7.2-39
7.2.2.2	트립 기준	7.2-40
7.2.2.2.1	가변 과출력 트립	7.2-40
7.2.2.2.2	고 대수출력준위 트립	7.2-40
7.2.2.2.3	고 국부출력밀도 트립	7.2-41

# 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

## 목 차 (17 중 6)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
7.2.2.2.4	저 핵비등이탈률 트립	7.2-41
7.2.2.2.5	가압기 고압력 트립	7.2-42
7.2.2.2.6	가압기 저압력 트립	7.2-42
7.2.2.2.7	증기발생기 저수위 트립	7.2-42
7.2.2.2.8	증기발생기 저압력 트립	7.2-43
7.2.2.2.9	원자로건물 고압력 트립	7.2-43
7.2.2.2.10	증기발생기 고수위 트립	7.2-43
7.2.2.2.11	원자로냉각재 저유량 트립	7.2-44
7.2.2.2.12	수동 원자로정지	7.2-44
7.2.2.3	설계	7.2-44
7.2.2.3.1	원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 및 일반설계기준	7.2-44
7.2.2.3.2	기기설계기준	7.2-46
7.2.2.3.3	시험기준	7.2-55
7.2.2.4	고장유형 및 영향분석	7.2-56
7.2.2.5	설정치 방법론	7.2-56
7.2.2.6	신뢰도	7.2-57
7.2.3	참고문헌	7.2-57
7.3	<u>공학적인안전설비작동계통</u>	7.3-1
7.3.1	개요	7.3-1
7.3.1.1	계통 설명	7.3-2
7.3.1.1.1	공학적인안전설비작동계통 측정채널	7.3-8
7.3.1.1.2	논리	7.3-9
7.3.1.1.2.1	공학적인안전설비작동계통 비교논리, 동시논리 및 개시논리	7.3-9
7.3.1.1.2.2	작동논리	7.3-10
7.3.1.1.2.2.1	작동논리 기능	7.3-10
7.3.1.1.2.2.2	작동논리 하드웨어	7.3-11
7.3.1.1.2.2.3	작동논리 소프트웨어	7.3-11
7.3.1.1.2.3	기기 제어논리	7.3-12
7.3.1.1.2.3.1	기기 제어논리 기능	7.3-12

# 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

## 목 차 (17 중 7)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
7.3.1.1.2.3.1.1	솔레노이드 밸브	7.3-13
7.3.1.1.2.3.1.1.1	솔레노이드 밸브 제어	7.3-13
7.3.1.1.2.3.1.1.2	솔레노이드 구동 조절밸브	7.3-13
7.3.1.1.2.3.1.2	역회전 전동기 시동장치 제어	7.3-14
7.3.1.1.2.3.1.2.1	연계신호	7.3-14
7.3.1.1.2.3.1.2.2	조절 및 전범위 밸브	7.3-15
7.3.1.1.2.3.1.2.3	열적과부하 보호	7.3-16
7.3.1.1.2.3.1.3	비역회전 전동기 시동장치 제어	7.3-16
7.3.1.1.2.3.1.4	중전압 스위치기어 및 부하반 제어	7.3-16
7.3.1.1.2.3.1.5	조절기기	7.3-17
7.3.1.1.2.3.1.6	전기유압식 전동기 댐퍼	7.3-18
7.3.1.1.2.3.2	기기 제어논리 하드웨어	7.3-19
7.3.1.1.2.3.3	기기 제어논리 소프트웨어	7.3-19
7.3.1.1.2.4	공학적안전설비 기기제어계통 - 부하순차제어기	7.3-20
7.3.1.1.2.5	현장기기연계모듈	7.3-22
7.3.1.1.3	우회	7.3-22
7.3.1.1.3.1	채널우회	7.3-22
7.3.1.1.3.2	운전우회	7.3-23
7.3.1.1.3.3	우회 및 작동불능 상태	7.3-23
7.3.1.1.4	연동장치	7.3-24
7.3.1.1.5	다중성	7.3-24
7.3.1.1.6	다양성	7.3-25
7.3.1.1.7	순차성	7.3-27
7.3.1.1.8	시험	7.3-28
7.3.1.1.8.1	감지기 점검	7.3-28
7.3.1.1.8.2	비교논리 시험	7.3-28
7.3.1.1.8.3	동시논리 시험	7.3-29
7.3.1.1.8.4	개시논리 시험	7.3-30
7.3.1.1.8.5	작동논리 시험	7.3-30
7.3.1.1.8.6	선택적 그룹시험	7.3-31
7.3.1.1.8.7	우회 시험	7.3-31
7.3.1.1.8.8	응답시간 시험	7.3-32

목 차 (17 중 8)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
7.3.1.1.8.9	부하순차제어기 시험	7.3-32
7.3.1.1.9	필수계기 전원공급	7.3-33
7.3.1.1.10	작동 계통	7.3-33
7.3.1.1.10.1	원자로건물 격리 계통	7.3-33
7.3.1.1.10.2	원자로건물살수계통	7.3-34
7.3.1.1.10.3	주증기격리계통	7.3-34
7.3.1.1.10.4	안전주입계통	7.3-35
7.3.1.1.10.5	안전감압배기계통	7.3-35
7.3.1.1.10.6	보조급수계통	7.3-36
7.3.1.1.10.7	핵연료취급지역 공기조화계통	7.3-36
7.3.1.1.10.8	원자로건물퍼지계통	7.3-37
7.3.1.1.10.9	주제어실 공기조화계통	7.3-37
7.3.1.2	설계기준	7.3-38
7.3.1.3	최종 계통도면	7.3-45
7.3.1.4	공학적안전설비작동계통의 지원계통	7.3-45
7.3.2	해석	7.3-45
7.3.2.1	개요	7.3-46
7.3.2.1.1	설계기준사건	7.3-47
7.3.2.2	작동기준	7.3-48
7.3.2.2.1	안전주입작동신호	7.3-48
7.3.2.2.2	원자로건물살수작동신호	7.3-48   2
7.3.2.2.3	원자로건물격리작동신호	7.3-49
7.3.2.2.4	주증기격리신호	7.3-49
7.3.2.2.5	보조급수작동신호	7.3-49
7.3.2.2.6	핵연료취급지역 비상환기작동신호	7.3-49   2
7.3.2.2.7	원자로건물퍼지격리작동신호	7.3-50
7.3.2.2.8	주제어실비상환기작동신호	7.3-50
7.3.2.3	설계	7.3-50
7.3.2.3.1	원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 및 일반설계기준	7.3-50
7.3.2.3.2	기기설계기준	7.3-51
7.3.2.3.3	시험기준	7.3-61
7.3.2.4	고장유형 및 영향분석	7.3-62

목 차 (17 중 9)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
7.3.2.5	설정치 설정 방법	7.3-62
7.3.2.6	공학적안전설비 밸브운전성	7.3-63
7.3.2.7	피동수소재결합기계통	7.3-63
7.3.2.8	예상되는 고장에 대한 해석	7.3-63
7.3.2.8.1	계기용 공기 상실	7.3-63
7.3.2.8.2	냉각수계통 상실	7.3-63
7.3.3	참고문헌	7.3-64
7.4	<u>안전정지계통</u>	7.4-1
7.4.1	개요	7.4-1
7.4.1.1	계통 개요	7.4-2
7.4.1.1.1	1E급 비상디젤발전기	7.4-3
7.4.1.1.2	1E급 비상디젤발전기 연료유저장 및 이송계통	7.4-3
7.4.1.1.3	1E급 전원계통	7.4-3
7.4.1.1.4	기기냉각해수계통	7.4-3
7.4.1.1.5	기기냉각수계통	7.4-3
7.4.1.1.6	보조급수계통과 보조급수저장 및 이송계통	7.4-3
7.4.1.1.7	주증기계통 - 대기방출	7.4-3
7.4.1.1.8	정지냉각계통	7.4-4
7.4.1.1.8.1	개시회로와 논리	7.4-4
7.4.1.1.8.2	연동, 순서, 우회	7.4-4
7.4.1.1.8.3	다중성과 다양성	7.4-4
7.4.1.1.8.4	지원계통	7.4-4
7.4.1.1.9	안전주입계통	7.4-5
7.4.1.1.9.1	개시회로 및 논리	7.4-5
7.4.1.1.9.2	연동, 순서 및 우회	7.4-5
7.4.1.1.9.3	다중성 및 다양성	7.4-5
7.4.1.1.9.4	지원 계통	7.4-5
7.4.1.1.10	주제어실 외부로부터의 비상정지	7.4-6
7.4.1.1.10.1	고온정지	7.4-7
7.4.1.1.10.2	상온정지	7.4-8
7.4.1.1.11	안전감압배기계통	7.4-8
7.4.1.2	계통도면	7.4-8

목 차 (17 중 10)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
7.4.2	분석	7.4-8
7.4.2.1	IEEE 603-1998에 대한 적합성	7.4-8
7.4.2.2	IEEE 308-2001에 대한 적합성	7.4-12
7.4.2.3	규칙 제25조 및 일반설계기준 19의 준수	7.4-12
7.4.2.4	채택된 발전소 사고 가능성 고려	7.4-12
7.4.2.4.1	계기용공기 상실	7.4-12
7.4.2.4.2	필수장비의 냉각수 상실	7.4-12
7.4.2.4.3	발전소 부하감발, 터빈정지 및 소외전력 상실	7.4-13
7.4.2.5	주제어실 외부로부터의 비상 정지	7.4-13
7.4.2.5.1	순간 고온대기 및 고온대기 유지, 고온정지를 위한 설계 능력	7.4-13
7.4.2.5.2	상온정지	7.4-13
7.5	<u>안전성관련 변수지시</u>	7.5-1
7.5.1	설명	7.5-1
7.5.1.1	계통설명	7.5-2
7.5.1.1.1	안전성관련 발전소 공정변수 표시 계측	7.5-2
7.5.1.1.2	원자로정지계통 감시	7.5-2
7.5.1.1.3	공학적안전설비 감시	7.5-3
7.5.1.1.4	제어봉집합체 위치지시	7.5-4
7.5.1.1.5	사고 후 감시 설비	7.5-5
7.5.1.1.6	계통수준의 자동우회지시	7.5-5
7.5.1.1.7	부적절한 노심냉각 감시	7.5-5
7.5.1.1.7.1	개요	7.5-5
7.5.1.1.7.1.1	설계배경	7.5-5
7.5.1.1.7.1.2	부적절한 노심냉각 감시계측기 선정기준	7.5-6
7.5.1.1.7.1.2.1	부적절한 노심냉각 진행과정(부적절한 노심냉각 관련 냉각재 상태)	7.5-6
7.5.1.1.7.1.2.2	부적절한 노심냉각상태로의 접근에 대한 경보	7.5-7
7.5.1.1.7.1.2.3	주요변수지시 및 경보계통-P의 적용	7.5-8
7.5.1.1.7.1.2.4	계측기 측정범위	7.5-8
7.5.1.1.7.2	주요변수지시 및 경보계통-P 설계	7.5-9

목 차 (17 중 11)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
7.5.1.1.7.2.1	계측감지기 설계	7.5-9
7.5.1.1.7.2.1.1	과냉각여유도	7.5-9
7.5.1.1.7.2.1.2	가열접점열전대 탐침집합체	7.5-10
7.5.1.1.7.2.1.3	노심출구열전대	7.5-11
7.5.1.1.7.2.2	부적절한 노심냉각 신호처리	7.5-11
7.5.1.1.7.2.2.1	과냉각여유도	7.5-11
7.5.1.1.7.2.2.2	가열접점열전대	7.5-12
7.5.1.1.7.2.2.3	노심출구열전대	7.5-13
7.5.1.1.7.2.3	계통지시기능	7.5-13
7.5.1.1.7.2.3.1	부적절한 노심냉각 표시기	7.5-14
7.5.1.1.7.2.3.2	과냉각여유도 지시기능	7.5-15
7.5.1.1.7.2.3.3	가열접점열전대 지시기능	7.5-15
7.5.1.1.7.2.3.4	노심출구열전대 지시기능	7.5-15
7.5.1.1.8	다양성	7.5-15
7.5.1.1.9	중대사고계통	7.5-16
7.5.2	분석	7.5-16
7.5.2.1	안전성관련 발전소 공정변수 표시 계기 분석	7.5-16
7.5.2.2	원자로정지계통 감시 분석	7.5-17
7.5.2.3	공학적안전설비 감시 분석	7.5-17
7.5.2.4	제어봉집합체 위치지시	7.5-18
7.5.2.5	사고 후 감시설비 분석	7.5-18
7.5.2.5.1	기기 검증	7.5-19
7.5.2.5.2	다중성	7.5-19
7.5.2.5.3	전원	7.5-20
7.5.2.5.4	채널 가용성	7.5-21
7.5.2.5.5	품질보증	7.5-21
7.5.2.5.6	지시 및 기록	7.5-21a   1
7.5.2.5.7	지시범위	7.5-22
7.5.2.5.8	기기식별	7.5-22
7.5.2.5.9	신호의 연계관계	7.5-22
7.5.2.5.10	운전정비, 시험 및 교정	7.5-23
7.5.2.5.11	인간공학적 고려요소	7.5-23

목 차 (17 중 12)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
7.5.2.5.12	직접측정	7.5-23
7.5.2.6	우회 및 작동불능 상태지시	7.5-23
7.5.2.7	부적절한 노심냉각 감시 분석	7.5-25
7.5.2.7.1	부적절한 노심냉각 진행과정(냉각재상태)	7.5-25
7.5.2.7.1.1	부적절한 노심냉각으로의 접근	7.5-25
7.5.2.7.1.2	부적절한 노심냉각으로부터의 회복	7.5-26
7.5.2.7.2	계기 측정범위	7.5-26
7.5.3	안전변수지시계통 격리	7.5-26
7.5.4	참고문헌	7.5-26a   2
7.6	<u>안전에 필요한 기타계통</u>	7.6-1
7.6.1	개요	7.6-1
7.6.1.1	계통설명	7.6-1
7.6.1.1.1	정지냉각계통 흡입관 격리밸브 연동	7.6-1
7.6.1.1.2	안전주입탱크 격리밸브 연동	7.6-2
7.6.1.1.3	주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통 경보	7.6-2
7.6.1.1.3.1	원자로냉각재펌프 냉각수 공급 감시	7.6-3
7.6.1.1.3.2	안전주입탱크 압력 감시	7.6-3
7.6.1.1.3.3	정지냉각계통 압력 감시	7.6-3
7.6.1.1.4	화재방호 계측 및 탐지계통	7.6-4
7.6.1.2	설계기준	7.6-4
7.6.1.2.1	정지냉각계통 흡입관 격리밸브 연동장치	7.6-4
7.6.1.2.2	안전주입탱크 격리밸브 연동장치	7.6-5
7.6.1.3	계통도면	7.6-5
7.6.2	분석	7.6-5
7.6.2.1	설계기준	7.6-5
7.6.2.1.1	정지냉각계통 흡입관 격리밸브 연동장치	7.6-6
7.6.2.1.2	안전주입탱크 격리밸브 연동장치	7.6-6
7.6.2.1.3	주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통 경보	7.6-6
7.6.2.1.3.1	원자로냉각재펌프 냉각수 공급 감시	7.6-7
7.6.2.1.3.2	안전주입탱크 압력 감시	7.6-7
7.6.2.1.3.3	정지냉각계통 압력 감시	7.6-7

# 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

## 목 차 (17 중 13)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
7.6.2.2	기기설계기준	7.6-7
7.6.2.2.1	정지냉각계통 흡입관 격리밸브 연동장치	7.6-7
7.6.2.2.2	안전주입탱크 격리밸브 연동장치	7.6-10
7.6.2.3	화재방호 계측 및 탐지계통	7.6-13
7.7	<u>안전에 요구되지 않는 계통</u>	7.7-1
7.7.1	개요	7.7-1
7.7.1.1	제어계통	7.7-1
7.7.1.1.1	반응도제어계통	7.7-2
7.7.1.1.2	가압기압력 및 수위제어계통	7.7-4
7.7.1.1.2.1	가압기압력제어계통	7.7-4
7.7.1.1.2.2	가압기수위제어계통	7.7-5
7.7.1.1.3	급수제어계통	7.7-6
7.7.1.1.4	증기우회제어계통	7.7-7
7.7.1.1.5	원자로출력급감발계통	7.7-8
7.7.1.1.6	붕소제어계통 유지	7.7-9
7.7.1.1.7	노내계측계통	7.7-10
7.7.1.1.8	노외중성자속감시 계통(비안전 채널)	7.7-11
7.7.1.1.9	붕소희석정보계통	7.7-11
7.7.1.1.10	터빈제어계통	7.7-12
7.7.1.1.11	공정 기기제어계통	7.7-12
7.7.1.1.12	부분충수운전 관련 계측기기	7.7-13
7.7.1.1.13	증기발생기 튜브파단 감지를 위한 계측기	7.7-14
7.7.1.1.14	제어신호 검증	7.7-15
7.7.1.1.15	환경제어계통	7.7-16
7.7.1.2	설계비교	7.7-16
7.7.1.2.1	반응도제어계통	7.7-17
7.7.1.2.2	가압기 압력 및 수위제어계통	7.7-17
7.7.1.2.3	급수제어계통	7.7-17
7.7.1.2.4	증기우회제어계통	7.7-17
7.7.1.2.5	원자로출력급감발계통	7.7-17

# 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

## 목 차 (17 중 14)

번 호	제 목	페이지
7.7.1.2.6	붕소제어계통	7.7-17
7.7.1.2.7	노내계측계통	7.7-17
7.7.1.2.8	노외중성자속감시계통(비안전 채널)	7.7-17
7.7.1.2.9	붕소희석정보계통	7.7-17
7.7.1.2.10	공정 기기제어계통	7.7-18
7.7.1.2.11	부분충수운전 관련 계측기기	7.7-18
7.7.1.2.12	증기발생기세관누설 감지설비	7.7-18
7.7.1.3	주제어실 시설	7.7-18
7.7.1.3.1	주제어실 제어반	7.7-19
7.7.1.3.2	기술지원실 및 비상대책본부 연계	7.7-21
7.7.1.4	주요변수지시 및 경보계통	7.7-21
7.7.1.4.1	주요변수지시 및 경보계통 구조	7.7-22
7.7.1.4.2	주요변수지시 및 경보계통 평면표시기	7.7-24
7.7.1.4.3	경보지시 및 메시지 표시	7.7-25
7.7.1.4.4	주요변수지시 및 경보계통 환경 검증	7.7-26
7.7.1.4.5	주요변수지시 및 경보계통 품질등급 분류	7.7-27
7.7.1.4.6	주요변수지시 및 경보계통 확인 및 검증요건	7.7-27
7.7.1.5	대형정보표시반	7.7-27
7.7.1.5.1	대형정보표시반 구성	7.7-28
7.7.1.5.2	대형정보표시반	7.7-28
7.7.1.5.3	대형정보표시반 지시	7.7-29
7.7.1.6	핵증기공급계통 건전성감시계통	7.7-29
7.7.1.6.1	원자로내부구조물 진동감시계통	7.7-29
7.7.1.6.2	음향누설감시계통	7.7-30
7.7.1.6.3	금속과편감시계통	7.7-31
7.7.1.6.4	원자로냉각재펌프 진동감시계통	7.7-33
7.7.1.7	정보처리계통	7.7-34
7.7.1.7.1	정보처리계통 기능	7.7-35
7.7.1.7.2	정보처리계통 구성	7.7-36
7.7.1.7.3	정보처리계통 내환경성 검증	7.7-38
7.7.1.7.4	정보처리계통 확인 및 검증 요건	7.7-38
7.7.1.7.5	정보처리계통 핵증기공급계통 응용프로그램	7.7-38

# 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

## 목 차 (17 중 15)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
7.7.1.7.5.1	노심운전제한치감시계통(COLSS)	7.7-38
7.7.1.7.5.1.1	일반사항	7.7-38
7.7.1.7.5.1.2	계통설명	7.7-40
7.7.1.7.5.1.3	노심운전제한치감시계통 알고리즘	7.7-42
7.7.1.7.5.1.3.1	원자로냉각재 체적유량	7.7-42
7.7.1.7.5.1.3.2	노심출력의 계산	7.7-43
7.7.1.7.5.1.3.3	노심운전제한치감시계통의 출력분포 결정	7.7-43
7.7.1.7.5.1.3.4	선출력밀도에 근거한 노심출력운전제한치	7.7-45
7.7.1.7.5.1.3.5	핵비등이탈률 여유도에 근거한 노심출력운전제한치	7.7-45
7.7.1.7.5.1.3.6	계산 및 측정 불확실도	7.7-45
7.7.1.7.5.2	핵증기공급계통 감시프로그램	7.7-45
7.7.1.7.5.3	연계 응용	7.7-48
7.7.1.7.6	보조설비계통 응용프로그램	7.7-49
7.7.1.7.7	안전변수지시평가계통 프로그램	7.7-50
7.7.1.7.7.1	필수안전기능 감시	7.7-50
7.7.1.7.7.1.1	설계기준	7.7-50
7.7.1.7.7.1.1.1	기능적 설계기준	7.7-50
7.7.1.7.7.1.1.2	하드웨어 설계기준	7.7-52
7.7.1.7.7.1.1.3	소프트웨어 설계기준	7.7-52
7.7.1.7.7.1.2	기능	7.7-53
7.7.1.7.7.1.2.1	필수안전기능	7.7-53
7.7.1.7.7.1.2.2	경보	7.7-55
7.7.1.7.7.1.2.3	과거자료 저장 및 재생	7.7-55
7.7.1.7.7.1.2.4	추이 표시	7.7-56
7.7.1.7.7.1.3	확인 및 검증	7.7-56
7.7.1.7.7.2	성공경로감시	7.7-56
7.7.1.7.7.2.1	성공경로 이용도와 성능	7.7-57
7.7.1.7.7.3	안전변수지시평가계통 인간-기계 연계	7.7-57
7.7.1.7.8	전산화절차서	7.7-57
7.7.1.7.9	사건진행기록(SOE)	7.7-57
7.7.1.8	정보계통용 데이터 통신	7.7-57
7.7.2	해석	7.7-58
7.7.3	참고문헌	7.7-58

목 차 (17 중 16)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
7.8	<u>다양성 계측제어계통</u>	7.8-1
7.8.1	개요	7.8-1
7.8.2	계통설명	7.8-1
7.8.2.1	다양성보호계통	7.8-1
7.8.2.1.1	원자로정지신호	7.8-2
7.8.2.1.1.1	가압기 고압력	7.8-2
7.8.2.1.1.2	원자로건물 고압력	7.8-2
7.8.2.1.1.3	증기발생기 저압력	7.8-3
7.8.2.1.1.4	터빈정지에 의한 원자로정지	7.8-3
7.8.2.1.1.5	수동 원자로정지	7.8-3
7.8.2.1.2	터빈정지신호	7.8-3
7.8.2.1.3	보조급수작동신호	7.8-3
7.8.2.1.3.1	증기발생기 저수위	7.8-3
7.8.2.2	다양성 공학적안전설비 수동작동스위치	7.8-3
7.8.2.2.1	다양성 공학적안전설비 작동신호	7.8-3a   2
7.8.2.3	다양성지시계통	7.8-4
7.8.3	설계기준	7.8-4
7.8.3.1	다양성보호계통	7.8-4
7.8.3.2	다양성 수동 공학적안전설비 작동스위치	7.8-5   2
7.8.3.3	다양성지시계통	7.8-6
7.8.4	분석	7.8-6
7.8.4.1	개요	7.8-7
7.8.4.2	평가범위	7.8-7
7.8.4.3	설계기준 사고평가	7.8-7
7.8.4.3.1	정성적 평가	7.8-7
7.8.4.3.2	정량적 해석	7.8-8
7.8.5	기술요건사항	7.8-8
7.9	<u>데이터통신계통</u>	7.9-1
7.9.1	설명	7.9-1
7.9.1.1	안전계통 데이터 통신	7.9-2   2

목 차 (17 중 17)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>	
7.9.1.1.1	제어/보호계통 데이터 통신	7.9-2	2
7.9.1.1.1.1	공학적안전설비 기기제어계통 통신	7.9-2	
7.9.1.1.1.2	발전소보호계통 통신	7.9-4	
7.9.1.1.1.3	보수시험반 및 연계시험 프로세스 통신	7.9-5	
7.9.1.1.1.4	원자로노심보호계통 통신방식	7.9-6	
7.9.1.1.1.5	주요변수지시 및 경보계통-P의 통신	7.9-7	
7.9.1.2	비안전계통 데이터통신	7.9-7	
7.9.1.2.1	정보처리계통용 네트워크(DCN-I)	7.9-7	
7.9.1.2.2	주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크(DCN-MQ)	7.9-10	
7.9.1.2.3	대형정보표시반 통신	7.9-13	
7.9.1.2.4	정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N 통신	7.9-13	
7.9.1.2.5	소프트제어기 통신	7.9-14	
7.9.2	분석	7.9-14	
7.9.2.1	원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 및 일반설계기준	7.9-14	
7.9.3	참고문헌	7.9-18	
7.10	<u>지진원자로자동정지계통</u>	7.10-1	
7.10.1	계통 설명	7.10-1	
7.10.2	분석	7.10-1	
7.10.3	기술요건사항	7.10-2	
7A	<u>설계기준사고에 대한 공통유형고장 평가</u>		

제 7 장 - 계측제어

표 목 차 (2 중 1)

번 호	제 목	페이지
표 7.1-0-1	Common Q PLC와 POSAFE-Q PLC 비교	7.1-30a   2
표 7.1-1	보조 및 지원계통 설명	7.1-31
표 7.1-2	안전기준 목록	7.1-32
표 7.2-1	원자로보호계통의 우회	7.2-58
표 7.2-2	원자로보호계통에 의해 감시되는 발전소 변수의 영역	7.2-59
표 7.2-3	원자로보호계통의 감지기	7.2-60
표 7.2-4	원자로보호계통 설계입력	7.2-61
표 7.2-5	발전소보호계통 고장유형 및 영향분석	7.2-63
표 7.2-6	필수안전기능 성공경로 다양성	7.2-144
표 7.2-7	원자로보호 계측설비 응답시간	7.2-145
표 7.3-1a	공학적안전설비작동계통 우회	7.3-66
표 7.3-1b	1/2 공학적안전설비작동계통 우회	7.3-67
표 7.3-2	공학적안전설비계통 작동을 요구하는 설계기준사고	7.3-68
표 7.3-3	공학적안전설비작동계통 보호신호를 요구하는 감시변수	7.3-69
표 7.3-4	공학적안전설비작동계통 감지기	7.3-70
표 7.3-5a	핵증기공급계통 공학적안전설비작동계통 설정치와 작동여유도	7.3-71
표 7.3-5b	보조설비계통 공학적안전설비작동계통 설정치와 작동여유도	7.3-72
표 7.3-6	공학적안전설비작동계통 발전소 변수 영역	7.3-73
표 7.3-7	공학적안전설비 응답시간	7.3-74
표 7.3-8	핵연료취급지역 비상환기작동신호 고장유형 및 영향분석	7.3-77
표 7.3-9	원자로건물 폐지격리작동신호 고장유형 및 영향분석	7.3-81
표 7.3-10	주제어실 비상환기작동신호 고장유형 및 영향분석	7.3-85
표 7.3-11	원자로건물 가연성기체제어계통 고장유형 및 영향분석	7.3-89
표 7.3-12	공학적안전설비작동계통 측정채널의 감지기 응답시간 및 정확도	7.3-90
표 7.3-13	ESF-CCS에 대한 FMEA표	7.3-91
표 7.3-14	공학적안전설비작동계통 계측설비 점검요구사항	7.3-192
표 7.3-15	안전등급과 비안전등급간의 연동신호	7.3-195
표 7.3-16	안전등급 채널간의 연동신호	7.3-196   1
표 7.4-1	고온정지를 위한 원격정지실 계측제어	7.4-14
표 7.4-2	상온정지를 위한 원격정지실 계측제어	7.4-17

표 목 차 (2 중 2)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
표 7.5-1	안전성관련 발전소 공정변수지시	7.5-27
표 7.5-2	공학적안전설비계통 감시	7.5-29
표 7.5-3	사고 후 감시 계측	7.5-34
표 7.6-1	정지냉각계통 및 안전주입탱크의 연동장치	7.6-14
표 7.7-1	음향누설감시계통 감지기 설치위치	7.7-60
표 7.7-2	금속파편감시계통 감지기 설치위치	7.7-61
표 7.7-3	원자로냉각재펌프 진동감시계통 감지기 설치위치	7.7-62
표 7.7-4	노심온전제한치감시계통의 감시 변수	7.7-63
표 7.7-5	금속파편(Loose Parts) 검출을 위한 계측설비	7.7-64
표 7.7-6	노내중성자속검출기	7.7-65
표 7.7-7	반응도제어계통(정지여유도- $T_{cold} > 99\text{ }^{\circ}\text{C}$ (210 $^{\circ}\text{F}$ ))	7.7-66   2
표 7.8-1	다양성보호계통 변수	7.8-9
표 7.8-2	공통유형고장에 영향 받는 발전소보호계통과 공학적안전설비 기기제어계통의 기능	7.8-10
표 7.8-3	공통유형고장시 다양성을 갖는 작동 가능한 기능	7.8-11
표 7.8-4	다양성보호계통 계측설비	7.8-12
표 7.9-1	데이터통신계통 세부 통신망	7.9-19
표 7.9-2	데이터통신계통 통신방식	7.9-20   2
표 7.10-1	지진원자로자동정지계통 감시변수	7.10-3
표 7.10-2	지진원자로자동정지계통 계측설비	7.10-4

제 7 장 - 계측제어

그림 목차 (5 중 1)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	
그림 7.1-1	안전계통 하드웨어 구성도	2
그림 7.2-1	발전소보호계통 개략도	
그림 7.2-2	발전소보호계통 연계 및 시험 논리도	
그림 7.2-3	전형적인 원자로냉각재 저유량 트립 설정치	
그림 7.2-4	전형적인 발전소보호계통 측정채널 기능선도(가압기압력-광역)	
그림 7.2-5	리드스위치 위치 전송기 집합체 개략도	
그림 7.2-6	리드스위치 위치 전송기 케이블집합체	
그림 7.2-7	원자로노심보호계통 내의 제어봉집합체 위치신호의 흐름	
그림 7.2-8	노외중성자속 감시계통(안전채널)	
그림 7.2-9	원자로냉각재펌프측 속도감지계통	
그림 7.2-10	노심보호프로세서 기능 계통도	
그림 7.2-11	발전소보호계통 비교논리 기능 블록선도	
그림 7.2-12	원자로보호계통 기본논리도	2
그림 7.2-13	전형적인 발전소보호계통 2/4 동시논리 및 트립 채널 우회	
그림 7.2-14	발전소보호계통 개시논리도	2
그림 7.2-15	전형적인 발전소보호계통의 가변설정치 운전	
그림 7.2-16	발전소보호계통 시험중첩	
그림 7.2-17	연계시험프로세서 블록선도	
그림 7.2-18	전형적인 발전소보호계통 채널접점 비교논리 연계도	
그림 7.2-19	발전소보호계통 블록선도(고장유형 및 영향분석도)	2
그림 7.2-20	측정채널 블록선도 기호 주석 및 약자	
그림 7.2-21	루프 1 온도 측정채널 블록선도	
그림 7.2-22	루프 2 온도 측정채널 블록선도	
그림 7.2-23a	원자로냉각재펌프 압력 측정채널 블록선도	
그림 7.2-23b	원자로냉각재펌프 속도 측정채널 블록선도	
그림 7.2-24a	가압기 압력(협역) 측정채널 블록선도	
그림 7.2-24b	가압기 압력(광역) 측정채널 블록선도	
그림 7.2-25	노외중성자속 측정채널 블록선도	
그림 7.2-26	원자로건물 압력 측정채널 블록선도	
그림 7.2-27a	증기발생기 1 수위(광역) 측정채널 블록선도	
그림 7.2-27b	증기발생기 2 수위(광역) 측정채널 블록선도	

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 그림 목차 (5 중 2)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>
그림 7.2-28a	증기발생기 1 압력 측정채널 블록선도
그림 7.2-28b	증기발생기 2 압력 측정채널 블록선도
그림 7.2-29a	증기발생기 1 수위(협역) 측정채널 블록선도
그림 7.2-29b	증기발생기 2 수위(협역) 측정채널 블록선도
그림 7.2-30	증기발생기 일차측 차압 측정채널 블록선도
그림 7.3-1a	공학적안전설비계통 기능논리(SIAS)
그림 7.3-1b	공학적안전설비계통 기능논리(CSAS, CIAS)
그림 7.3-1c	공학적안전설비계통 기능논리(AFAS1, AFAS2)
그림 7.3-1d	공학적안전설비계통 기능논리(MSIS)
그림 7.3-1e	공학적안전설비작동계통 제어논리(범례)
그림 7.3-1f	공학적안전설비작동계통 제어논리(핵연료취급지역 비상환기작동신호)
그림 7.3-1g	공학적안전설비작동계통 제어논리(원자로건물 펄지격리작동신호)
그림 7.3-1h	공학적안전설비작동계통 제어논리(주제어실 비상환기작동신호)
그림 7.3-2	전형적인 공학적안전설비기기제어계통 작동논리도
그림 7.3-3	공학적안전설비 기기제어계통 기능도
그림 7.3-4	전형적인 배전반 스위치 및 상태지시기의 전기적 연계
그림 7.3-5	소프트제어계통 구성
그림 7.3-6	부하순차제어기 - 제어논리도
그림 7.3-7	공학적안전설비 기기제어계통 시험 단순논리도
그림 7.3-8a	전형적인 솔레노이드구동밸브 제어논리도
그림 7.3-8b	전형적인 솔레노이드구동밸브 전기적 연계
그림 7.3-9a	전형적인 솔레노이드구동조절밸브 제어논리도
그림 7.3-9b	전형적인 솔레노이드구동조절밸브 전기적 연계
그림 7.3-10a	전형적인 전동기구동밸브 기능적 연계도
그림 7.3-10b	전형적인 전동기구동밸브 전기적 연계
그림 7.3-11	전형적인 전범위 전동기구동밸브 제어논리도
그림 7.3-12	전형적인 조절전동기구동밸브 제어논리도
그림 7.3-13a	전형적인 비역회전 전동기 시동장치 구동기기 제어논리도

그림 목차 (5 중 3)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>
그림 7.3-13b	전형적인 비역회전 전동기 시동장치 구동기기 전기적 연계
그림 7.3-14a	전형적인 회로차단기 구동기기 제어논리도
그림 7.3-14b	전형적인 회로차단기 구동기기 전기적 연계
그림 7.3-15a	전형적인 조절기기 제어논리도
그림 7.3-15b	전형적인 조절기기 전기적 연계
그림 7.3-15c	전형적인 전기유압식 구동기댐퍼 제어논리도
그림 7.3-15d	전형적인 전기유압식 구동기댐퍼 전기적 연계
그림 7.3-16	온도 과부하 단순 배선도
그림 7.3-17	원자로건물내재장전수저장계통 제어 및 계장도
그림 7.3-18	보조급수계통 제어 및 계장도
그림 7.3-19a	안전주입탱크 1 측정채널 블록선도
그림 7.3-19b	안전주입탱크 2 측정채널 블록선도
그림 7.3-19c	안전주입탱크 3 측정채널 블록선도
그림 7.3-19d	안전주입탱크 4 측정채널 블록선도
그림 7.3-20	원자로건물 살수계통 제어 및 계장도
그림 7.3-21a	정지냉각펌프 측정채널 블록선도
그림 7.3-21b	정지냉각밸브 측정채널 블록선도
그림 7.3-22	안전주입펌프 및 안전주입충수탱크 측정채널 블록선도
그림 7.3-23	안전감압 배기계통 측정채널 블록선도
그림 7.3-24	다양성 수동 공학적안전설비 작동연계
그림 7.3-25	방사선감시계통 측정채널기능도
그림 7.3-26	마스터전환스위칭 개략도
그림 7.4-1	A 채널 주 전환 스위치 연계도
그림 7.4-2	AB 채널 주 전환 스위치 연계도
그림 7.5-1	사고후감시변수 지시의 다양성
그림 7.5-2	가열접점열전대 감지기의 구조
그림 7.5-3	가열접점열전대 탐침집합체
그림 7.5-4	가열접점열전대 감지기 및 분리관
그림 7.5-5	노내계측기집합체 노심배치도
그림 7.5-6	가열접점열전대 전기선도

그림 목차 (5 중 4)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	
그림 7.5-7	주요변수지시 및 경보계통-P 블록선도	2
그림 7.6-1	정지냉각계통 기능 논리선도	
그림 7.6-2	안전주입계통 기능 논리선도	
그림 7.6-3	안전관련 연동시험 회로도	
그림 7.7-1	원자로출력제어계통 블록선도	
그림 7.7-2	디지털제어봉제어계통(DRCS) - 원자로보호계통 연계 블록선도	
그림 7.7-3	가압기압력제어계통 블록선도	
그림 7.7-4	가압기수위제어계통 블록선도	
그림 7.7-5	급수제어계통 블록선도	
그림 7.7-6	증기우회제어계통 블록선도	
그림 7.7-7	원자로출력급감발계통 간이 블록선도	
그림 7.7-8	붕소농도측정계통 블록선도	
그림 7.7-9	붕소희석경보계통 블록선도	
그림 7.7-10	간략화한 공정 기기제어계통 구성도	
그림 7.7-11	N-16 측정 및 경보 논리도	
그림 7.7-12	인간-기계연계계통 정보처리 블록도	
그림 7.7-13	주요변수 지시 및 경보계통-N 구성도	
그림 7.7-14	대형정보표시반/주요변수 지시 및 경보계통/정보처리계통 데이터 통신	
그림 7.7-15	음향누설감시계통 측정채널 구성도	
그림 7.7-16	금속파편감시계통 측정채널 구성도	
그림 7.7-17	정보처리계통 구성도	
그림 7.7-18	노심운전제한치감시계통의 기능도표	
그림 7.7-19	원자로건물내재장전수저장계통 측정채널 구성도	
그림 7.7-20	중간저장조 측정채널 구성도	
그림 7.7-21	원자로용기 공동냉각계통 측정채널 구성도	
그림 7.7-22	노내계측기집합체 노심내부 배치도	
그림 7.7-23	노외중성자속감시계통 기동채널 및 제어채널 신호 흐름도	1

그림 목차 (5 중 5)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	
그림 7.8-1	다양성보호계통 블록선도	
그림 7.8-2	다양성 원자로정지 및 보조급수 작동	
그림 7.8-3	다양성보호계통 가압기 압력 블록선도	
그림 7.8-4	다양성보호계통 증기발생기 1 수위 및 압력 블록선도	2
그림 7.8-5	다양성보호계통 증기발생기 2 수위 및 압력 블록선도	
그림 7.8-6	다양성보호계통 원자로건물 압력 블록선도	
그림 7.9-1	정보처리계통용 네트워크(DCN-I) 구조도	2
그림 7.9-2	주요변수지시 및 경보계통-N 용 네트워크(DCN-MQ) 구조도	
그림 7.10-1	지진원자로자동정지계통 제어논리도	

## 7 계측 제어

### 7.1 개요

본 장에서는 안전관련 기능을 감시하고 수행하는 계측제어계통에 대해서 기술한다. 7.2절에서 7.6절까지 본 계통에 대해서 설명 및 분석하고, 비안전계통은 7.7절에서 기술한다. 7.8절에서는 다양성 계측제어계통에 관하여 설명하며, 7.9절에서는 데이터 통신에 관하여 기술하며, 7.10절에서는 지진원자로자동정지계통에 관하여 기술한다. 7.1절에서 7.10절까지 나오는 용어에 대한 설명은 아래와 같다.

- 가. 채널 - 발전소 운전조건하에서 단일 보호작동신호를 발생하도록 요구되는 구성기기 및 모듈의 배열, 단일 보호신호들이 합쳐지는 곳에서는 채널의 고유성이 상실된다. | 2
- 나. 계측범위 - 상, 하한값을 정하여 어떠한 양이 측정, 입력, 전송 및 표시되는 범위영역.
- 다. 안전계통제한설정치(Limiting Safety System Setting(LSSS)) - 원자로의 안전계통제한설정치는 중요한 안전기능을 갖는 변수와 관련된 자동보호장치를 위한 설정치를 의미한다.
- 라. 보호계통 - 원자로정지계통 및 공학적안전설비를 위하여 사용되는 주된 신호를 발생하는데 관련된 감지 및 명령 설비. 이러한 신호는 원자로정지, 공학적 안전설비 및 보조지원설비의 작동을 개시하는 신호를 포함한다.
- 마. 안전성관련 계측기기 - 아래의 항목에 필수적인 계측기기
  - 1) 비상원자로정지
  - 2) 원자로건물격리
  - 3) 노심냉각
  - 4) 원자로건물 또는 원자로 잔열제거
  - 5) 대기에 심각한 방사성 물질의 방출을 방지하고 완화, 또는 원자력발전소가 공공의 건강과 안전에 심각한 위험 없이 운전하도록 하는 계통
- 바. 포화 - 어떠한 지점에서 입력신호의 다소의 변화가 출력 신호에 더 이상 변화

를 주지 않는 기기의 안정한 상태 또는 동적 조건 특성

- 사. 감지기 - 발전소 변수 또는 조건의 변화에 반응하여 측정공정변수를 계측신호로 변환하는 채널의 한 부분
- 아. 설정치 - 감시하고 있는 양이 선택된 값에 도달했음을 지시하기 위해 설정된 수치
- 자. 응답시간 - 지정된 운전조건 하에서 특정 입력의 적용시점부터 출력이 발생될 때까지의 시간 간격

2

- 차. 계열 - 발전소 운전조건하에서 단일 안전기능을 수행하기 위한 물리적 및 전기적으로 완전히 독립된 기기(펌프 또는 밸브)의 배열

2

#### 7.1.1 안전성관련 계통 구분

지원계통을 포함한 안전성관련 계측제어분야에 대하여 아래에 기술된다. 발전소보호계통, 원자로정지차단기계통, 공학적안전설비계통, 안전정지에 필요한 계통, 안전성관련 지시계, 안전에 필요한 기타 계통은 한국전력기술주식회사에 의해 설계된다.

1

2

1

##### 7.1.1.1 발전소보호계통

발전소보호계통은 아래에 기술된 보호기능을 수행하는데 필요한 전기, 전자, 통신망 회로 및 기계적 장치로 구성되어 있다.

- 가. 원자로보호계통기능

원자로보호계통은 감지기부터 원자로정지차단기까지의 일련의 계통으로 구성되며 핵증기공급계통 상태를 감시하여 요구 시 원자로정지를 발생시킨다. 원자로보호계통에 관한 설명은 7.2절에 기술한다.

2

- 나. 공학적안전설비작동계통기능

공학적안전설비작동계통은 감지기부터 공학적안전설비 기기제어계통까지 일련의 계통으로 구성되며 핵증기공급계통 상태를 감시하여 요구 시 공학적안전설비를 작동시킨다. 공학적안전설비작동계통에 관한 설명은 7.3절에 기술한다.

2

##### 7.1.1.2 원자로정지차단기계통

2

원자로정지차단기계통은 원자로보호계통기능과 관련하여 발전소보호계통으로부터 제공되는 자동 원자로정지신호 및 운전원에 의한 수동신호를 받아서 원자로를 정지시키는 기기이다.

2

#### 7.1.1.3 공학적안전설비계통

공학적안전설비계통은 공학적안전설비작동계통에서 자동 또는 수동으로 발생하는 공학적안전설비작동신호에 의해 보호동작을 수행하는데 필요한 작동 장치 및 기기들로 구성되며, 해당 계통은 다음과 같다.

- 가. 원자로건물격리계통
- 나. 주증기격리계통
- 다. 안전주입계통
- 라. 보조급수계통
- 마. 원자로건물살수계통
- 바. 핵연료취급지역 공기조화계통
- 사. 주제어실지역 공기조화계통
- 아. 원자로건물퍼지계통
- 자. 안전감압배기계통(수동)
- 차. 지원계통
  - 1) 보조건물 제한구역 공기조화계통
  - 2) 전기 및 계측기기실 공기조화계통
  - 3) 1차측기기냉각해수 펌프실 공기조화계통
  - 4) 1차측기기냉각수계통

- 5) 1차측기기냉각해수계통
- 6) 1E급 비상디젤발전기계통
- 7) 1E급 비상디젤발전기 연료저장 및 이송계통
- 8) 1E급 직류전원계통
- 9) 1E급 보조전원계통
- 10) 1E급 비상디젤발전기실 공기조화계통

공학적안전설비계통과 관련한 계측 및 제어계통은 7.3절에 기술된다.

#### 7.1.1.4 안전정지에 필요한 계통

안전정지에 필요한 계통은 원자로 미임계상태에서 압력과 반응도제어, 냉각수보충 및 잔열제거 등에 필수적인 계통으로 정의된다. 이러한 계통들은 다음과 같은 원자로 정지유형에 따라 구분된다.

- 가. 고온정지 상태를 유지하는데 필요한 계통
- 나. 상온정지 상태를 유지하는데 필요한 계통

안전정지에 필요한 계통들이 아래에 나열되어 있고 7.4절에 기술되어 있다.

원자로를 고온정지 상태로 유지하는데 필요한 안전정지계통들은 아래와 같다.

- 가. 비상디젤발전기계통
- 나. 비상디젤발전기 연료유저장 및 이송계통
- 다. 1E급 직류전력계통 | 2
- 라. 1E급 교류전력계통 | 2
- 마. 안전주입계통

바. 보조급수계통

사. 대기방출밸브

아. 안전감압배기계통

자. 1차측기기냉각해수계통

차. 1차측기기냉각수계통

카. 공기조화계통

또한, 주제어실 밖에서 원자로를 비상 정지시킬 수 있는 원격정지실 기기와 계통이 설치되어 있다.

원자로를 상온정지시키는데 필요한 안전정지계통 또는 계통의 일부에는 위의 계통이외에 정지냉각계통을 포함한다.

#### 7.1.1.5 안전성관련 지시계

안전성관련 지시계는 운전원이 발전소 운전상태를 적절히 감시하며, 요구되는 수동 안전기능 수행에 필요한 정보를 제공한다. 안전성관련 지시계의 설명은 7.5절에 기술한다.

안전성관련 지시계는 다음과 같은 용도를 위해 제공된다.

가. 안전성관련 발전소 공정변수 감시

나. 원자로정지계통 감시

다. 공학적안전설비 감시

라. 제어봉집합체 위치 지시

마. 사고 후 감시

바. 자동우회 지시

사. 부적절한 노심냉각상태 감시

#### 7.1.1.6 안전에 필요한 기타 계통

안전에 필요한 기타 계통에는 정지냉각계통 과압방지 및 안전주입계통의 사용 가능성을 보장하기 위한 연동장치들이 포함된다. 이러한 연동장치들을 아래에 열거하고, 7.6절에 기술한다.

- 가. 정지냉각계통 흡입관 격리밸브 연동장치
- 나. 안전주입탱크 격리밸브 연동장치
- 다. 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통
- 라. 화재방호 계측 및 탐지계통

#### 7.1.1.7 안전에 필요한 데이터 통신계통

안전계통 데이터통신은 고속의 신뢰성 있는 통신시스템으로 하드웨어, 프로토콜, 그리고 연결 케이블로 구성되며 채널간, 시스템간 통신기능을 제공하기 위해 데이터링크 및 네트워크를 이용한다. 데이터통신계통은 제어/보호계통과 정보계통에 정확하고 신뢰성 있고 시기적절한 자료전송을 제공하도록 설계된다. 안전계통 데이터통신에 상세한 내용은 7.9절에 기술된다.

#### 7.1.1.8 설계 비교

신한울 1,2호기의 발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 원자로노심보호계통은 국산화 기종의 프로그래머블 논리제어기를 사용한 컴퓨터기반 계통이며, 이러한 컴퓨터기반 기술은 자기진단 특성과 보호계통 채널 간 및 기기 캐비닛과 주제어실 운전원 연계장비와의 데이터통신 사용 및 이들 사이의 격리를 위한 광섬유 기술을 활용한다.

발전소보호계통은 신고리 3,4호기와 같이 A, B, C, D 채널로 구성되며, 채널마다 3개의 독립된 캐비닛이 있으며, 2개의 비교논리프로세서, 3개의 동시논리프로세서 및 원자로보호계통 개시회로로 구성된다. 또한 연계시험프로세서 및 보수시험반은 신고리 3,4호기 설계와는 달리 계통별로 설치된다.

신고리 3,4호기의 동시논리프로세서 랙에는 프로세서 모듈이 4개가 설치되나, 신한울 1,2호기의 경우에는 1개의 랙에 1개의 프로세서 모듈이 설치된다.

신고리 3,4호기의 원자로보호계통 개시회로는 4개의 동시논리프로세서 신호를 선택적 2/4 논리로 결합하는 구조로 되어 있지만, 신한울 1,2호기에서는 3개의 동시논리프로세서 신호를 2/3 논리로 결합하는 구조로 되어 있다.

공학적안전설비작동계통은 신고리 3,4호기와 같이 A, B, C, D 채널로 구성되며, 채널마다

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

3개의 그룹제어기와 다수의 루프제어기로 구성되어 있다. 공학적안전설비 기기제어계통은 발전소보호계통과의 신호연계에 안전데이터링크(HR-SDL)를 이용한다. 공학적안전설비 기기제어계통의 그룹제어기는 각 채널별로 독립된 계측제어기기실에 설치되며, 루프제어기는 현장에 분산 설치된다.

신고리 3,4호기에서는 공학적안전설비 기기제어계통의 그룹제어기는 핵증기공급계통용 공학적안전설비 기능을 담당하는 그룹제어기 2개와 보조설비용 공학적안전설비 기능을 담당하는 그룹제어기 1개로 구성되나, 신한울 1,2호기 그룹제어기는 독립적 삼중화 구조를

Intentionally  
Blank

맞는다. 3개 그룹제어기는 독립적으로 기능을 수행하며, 각 그룹제어기는 핵증기공급계통용 공학적안전설비 기능과 보조설비용 공학적안전설비 기능을 공통적으로 처리하며 독립적으로 공학적안전설비 작동신호를 출력한다.

신고리 3,4호기에서는 그룹제어기에서 루프제어기로의 공학적안전설비작동신호 연계에 고속데이터링크(HSL, High Speed Link)를 이용하나, 신한울 1,2호기에서는 안전등급 통신 모듈인 안전데이터링크(HR-SDL)로 구현된 데이터링크를 이용한다.

신고리 3,4호기에서는 보수시험반과 연계시험프로세서를 공학적안전설비 기기제어계통을 포함한 노심보호연산기계통, 발전소보호계통 등의 안전계통이 공유하나, 신한울 1,2호기에서는 각 안전계통별로 별도의 보수시험반과 연계시험프로세서를 보유한다. | 2

신고리 3,4호기 노심보호연산기계통은 신한울 1,2호기에서 계통명칭이 원자로노심보호계통으로 변경되었다. 원자로노심보호계통은 신고리 3,4호기와 동일하게 4개의 독립된 채널로 구성되나, 채널당 2개의 캐비닛이 할당되며 각 채널은 노심보호프로세서(1), 제어봉집합체프로세서(1), 채널통신프로세서(2), 보수시험반(1) 그리고 연계시험프로세서(1)로 구성된다. | 2

신고리 3,4호기에서는 노심보호연산기계통 채널의 제어봉집합체연산기 1과 2는 모든 제어봉집합체의 리드스위치 위치전송기 1과 2를 각각 감시하나, 신한울 1,2호기 원자로노심보호계통 채널당 2대의 채널통신프로세서가 있으며 채널 A와 B 채널통신프로세서는 리드스위치 위치전송기 1 신호를 수신하여 각각 채널 B와 A에 전송하고, 채널 C와 D 채널통신프로세서는 리드스위치 위치전송기 2 신호를 수신하여 각각 채널 D와 C에 전송함으로써 각각 공유한다. | 2

신고리 3,4호기에서는 채널당 2대의 제어봉집합체연산기 1과 2가 모든 제어봉집합체의 리드스위치 위치전송기 1과 2를 각각 감시하여 1개의 부그룹내의 제어봉집합체의 편차에 대한 페널티 인자를 자신의 채널 노심보호연산기에 제공하나, 신한울 1,2호기에서는 채널마다 1대의 제어봉집합체프로세서가 같은 채널 내 2대씩 설치된 채널통신프로세서로부터 격리된 단방향 데이터 통신을 통해 모든 리드스위치 위치전송기 신호를 전달받으며(채널 A와 B는 리드스위치 위치전송기 1 신호, 채널 C와 D는 리드스위치 위치전송기 2 신호), 계산된 페널티 계수를 자신의 채널을 포함한 모든 채널의 노심보호프로세서로 전달한다. | 2

신고리 3,4호기에서는 각 채널의 지정된 표적제어봉위치신호를 제어봉집합체연산기로부터 노심보호연산기로 전송하나, 신한울 1,2호기에서는 채널통신프로세서로부터 직접 노심보호프로세서로 전송하여 제어봉집합체프로세서 고장시에도 노심보호프로세서가 주어진 기능을 수행할 수 있도록 한다. | 2

주요변수 지시 및 경보계통-P는 신고리 3,4호기와 같이 A, B 채널로 구성되며 수행하는

기능도 동일하다. 신고리 3,4호기에서는 타 계통과의 신호연계는 채널내부 네트워크를 이용하나, 신한울 1,2호기에서는 안전데이터링크(HR-SDL)를 이용한다. 또한, 채널내부 통신은 안전등급 통신모듈인 안전데이터네트워크(HR-SDN)로 구현된 통신망을 이용한다.

| 2

#### 7.1.1.9 계통 도면

| 1

계측제어계통의 측정채널 블록선도들은 7장의 각 절 끝부분에 첨부된다. 보조설비계통을 위한 다른 계측제어계통 도면은 본 보고서의 해당 계통 절에 첨부된다.

#### 7.1.1.10 계통 다양성

| 1

공통유형고장에 대한 심층방어 접근을 제공하기 위하여 주요 부분에 다양성을 유지한다.

아래와 같은 계통설계상의 다양성을 적용한다.

기능	계통설계 유형 1	계통설계 유형 2
원자로정지	발전소보호계통	다양성보호계통
유체계통제어	공학적인안전설비 기기제어계통을 경유한 비상성공경로(보조급수)	공정기기제어계통을 경유한 정상 성공경로(주급수) 및 다양성보호 계통을 경유한 비상성공경로 (보조급수)
반응도제어	공학적인안전설비 기기제어계통을 경유한 비상봉소주입	출력제어계통을 경유한 정상 제어 봉집합체 제어
경보 및 지시	주요변수지시 및 경보계통과 이 계통을 경유한 표시장치	정보처리계통을 경유한 표시장치 및 다양성지시계통의 표시장치를 통한 안전관련 변수지시

#### 7.1.1.11 안전성관련 제어기 적용

| 1

안전성관련 계측제어계통에는 안전등급 제어기기인 "POSAFE-Q"을 적용하며 대상계통은 원자로노심보호계통, 발전소보호계통, 공학적인안전설비-기기제어계통, 주요변수 지시 및 경보계통-PAMI이다.

선행호기에 적용된 Common Q PLC와 신한울1,2호기에 적용된 POSAFE-Q PLC의 상세설계 비교표는 표 7.1-0-1과 같으며 POSAFE-Q PLC의 상세설계내용은 참고문헌 2를 기반으로

| 1

| 2

로 한다. | 1

7.1.1.12 안전에 요구되지 않는 계측제어계통 및 다양성 계측제어계통 제어기 적용 | 1

Intentionally  
Blank

안전에 요구되지 않는 계측제어계통 및 다양성 계측제어계통 중 "HFC-6000" 적용 대상계통은 지진원자로자동정지계통이며 "OPERASYS-1400" 적용 대상계통은 다양성보호계통, 다양성지시계통, 출력제어계통 로직부분 및 공정기기제어계통이다. 공정기기제어계통은 핵증기공급계통공정제어 및 보조설비계통으로 구성된다.

2

## 7.1.2 안전기준의 구분

7.1.1절에 나열된 계통의 설계에 사용되는 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙, 일반설계기준, 기술 표준 또는 기타 문서 및 적용되는 규제지침서의 권고사항에 대한 설계의 적합성은 7.1.2.2절부터 7.1.2.46절까지와 각 해당 절(7.2절에서 7.6절 참조)에 기술한다.

### 7.1.2.1 설계기준

각 안전성관련 계통의 계측제어와 관계한 설계기준은 기준이 적용되는 계통을 설명하는 본 장의 해당 절에 기술한다. 표 7.1-2는 안전기준 목록과 해당 절을 기술한다.

1

모든 안전계통 설정치의 선정은 계측기기 오차를 고려하였다(7.1.2.25절 참조). 7장에 기술된 설정치들은 공칭값을 나타낸다. 실제 설정치는 설정치를 결정할 때 고려된 정해진 정확도의 범위 내에서 변할 수 있다.

계측제어계통의 연동, 다양성 및 데이터통신을 설명하기 위한 설계기준을 고려한다. 이러한 기준은 그 기준이 적용되는 계통과 관련된 본 장의 해당 절에 기술한다.

1

#### 7.1.2.1.1 발전소보호에 필요한 계통

발전소보호에 필요한 계통인 원자로보호계통과 공학적안전설비작동계통의 설계기준은 7.2절과 7.3절에 기술되어 있다.

1

원자로보호계통과 공학적안전설비작동계통의 계측제어는 다음 사항을 만족한다.

가. 원자로보호계통 및 공학적안전설비작동계통은 KEPIC ENB-1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998)에 부합된다. 원자로보호계통, 공학적안전설비작동계통 및 다른 안전성관련 계통에 대한 계측제어의 적합성은 본 장의 해당 절에 자세하게 언급되어 있으며, 다른 KEPIC(해외구매 품목은 IEEE) 기준에 대한 적합성은 7.1.2.2절부터 7.1.2.12절까지 그리고 7.1.2.40절부터 7.1.2.46절까지 기술한다.

1

나. 경수로형 원자력발전소를 위한 규제지침서의 권고사항에 대한 비교는 7.1.2.13절부터 7.1.2.38절까지 기술한다.

1

다. 품질보증프로그램은 17장에 기술한다.

라. 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 및 일반설계기준(10 CFR 50 부록 A)에 대하여서는 3.1절에 기술한다.

#### 7.1.2.1.2 안전정지에 필요한 계통

안전정지에 필요한 계통의 설계기준은 7.4절에 기술되어 있다.

#### 7.1.2.1.3 안전성관련 지시계

안전성관련 지시계에 대한 설계기준은 7.5절에 기술된다.

#### 7.1.2.1.4 안전에 필요한 기타 계통

안전에 필요한 기타 계통에 대한 설계기준은 7.6절에 기술된다.

안전계통의 적절한 기능을 수행하기 위해 필요한 보조 및 지원계통은 이를 요구하는 안전계통에 대한 해당 절에서 확인된다. 보조 및 지원계통에 대한 설명은 표 7.1-1에 기술된 해당 절에 포함된다.

#### 7.1.2.1.5 기기보호

안전성관련 기기보호 설비는 계통의 일부로 구현되므로 3장의 해당 기기검증 기술기준을 만족하도록 설계된다. 또한 7.2.1.2절의 나항의 k)와 7.3.1.2절의 k)항에 안전기능 수행을 방해하는 기기보호설비가 존재하지 않음을 기술하고 있다.

1

#### 7.1.2.1.6 연동장치

안전성관련 계측제어계통의 연동장치에 대한 설계기준은 7.2, 7.3, 7.6절에 기술된다.

#### 7.1.2.1.7 우회

안전성관련 계측제어계통의 우회에 대한 설계기준은 7.2, 7.3절에 기술된다.

1

#### 7.1.2.1.8 비상전력

안전성관련 비상전력에 대한 설계기준은 7.4절에 기술된다.

#### 7.1.2.1.9 안전에 필요한 데이터 통신계통

안전에 필요한 데이터 통신계통의 설계기준은 7.9절에 기술된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 7.1.2.2 IEEE 308-2001에 대한 적합성

안전운전에 필수적인 전기기기 및 계통은 IEEE 308-2001, "Standard Criteria for Class 1E Power Systems for Nuclear Power Generating Stations"의 요건을 따르며, 해당 내용은 8장에 기술되어 있다.

### 7.1.2.3 KEPIC ENB-6430(해외구매 품목은 IEEE 317-1983)에 대한 적합성

KEPIC ENB-6430(해외구매 품목은 IEEE 317-1983, "Electric Penetration Assemblies in Containment Structures for Nuclear Power Generating Stations")에 대한 사항과 기준 준수는 8장에 기술되어 있다.

### 7.1.2.4 IEEE 323-2003에 대한 적합성

1E급 기기는 IEEE 323-2003, "IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations"의 요건에 따르며, 그 기기에 대한 기본적인 내환경 검증 요건은 3.11절에 기술되어 있다.

Intentionally  
Blank

#### 7.1.2.5 규제지침서 1.30의 규제입장을 반영한 IEEE 336-1985에 대한 적합성

IEEE 336-1985, "Standard Installation, Inspection, and Testing Requirements for Power, Instrumentation and Control Equipment at Nuclear Facilities,"(KEPIC ENF-1100)의 준수내용은 1.8절에 기술되어 있다.

#### 7.1.2.6 규제지침서 1.118을 반영한 IEEE 338-1987에 대한 적합성

발전소보호계통(PPS), 공학적안전설비 기기제어계통(ESF-CCS), 원자로노심보호계통(RCOPS) 및 원자로정지차단기계통(RTSS)은 IEEE-338-1987, "Standard Criteria for the Periodic Surveillance Testing of Nuclear Power Generation Station Safety Systems"(ENF-3100)에 따라 주기적으로 시험될 수 있도록 설계된다. 시험기준은 7.2.2.3.3절 및 7.3.2.3.3절에 기술되어 있다. 최소 시험주기요건은 운영기술지침서에 제시되어 있다.

| 2

공학적안전설비계통은 발전소가 정상상태인 경우 운전이 요구되지 않기 때문에 이 계통의 운전성을 확인하기 위하여 주기적으로 시험된다. 공학적안전설비작동계통의 모든 채널들은 보호동작을 개시하지 않고 또한 계통의 운전을 방해하지 않고 개별적으로 시험할 수 있다.

계통은 감지기 신호로 부터 작동장치까지 점검된다. 감지기는 타 채널의 동일 신호와 비교함으로써 점검할 수 있다.

원자로운전 동안에 시험되지 않은 작동기기들은 이들 기기들이 필요한 기능들을 수행할 수 있음을 확인하기 위하여 원자로의 계획예방정비기간 중에 시험한다.

#### 7.1.2.7 규제지침서 1.100의 규제입장을 반영한 IEEE 344-1987에 대한 적합성

IEEE 344-1987, "IEEE Recommended Practice for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Station"(KEPIC END-2000)에 대한 준수는 3.10절에 기술되어 있다. 1E급 기기의 설계 적합성은 5회의 1/2 안전정지지진 및 1회의 안전정지지진에 의해서 발생하는 하중과 해당기능의 성능에 대한 시험 그리고/또는 해석에 의해서 입증된다. 또한 시험된 기기와 설치되는 기기의 유사성(즉, 설계, 방향, 기초, 성능)이 입증된다. 내진 시험은 지진사건중의 기기의 작동성을 고려한다.

| 2

#### 7.1.2.8 규제지침서 1.53의 규제입장을 반영한 IEEE 379-2000에 대한 적합성

발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 원자로노심보호계통 계측설비와 원자로 정지차단기계통은 규제지침서 1.53, "원자력발전소 보호계통을 위한 단일고장기준의 적

용”의 미국 원자력규제위원회의 규제입장을 반영한 IEEE 379-2000, “IEEE Standard Application of the Single Failure Criterion to Nuclear Power Generating Station Safety Systems”(KEPIC ENB-3000)의 요건을 따른다. 이 계통들에 대한 단일사고기준 적용은 7.2.2.3.2절과 7.3.2.3.2절에 기술한다.

#### 7.1.2.9 규제지침서 1.75를 반영한 IEEE 384-1992에 대한 적합성

안전성관련 전기계통을 위한 계측설비는 규제지침서 1.75, “전기계통의 물리적 독립성”의 규제입장을 반영한 IEEE 384-1992, “IEEE Standard Criteria for Independence of Class 1E Equipment and Circuits”(KEPIC ENB-2000)의 요건을 따른다. 물리적 독립성에 대한 설명은 아래에 기술되어 있으며, KEPIC ENB-1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998)의 5.6절과 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제14조 및 제26조와 일반설계기준 3 및 21을 준수하고 있다.

발전소보호계통은 원자력건물 내의 지리적으로 다른 화재지역에 물리적으로 위치한 4개의 집합체로 나뉜다. 각 집합체는 원자로보호계통 및 공학적안전설비작동계통의 네 개의 채널 중 한 채널을 포함하고 있다. 이는 KEPIC ENB-1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998)의 5.6절의 요건을 만족시키는데 필요한 이격 및 독립성을 제공한다.

발전소보호계통 집합체간 그리고 공학적안전설비 기기제어계통 집합체 간의 다중 1E급 회로간의 독립성 확보를 위해 독립성은 IEEE 384 및 IEEE 420-1982에 따른 최소이격요건을 만족한다. 광케이블 기술은 발전소보호계통의 한 채널에서의 단일 전기 사고가 다른 다중의 채널이 안전기능을 수행하는데 방해하지 않음을 보증한다.

2

공학적안전설비 기기제어계통 캐비닛은 다중의 공학적안전설비의 2/4 작동 및 기기제어 논리를 위한 이격 및 독립성을 제공한다. 각 채널의 기기제어 논리는 별도의 캐비닛에 포함된다. 다중 캐비닛은 각각 분리된 지역에 위치함으로써 물리적으로 이격된다. 루프 제어기는 물리적 이격을 유지하는 곳에 위치한다. 안전등급-비안전등급 캐비닛 간 연동 신호는 전기적으로 격리된 실배선을 통해 전송된다.

2

원자로정지차단기계통(RTSS)은 4개의 원자로정지스위치기어로 구성된다. 각 원자로정지스위치기어와 관련 스위치, 접점 및 계전기는 별도의 캐비닛에 포함된다. 각 캐비닛은 물리적으로 이격된다. 이와 같은 설치방법은 한 원자로정지스위치기어(RTSG)의 단일고장시 다른 캐비닛의 오작동이나 고장을 유발하지 않도록 보증한다.

전력공급의 격리와 독립성은 8장에 기술된다. 비1E급 계통으로 보내지는 상태 감시, 경보 및 표시(정보처리계통, 주요변수지시 및 경보계통, 발전소제어계통)용 보호계통의 아날로그 및 디지털 신호는 보호계통과 격리된다. 광케이블과 같은 전기적 격리방식은 비1E급 측의 고장이 발전소보호계통 측에 영향을 주지 않고, 발전소보호계통의 독립성을

유지하도록 보장하는데 사용된다.

다중 계측기 및 계기 감지라인 간의 독립성은 [REDACTED] 이상의 이격을 두거나 격리벽을 통해 달성되며 구체적인 이격 요건은 7.2.2.3.2과 7.3.2.3.2절에 기술되어 있다.

2

#### 7.1.2.10 KEPIC ENB-6240(해외구매 품목은 IEEE 387-1995)에 대한 적합성

KEPIC ENB-6240(해외구매 품목은 IEEE 387-1995, "IEEE Standard Criteria for Diesel-Generator Units Applied as Standby Power Supplies for Nuclear Power Generating Stations")과의 적합성은 8.3.1절과 9.5.4절부터 9.5.8절 사이에 기술된다.

#### 7.1.2.11 KEPIC ENF-3400(해외구매 품목은 IEEE 450-1995)에 대한 적합성

KEPIC ENF-3400(해외구매 품목은 IEEE 450-1995, "IEEE Recommended Practice for Large Lead Storage Batteries for Generating Station and Substations")과의 적합성은 이들 계통설계기준으로서 8장에서 기술된다.

#### 7.1.2.12 규제지침서 1.153의 규제입장을 반영한 IEEE 603-1998에 대한 적합성

발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통, 원자로노심보호계통 및 원자로정지차단기계통과 같은 안전계통들은 규제지침서 1.153 "안전계통에 대한 기준"의 미국 원자력규제위원회의 규제입장을 반영한 IEEE 603-1998, "Standard Criteria for Safety Systems for Nuclear Power Generating Stations"(KEPIC ENB-1100)의 요건을 따른다. 적합성에 대한 설명은 7.2.1.2, 7.2.2.3.2, 7.3.1.2, 7.3.2.3.2, 7.5.3, 7.6.2.1.1, 7.6.2.2.1, 7.6.2.2.2 및 7.9.2.1절에 기술되어 있다.

2

#### 7.1.2.13 규제지침서 1.6에 대한 적합성

교류와 직류 모두를 포함하는 1E급 소내전력계통의 설계는 8.3.1.2.3절과 8.3.2.2.1.3절에 기술된 바와 같이 규제지침서 1.6의 내용을 만족한다.

#### 7.1.2.14 규제지침서 1.11에 대한 적합성

원자로건물 압력은 원자로건물 외부에 설치되는 다중압력전송기들에 의해 감지되는데 4개의 채널은 다음과 같다. A 채널과 B 채널은 각각 3개가 있고, C 채널과 D 채널은 각각 2개가 있다. 각각의 계측기용 감지관은 원자로건물 외부에 있는 하나의 솔레노이드밸브에 의해 격리된다. 이들 원자로건물 외부에 있는 솔레노이드밸브들은 원자로건물에 가능한 근접하여 설치되어 있고 주제어실에서 조작될 수 있도록 되어있다. 솔레노이드밸브의 위치(열림/닫힘)는 주제어실에서 감시된다. 원자로건물을 통과하는 계측기용 감지관들은 내진범주 I급의 요건을 따르며 운전시 원자로건물 내의 설계 최대압력 4.22 kg/cm<sup>2</sup>(60 psig)보다 높은 설계압력을 유지하도록 설계됨으로써 규제지침서 1.11의 지침을 따른다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 7.1.2.15 규제지침서 1.22에 대한 적합성

7.1.1절에서 기술된 바와 같이 발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 원자로정지차단기계통은 규제지침서 1.22, “보호계통의 주기적 기능시험”의 지침을 따른다.

이 적합성은 다음과 같이 설명된다.

- 가. 원자로 가동 또는 정지중에 발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 원자로정지차단기계통의 정기적인 시험이 가능하다. 이러한 시험은 발전소보호계통 캐비닛 계측기 입력단부터 작동기기까지 수행된다. 운전이 영향을 줄 수 있는 공학적안전설비 작동기기들은 원자로 운전중에는 시험이 수행되지 않으며, 원자로가 정지되었을 때 시험을 수행한다.
- 나. “가”항의 방안은 계측기로부터 공학적안전설비 기기제어계통 및 원자로정지차단기계통을 포함한 작동기기까지 발전소보호계통 시험에 반영된다.
- 다. 출력운전중 요구될 수 있는 작동신호의 고의적인 우회에 대한 방안은 발전소보호계통, 공학적안전설비작동계통 및 원자로정지차단기계통 내에서 계통 수준으로 제공되지 않는다. 운전원이 부주의하게 트립기능을 우회시키지 못하도록 모든 우회는 채널수준으로 이루어진다. 우회방법은 7.2.1.15절 및 7.3.1.1.3절에 기술한다.
- 라. 원자로보호계통 및 공학적안전설비작동계통의 수동시험회로는 한 개 이상의 다중 채널이 동시에 시험되는 것을 방지하기 위하여 연동되어 있다.
- 마. 원자로보호계통 및 공학적안전설비작동계통의 한 채널이 수동시험을 위해 우회될 경우, 우회상태가 자동적으로 주제어실에 표시된다.
- 바. 원자로 가동중에 시험할 수 없는 작동기기는 원자로정지중에 공학적안전설비 작동계통 회로에 의해 시험된다.

### 7.1.2.16 규제지침서 1.29에 대한 적합성

안전에 필요한 원자로보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 다른 계측제어장치는 규제지침서 1.29, “내진범주분류”의 지침을 따른다. 이에 대한 적합성은 아래에 기술되어 있다.

내진범주 I급으로 지정된 계통들은 규제지침서 1.29의 C.l.j, C.l.k, C.l.n 및 C.l.q에 명시되어 있는 항목들이다. 내진범주 기준은 3.2절에 기술되어 있다.

계속적인 기능유지가 필요하지 않은 구조물, 계통, 또는 부품들은 내진범주 II급으로 명시되며, 안전정지지진 발생시에 주제어실 운전원의 인명피해를 포함한 어떤 발전소 안전설비의 기능도 허용기준 이하로 저하시키는 고장이 유발되지 않도록 설계된다.

#### 7.1.2.17 규제지침서 1.40에 대한 적합성

연속운전 전동기와 규제지침서 1.40, “경수형 원자로건물 내부에 설치된 연속정격을 갖는 전동기 검증시험요건”은 신한울 1,2호기 원자로건물 내에 연속정격의 1E급 전동기가 설치되지 않으므로 적용되지 않는다.

#### 7.1.2.18 규제지침서 1.45에 대한 적합성

규제지침서 1.45, “원자로압력경계누설검출계통”의 적합성에 대한 내용은 5.2.5절에 기술한다. 음향누설감시계통의 설계는 7.7.1.6.2절에 기술한다.

#### 7.1.2.19 규제지침서 1.47에 대한 적합성

7.2절과 7.3절에 제시된 바와 같이 원자로보호계통 및 공학적안전설비작동계통의 설계는 규제지침서 1.47, “원자력발전소 안전계통에 대한 우회 및 작동불능 상태지시”의 권고사항을 따르고 있다. 이에 대한 적합성은 아래에 기술한다.

- 가. 보호계통에 대한 계통수준의 우회 및 작동불능 상태를 지시하는 정보가 제공된다. 보호계통에 의해 동작되는 기기가 우회 및 작동불능일 경우 계통수준의 정보가 작동된다.
- 나. 보호계통을 효과적으로 우회하거나 작동불능으로 만드는 보조 및 지원계통과 보호계통에 의해 작동 또는 통제되는 계통의 우회 및 작동불능 상태를 계통수준에서 지시하기 위한 상태 정보가 제공된다.
- 다. 보호계통의 우회 및 작동불능에 대하여 계통수준의 지시를 위하여 주제어실에 상태 정보가 제공된다.
  - 1) 상기의 “가” 및 “나” 항에서 언급된 계통들에 대하여 제공된다.
  - 2) 모든 우회는 적어도 1년에 1번 사용되는 것으로 간주된다.
  - 3) 이러한 모든 우회조치들은 경보계통이 작동 가능할 것으로 예상될 때 이용할 수 있을 것으로 예상된다.
- 라. 각 계통수준의 우회를 주제어실에서 수동으로 작동시킬 수 있으며, 주제어실에 우회상태가 지시된다.

우회 및 작동불능 상태 조건은 아래 그룹으로 분류될 수 있다.

가. 운전우회

나. 트립채널우회

다. 원자로보호계통 및 공학적안전설비작동계통 작동불능

| 2

| 2

#### 7.1.2.19.1 운전우회

운전우회는 일상적인 기동 및 정지중에 사용된다. 운전우회는 수동으로 조작하여야 한다. 우회상태가 발전소를 안전하게 유지할 수 없는 경우, 확실하게 우회를 제거하기 위해서 우회 변수로부터 발생한 우회허용 접점입력신호를 사용한다(예 : 만일 원자로냉각재 계통압력이 선정된 설정치 이상으로 상승하면 원자로보호계통과 공학적안전설비작동계통의 가압기 압력우회는 자동적으로 제거된다). 일단 우회가 자동적으로 제거되면, 우회를 재수행하기 위해 운전우회 허용조건이 만족되어야 하고 또한 운전우회를 수동으로 재복구시켜야 한다.

우회상태지시는 발전소보호계통 각 채널의 운전원모듈에 제공된다. 우회 및 우회허용상태는 발전소정보처리계통에 제공된다. 운전우회에는 원자로보호계통/공학적안전설비작동계통의 가압기 압력우회, 고 대수 출력우회 및 원자로노심보호계통 핵비등이탈률/국부출력밀도 원자로정지우회가 있다.

#### 7.1.2.19.2 트립채널우회

트립채널우회는 보수나 시험을 위해 보호계통 논리회로의 채널트립 입력신호를 개별적으로 우회시키는데 사용된다. 트립논리는 우회된 변수로 인해 2/4논리에서 2/3논리로 변환되지만 작동을 위해 2채널의 동시성이 여전히 요구된다. 어느 시점에서 한 개의 변수에 대해서는 1채널만이 우회가 가능하다. 이러한 우회들은 수동으로 개시되거나 제거되어야 한다. 개별 트립채널우회 상태정보는 발전소보호계통 캐비닛과 주제어실 내에 위치한 발전소보호계통 운전원모듈에서 제공된다.

#### 7.1.2.19.3 발전소 안전에 중요한 계통들의 계통우회 및 작동불능상태 지시

공학적안전설비 기기들에 대한 우회 그리고/또는 작동불능상태는 계통수준의 우회 또는 작동불능상태를 표시하는 정보처리계통에 제공된다. 운전원은 주제어실에서 계통수준의 우회기기를 수동으로 작동시킬 수 있다. 작동불능상태는 7.7.1.5절에 기술된 바와 같이

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

대형정보표시반과 정보처리계통 화면에 표시된다.

### 7.1.2.20 규제지침서 1.62에 대한 적합성

원자로보호계통의 수동작동에 대해서는 7.2.1.1.12절 및 7.2.2.3.2절에 기술한다. 공학적 안전설비작동계통의 수동작동은 7.3.2.3.2절에 설명한다. 규제지침서 1.62, “보호조치의 수동조작”의 적합성은 다음과 같다.

- 가. 위의 각 계통에는 수동조치 수단이 있다.
- 나. 보호동작의 수동작동은 계통수준으로 제공되며, 보호계통이 자동으로 작동될 때와 같은 작동이 수행되도록 한다.
- 다. 수동 스위치는 주제어실에 설치되며, 운전원이 사용할 수 있도록 공학적안전설비 기기제어계통 및 원자로정지차단기계통에도 설치된다. 일부 공학적안전설비 작동용 수동 스위치는 원격정지실에 설치된다.
- 라. 수동과 자동 작동 경로에 공통으로 사용되는 기기의 수는 최소한으로 유지하며 일반적으로 작동 장치만을 공유한다. 보호계통의 수동, 자동 또는 공유부분에서 예상되는 단일고장으로 수동 또는 자동 보호 동작을 방해하지 않는다.
- 마. 수동 조치는 앞에서 언급된 “가”, “나”, “다”, “라” 항목에서 필요한 것과 일치하는 최소의 장비가 필요하다.
- 바. 일단 수동 작동이 시작되면 수동 보호동작은 완료된다.

### 7.1.2.21 규제지침서 1.63에 대한 적합성

전기 관통부에 관한 규제지침서 1.63, “원자력발전소 원자로건물구조물의 전기관통부 설비”와의 적합성은 8.1.5.2절에 기술된다.

### 7.1.2.22 규제지침서 1.68에 대한 적합성

“수냉 원자로에 대한 운전 전 및 초기 기동시험”에 대한 규제지침서 1.68의 적합성은 14장에서 기술된다.

### 7.1.2.23 규제지침서 1.73에 대한 적합성

원자로건물 내부에 설치되는 전기밸브구동장치는 규제지침서 1.73, “원자력발전소 원자로

건물 내에 설치된 전기밸브 구동자의 성능시험”에 따라 검증된다(3.11절 참조). 원자로건물 내부에 있는 1E급 밸브구동장치는 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제2장 4절, 10 CFR 50 부록 B의 기준 III요건에 따라 검증한다. 전기밸브구동장치의 검증시험은 KEPIC END-3700(해외구매 품목은 IEEE 382-1996), KEPIC END-2000[해외구매 품목은 IEEE 344-1987] 및 IEEE 323-2003의 적용요건에 따른다. 검증시험은 구동장치가 원자로건물 내부용으로 적절히 설계되었는지를 조사한다. 이 시험들은 설계기준사고(예, 냉각재상실사고) 동안, 또는 그 후의 상태와 정상운전중의 상태를 모의한다. 검증시험은 설계기준사고 상태에서 운전을 위해 다음 사항에 대한 설계의 적절성을 입증한다.

- 가. 가능한 한 부속품들은(예; 리밋 스위치) 밸브구동장치의 기계적인 부분이 아닌 구동장치 집합체에 설치된다.
- 나. 구동장치 검증시험에서는 KEPIC END-3700(해외구매 품목은 IEEE 382-1996)에 기술된 시험절차나 실제의 운전절차 중 가장 열악한 동작조건을 적용한다.
- 다. 밸브구동장치 시험은 설계기준사고 중 또는 그 후에 예상되는 환경조건에서 가장 열악한 조건(온도, 압력, 상대습도, 방사선)을 모의하여 수행한다.
- 라. 검증시험을 위한 방사선원은 원자로건물 크기, 베타 및 감마 방사선량을 고려하여 규제지침서 1.195에서 명시한 것과 동일한 방사선원을 기본으로 한다.

#### 7.1.2.24 규제지침서 1.89에 대한 적합성

규제지침서 1.89, "Environmental Qualification of Certain Electric Equipment Important to Safety for Nuclear Power Plants" 및 IEEE 323-2003에 따른 1E급 전기기기의 환경검증은 형식시험, 운전경험, 분석 및 3.11절에 기술된 검증내용을 적절하게 조합하여 수행한다.

#### 7.1.2.25 규제지침서 1.97에 대한 적합성

사고 후의 상태를 원격 감시하는 사고후 감시계기 및 정보화면 설계는 규제지침서 1.97에 따라 수행되었으며, 3.1절 및 7.5절에 기술되어 있다.

#### 7.1.2.26 규제지침서 1.105에 대한 적합성

안전계통 설정치 계산수행은 KEPIC ENB-6350(해외구매 품목은 ANSI/ISA 67.04.01-2000)을 따른다.

설정치 방법론은 신한울 1,2호기 설정치 문서에 기술된다. 오차 계산시 고려된 환경조건

은 요구되는 원자로정지 또는 공학적안전설비작동의 최대 지연시간까지 존재하는 계산 또는 가정된 가장 극한 환경조건이다. 이 환경조건은 다른 해석이 수행된 사건에 대해 다르게 적용될 수 있다. 설정치 계산시 공정기기에 대한 사고환경오차 계산은 가장 큰 오차를 발생시키는 가장 긴 트립 또는 작동 시간에 대한 환경조건을 사용함으로써 설정치 계산에 추가적인 보수성을 제공한다.

증기발생기 수위에 대한 기준관 기기 가열에 따라 발생하는 불확실도는 증기발생기 내부의 압력 및 온도변화를 고려한다.

모든 온도 및 압력 설정치와 관련하여 트립은 포화상태가 아닌 기기의 어느 시점에서 개시될 것이다. 수위 설정치와 관련하여 해석 설정치는 수위 스펙의 상부 또는 하부의 ■ % 이내에 존재하지 않는다.

#### 7.1.2.27 규제지침서 1.106에 대한 적합성

규제지침서 1.106 C.2항을 준수하여 트립설정치는 해당 밸브의 안전기능 수행에 문제가 없도록 선정된다. 본 지침의 요건에 대한 준수내용은 7.3.1.1.2.3.1.2.3절에 기술되어 있다.

7.3절에 기술된 공학적안전설비 기기제어계통은 운전자에게 7.7.1.7절에 기술한 정보처리 계통을 경유하여 운전자에게 유용한 전동기구동 밸브의 열동과부하 상태를 제공한다.

2

#### 7.1.2.28 규제지침서 1.133에 대한 적합성

금속파편감시계통에 관한 설계는 규제지침서 1.133, “경수형원자로의 1차계통에 대한 금속파편감시계통”을 따르며, 7.7.1.6.3절에 기술되어 있다.

#### 7.1.2.29 규제지침서 1.151에 대한 적합성

계측기용 감지관은 규제지침서 1.151, “계측기용 감지라인”을 따르며, 적합성은 1.8절에 기술되어 있다.

#### 7.1.2.30 규제지침서 1.152에 대한 적합성

다음의 계통은 규제지침서 1.152, “원자력발전소 안전계통에 사용되는 디지털컴퓨터에 대한 기준”과 IEEE 7-4.3.2-2003에서 기술하는 구체적인 디지털컴퓨터에 관한 설계 및 품질보증지침을 따르며, 참고문헌 1에 정의된 안전필수등급(SC) 또는 안전중요등급(ITS)으로 설계 및 검증된다. 신한울 1,2호기에 사용되는 소프트웨어개발계획은 참고문헌 1에 기술되어 있고, 보안성 개발 및 운영 환경은 7.1.5에 기술한다.

2

- 가. 7.2.1.1.2.5절에 기술된 원자로노심보호계통은 핵비등이탈률이 낮거나 국부출력 밀도가 높을 때 원자로정지신호를 발생시키는 디지털컴퓨터계통이다. 원자로 노심보호계통은 규제지침서 1.152를 만족하도록 개발 및 시험된다.
- 나. 7.2절에 기술된 발전소보호계통은 원자로보호계통 및 공학적안전설비를 기동하는 신호를 발생시키는 디지털컴퓨터계통이다. 발전소보호계통은 규제지침서 1.152를 만족하도록 개발 및 시험된다.
- 다. 7.3절에 기술된 공학적안전설비작동계통은 공학적안전설비 기기를 작동 및 제어하는 디지털컴퓨터계통이다. 공학적안전설비작동계통은 규제지침서 1.152를 만족하도록 개발 및 시험된다.

안전성관련 계측제어계통 중 7.5.1.1절에 기술된 사고후감시계측기기(PAMI) 신호를 감시하는 디지털컴퓨터 계통인 주요변수지시 및 경보계통-P의 소프트웨어는 안전중요등급(ITS)이 적용된다.

2

#### 7.1.2.31 규제지침서 1.156에 대한 적합성

규제지침서 1.156, “안전등급 1E 전기 접속부에 대한 검증”을 반영한 IEEE 572-1985, “IEEE Standard for Qualification of Class 1E Connection Assemblies for Nuclear Power Generating Stations”의 요건에 따르며, 그 기기에 대한 기본적인 내환경검증 요건은 3.11절에 기술되어 있다.

2

#### 7.1.2.32 규제지침서 1.168에 대한 적합성

발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 원자로노심보호계통은 규제지침서 1.168, “원자력발전소의 안전계통에 사용된 디지털컴퓨터 소프트웨어에 대한 확인, 검증, 검토 및 감사”를 반영한 IEEE 1012-1998, “Standard for Software Verification and Validation Plans” 및 IEEE 1028-1997, “Standard for Software Reviews”의 요건을 따르며 이에 대한 적합성은 7.1.4.9절에 기술한다.

2

#### 7.1.2.33 규제지침서 1.169에 대한 적합성

발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 원자로노심보호계통은 규제지침서 1.169, “원자력발전소의 안전계통에 사용된 디지털컴퓨터 소프트웨어에 대한 형상관리”를 반영한 IEEE 828-1998, “Standard for Software Configuration Management Plans” 및 IEEE 1042-1987(재확인 1993), “Guide to Software Configuration Management”의 요건을 따르며 이에 대한 적합성은 7.1.4.8절에 기술한다.

#### 7.1.2.34 규제지침서 1.170에 대한 적합성

발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 원자로노심보호계통은 규제지침서 1.170, “원자력발전소의 안전계통에 사용된 디지털컴퓨터 소프트웨어에 대한 소프트웨어 시험 문서”를 반영한 IEEE 829-1998, “Standard for Software Test Documentation”의 요건을 따르며 이에 대한 적합성은 참고문헌 1에 기술한다.

2

Intentionally  
Blank

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 7.1.2.35 규제지침서 1.171에 대한 적합성

발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 원자로노심보호계통은 규제지침서 1.171, “원자력발전소의 안전계통에 사용된 디지털컴퓨터 소프트웨어에 대한 소프트웨어 단위시험”을 반영한 IEEE 1008-1987, “Standard for Software Unit Testing”의 요건을 따르며 이에 대한 적합성은 7.1.4절에 기술한다.

### 7.1.2.36 규제지침서 1.172에 대한 적합성

발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 원자로노심보호계통은 규제지침서 1.172, “원자력발전소의 안전계통에 사용된 디지털컴퓨터 소프트웨어에 대한 요건사항서”의 규제입장을 반영한 IEEE Std 830-1998, “Recommended Practices for Software Requirements Specifications”의 요건을 따르며, 상세한 설계문서 작성방법은 참고문헌 1에 기술되어 있다.

### 7.1.2.37 규제지침서 1.173에 대한 적합성

발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 원자로노심보호계통은 규제지침서 1.173 “원자력발전소의 안전계통에 사용된 디지털컴퓨터 소프트웨어에 대한 생명주기 개발”을 반영한 IEEE 1074-2006, “Standard for Developing Software Life Cycle Processes”의 요건을 따르며 이에 대한 적합성은 7.1.4절에 기술한다.

### 7.1.2.38 규제지침서 1.180에 대한 적합성

발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 원자로노심보호계통 관련 기기는 규제지침서 1.180, “안전성관련 계측제어계통에 대한 전자파간섭을 평가하기 위한 지침” 또는 미국 원자력규제위원회에서 인증한 EPRI TR-102323의 요건에 따라 설계, 시험, 검증 및 설치된다.

### 7.1.2.39 SECY 93-087에 대한 적합성

디지털안전성관련 계통의 다양성 및 심층방어에 대한 해석 및 설계특성은 NUREG-0800에서 참조되는 SECY-93-087에 따라 제공되며, 예상되는 디지털안전계통 공통유형고장에 대한 영향평가는 부록 7A에 기술한다. SECY-93-087, II.T는 ALWR용 경보계통에 대해 다중성, 독립성, 안전급 경보계통 요건을 만족할 것을 요구하고 있으며 이에 대한 평가내용은 다음과 같다.

가. 다중성

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

경보계통은 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N에서 소프트웨어적으로 구현된다. 경보계통을 구동하는 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N은 비안전 계통이나 다중성 요건을 만족하기 위해 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N이 서로 물리적으로 독립된 계통으로 설계된다. 또한 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N 각각의 계통 내에서도 프로세서가 이중화되어 경보계통의 이용성이 향상되도록 설계된다.

### 나. 독립성

경보계통을 구동하는 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N은 비안전 계통으로서 안전등급의 보호계통과는 독립성요건을 만족하도록 설계된다.

### 다. 안전급 경보계통 요건

본 요건은 안전기능을 수행하기 위해 요구되는 경보로서 자동 제어가 제공되지 않고 수동으로 조작되는 경우 안전급 기기 요건을 만족해야 함을 요구하는 지침이다. 신한울 1,2호기에서 안전기능은 모두 자동동작으로 이루어지고 있으므로 해당 요건과는 무관하다.

또한 SECY-93-087, II.Q에서는 디지털 계측제어 계통의 공통유형고장에 대한 방어 요건을 기술하고 있으며, 이에 대한 평가내용은 다음과 같다.

### 가. 심층방어 및 다양성 평가

소프트웨어 설계 오류를 포함한 공통유형고장에 대한 취약성을 적절하게 고려하여 계측제어 계통의 심층방어 및 다양성을 평가한다. 이에 대한 적합성은 부록 7A에 기술된다.

### 나. 사고유형별 공통유형고장 분석

안전성분석보고서(SAR)의 사고분석 항목에서 평가되는 사건에 대한 예상 공통유형고장을 분석한다. 이에 대한 적합성은 부록 7A에 기술된다.

### 다. 다양성 수단

예상되는 공통유형고장에 영향을 받지 않는 다양성 수단을 제공한다.

### 라. 수동 구동 및 표시 기능

주제어실에 주요 안전 기능에 대한 계통수준의 수동스위치 구동과 안전 기능을 지원하는 변수 표시기능이 제공되며, 이를 위한 기기들은 안전성 컴퓨터 계통에 대해 독립성과 다양성을 유지한다. 이 기기는 운전원이 발전소 상태를 감시하고, 발전소가 고온정지상태로 유지되도록 요구되는 계통들을 작동시킨다. 이 때 표시기능을 위한 모든 입력은 실배선으로 연결하고, 제어기능은 안전성 컴퓨터 계통 구조내의 최하위 수준까지 실배선으로 연결한다.

#### 7.1.2.40 규제지침서 1.152를 반영한 IEEE 7-4.3.2-2003에 대한 적합성

안전성관련 계통인 원자로노심보호계통, 발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 주요변수지시 및 경보계통-P은 규제지침서 1.152, “원자력발전소 안전관련 계통에 사용되는 디지털컴퓨터에 대한 기준”을 반영한 IEEE 7-4.3.2-2003, “Standards Criteria for Digital Computers in Safety Systems of Nuclear Power Generating Stations”의 기술기준에 따라 설계, 시험, 검증 및 제작되며, 계통의 설계특성은 각각 7.2.1.1.2.5절, 7.2절, 7.3절 및 7.5.1.1절에 기술되어 있다.

| 2

| 2

#### 7.1.2.41 IEEE 730-2002에 대한 적합성

발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 원자로노심보호계통은 IEEE 730-2002, “Standard for Software Quality Assurance Plans”의 요건을 따르며 이에 관련된 활동은 7.1.4.4절에 기술되어 있다.

#### 7.1.2.42 규제지침서 1.169의 규제입장을 반영한 IEEE 828-1998에 대한 적합성

발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 원자로노심보호계통은 규제지침서 1.169, “원자력발전소의 안전계통에 사용된 디지털컴퓨터 소프트웨어에 대한 형상관리”를 반영한 IEEE 828-1998, “Standard for Software Configuration Management Plans”의 요건을 따르며 이에 대한 적합성은 7.1.4.8절에 기술되어 있다.

#### 7.1.2.43 규제지침서 1.172를 반영한 IEEE 830-1998에 대한 적합성

발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 원자로노심보호계통은 규제지침서 1.172, “원자력발전소의 안전계통에 사용된 디지털컴퓨터 소프트웨어에 대한 요건사양서”의 규제입장을 반영한 IEEE 830-1998, “Recommended Practices for Software Requirements Specifications”의 요건을 따른다.

#### 7.1.2.44 규제지침서 1.168을 반영한 IEEE 1012-1998에 대한 적합성

발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 원자로노심보호계통은 규제지침서 1.168, “원자력발전소의 안전계통에 사용된 디지털컴퓨터 소프트웨어에 대한 확인, 검증, 검토 및 감사”의 규제입장을 반영한 IEEE 1012-1998, “Standard for Software Verification and Validation Plans”의 요건을 따르며 이에 대한 적합성 관련 활동은 참고 문헌 1에 기술되어 있다.

#### 7.1.2.45 IEEE 1016-1998에 대한 적합성

발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 원자로노심보호계통은 IEEE 1016-1998, “Recommended Practice for Software Design Descriptions”의 요건을 따른다

#### 7.1.2.46 IEEE 1228-1994에 대한 적합성

발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 원자로노심보호계통은 IEEE 1228-1994, “Standard for Software Safety Plan”의 요건을 따르며 이에 대한 적합성은 7.1.4.11절에 기술한다.

### 7.1.3 계통 연계

계측제어계통과 관련된 일반적인 내용 및 특정 연계내용은 안전성관련 계통과 관련된 주요 절에 기술되어 있다. 표 7.1-1에는 계측제어계통과 연계되는 주제어실, 보조계통 및 지원계통이 설명된 해당 절이 기술되어 있다.

주제어실 운전원콘솔, 안전제어반, 원격정지실 및 안전성 관련 현장제어반 설치 시 운전원에 제공되는 모든 감시 및 제어기기들은 18장에 정의된 인간공학설계지침, 기준 및 직무분석과 부합하도록 설계되었다.

| 1

### 7.1.4 디지털 계측제어계통 소프트웨어 설계절차

소프트웨어 설계 및 구현의 각 단계는 본 활동에 대한 규제 요건과 산업 표준에 따른 지침을 만족하도록 작성한다. 소프트웨어품질보증프로그램(SQA)은 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제2장 4절, 10 CFR 50 부록 B의 요건에 따라 구현된다. 소프트웨어의 안전기준에 대한 적합성은 7.1.2절에 기술한다.

| 1

소프트웨어 설계는 소프트웨어프로그램매뉴얼(SPM)의 지침에 따라 작성되는 소프트웨어 개발계획문서에 따르며, 소프트웨어 수명주기에 따라 수행된다. 계획단계 후, 후속의 소프트웨어개발공정은 다음과 같은 일반적인 소프트웨어 수명주기에 따라 개발한다.

가. 개념 단계

- 나. 요건분석/정의 단계
- 다. 설계 단계
- 라. 구현/코딩 단계
- 마. 시험 단계
- 바. 현장 설치 및 점검 단계
- 사. 운전 및 보수 단계

계측제어시스템의 소프트웨어는 NUREG-0800의 7장과 BTP HICB-14 및 규제지침서 1.152, 1.168, 1.169, 1.170, 1.171, 1.172 및 1.173에 따라 설계한다.

| 2

참고문헌 1은 소프트웨어의 설계 및 개발과정에 대한 지침을 제공한다. SPM은 소프트웨어관리계획, 소프트웨어개발계획, 소프트웨어품질보증계획(SQAP), 소프트웨어통합계획, 소프트웨어설치계획, 소프트웨어훈련계획, 소프트웨어형상관리계획(SCMP), 소프트웨어확인 및 검증계획(SVVP), 소프트웨어운전 및 유지보수계획(SOMP), 소프트웨어안전성계획(SSP)에 대해 기술한다. 소프트웨어관리계획의 요소들은 소프트웨어품질보증계획, 소프트웨어확인 및 검증계획 및 소프트웨어형상관리계획에서도 기술한다.

소프트웨어 엔지니어링은 소프트웨어 요건의 정의, 소프트웨어 요건 확인, 소프트웨어 설계, 소프트웨어 설계 확인, 코드 생성, 코드 확인, 시험 계획의 수립, 형상 관리 및 훈련 과정을 포함한다.

#### 7.1.4.1 소프트웨어 등급분류

소프트웨어는 통상적인 소프트웨어 엔지니어링 기준에 따라 분류되어야 하며, 대상 시스템의 기능을 적절히 구현할 수 있는 방법을 선택한다. 신한울 1,2호기에 사용된 소프트웨어는 다음의 분류 중 하나에 속한다.

- 가. 필수안전등급(Protection 또는 Safety Critical) - 원자로보호시스템의 개시작동, 공학적안전설비작동신호 제어작동, 및 안전정지 제어작동을 직접적으로 수행하기 위해 필요한 소프트웨어.
- 나. 안전중요등급(Important to Safety) - 보호시스템의 감시 및 시험을 위해 요구되는 소프트웨어, 또는 발전소의 중요 안전기능을 감시하기 위한 소프트웨어

| 2

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 다. 이용중요등급(Important to Availability) - 가동중인 원전을 유지하는데 필수적인 발전소 계통 및 장비의 유지보수를 위해 요구되는 소프트웨어
- 라. 일반등급(General Purpose) - 상기 분류 이외의 다른 목적을 수행하기 위한 소프트웨어. 본 등급으로 분류된 소프트웨어는 상기 분류의 소프트웨어를 개발하는데 필요한 개발 도구를 포함한다.주) 단, 개발 도구는 온라인 시스템에는 사용되지 않는다.

참고문헌 1에 상기 분류를 적용하는 방법을 상세히 기술한다. 단일 시스템에서의 특정한 소프트웨어 부분은 등급분류를 다르게 할 수 있다. 그러나 소프트웨어의 각 부분은 지정된 등급이어야 한다.

### 7.1.4.2 소프트웨어관리계획

안전등급 계측제어계통의 소프트웨어관리는 IEEE 1058-1998, "Standard for Software Project Management Plans"의 지침에 따라 작성된 계획서에 따라 수행된다. 소프트웨어 관리계획은 소프트웨어 개발에 있어서의 관리적인 측면을 기술하며 전반적인 소프트웨어의 관리계획과 프로젝트 엔지니어링 계획의 일부를 기술한다.

### 7.1.4.3 소프트웨어개발계획

소프트웨어개발계획은 프로젝트 개발에서의 기술적인 부분을 기술한다. 또한 각 수명주기 단계에서의 목표와 전체적인 프로젝트의 목표를 포함하여 기술한다.

### 7.1.4.4 소프트웨어품질보증계획

소프트웨어품질보증계획은 17장의 품질보증계획에 추가적으로 소프트웨어의 품질과 관련되어서 수행되고 관리되어야 할 업무를 기술한다. 소프트웨어품질보증계획은 소프트웨어의 개발 및 사용과 관련하여 그 과정과 실행 부분을 기술하며, 소프트웨어의 등급분류, 소프트웨어 개발과정, 소프트웨어 관리, 문서화 규격, 관용적 절차, 검토 요건, 문제점보고 등을 포함하는 소프트웨어 품질과 관련된 내용들을 포함한다.

소프트웨어품질보증계획은 신한울 1,2호기 계통들의 모든 소프트웨어 등급과 종류에 적용한다. 계통들에서 사용되거나 개발되는 모든 소프트웨어 모듈에 대하여 등급과 종류를 문서화한다.

---

주) 신한울 1,2호기의 안전계통 소프트웨어 개발도구로 사용되는 pSET - II의 경우에는 안전중요등급을 적용한다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 7.1.4.5 소프트웨어통합계획

안전등급 계측제어시스템의 소프트웨어통합은 소프트웨어통합계획서에 따라 수행한다. 소프트웨어통합계획서는 개발된 소프트웨어를 하나로 통합한 후 다시 하드웨어와 통합하여 하나의 계통을 구성할 수 있도록 하는 절차를 규정한다.

### 7.1.4.6 소프트웨어설치계획

소프트웨어설치계획은 소프트웨어의 설치과정 및 그 목적을 기술한다. 또한 해당 컴퓨터 계통과 소프트웨어계통이 작동할 수 있는 환경적인 요건에 대해서도 기술한다.

### 7.1.4.7 소프트웨어훈련계획

소프트웨어훈련계획은 운전원과 계측제어 기술자 및 기능직을 포함하는 발전소의 요원에 대하여 필요한 훈련 방법을 기술한다. 또한 훈련설비의 일반적인 내용에 대하여 언급한다.

### 7.1.4.8 소프트웨어형상관리계획

소프트웨어형상관리계획은 소프트웨어 생산물, 소프트웨어 변경사항의 관리 및 구현, 그리고 변경사항 구현상태의 기록과 보고에 관한 내용을 정의하여 기술한다. 또한 형상관리 대상 항목의 정의 및 관리, 상태보고 및 검토에 관한 내용을 포함한다.

신한울 1,2호기의 계통들은 계획의 요구사항을 충족시키기 위하여 자동 형상관리소프트웨어를 사용할 수 있으며, 소프트웨어 종류에 따라서 형상관리계획 업무 관련 문서들은 형식이 다를 수는 있으나 형상관리계획서가 의도하는 바를 충족한다.

### 7.1.4.9 소프트웨어확인 및 검증계획

소프트웨어확인 및 검증계획은 소프트웨어의 전 수명주기를 통하여 소프트웨어계통의 요구사항들이 최종 소프트웨어 산출물에 정확히 구현되었는지를 평가하도록 하는 문서이다. 각각의 안전성관련 소프트웨어 모듈들은 개발팀과는 독립적인 조직의 검증팀에 의해서 확인 및 검증을 받는다. 소프트웨어확인 및 검증계획은 확인 및 검증 업무, 단계별의 입출력, 요구사항 추적관리표 및 체크리스트, 수명주기 내의 업무분장과 책임사항을 기술한다.

소프트웨어확인 및 검증계획 관련 업무들은 소프트웨어의 등급에 따라서 검토에 필요한 독립적 업무수행의 정도가 달라진다. 또한 업무분장과 책임사항도 소프트웨어 등급과 분

류에 따라 다르다.

소프트웨어확인 및 검증계획은 또한 확인 및 검증관점에서 소프트웨어 설계명세서, 요구사항명세서를 포함하는 소프트웨어 설계문서들의 요건들에 대하여서도 기술하여야 한다.

#### 7.1.4.10 소프트웨어운전 및 유지보수계획

소프트웨어운전 및 유지보수계획은 개발, 설치된 디지털계통들이 정확히 작동하고 소프트웨어의 품질이 유지되도록 하는데 필요한 절차들을 기술한다. 유지보수계획에는 조직 관련, 운전중의 문제점보고 관련 그리고 소프트웨어의 종료 관련 요구사항들을 기술하여야 한다. 문제점 보고 관련 요구사항들은 7.1.4.8절에 기술된 소프트웨어형상관리계획의 내용과 일관성을 유지한다.

#### 7.1.4.11 소프트웨어안전성계획

소프트웨어안전성계획은 공중의 건강과 안전에 중대한 결과를 초래하는 소프트웨어 결함을 예방하기 위하여 필수안전 소프트웨어에 대하여 수행되는 업무를 기술한다. 소프트웨어안전성계획은 조직, 책임, 요원자격, 그리고 훈련문서 요건, 소프트웨어 형상관리 업무, 소프트웨어 품질보증 업무를 기술한다.

소프트웨어안전성계획은 소프트웨어안전성분석, 즉, 소프트웨어안전성분석 준비, 소프트웨어안전성 요건분석, 소프트웨어안전성 설계분석, 소프트웨어안전성 코드분석, 소프트웨어안전성 시험분석 및 소프트웨어안전성 변경분석을 기술한다.

또한 소프트웨어안전성계획은 개발 후 업무 즉, 훈련, 관리유지 및 폐기와 통보를 기술한다.

#### 7.1.4.12 상용제품 인가절차

상용제품 소프트웨어는 안전성관련 계측제어계통에 구현하기 위하여 일반규격품 품질검증 프로그램에 따라 구매한다. 지침은 EPRI TR-106439, IEEE 7-4.3.2 및 EPRI NP-5652 “Guideline for the Utilization of Commercial Grade Items in Nuclear Safety Related Application(NCIG-07)”에 기술되어 있다.

상용제품 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어는 다음과 같은 공정을 거쳐서 안전관련 계통에 적용한다.

- 가. 해당 상용등급 기기가 안전등급 계측제어계통의 기능 및 성능요건을 만족하는지에 대한 기술적 평가

나. 해당기기가 사용목적에 따라 구체적으로 명시된 요건을 만족하는지를 검증

다. 안전등급 계측제어계통에 사용하기 위해 필요한 경우 추가적인 개조나 수정, 시험을 통한 분석 및 조정

안전계통에 사용되는 기기는 확인 및 검증 계획과 동등한 기준의 품질보증을 포함하여 충분한 고품질을 보증하기 위하여 검토되어야 한다.

안전기기의 공급자는 제품의 문제점 보고를 위한 절차를 갖춰야 한다.

■ [Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

- [Redacted]
- [Redacted]
- [Redacted]
- [Redacted]
- [Redacted]
- [Redacted]

7.1.6 참고문헌

1. "Software Program Manual for SHN 1&2."

2. 

3. 삭제

4. 삭제

5. 삭제

6. 삭제

표 7.1-0-1 (2 중 1)

Common Q PLC와 POSAFE-Q PLC 비교

항목		Common Q	POSAFE-Q
인허가		•NRC TR 인증(AC160 모델에 대한 원자력용 상용인증)	•원자력안전위원회 TR 인증(원자력요건 적용 제어기)
모듈	프로세서	<ul style="list-style-type: none"> <li>•32비트 마이크로프로세서                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 멀티 태스크, 스캔타임(2ms ~ 20sec)</li> </ul> </li> <li>•자가 진단                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 와치독, 메모리 체크, 입출력모듈 상태진단, 통신모듈 건전성 진단, CRC 체크, 스캔타임 건전성 체크</li> </ul> </li> <li>•Flash PROM(응용 프로그램) : 2 MBytes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•32비트 DSP 마이크로프로세서                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 멀티 태스크, 스캔타임(10 ms단위로 설정 가능)</li> </ul> </li> <li>•자가진단                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 와치독, 메모리 체크, 입출력모듈 상태진단, 통신모듈 건전성 진단, CRC 체크, 스캔타임 건전성 체크</li> </ul> </li> <li>•Flash EPROM(응용 프로그램) : 4 MBytes</li> </ul>
	통신 링크	<ul style="list-style-type: none"> <li>•데이터링크(HSL)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3.1 Mbps(프로세서 모듈에 내장)</li> <li>- 피어 투 피어(peer-to-peer), 브로드캐스팅</li> <li>- 자가진단(CRC 체크)</li> <li>- 모듈 당 2 포트(전기)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•데이터링크(HR-SDL)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 12 Mbps, 2중(별도 모듈로 최대 12모듈 장착 가능)</li> <li>- 피어 투 피어(peer-to-peer), 브로드캐스팅</li> <li>- 자가진단(CRC 체크)</li> <li>- 모듈 당 2 포트(전기, 광)</li> </ul> </li> </ul>
	네트워크 통신	<ul style="list-style-type: none"> <li>•네트워크(AF100)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1.5 Mbps, 32 노드</li> <li>- 자가진단(CRC 체크)</li> <li>- 브로드캐스팅, 이중화 기능</li> <li>- 전기 포트, 광 포트</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•네트워크(HR-SDN)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 9.6 Kbps ~ 12 Mbps, 32 노드</li> <li>- 자가진단(CRC 체크)</li> <li>- 브로드캐스팅, 이중화 기능</li> <li>- 전기 포트, 광 포트</li> </ul> </li> </ul>
	입출력	•디지털 입출력 모듈, 아날로그 입출력 모듈, 특수 모듈	•디지털 입출력 모듈, 아날로그 입출력 모듈, 특수 모듈
	버스 확장	•7스테이션	•7스테이션
	이중화	<ul style="list-style-type: none"> <li>•핫 스텐바이, 범프리스 전환(Bumpless Switchover)</li> <li>•이중화 CPU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•핫 스텐바이, 범프리스 전환(Bumpless Switchover)</li> <li>•이중화 CPU</li> </ul>

2

표 7.1-0-1 (2 중 2)

항목	Common Q	POSAFE-Q
소프트웨어 개발도구	<ul style="list-style-type: none"> <li>•ACC                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- AMPL(ABB Master Programming Language)</li> <li>- 사용자 응용 프로그램 작성</li> <li>- 상태 모니터링</li> <li>- 로컬 어드레스 및 통신 파라미터 셋팅</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•pSET-II                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- IEC-61131-3 규격(LD, FBD, C 언어)</li> <li>- IEC-61131-3 규격(LD, FBD, C 언어)</li> <li>- 사용자 응용 프로그램 작성</li> <li>- 상태 모니터링</li> <li>- 로컬 어드레스 및 통신 파라미터 셋팅</li> </ul> </li> </ul>

2

신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 7.1-1

보조 및 지원계통 설명

설 명	적용 절
주제어실	18.2
소내전력계통	8.3
화재방호계통	9.5.1
비상디젤발전기엔진연료계통	9.5.4
용수계통	9.2
기기냉각수계통	7.4.1.1.5
계기용공기계통	9.3.1.2.1
터빈/발전기계통	10.2
공기조화계통	9.4
대체교류전원	8.4.1

표 7.1-2 (10 중 1)

안전기준 목록

안전 기준	제 목	관련 해당 절
1. 10 CFR 50		
50.34(f)(2)(v)	Bypass and Inoperable Status Indication	부록 1A I.D.3 (7.1.2.19, 7.5)
50.34(f)(2)(xi)	Direct indication of relief and safety valve position in the control room	부록 1A II.D.3 (7.5)
50.34(f)(2)(xii)	Auxiliary Feedwater System Automatic Initiation and Flow Indication	부록 1A II.E.1.2 (7.3.1, 10.4.9)
50.34(f)(2)(xvii)	Accident Monitoring Instrumentation	부록 1A II.F.1 (7.5, 11.5)
50.34(f)(2)(xviii)	Instrumentation for the Detection of Inadequate Core Cooling	부록 1A II.F.2 (7.1.2, 7.5.1)
50.34(f)(2)(xiv)	Containment Isolation Systems	부록 1A II.E.4.2 (6.2.4, 7.3.1)
50.34(f)(2)(xix)	Instrument for Monitoring Plant Conditions Following Core Damage	부록 1A II.B.8
50.34(f)(2)(xx)	Power for Pressurizer Level Indication and Controls for Pressurizer Relief and Block Valves	부록 1A II.G.1 (7.5.1, 8.3)
50.54(jj), 50.55(i)	Quality Standard	3.2
50.55a(h)	Criteria for Protection Systems for Nuclear Power Generating Stations(IEEE Std 603)	7.2, 7.3
50.62	Requirements for Reduction of Risk from Anticipated Transients Without Scram(ATWS) Events for Light-Water-Cooled Nuclear Power Plants	7.8.3.1

신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 7.1-2 (10 중 2)

안전 기준	제 목	관련 해당 절
2. 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 및 일반설계기준(General Design Criteria), Appendix A to 10 CFR 50		
규칙 제12조 및 일반설계기준 1	Quality Standards and Records	7.1.2, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.2, 7.6.2
규칙 제13조 및 일반설계기준 2	Design Bases for Protection Against Natural Phenomena	7.1.2, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.2, 7.6.2
규칙 제14조 및 일반설계기준 3	Fire Protection	7.1.2, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.2, 7.6.2
규칙 제15조 및 일반설계기준 4	Environmental and Missile Design Bases	7.1.2, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.2, 7.6.2
규칙 제16조 및 일반설계기준 5	Sharing of Structures , Systems, and Components	7.1.2, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.2, 7.6.2
규칙 제17조 및 일반설계기준 10	Reactor Design	7.1.2, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.2, 7.6.2
규칙 제19조 및 일반설계기준 12	Suppression of Reactor Power Oscillations	7.1.2, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.2, 7.6.2
규칙 제20조 및 일반설계기준 13	Instrumentation and Control	7.1.2, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.2, 7.6.2
규칙 제22조 및 일반설계기준 15	Reactor Coolant System Design	7.1.2, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.2, 7.6.2
규칙 제23조 및 일반설계기준 16	Containment Design	7.1.2, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.2, 7.6.2
규칙 제25조 및 일반설계기준 19	Control Room	7.1.2, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.2, 7.6.2
규칙 제26조 및 일반설계기준 20	Protection System Functions	7.1.2, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.2, 7.6.2

표 7.1-2 (10 중 3)

안전 기준	제 목	관련 해당 절
규칙 제26조 및 일반설계기준 21	Protection Systems Reliability and Testability	7.1.2, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.2, 7.6.2
규칙 제26조 및 일반설계기준 22	Protection System Independence	7.1.2, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.2, 7.6.2
규칙 제26조 및 일반설계기준 23	Protection System Failure Mode	7.1.2, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.2, 7.6.2
규칙 제26조 및 일반설계기준 24	Separation of Protection and Control Systems	7.1.2, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.2, 7.6.2
규칙 제26조 및 일반설계기준 25	Protection System Requirements for Reactivity Control Malfunctions	7.1.2, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.2, 7.6.2
규칙 제28조 및 일반설계기준 26	Reactivity Control System Redundancy and Capability	7.1.1, 7.2.1, 7.3.1
규칙 제28조 및 일반설계기준 28	Reactivity Limits	7.7.1.1.1
규칙 제26조 및 일반설계기준 29	Protection Against Anticipated Operational Occurrences	7.1.2, 7.2.2, 7.3.1, 7.3.2, 7.6.2
규칙 제27조	다양성보호계통	7.8.3.1
규칙 제29조 및 일반설계기준 34	Residual Heat Removal	7.3.2
규칙 제30조 및 일반설계기준 35	Emergency Core Cooling	7.3.2
규칙 제31조 및 일반설계기준 44	Cooling Water	7.3.2
규칙 제38조 및 일반설계기준 60	Control of release of radioactive materials to the environment	11.5
규칙 제38조 및 일반설계기준 63	Monitoring Fuel and waste storage	11.5
규칙 제38조 및 일반설계기준 64	Monitoring Radioactivity releases	11.5

2

2

표 7.1-2 (10 중 3)(계속)

안전 기준	제 목	관련 해당 절
3. 규제지침서(Reg. Guide)		
규제지침서 1.6	다중 대기(소내)전원 및 배전계통의 독립성	7.1.2.13, 8.3
규제지침서 1.11	원자로건물을 관통하는 계측기용 감지라인	7.1.2.14
규제지침서 1.22	보호계통의 주기적 기능시험	7.1.2.15, 7.3.1.2, 7.6.2.1.1
규제지침서 1.29	내진범주 분류	7.1.2.16
규제지침서 1.30	계측 및 전기 기기의 설치, 검사 및 시험을 위한 품질보증요건	7.1.2.5
규제지침서 1.40	경수형 원자로건물내부에 설치된 연속정격을 갖는 전동기 검증시험요건	7.1.2.17
규제지침서 1.45	원자로냉각재압력경계 누설감지계통	5.2.5, 11.5.1.1
규제지침서 1.47	원자력발전소 안전계통에 대한 우회 및 운전불능상태 표시	7.1.2.19, 7.5.2.6
규제지침서 1.53	원자력발전소 보호계통을 위한 단일고장기준의 적용	7.1.2.8
규제지침서 1.89	원자력발전소 안전에 중요한 전기기기의 내환경 검증	3.11, 7.1.2, 8.1.5.2
규제지침서 1.106	전동구동 밸브의 전동기에 대한 열적 과부하보호	7.1.2.27, 8.1.5.2, 8.3.1.1.2.10
규제지침서 1.156	원자력발전소 접속구의 내환경 검증	3.11.2.2, 7.1.2

Intentionally  
Blank

표 7.1-2 (10 중 4)

안전 기준	제 목	관련 해당 절
규제지침서 1.62	보호조치의 수동조작	7.1.2.20, 7.2.1.1.1.12, 7.2.2.3.2, 7.3.2.3.2, 7.4, 7.6
규제지침서 1.63	원자력발전소 원자로건물구조물의 전기관통부 설비	7.1.2.21, 7.6.2.1.1, 8.3.1.1.8
규제지침서 1.68	경수형 원자력발전소의 초기시험계획	7.1.2.22, 14
규제지침서 1.73	원자력발전소 원자로건물 내에 설치된 전기밸브 구동자의 성능시험	3.11, 7.1.2.23
규제지침서 1.75	전기계통의 물리적 독립성	7.1.2.9, 7.2.2.3.2, 7.3.2.3.2
규제지침서 1.97	원자력발전소 사고후 감시 계측기기에 대한 기준	3.1, 7.1.2.25, 7.5
규제지침서 1.100	원자력발전소의 전기 및 기계 기기내진검증	3.10, 7.1.2.7
규제지침서 1.105	안전성관련계통을 위한 계측기 설정치	7.1.2.25
규제지침서 1.118	전기계통 및 전기보호계통의 주기적 시험	7.1.2.6
규제지침서 1.133	경수형원자로의 1차계통에 대한 금속파편감시 계통	7.1.2.28, 7.7.1.6.3
규제지침서 1.151	계측기용 감지라인	7.1.2.29
규제지침서 1.152	원자력발전소 안전관련 계통의 프로그램 가능한 디지털컴퓨터에 대한 소프트웨어 기준	7.1.2.30, 7.1.2.40
규제지침서 1.153	안전계통에 대한 기준	7.1.2.12
규제지침서 1.168	원자력발전소의 안전계통에 사용된 디지털컴퓨터 소프트웨어에 대한 확인, 검증, 검토 및 감사	7.1.2.44
규제지침서 1.169	원자력발전소의 안전계통에 사용된 디지털컴퓨터 소프트웨어에 대한 형상관리	7.1.2.42

표 7.1-2 (10 중 5)

안전 기준	제 목	관련 해당 절
규제지침서 1.170	원자력발전소의 안전계통에 사용된 디지털컴퓨터 소프트웨어에 대한 소프트웨어 시험 문서	7.1.2.34
규제지침서 1.171	원자력발전소의 안전계통에 사용된 디지털컴퓨터 소프트웨어에 대한 소프트웨어 단위시험	7.1.2.35
규제지침서 1.172	원자력발전소의 안전계통에 사용된 디지털컴퓨터 소프트웨어에 대한 요건사양서	7.1.2.36 7.1.2.43
규제지침서 1.173	원자력발전소의 안전계통에 사용된 디지털컴퓨터 소프트웨어에 대한 생명주기개발	7.1.2.37
규제지침서 1.180	안전성관련 계측제어계통에 대한 전자과간섭을 평가하기 위한 지침	7.1.2.38
4. Institute of Electrical and Electronics Engineers(IEEE) Standards		
IEEE Std 308-2001	IEEE Standard Criteria for Class 1E Power Systems for Nuclear Power Generating Stations	7.1.2.2, 8.3
IEEE Std 317-1983	IEEE Standard for Electric Penetration Assemblies in Containment Structure for Nuclear Power Generating Stations	7.1.2.3, 8.3
IEEE Std 323-2003	IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations	3.11, 7.1.2.4, 8.3
IEEE Std 336-1985 (재확인 1991)	Installation, Inspection, and Testing Requirements for Power, Instrumentations, and Control Equipment at Nuclear Facilities	7.1.2.5
IEEE Std 338-1987	IEEE Standard Criteria for the Periodic Surveillance Testing of Nuclear Power Generating Station Safety Systems	7.1.2.6, 7.2.2.3.3, 7.3.2.3.3, 16

표 7.1-2 (10 중 6)

안전 기준	제 목	관련 해당 절
IEEE Std 344-1987 (재확인 1993)	IEEE Recommended Practices for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations	7.1.2.7
IEEE Std 379-2000	IEEE Standard Application of the Single Failure Criterion to Nuclear Power Generating Station Safety Systems	7.1.2.8, 7.2.2.3.2, 7.3.2.3.2
IEEE Std 382-1996	IEEE Standard for Qualification of Actuators for Power-Operated Valve Assemblies with Safety-Related Functions for Nuclear Power Plants	7.1.2.23
IEEE Std 384-1992	IEEE Standard Criteria for Independence of Class 1E Equipment and Circuits	7.1.2.9, 7.2.2.3.2, 7.3.2.3.2, 7.9
IEEE Std 387-1995	IEEE Standard Criteria for Diesel-Generator Units Applied As Standby Power Supplies for Nuclear Power Generating Stations	7.1.2.10, 8.3
IEEE Std 450-1995	IEEE Recommended Practices for Maintenance, Testing, and Replacement of Large Lead Storage Batteries for Generating Stations and Substation	7.1.2.11, 8.3.2.2.1
IEEE Std 603-1998	IEEE Standard Criteria for Safety Systems for Nuclear Power Generating Stations	7.1.2.1.1, 7.1.2.12
IEEE Std 7-4.3.2-2003	Standard Criteria for Digital Computer in Safety Systems of Nuclear Power Generating Stations	7.1.2.40, 7.9
IEEE Std 730-2002	IEEE Standard for Software Quality Assurance Plans	7.1.2.41
IEEE Std 828-1998	IEEE Standard for Software Configuration Management Plans	7.1.2.42

2

1

신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 7.1-2 (10 중 7)

안전 기준	제 목	관련 해당 절
IEEE Std 829-1998	IEEE Standard for Software Test Documentation	7.1.2.34
IEEE Std 830-1998	IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications	7.1.2.43
IEEE Std 1012-1998	IEEE Standard Software Verifications and Validation Plans	7.1.2.44
IEEE Std 1016-1998	IEEE Recommended Practice for Software Design Descriptions	7.1.2.45
IEEE Std 1228-1994	IEEE Standard for Software Safety Plan	7.1.2.46
IEEE Std 1008-1987	IEEE Standard for Software Unit Testing	7.1.2.35
IEEE Std 1028-1997	IEEE Standard for Software Reviews	7.1.2.32
IEEE Std 1042-1987 (재 확인 1993)	IEEE Guide to Software Configuration Management	7.1.2.33
IEEE Std 1074-2006	IEEE Standard for Developing Software Life Cycle Processes	7.1.2.37

표 7.1-2 (10 중 8)

안전 기준	제 목	관련 해당 절
5. 기타 기준(BTP HICB/SECY/ISA/EPRI TR)		
BTP HICB-1	Guidance on Isolation of Low-Pressure Systems from the High-Pressure Reactor Coolant System	7.6
BTP HICB-2	Guidance on Requirements on Motor-Operated Valves in the ECCS Accumulator Lines	6.3, 7.6
삭제		
BTP HICB-4	Guidance on Design Criteria for Auxiliary Feedwater Systems	7.3, 10.4
BTP HICB-5	Guidance on Spurious Withdrawals of Single Control Rods in Pressurized Water Reactors	15.8
BTP HICB-6	Guidance on Design of Instrumentation and Control Provided to Accomplish Changeover from Injection to Recirculation Mode	6.3
BTP HICB-9	Requirements for Reactor Protection System Anticipatory Trips	7.2
BTP HICB-11	Guidance on Application and Qualification of Isolation Devices	7.1
BTP HICB-12	Guidance on Establishing and Maintaining Instrument Setpoints	7.1
BTP HICB-13	Guidance on Cross-Calibration of Protection System Resistance Temperature Detectors	7.1, 7.2
BTP HICB-14	Guidance on Software Reviews for Digital Computer-Based Instrumentation and Control Systems	7.1

표 7.1-2 (10 중 9)

안전 기준	제 목	관련 해당 절
BTP HICB-17	Guidance on Self-Test and Surveillance Test Provisions	7.1
BTP HICB-18	Guidance on Use of Programmable Logic Controllers in Digital Computer-Based Instrumentation and control Systems	7.1
BTP HICB-19	Guidance on Evaluation of Defense-in-Depth and Diversity in Digital Computer-Based Control Systems	7.1, 7.8
BTP HICB-21	Guidance on Digital Computer Real-Time Performance	7.1, 7.9
SRM on SECY-93-087	USNRC Staff Requirements Memorandum Regarding SECY-93-087, "Policy, Technical, and Licensing Issues Pertaining to Evolutionary and Advanced Light-Water Reactor(ALWR) Designs"	7.1.2.39, 7.3.1.1, 7.8
ANSI/ISA 67.04.01- 2000	Setpoints for Nuclear Safety-Related Instrumentation	7.1.2.26
EPRI TR-102323-1997	Guideline for the Electromagnetic Interference Testing in Power Plants Equipment	7.1.2.38
EPRI TR- 106439-1996	Guideline on Evaluation and Acceptance of Commercial Grade Digital Equipment for Nuclear Safety Applications	7.1.4.12

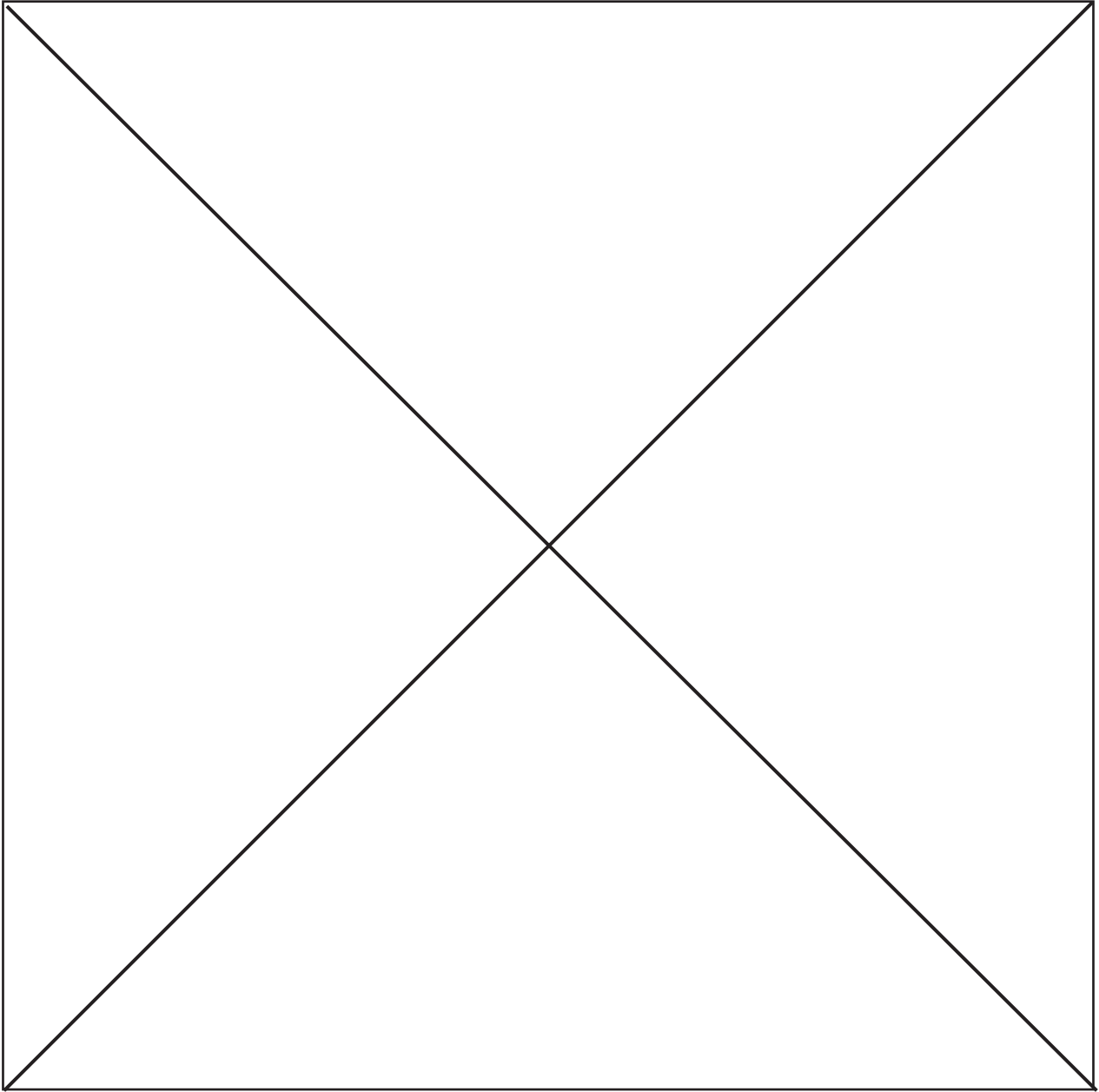
1

2

신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 7.1-2 (10 중 10)

안전 기준	제 목	관련 해당 절
6. Korea Electric Power Industry Code(KEPIC)		
ENB-1100	안전계통 설계	7.1.2.1.1, 7.1.2.9, 7.1.2.12, 7.2.1.1.1.12, 7.2.1.2, 7.2.2.3.2, 7.3.1.1, 7.3.1.2, 7.3.2.3.1, 7.3.2.3.2
ENB-2000	전기 1급 기기 및 회로 독립성	7.1.2.9, 7.2.2.3.2, 7.3.2.3.2
ENB-3000	안전계통 단일고장 기준	7.1.2.8, 7.2.2.3.2, 7.3.2.3.2
ENB-6350	안전성관련 계측기기 설정치	7.1.2.26, 7.3.2.5
END-1100	전기 1급 기기검증	3.11, 7.1.2.4, 7.2.1.2, 7.3.1.2,
END-2000	전기 1급 기기내진검증	7.1.2.6, 7.2.2.3.3, 7.3.2.3.3
ENF-3100	안전계통 주기시험	7.1.2.6, 7.2.1.1.9, 7.2.2.3.2, 7.2.2.3.3, 7.3.1.1.8, 7.3.1.2, 7.3.2.3.1, 7.3.2.3.2, 7.3.2.3.3



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

안전계통 하드웨어 구성도

그림 7.1-1

## 7.2 원자로보호계통

### 7.2.1 설명

#### 7.2.1.1 계통설명

원자로보호계통(그림 7.2-1 참조)은 핵증기공급계통의 상태를 감시한다. 만약 감시된 상태 및 조합된 상태가 정해진 안전계통 설정치에 도달하면 원자로를 정지시킨다. 이때 필요한 기기는 감지기, 연산기, 논리회로 등이다. 계통의 기능은 예상운전과도사건시에 노심 핵연료 설계제한치 및 원자로냉각재계통의 압력경계를 보호하며, 어떤 제한사고시에는 사고완화를 보조하는 것이다. 트립신호를 발생시키기 위하여 각각의 변수에 전기 및 물리적으로 격리된 4개의 측정채널을 제공한다.

| 2

원자로보호계통 기능과 관련하여 발전소보호계통은 비교논리, 동시논리, 개시논리 및 개시회로에 대한 시험기능을 포함한다. 비교논리 프로세서들은 측정채널 변수값이 설정치를 초과하면 트립신호를 발생시키며, 4개의 발전소보호계통 채널 내의 동시논리 프로세서에 트립신호를 제공한다. 동시논리 프로세서는 4채널 각각의 비교논리 트립신호와 관련한 우회신호 상태를 판단하여 동시논리 트립을 결정한다. 동시논리 트립신호는 원자로정지차단기계통 혹은 공학적안전설비를 작동시키는 신호를 만드는데 사용된다. 이 프로세서의 소프트웨어는 7.1절에 기술된 대로 개발되고 시험된다. 동시논리 트립신호를 발생하기 위해서는 동일한 변수에 대하여 2개 채널 이상의 비교논리에서 트립신호가 발생되어야 한다. 4채널 중 1개 채널은 시험이나 보수를 위해 우회될 수 있으며, 이 경우 2/3의 동시논리로 변경된다.

| 2

발전소보호계통은 12개의 다중 캐비닛(채널당 3개)으로 구성되며, 각 채널의 캐비닛은 독립된 계측제어기기실에 위치한다. 각 채널은 입출력모듈, 비교논리 프로세서, 동시논리 프로세서, 연계시험프로세서, 보수시험반, 발전소보호계통 타 채널과의 연계를 위한 기타 하드웨어로 구성된다.

발전소보호계통은 디지털컴퓨터를 기반으로 하여 설계되며, 모든 보호채널 공정루프 입력, 보호 채널 트립기능 및 2/4 동시논리 기능이 각 채널의 프로세서에서 처리된다.

발전소보호계통의 비교논리프로세서, 동시논리프로세서, 연계시험프로세서에는 신호품질 확인논리가 구현되며, 입출력모듈, 프로세서모듈 및 통신의 건전성을 확인하여 신호처리에 적용하고 경보를 발생한다.

| 2

원자로정지신호는 제어봉구동장치 코일을 비여자시켜 제어봉집합체를 노심하부로 낙하시킨다.

원자로노심보호계통은 4채널로 구성되며, 채널당 2개의 캐비닛으로 구성된다. 채널당 2개의 캐비닛은 독립된 계측제어기기실에 위치하며, 채널통신프로세서, 제어봉집합체프로세서, 노심보호프로세서, 연계시험프로세서 및 보수시험반으로 구성된다.

발전소보호계통의 운전원 연계, 경보 및 시험을 위한 연계는 그림 7.2-2에 제공되어 있다. | 2

Intentionally  
Blank

4개 채널의 운전원모듈(채널당 1개)이 주제어실에 위치하며, 각 운전원모듈은 발전소보호계통 및 원자로노심보호계통 운전을 지원하기 위한 상태지시 화면을 제공한다. 운전원모듈을 통해서 원자로노심보호계통의 상수값을 수정하고, 원자로정지차단기 및 공학적인 안전설비작동신호의 리셋을 수행할 수 있다.

운전원모듈은 주제어실의 안전제어반에 설치되며, 발전소보호계통의 트립, 예비트립, 개시, 트립채널 우회 및 운전우회 상태를 표시한다. 또한, 운전원모듈은 제어봉집합체프로세서/노심보호프로세서 변수 및 연산, 트립채널우회, 운전우회, 비교논리 트립 및 예비트립 상태에 대한 지시 기능을 제공한다.

한편, 원자로 운전과 관련된 운전우회 및 설정치 리셋 신호는 안전제어반의 하드웨어 스위치를 통해 개시되며, 제어반신호다중화기와 안전데이터링크를 경유해 비교논리프로세서에 입력된다.

보수시험반과 연계시험프로세서는 발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통, 원자로노심보호계통, 주요변수지시 및 경보계통-P에 각각의 계통별로 별도 분리되어 설치된다.

보수시험반은 트립채널우회, 운전우회 및 가변설정치 리셋 기능을 제공하며, 시험 및 유지보수를 위한 인간-기계 연계설비이다.

보수시험반은 선택된 발전소보호계통 채널 상태 및 시험 결과를 정보처리계통으로 전송하기 위한 데이터통신 게이트웨이로 사용된다. 그림 7.2-17에 보여진 것처럼 비교논리프로세서, 동시논리 프로세서, 운전원 모듈, 보수시험반, 연계시험프로세서는 채널 내에서 채널 내부 네트워크를 통하여 정보를 교환한다. 연계시험 프로세서는 안전데이터링크를 통하여 공학적안전설비 기기제어계통과 통신한다.

| 2

연계시험프로세서는 발전소보호계통의 상태를 감시하는 정상시험, 시험신호를 주입하여 상태를 확인하는 수동시험 및 수동개시 자동시험 기능을 제공하며, 비교논리 프로세서, 동시논리 프로세서 및 보수시험반, 그리고/또는 주요변수지시 및 경보계통-N과 연계를 가진다. 또한, 연계시험프로세서는 그림 7.2-17에 나타난 바와 같이 상태 지시 및 주기시험 결과의 전송을 위해 원자로정지차단기 및 공학적안전설비 기기제어계통과 연계를 가진다.

| 2

주제어실 안전제어반 및 원격정지실에서 수동으로 원자로를 정지할 수 있는 기능이 제공된다.

#### 7.2.1.1.1 트립신호

##### 7.2.1.1.1.1 가변 과출력

가변 과출력 트립은 지시된 중성자속 출력이 급격한 변화율로 증가하거나 기 설정된 최대치에 도달할 때 원자로를 정지시키기 위하여 제공된다. 사용되는 중성자속 신호는 노외중성자속감시계통 각각의 안전채널에서 발생된 3개의 선형 중성자속 신호들의 평균값이다. 공칭 트립설정치는 표 7.2-4에 기술되어 있다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

예비트립 경보는 트립조건에 가까워지는 것을 시청각적으로 지시하기 위한 것으로서 트립설정치보다 아래에서 발생한다.

### 7.2.1.1.1.2 고 대수출력준위

고 대수출력준위 트립은 지시된 중성자속 출력이 기 설정된 최대치에 도달할 때 원자로를 정지시키기 위하여 제공된다. 사용되는 중성자속 신호는 노외중성자속감시계통 각각의 안전채널에서 발생하는 대수출력 신호이다. 공칭 트립설정치는 표 7.2-4에 기술되어 있다. 이 트립은 운전원이 수동으로 우회할 수 있다. 출력이 일정한 값 이하로 감소하면 우회는 자동으로 제거된다. 우회 설정치는 표 7.2-1에 기술되어 있다.

예비트립 경보는 트립조건에 가까워지는 것을 시청각적으로 지시하기 위한 것으로서 트립설정치보다 아래에서 발생한다. 트립을 우회하면 예비트립 경보도 우회된다.

### 7.2.1.1.1.3 고 국부출력밀도

고 국부출력밀도 트립은 계산된 노심 최대 국부출력밀도가 설정된 최대치에 도달할 때 원자로를 정지시키기 위하여 제공된다. 이러한 설정치는 핵연료 중심선의 용융을 유발할 수 있는 값보다 낮다. 국부출력밀도의 계산은 노심보호프로세서로 수행하며 핵연료의 열적용량을 고려하여 보상된 최대 국부출력 밀도를 계산한다. 본 계산은 축방향 분포, 평균 출력 및 반경방향침투계수(지정된 제어봉집합체위치를 기초로 함)와 보상된 현재의 국부출력밀도를 계산하기 위한 제어봉집합체프로세서 패널티 인자 등을 고려한다. 보상된 최대 국부출력밀도가 설정치에 도달하면 트립신호가 발생한다. 이 트립은 최대 선형 열 출력(W/cm 혹은 kW/ft)에 대하여 노심 최대 국부출력밀도가 안전제한치보다 아래에 있음을 보장해 준다. 공칭 트립설정치는 표 7.2-4에 기술되어 있다. 이 트립은 일정출력 이하에서 운전원이 수동으로 우회할 수 있다. 출력이 이러한 우회 허용값 보다 크면 우회는 자동으로 제거된다. 우회설정치는 표 7.2-1에 기술되어 있다.

예비트립 경보는 트립조건에 가까워지는 것을 시청각적으로 지시하기 위한 것으로서 트립설정치보다 아래에서 발생된다. 트립을 우회시키면 예비트립 경보도 우회된다.

고 국부출력밀도트립은 표 7.2-4에 기술된 노심보호프로세서 보조트립에 의해서도 발생된다.

### 7.2.1.1.1.4 저 핵비등이탈률

저 핵비등이탈률 트립은 계산된 핵비등이탈률이 설정된 최소치에 도달할 때 원자로를 정지시키기 위하여 제공된다. 핵비등이탈률의 계산은 노심 평균출력, 원자로냉각재 압력, 원자로 저온관 및 고온관 온도, 원자로냉각재 유량 및 노심 출력분포를 이용하여 노심보

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

호프로세서에서 수행된다. 예상운전과도상태시에 노심 내 핵비등이탈률의 안전제한치 도달 이전에 노심보호프로세서에서 트립이 발생할 수 있도록 감지기와 신호처리의 지연시간 및 부정확도에 따른 허용치를 계산에 포함시킨다. 공칭 트립설정치는 표 7.2-4에 기술되어 있다. 이 트립은 일정출력이하에서 운전원이 수동으로 우회할 수 있다. 출력이 이러한 우회 허용값 보다 크면 우회는 자동으로 제거된다. 우회설정치는 표 7.2-1에 기술되어 있다.

원자로노심보호계통에서 사용하는 핵비등이탈률 연산식은 표 7.2-4(노심보호프로세서 보조트립부분)에 기술된 제한치 이내에서만 유효하며, 이 제한치를 초과하여 운전하게 되면 노심보호프로세서 보조트립을 일으키게 된다. 또한 가변과출력, 고온관 포화온도여유도, 비대칭 증기발생기 온도차, 펌프속도, 저압력/저핵비등이탈률에 근거하여 노심보호프로세서 보조트립을 발생하며, 이들도 표 7.2-4에 포함되어 있다.

예비트립 정보는 트립조건에 가까워지는 것을 시청각적으로 지시하기 위한 것으로써 트립설정치보다 위에서 발생한다. 트립을 우회시키면 예비트립 정보도 우회된다.

### 7.2.1.1.1.5 가압기 고압력

가압기 고압력 트립은 측정된 가압기 압력이 기 설정된 최대치에 도달할 때 원자로를 정지시키기 위하여 제공된다. 공칭 트립설정치는 표 7.2-4에 기술되어 있다.

예비트립 정보는 트립조건에 가까워지는 것을 시청각적으로 지시하기 위한 것으로써 트립설정치보다 아래에서 발생한다.

### 7.2.1.1.1.6 가압기 저압력

가압기 저압력 트립은 측정된 가압기 압력이 설정치에 도달할 때 원자로를 정지시키기 위하여 제공된다. 정상운전에 대한 공칭 트립설정치는 표 7.2-4에 기술되어 있다. 정상운전 범위 아래의 압력에서는 기존의 트립설정치를 현재의 가압기압력에 대한 일정한 간격으로 최소 설정치까지 수동으로 감소시킬 수 있다. 간격과 최소 설정치는 표 7.2-4에 기술되어 있다. 이러한 것은 발전소 냉각시에 필요하다면 원자로를 정지시킬 수 있는 기능을 보장한다.

가압기 저압력 트립은 운전원이 수동으로 우회할 수 있다. 압력이 일정한 값 이상으로 증가하거나 저압력 설정치가 자동으로 증가하면 우회는 제거되고, 실제 압력과 설정치는 일정한 간격을 유지하게 된다. 우회 설정치는 표 7.2-1에 기술되어 있다.

예비트립 정보는 트립조건에 가까워지는 것을 시청각적으로 지시하기 위한 것으로써 트립설정치보다 위에서 발생된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 7.2.1.1.1.7 증기발생기 저수위

증기발생기 저수위 트립은 측정된 증기발생기 수위가 기 설정된 최소치에 도달할 때 원자로를 정지시키기 위하여 제공된다. 각각의 증기발생기에 별도의 트립신호가 제공된다. 공칭 트립설정치는 표 7.2-4에 기술되어 있다.

예비트립 정보는 트립조건에 가까워지는 것을 시청각적으로 지시하기 위한 것으로서 트립설정치보다 위에서 발생한다.

### 7.2.1.1.1.8 증기발생기 저압력

증기발생기 저압력 트립은 측정된 증기발생기 압력이 기 설정된 최소치에 도달할 때 원자로를 정지시키기 위하여 제공된다. 정상운전에 대한 공칭 트립설정치는 표 7.2-4에 기술되어 있다. 정상운전 범위 아래의 압력에서는 기존의 트립설정치를 현재의 증기발생기 압력에 대하여 일정한 간격으로 운전원이 수동으로 감소시킬 수 있다. 이렇게 수동으로 감소시키는 것은 발전소 냉각시에 사용된다. 발전소 기동시에는 설정치가 증가되고 공칭 트립설정치에 도달할 때까지 증기발생기의 실제 압력 아래에서 일정한 간격을 유지하며 자동적으로 증가한다. 트립설정치에 대한 일정한 간격은 표 7.2-4에 기술되어 있다.

예비트립 정보는 트립조건에 가까워지는 것을 시청각적으로 지시하기 위한 것으로서 트립설정치보다 위에서 발생한다.

### 7.2.1.1.1.9 원자로건물 고압력

원자로건물 고압력 트립은 측정된 원자로건물 압력이 설정된 최대치에 도달할 때 원자로를 정지시키기 위하여 제공된다. 공칭 트립설정치는 표 7.2-4에 기술되어 있다. 원자로건물 고압력 트립설정치는 원자로건물 고-고압력 트립설정치와 함께 설계기준 냉각재상실사고 또는 원자로건물내의 주증기관파단사고시 원자로건물 압력이 설계압력을 넘지 못하도록 선정된다.

예비트립 정보는 트립조건에 가까워지는 것을 시청각적으로 지시하기 위한 것으로서 트립설정치보다 아래에서 발생한다.

### 7.2.1.1.1.10 증기발생기 고수위

증기발생기 고수위 트립은 측정된 증기발생기 수위가 설정된 최대치에 도달할 때 원자로를 정지시키기 위하여 제공된다. 각각의 증기발생기에 별도의 트립신호가 제공된다. 공칭 트립설정치는 표 7.2-4에 기술되어 있다.

예비트립 정보는 트립조건에 가까워지는 것을 시청각적으로 지시하기 위한 것으로서 트립설정치보다 아래에서 발생한다.

#### 7.2.1.1.1.11 원자로냉각재 저유량

원자로냉각재 저유량트립은 그림 7.2-3에 보여진 것처럼 증기발생기 1차측 전, 후단의 측정된 압력차가 제한된 변화율 가변 설정치 이하로 감소하거나 설정된 최소치까지 감소할 때 원자로를 정지시키기 위하여 제공된다.

증기발생기 각각에 대하여 별도의 트립신호가 발생된다. 공칭 트립설정치는 표 7.2-4에 기술되어 있다.

2

예비트립 정보는 트립조건에 가까워지는 것을 시청각적으로 지시하기 위한 것으로서 트립설정치보다 위에서 발생한다.

#### 7.2.1.1.1.12 수동 원자로정지

운전원이 수동으로 원자로를 정지시킬 수 있도록 수동 원자로정지 기능이 제공된다. 주 제어실 또는 원격정지실에 있는 인접한 2개의 스위치를 조작하여 제어봉구동장치의 교류 전원을 차단시킬 수 있다. 주제어실의 원자로정지 누름스위치는 독립적인 2개의 세트에 이루어져 있고, 어느 1개의 세트에 원자로를 정지시킬 수 있다. 또한, 정지차단기에도 수동 원자로정지 스위치가 있다.

원자로정지시스템의 원격 수동 개시부분은 자동 개시부분과 공유하는 기기 없이 원자로정지차단기시스템에 직접 입력으로 제공되도록 설계되어 있다. 이러한 설계는 규제지침서 1.62의 권고사항과 일치한다. KEPIC ENB-1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998)의 6.2절 및 7.2절에서 요구하는 대로 수동 원자로정지는 한번 개시되면 원자로정지에 필요한 모든 보호조치를 수행한다.

2

2

#### 7.2.1.1.2 트립신호 측정 및 연산

##### 7.2.1.1.2.1 공정변수 측정

다양한 압력, 수위 및 온도변수는 보호시스템 프로세서에 신호를 제공하기 위하여 연속적으로 감시된다. 이들 보호변수들은 4개의 독립된 공정계측 채널에 의해 측정된다. 측정되는 변수들의 세부 목록은 표 7.2-3에 기술되어 있다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

그림 7.2-4와 같이 전형적인 보호채널은 감지기/전송기, 신호변환기, 논리 구현부 등으로 구성된다. 주제어실 및 원격정지실 지시는 발전소보호계통 보수시험반과 연계시험프로세서를 거쳐 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N으로부터 제공된다.

각 채널의 배관, 배선 및 기기들은 독립성을 보장하기 위하여 다른 보호채널들과 물리적, 전기적으로 분리되어 있다. 핵계측기와 펄스형 전압신호를 제공하는 원자로냉각재펌프속도감지기를 제외한 각 전송기의 출력신호는 비접지형 전류루프이다.

정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N으로 전송되는 신호는 광섬유 선로를 이용하여 신호 격리가 이루어진다. 각각의 다중채널은 분리된 필수 120 V 교류 모선으로부터 전력을 공급받는다.

### 7.2.1.1.2.2 제어봉집합체 위치 측정

각 제어봉집합체의 위치는 보호계통의 입력으로 사용된다. 각 제어봉에 있는 2개의 리드스위치 위치전송기로 제어봉집합체의 위치를 측정한다.

각 리드스위치 위치전송기는 제어봉구동장치 하우징을 따라 일정 간격으로 위치한 자기력에 의해 작동되는 리드스위치와 전압분배기에 있는 정밀 저항기로 구성되어 있다(그림 7.2-5 참조). 제어봉집합체의 연장축 상단에 장착된 자석은 인접된 리드스위치를 작동시켜 각 제어봉집합체에 대하여 위치에 비례하는 전압을 발생시킨다. 2개의 리드스위치 위치전송기 및 배선은 서로 물리적, 전기적으로 분리되어 있다(그림 7.2-6 참조).

리드스위치 위치전송기 신호는 각 원자로노심보호계통 채널당 2대의 채널통신프로세서를 통하여 채널 A와 B는 리드스위치 위치전송기 1 신호를, 채널 C와 D는 리드스위치 위치전송기 2 신호를 각각 공유한다. 각 원자로노심보호계통 채널마다 1대씩 설치된 제어봉집합체프로세서에서 채널 A와 B는 모든 리드스위치 위치전송기 1 신호를, 채널 C와 D는 모든 리드스위치 위치전송기 2 신호를 각각 감시한다.

제어봉집합체들은 제어봉집합체의 제어그룹으로 제어되며, 4개씩 부그룹으로 배열된다. 부그룹의 제어봉집합체들은 노심 중심선을 중심으로 대칭을 이룬다. 같은 제어그룹에 속하는 부그룹들은 같이 이동되어야 하며 해당 제어그룹에 대한 일정한 삽입 순서를 따라야 한다.

제어봉집합체프로세서는 각 제어 부그룹 내의 모든 제어봉집합체의 위치를 감시한다. 1개의 제어봉집합체가 소속된 부그룹의 위치로부터 이탈되면 제어봉집합체프로세서는 편차를 감지하여 경보를 발생시키고 노심보호프로세서에 적절한 “페널티(penalty)” 값을 전송하며 필요시에는 저 핵비등이탈률 및 고 국부출력밀도의 트립여유도를 감소시킨다. 이것은 원자로정지가 요구되는 과도상태시에 원자로보호계통이 보수적인 운전을 하도록 하

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

기 위험이다.

출력조절, 정지 및 부분강(part-strength) 제어봉집합체 그룹의 위치가 정보처리계통의 제어봉집합체 위치표시 화면에 막대그래프형식으로 표시된다. 각각의 원자로노심보호계통으로부터 제어봉집합체 위치표시 화면으로의 출력은 광학적으로 격리된다. 운전원은 화면표시를 위해 4대의 원자로노심보호계통 채널 중 하나를 선택할 수 있다. 원자로노심보호계통 채널 A나 B를 선택하면 리드스위치 위치전송기 1의 제어봉집합체 위치가 표시되며, 원자로노심보호계통 채널 C나 D를 선택하면 리드스위치 위치전송기 2의 제어봉집합체 위치가 표시된다.

부그룹 및 그룹 제어봉집합체 위치 측정을 위하여 노심보호프로세서는 지정된 23개의 제어봉집합체 위치 리드스위치 신호들을 이용한다. 노심보호프로세서는 모든 채널내 제어봉집합체프로세서에서 계산된 제어봉편차 페널티 값을 이용하여 보수적인 계산을 위하여 제어봉집합체프로세서로부터 큰 제어봉집합체 편차 페널티 값을 이용한다. 리드스위치 위치전송기의 신호는 각 채널의 2대의 채널통신프로세서에서 처리되어 같은 채널에 설치된 1대의 제어봉집합체프로세서에 전송되며, 각 채널별로 지정된 23개의 표적제어봉집합체 위치신호를 같은 채널내의 노심보호프로세서에 격리된 데이터통신을 이용하여 전송한다. 제어봉집합체프로세서와 노심보호프로세서는 두 개의 신호원 중 하나를 주(Primary) 신호원으로 선정하여 건전성 확인 후에 알고리즘 계산에 사용하며, 신호에 오류가 발생한 것으로 판정될 경우에는 다른 채널통신프로세서로부터의 신호를 사용한다. 원자로노심보호계통의 제어봉집합체 위치정보에 대한 세부적인 신호경로는 그림 7.2-7에 나타나 있다.

### 7.2.1.1.2.3 노외중성자속 측정

노외중성자속감시계통은 원자로용기 밖에 위치한 중성자속검출기와 보조건물 내에 위치한 신호처리장비들로 구성되며, 4개의 안전채널이 있다(그림 7.2-8 참조).

4개의 안전채널들은 선원영역인  $2 \times 10^{-8} \%$ 에서 정격출력의 200%(10 디케이드)까지의 단일영역에서의 원자로출력 정보를 제공한다. 각 안전채널은 검출기, 전치증폭기 및 신호처리함으로 구성된다. 이 채널들은 원자로보호계통의 고 대수출력, 저 핵비등이탈률, 고 국부출력밀도와 가변 과출력에 의한 원자로정지를 위한 입력신호를 제공하며 출력 변화율, 선형부채널출력신호 등의 정보를 타 계통에 제공한다.

각 안전채널 검출기는 원자로 노심을 따라서 3개의 동일한 핵분열함을 수직으로 배열한 것으로 이와 같이 구성함으로써 출력운전시에 축방향 출력분포형상을 검출할 수 있다. 핵분열함들은 검출기지지관(detector holder assembly) 내에 탑재되어 1차 차폐벽 또는 그 내부에 있는 4개의 건식 계기보호관(thimbles) 내에 차례대로 설치된다. 이 계기보호관들은 최적의 중성자속 정보를 제공하기 위하여 원자로용기 주위에 일정한 간격으로 배치된다.

전치증폭기는 원자로건물 밖에 설치되어 신호처리함에 원자로 보호 및 운전원에게 정보

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

를 제공하기 위한 입력신호를 제공하며, 신호처리함은 계측제어기기실 내의 노외중성자속 감시계통 캐비닛에 설치된다.

다중의 안전채널들은 상호 물리적으로 분리되며, 전기적으로 격리된다.

### 7.2.1.1.2.4 원자로냉각재 유량 측정

각 펌프를 통과하는 원자로냉각재의 유량을 계산하기 위하여 각 원자로냉각재펌프모터의 속도를 측정한다. 원자로냉각재펌프속도 측정은 실제 펌프속도의 [ ] 이내의 정확성을 갖는다. 디스크 주위에 [ ]의 홈이 일정한 간격으로 배열되어 있는 2개의 금속 디스크는 근접측정기(proximity device)에 의하여 측정된다. 금속 디스크는 펌프 모터축에 설치되며 축의 위와 아래 부분에 각 1개씩 위치한다(그림 7.2-9 참조). 각 근접측정기는 전압형태의 펄스신호를 발생시킨다. 냉각재유량을 계산하기 위하여 노심보호프로세서의 입력이 되는 펄스열은 근접 측정기로부터 발생하는 매 N번째 펄스를 기준으로 삼는다. 이 펄스열의 주파수는 펌프속도에 비례한다. 이들 근접 측정기들은 적절하게 떨어져 설치된다.

질량유량률은 4개의 원자로냉각재펌프속도, 저온관 온도 및 고온관 온도를 이용하여 계산된다. 각 원자로냉각재펌프를 통과하는 체적유량률은 펌프의 회전속도 및 펌프수두에 좌우된다. 이러한 관계는 전형적으로 펌프의 특성곡선에 나타나 있다. 루프유량 저항의 변화에 의한 유량변화는 천천히 일어난다(즉, 노심 침전물 축적, 증기발생기 저항력의 증가). 계산된 질량유량률은 원자로냉각재펌프속도감시계통의 일부가 아닌 다른 계측장비를 이용하여 주기적으로 교정된다.

펌프속도의 감속에 따른 유량감속은 루프유량 저항의 변화에 의해서 생기는 감속보다 훨씬 빠르다. 질량유량률은 펌프속도, 저온관의 냉각재 밀도 및 고온관 온도를 기준으로 한 보정인자를 이용하여 각 펌프에 대하여 계산된다.

각 펌프에 대하여 계산된 질량유량률은 노심의 질량유량률을 계산하기 위하여 합산된다. 이 유량률은 노심보호프로세서의 핵비등이탈률과  $\Delta T$  출력(power) 알고리즘에서 사용된다.

원자로냉각재펌프속도감시계통은 원자로보호계통에 사용되는 신호를 만들기 위한 신호 발생 및 신호처리장비와 동일한 설계, 품질보증과 시험기준에 의해 설계, 제작, 시험 및 설치된다.

#### 7.2.1.1.2.5 원자로노심보호계통

각 보호채널마다 1개씩 4개의 독립된 노심보호프로세서를 제공한다. 아래에 기술한 입력 신호들을 이용하여 핵비등이탈률 및 국부출력밀도가 노심보호프로세서에서 계산된다. 원자로노심보호계통이 수행하는 계산알고리즘은 참고문헌 1에 기술된다. 이렇게 계산된 핵비등이탈률과 국부출력밀도는 저 핵비등이탈률 트립(7.2.1.1.1.4절)과 고 국부출력밀도 트립(7.2.1.1.1.3절)의 개시를 위한 트립설정치와 비교된다.

부그룹 내의 제어봉집합체간 위치 편차를 계산하기 위하여 원자로노심보호계통의 각 채널에는 1대의 제어봉집합체프로세서가 설치된다. 리드스위치 위치전송기 신호는 각 채널당 2대의 채널통신프로세서에 전송되며 채널 A와 B 채널통신프로세서는 리드스위치 위치전송기 1 신호를, 채널 C와 D 채널통신프로세서는 리드스위치 위치전송기 2 신호를 공유한다. 채널당 2대의 채널통신프로세서는 지정된 제어봉집합체 위치신호를 같은 채널내의 노심보호프로세서에 전송하며, 모든 제어봉집합체 위치신호를 같은 채널내의 제어봉집합체프로세서에 전송한다. 각 원자로노심보호계통 채널마다 1대씩 설치된 제어봉집합체프로세서는 채널통신프로세서로부터 입력받은 제어봉집합체의 위치신호를 이용하여 계산된 페널티계수를 4개 채널의 노심보호프로세서에 제공한다.

서로 다른 채널의 채널통신프로세서간의 통신은 전기적으로 격리된 단방향 데이터 통신을 이용한다. 아울러, 채널통신프로세서와 제어봉집합체프로세서간의 통신 및 페널티계수 전송을 위한 제어봉집합체프로세서와 다른 채널의 노심보호프로세서간의 통신 또한 동일한 방식의 데이터 통신을 이용한다.

그림 7.2-10과 같이, 각 노심보호프로세서는 다음과 같은 입력을 받는다.

가. 노심 저온관 및 고온관 온도

나. 가압기 압력

다. 원자로냉각재펌프 속도

라. 노외중성자속 출력(1개의 안전채널당 3개의 출력)

마. 지정된 제어봉집합체 위치

바. 각 제어봉집합체프로세서로부터 부그룹 내 제어봉집합체 편차에 대한 최대 페널티 값

입력신호들은 조건에 부합되도록 변환되어 처리된다. 노심보호프로세서 또는 제어봉집

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

합체프로세서에서는 다음과 같은 계산을 수행한다.

- 가. 제어봉집합체 편차
- 나. 형상처리(shape annealing)와 제어봉집합체 그림자효과(shadowing)를 위한 노외중성자속 출력의 보정인자
- 다. 원자로냉각재펌프 속도에 의한 원자로냉각재 유량의 변화율과 설정치 이하에서의 펌프속도에 대한 온도 및 핵비등이탈률의 페널티 값
- 라. 원자로냉각재의 온도, 압력과 유량으로부터의  $\Delta T$  출력
- 마. 노외 중성자속 출력 : 노외 중성자속 출력신호는 제어봉집합체 그림자효과, 형상처리 및 저온관 온도 그림자효과에 대해 보정된다. 보정된 중성자속출력은 원자로보호계통과는 별도로 독립적으로 측정된 실제 노심출력에 의해 주기적으로 보정된다. 이러한 보정은 노외중성자속 신호의 과도상태에 대한 빠른 시간응답 특성을 저해하지는 않는다.
- 바. 보정된 노외 중성자속 출력신호에 의한 축방향 출력분포
- 사. 제어봉집합체 위치신호로부터의 반경 방향 침투계수
- 아. 핵비등이탈률
- 자. 고정 트립설정치와 핵비등이탈률의 비교
- 차. 국부출력밀도
- 카. 고정 트립설정치와 국부출력밀도의 비교
- 타. 제어봉집합체 편차경보
- 파. 비대칭 증기발생기의 과도상태 결정을 위한 저온관 온도의 계산
- 하. 노심보호프로세서 가변 과출력 트립설정치와 노심출력의 비교

각 노심보호프로세서는 다음과 같은 출력을 제공한다.

- 가. 발전소보호계통으로의 출력

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 1) 저핵비등이탈률 트립 및 예비트립
- 2) 고국부출력밀도 트립 및 예비트립
- 3) 제어봉집합체 인출금지
- 4) 보조예비트립

나. 정보처리계통으로의 출력

- 1) 노심보호프로세서 측정인자 및 계산결과

다. 주요변수지시 및 정보계통-N으로의 출력

- 1) 핵비등이탈률 및 여유도
- 2) 고국부출력밀도 및 여유도
- 3) 축방향출력편차
- 4) 원자로냉각재펌프속도
- 5) 원자로 고온관/저온관 온도

라. 원자로출력급감발계통으로의 출력

- 1) 원자로출력급감발 요구

원자로노심보호계통은 4개 채널로 구성되며, 각 채널은 독립된 2개의 캐비닛에 설치된다. 원자로노심보호계통의 인간-기계 연계는 주제어실의 안전제어반에 있는 4개의 독립된 운전원 모듈에 의해 구현된다. 운전원이 4개의 운전원모듈을 이용하여 특정한 입력 또는 계산된 결과를 감시할 수 있도록 설계된다. 노심보호프로세서 상수의 변경은 관리절차에 따라 운영한다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 7.2.1.1.3 트립 발생

#### 7.2.1.1.3.1 비교논리

##### 7.2.1.1.3.1.1 비교논리 기능

비교논리는 공정 계측기로부터의 신호를 고정설정치 혹은 가변설정치와 비교한다. 비교논리는 감시된 변수가 트립설정치를 초과할 때 채널 트립을 일으킨다. 비교논리 프로세서 아날로그 입력모듈은 기능적 다양성을 고려하여 비교논리 트립을 위한 공정 계측기를 할당한다. 2개의 다른 트립변수 공정 계측기가 과도 상태를 완화하기 위하여 가용할 때 이 둘을 각기 다른 입력모듈에 할당한다. 비교논리들의 트립 출력신호들은 동시논리로 보내어 진다(그림 7.2-11 참조). 또한, 예비트립출력도 비교논리 출력신호의 일부로서 제공된다.

트립과 예비트립기능 이외에도 비교논리 프로세서는 시험논리를 포함하고 있다. 시험논리는 다음과 같은 비교논리의 관련 정보들에 대한 시험을 수행한다.

가. 아날로그 입력

나. 트립설정치

다. 예비트립설정치

라. 출력 정보(예비트립, 트립, 운전우회)

비교논리의 설정치는 보수시험반에서 조정할 수 있으며, 변경된 설정치의 입력은 비교논리와 실배선으로 연결된 “Function Enable” 키스위치의 허용신호가 있을 경우 가능하다. 설정치 변경은 보수시험반 캐비닛의 개방을 알려주는 경보기와 캐비닛문의 시건장치 및 엄격한 행정절차에 의해 접근이 제한된다. 설정치의 실제값은 보수시험반, 주제어실 내의 정보처리계통 및 발전소보호계통 운전원모듈을 통해 확인할 수 있다.

설정치 유형별 비교논리는 다음과 같다. 각각의 트립변수에 대한 설정치유형의 표시는 표 7.2-4에 기술되어 있다.

가. 고정설정치를 갖는 비교논리

고정설정치를 갖는 비교논리들에 대한 설정치는 보수시험반에서 변경할 수 있다. 설정치 변경은 엄격한 규제에 따라 통제된다. 모든 고정설정치들은 연계 시험 프로세서에 의해 감시된다.

### 나. 가변설정치를 갖는 비교논리

어떤 비교논리들은 가변설정치를 이용하여 발전소를 안전하고 순차적으로 정지하거나 기동하게 한다. 두 가지 종류의 가변설정치가 이용되는데 그들은 다음과 같다.

#### 1) 수동 리셋형 가변설정치

이런 형태의 가변설정치는 비교논리에 대한 입력신호의 함수이다. 이러한 설계개념은 수동으로 리셋시킬 때 자동으로 어떤 양만큼의 설정치를 감소시키는 형태로 이루어져 있다. 설정치 감소는 주제어실 안전제어반, 원격정지반 및 보수시험반에서 행해질 수 있다. 신호가 감소할 때 그 당시에 존재하는 실제 입력신호보다 일정한 값 이하로 설정치를 리셋시킴으로써 감소된다. 예비트립에 도달할 때마다 계속하여 리셋시킴으로써 발전소는 어떠한 불필요한 보호계통의 동작 없이 냉각되어질 수 있다. 만약 입력신호가 마지막으로 리셋되었던 값 이상으로 증가하게 되면 가변설정치논리는 설정치가 입력신호와 설정치 사이에서 고정된 값으로 자동으로 유지되며 상승하도록 만들어져 있다. 만약 입력 변수값이 떨어지면 설정치는 고정되고, 운전원은 추적을 위해 다시 설정치를 리셋시켜야만 한다. 그림 7.2-15는 가변설정치의 전형적인 운전형태를 보여주고 있다. 각 가변설정치는 마지막으로 리셋된 후 어떤 정해진 시간간격 후에만 리셋이 가능하도록 타이머를 포함하고 있다. 또한 고정된 상한제한치와 하한제한치를 보유하도록 설계되어 있다.

또한, 일정하게 고정된 값만큼 트립설정치와 항상 차이가 있는 가변 예비트립설정치가 제공된다.

각 보호채널을 위해 가변설정치들에 대한 분리된 수동리셋 누름스위치들이 제공된다.

#### 2) 자동 비율제한치를 갖는 가변설정치

이런 형태의 가변설정치는 비교논리 입력변수의 동작에 기인한 설정치의 자동 증가 및 자동 감소를 허용한다(그림 7.2-3 참조). 비교논리 입력과 설정치 사이의 일정한 차이를 유지하도록 설계되어 있다. 만약 입력신호가 설정치의 정해진 비율 이상으로 변하면 두 값 사이의 차이는 영으로 접근하고 비교논리 트립 상태로 된다. 비교논리 트립이 발생하면 비교논리트립이 없어질 때까지 설정치가 변하는 것이 허용되지 않는다. 고정된 상한제한치와 하한제한치를 가지도록 설계되어 있다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

두 가지 형태의 비율제한 설정치가 계통에 사용된다. 첫 번째 형태는 신호가 너무 빠른 비율로 증가하지 못하도록 보호하기 위해 입력신호보다 높은 설정치를 제공하는 경우이고, 두 번째 형태는 신호가 너무 빠른 비율로 감소하지 못하도록 보호하기 위해 입력신호보다 낮은 신호설정치를 제공하는 경우이다. 그림 7.2-3은 이런 형태의 가변설정치의 전형적인 동작상황을 보여주고 있으며 또한, 일정하게 고정된 값만큼 트립설정치와 항상 차이가 있는 가변 예비트립설정치가 제공된다.

### 7.2.1.1.3.1.2 비교논리 하드웨어

한 채널당 2개의 비교논리 랙이 있으며, 각각은 독립된 캐비닛에 설치된다. 각 비교논리 랙은 입출력 모듈, 타 채널과의 연계를 위한 모듈 및 1개의 비교논리 프로세서로 구성된다.

발전소보호계통의 센서 신호는 보조공정캐비닛-S에서 2개의 신호로 분기되어 각 비교논리 랙에 입력되며, 아날로그 입력모듈에서 디지털 신호로 변환된다. 아날로그 입력모듈들은 입력신호에 대한 자기진단 특징을 가진다. 드리프트는 채널 내 및 채널 간의 상호비교를 통하여 감지된다.

디지털화된 아날로그 값은 각 스캔 사이클마다 비교논리 프로세서로 전송된다. 각 비교논리 프로세서는 독립적으로 트립 상태를 결정하기 위한 변수감시를 수행하며, 연관된 동시논리 프로세서로 트립 출력신호들을 제공한다. 비교논리 트립출력신호는 안전데이터링크를 경유하여 해당 채널 및 타 채널의 동시논리 프로세서로 전송된다. 서로 다른 채널 간에는 전기적 격리성을 고려하여 광섬유케이블이 사용되며, 물리적으로 분리된다. 통신의 독립성은 7.9절에 기술된다.

비교논리 프로세서의 고장은 동시논리 프로세서에서 수신하는 신호품질 신호와 막동신호를 통해 확인된다.

비교논리 프로세서가 고장 난 경우에, 자기진단기능으로 고장을 감지하여 경보를 발생시킨다. 또한, 비교논리 프로세서가 고장으로 인해 막동신호를 정해진 시간동안 보내지 않으면, 동시논리 프로세서는 해당 비교논리 신호를 고장상태로 간주하여 해당 채널의 건전한 다중의 비교논리 입력신호를 사용하여 동시논리를 수행하고 운전원에게 경보를 제공한다. 또한, 동시논리 프로세서는 2/4논리를 사용하기 때문에 단일고장시 계통 작동을 유발하지 않는다. 이러한 단일고장에 대비한 설계 및 연속적인 감시기능은 불필요한 계통 작동과 감지되지 않는 단일고장을 최소화시켜 계통의 이용률을 최대화한다.

7.2.1.1.3.1.3 비교논리 소프트웨어

발전소보호계통 비교논리 소프트웨어는 계통성능을 확실하게 예측하고 모든 상태하에서 응답을 확신할 수 있도록 결정론적 방법(즉, 프로그램의 수행순서와 시간이 일정하며 순차적으로 이루어짐)으로 구성된다.

소프트웨어는 두 가지 주요 범주 즉, 운영체제 소프트웨어와 응용 소프트웨어로 나뉘어 있다. 운영체제 소프트웨어는 프로그래머블 논리제어기 프로세서의 관리, 입력/출력 처리, 통신처리 및 기기 자기진단 소프트웨어로 구성되어 있다. 응용 소프트웨어는 발전소 보호계통 비교논리와 관련된 알고리즘을 수행하도록 구성된 프로그램이다.

운영체제 소프트웨어 프로그램은 프로그래머블 논리제어기 프로세서 내의 비휘발성 메모리 내에 존재한다. 이 프로그램은 프로그래머블 논리제어기 제작자에 의해 만들어진 것이다. 소프트웨어에 대한 검증은 제작자가 수립한 원자력 안전등급 확인검증절차에 근거하여 철저한 시험을 통한 확인절차를 거쳐 수행된다.

검증시험 후 운영체제 소프트웨어는 소프트웨어프로그램매뉴얼에 포함된 소프트웨어 관리 계획에 따라 유지, 관리된다.

응용 소프트웨어 프로그램은 운영체제와는 분리되어 프로그래머블 논리제어기 프로세서의 비휘발성 메모리 내에 존재한다. 이 프로그램은 제작자가 제공하는 특정 언어를 사용하여 작성된다. 각각의 응용 소프트웨어 기능들은 분리된 소프트웨어 모듈로 개발된다. 소프트웨어 모듈들은 다음과 같은 소단위로 나뉜다.

- 가. 설정치 관리 기능
- 나. 비교 기능
- 다. 트립/예비트립 기능
- 라. 운전우회 기능
- 마. 자동시험 기능
- 바. 상태보고 기능

기능요건의 충족여부를 확인하기 위해 각 소프트웨어 모듈을 위한 독립 검토를 수행한다. 소프트웨어 모듈의 적절한 기능 작동 여부는 엄격하고 철저한 시험에 의해 확인된다. 그 다음 소프트웨어 모듈들은 통합되고 다시 종합적으로 구성된 계통의 운전을 위해 독립 검

토와 시험과정이 반복된다. 이러한 과정은 소프트웨어프로그램매뉴얼에 따라 수행된다.

#### 7.2.1.1.3.2 동시논리

##### 7.2.1.1.3.2.1 동시논리 기능

동시논리는 각 채널로부터 2개의 비교논리 프로세서로부터 트립입력신호를 수신하여 논리적 "OR"로 처리하여 채널트립을 결정한다. 또한, 동시논리 프로세서에는 각 비교논리 프로세서의 트립입력과 해당 신호에 대한 품질신호를 수신하여 트립입력 상태를 결정하는 신호품질확인논리가 구현된다. 채널 내 1개 비교논리 프로세서 입력이 건전하지 않을 경우 채널 내 다중의 비교논리 프로세서 입력을 해당 채널의 동시논리 입력으로 사용하고 만약 해당 채널의 2개 비교논리 프로세서가 고장일 경우 원자로보호계통 기능의 경우 해당 채널 입력을 트립상태로 처리하여 동시논리에 적용한다. 동시논리의 기능은 2개 채널 이상의 비교논리가 트립상태에 있을 때 동시논리 트립신호를 내보내는 것이다. 동시논리는 동시논리 트립상태를 결정할 때 트립 우회의 입력상태를 고려한다. 동시논리 역시 위에서 언급한 각각의 비교논리와 관련된 트립채널 우회상태신호를 제공받는다. 그림 7.2-13은 전형적인 우회신호가 분배되는 모습을 보여주고 있다. 트립 우회가 존재하지 않은 상태에서 동시논리는 다음의 어떤 트립 입력에 대해서도 트립신호를 발생시킨다 : AB, AC, AD, BC, BD, CD, ABC, ABD, ACD, BCD, ABCD. 이러한 것들은 4개의 보호 채널들 중에서 2개 이상의 채널에서 트립조건이 일어날 수 있는 모든 경우의 수를 나타낸 것이다. 만약 트립 우회조건이 발생하면, 3개 중에서 2개 혹은 3개 이상의 우회되지 않은 비교논리들이 트립상태에 있을 때 동시논리 트립신호를 제공한다.

4채널 중 2채널 이상의 비교논리가 동시적으로 트립상태에 있을 때에 4개의 모든 보호채널에 동시논리 트립신호가 발생된다. 동시논리 트립신호의 최종 발생은 논리적 "OR"회로로 구성되어 있다. 즉, 고대수 출력, 가압기 저압력 등의 각 트립변수에 대한 2/4 동시논리 출력신호는 논리적 "OR"로 결합되어 개시신호가 발생된다.

각각의 동시논리는 동시논리 트립신호뿐만 아니라 우회상태신호를 제공한다. 우회상태신호는 우회가 실제로 동시논리에 반영되었음을 뜻한다. 우회상태는 보수시험반, 운전원모듈 및 정보처리계통에 표시된다.

##### 7.2.1.1.3.2.2 동시논리 하드웨어

한 채널당 3개의 동시논리 랙이 있으며, 각각은 독립된 캐비닛에 설치된다. 각 동시논리 랙은 입출력 모듈, 타 채널과의 연계를 위한 모듈 및 1개의 동시논리 프로세서로 구성된다.

그림 7.2-12와 같이 각 동시논리 랙에 설치된 1개의 프로세서는 4개 채널의 모든 비교논리 프로세서 신호를 입력받는다. 각 프로세서는 2/4 동시논리를 수행하기 전에 비교논리

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

신호에 대한 1/2 논리를 수행한다. 동시논리 프로세서는 원자로트립을 위한 2/4 동시논리와 개시논리를 수행함과 동시에 공학적안전설비 작동을 위한 2/4 동시논리와 개시논리를 수행한다.

원자로 트립에 사용되는 동시논리 프로세서는 각 채널 내의 개시회로에 동시논리 출력신호를 제공한다. 개시회로는 동시논리트립출력신호를 2/3 동시논리로 결합한다. 공학적

Intentionally  
Blank

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

안전설비 작동에 사용되는 각 동시논리 프로세서는 안전데이터링크를 이용하여 공학적안전설비 기기제어시스템의 4개 채널에 출력신호를 전송한다. 발전소보호시스템의 채널이 공학적안전설비 기기제어시스템의 다른 채널과 연결되는 경우에 전기적 격리를 고려하여 광섬유케이블이 사용되며, 물리적으로 분리된다. 통신의 독립성은 7.9절에 기술된다.

동시논리 프로세서의 고장은 동시논리 프로세서로부터 박동신호를 수신하는 감시타이머에 의해 확인된다.

동시논리 프로세서의 동작이 정지되면 감시타이머로 가는 리셋신호가 상실된다. 감시타이머는 정해진 시간 내에 리셋신호가 수신되지 않으면, 2/3 동시논리 개시회로로 공급되는 전원을 제거한다.

### 7.2.1.1.3.2.3 동시논리 소프트웨어

발전소보호시스템 동시논리 소프트웨어는 7.2.1.1.3.1.3절의 비교논리 소프트웨어와 동일한 방법으로 설계, 개발 및 시험된다. 다만, 응용 소프트웨어 모듈은 다음과 같은 소단위로 나누어져 있다.

- 가. 1/2 논리 기능
- 나. 2/4 동시논리 기능
- 다. 우회 기능
- 라. 자동시험 기능
- 마. 상태보고 기능

### 7.2.1.1.3.3 개시회로

개시회로는 발전소보호시스템 보호기능의 각 채널에 있다. 원자로보호시스템의 개시회로는 개시계전기, 인터포징 계전기, 수동개시 스위치 접점 및 배선으로 구성된다. 원자로보호시스템의 개시회로가 그림 7.2-14에서 설명된다. 저전압(undervoltage) 및 분로(shunt) 트립을 위하여 독립적인 개시회로가 있다.

개시회로는 고장나더라도 안전한 방향(fail-safe)으로(예 : 트립상태) 작동하도록 설정된다. 이는 2/4 정지차단기 배열에서 부분적 트립(1/4)을 발생시킨다. 부분적 트립은 한 개의 원자로정지차단기 개방으로 경보를 발생시키는데, 이는 정보처리시스템에 의해서 표시되고, 원자로정지차단기의 트립은 우회될 수 없다.

#### 7.2.1.1.4 작동장치

원자로보호계통의 최종 작동논리는 디지털제어봉제어계통으로 가는 전원을 연결 또는 차단하는 원자로정지차단기계통과 연결된다. 그림 7.2-12에 설명된 것처럼 개시계전기는 원자로정지차단기계통의 회로차단기를 개방하기 위한 분로 트립 및 저전압 트립 소자와 연계를 가진다. 출력 회로의 전원을 완전히 차단하기 위하여 관련 회로차단기를 개방(두 개의 전원선로를 차단하기 위하여 각각의 전원선로에 한 개씩)할 수 있는 최소 두 개의 개시계전기가 요구된다.

원자로정지차단기계통 접점에 흐르는 전원은 2개의 전용량 전동발전기세트로부터 공급받기 때문에 한 세트의 상실은 제어봉집합체를 떨어뜨리지 않는다. 제어봉집합체를 떨어뜨리기 위해서는 양쪽의 전력선 전원을 차단시켜야 하며 각 전력선은 직렬로 연결된 2개의 차단기(각각은 서로 다른 개시회로에 의해 작동)를 통과하므로 각 전력선을 차단하기 위한 수단을 이중으로 제공하고 있다. 제어봉구동장치의 전원에 입력되는 전력이 제거되면 모든 제어봉집합체는 중력에 의해 원자로 노심하부로 낙하한다.

정지회로차단기를 필요에 따라서 개방시키기 위하여 주제어실에 2개의 수동 원자로정지 누름스위치 세트가 제공되며, 추가적으로 원격정지실에 한 쌍의 스위치가 제공된다. 한 쌍의 스위치의 작동은 원자로정지 회로차단기를 개방한다. 그림 7.2-12와 같이 원자로정지를 개시하기 위하여 한 세트 내의 2개의 수동 원자로정지 누름스위치를 동시에 눌러야만 한다. 수동 원자로정지는 트립 논리회로를 완전히 우회시킨다.

원자로정지차단기를 발전소보호계통 캐비닛과는 분리된 캐비닛에 설치한다. 정지회로차단기뿐만 아니라 시험을 위한 전류 감시장치와 제어실이 아닌 장소에서 원자로를 정지시키기 위하여 각각의 원자로정지차단기계통 캐비닛에 누름스위치가 설치되어 있다.

| 2

다단의 접근 통제가 원자로정지 회로차단기에 제공된다. 각 원자로정지차단기 캐비닛은 차단기 랙을 인출하지 않고는 원자로정지 회로차단기 내부에 대한 접근이 불가능하도록 설계된다. 캐비닛의 앞뒤의 문을 통하여 각각의 제어판에 접근이 가능하다. 각 원자로정지차단기 내부에 접근하기 위해서는 차단기 랙을 인출해야 하며, 차단기를 개방하지 않은 상태에서는 랙을 인출할 수 없다. 이러한 설계는 원자로정지 회로차단기를 동작 불능 상태로 만들어 원자로정지 기능을 방해하는 것을 방지한다.

추가적인 단계의 접근 통제로서 각 캐비닛에 잠금장치와 키가 제공되고 캐비닛을 독립된 원자로정지차단기실에 설치한다.

#### 7.2.1.1.5 우회

우회는 표 7.2-1에 열거된 것처럼 운전우회 및 트립채널 우회의 두 종류가 있다. 우회

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

상태는 보수시험반 및 주제어실의 운전원모듈에 제공된다. 추가로, 모든 우회 정보는 주요변수지시 및 경보계통-N 또는 정보처리계통을 통하여 주제어실에 지시된다.

### 가. 운전우회

운전우회는 정규의 발전소 기동 및 정지와 저출력에서의 시험을 가능하게 하기 위하여 제공된다. 운전우회는 다음과 같다.

#### 1) 핵비등이탈률(DNBR)/국부출력밀도(LPD) 트립우회

노심보호프로세서의 저 핵비등이탈률 트립 및 고 국부출력밀도 트립을 우회시키는 기능을 저 출력에서 원자로노심보호계통 시험과 원자로 기동시 미임계상태에서 제어봉집합체의 인출이 가능하도록 제공한다. 이 우회는 출력이 우회설정치보다 낮으면 수동으로 개시할 수 있으며 출력준위가 우회설정치보다 높아지면 자동으로 제거된다. 또한, 수동으로 운전우회를 제거할 수 있는 수단이 제공된다.

#### 2) 가압기 저압력 우회

원자로보호계통 및 공학적안전설비작동계통의 가압기 저압력 우회를 다음의 2가지 상태에서 제공한다.

##### 가) 저압력에서의 계통시험

##### 나) 제어봉집합체가 인출된 상황에서 가열 또는 냉각

가압기 압력이 우회설정치보다 낮으면 수동으로 우회를 개시할 수 있고, 가압기 압력이 우회설정치보다 높아지면 자동으로 우회를 제거한다. 또한, 수동으로 운전우회를 제거할 수 있는 수단을 제공한다.

#### 3) 고 대수출력준위 우회

원자로 기동시에 원자로를 출력영역으로 상승시키기 위하여 고 대수출력준위 우회를 제공한다. 이 우회는 우회설정치 이상에서 수동으로 개시할 수 있으며 출력이 우회설정치 아래로 감소하면 자동으로 제거된다. 또한, 수동으로 운전우회를 제거할 수 있는 수단이 제공된다.

#### 4) 노심보호프로세서 제어봉인출금지 우회

각 채널에서 노심보호프로세서 제어봉인출금지 입력은 출력준위가  $10^{-4}\%$  이하일 때 자동으로 우회된다. 제어봉인출금지 논리의 가압기 고압력 예비 트립은 우회의 영향을 받지 않는다.  $10^{-4}\%$  출력신호를 발생하는데 사용되는 핵계측기 비교논리의 지시계는 노외중성자속감시계통의 전면 패널에도 위치한다.

#### 나. 비교논리 트립채널우회

비교논리 트립채널 우회는 비교논리 프로세서에서 발생하는 비교논리 트립신호를 동시논리 프로세서의 동시논리 입력부분에서 우회시키는 기능이다. 각 채널에 비교논리 프로세서는 2개이므로 모든 동시논리 프로세서는 4개 채널의 총 8개 비교논리 프로세서로부터 비교논리 트립신호를 수신한다. 각 채널의 2개의 비교논리 프로세서로부터 제공되는 비교논리 트립신호를 동시논리에서 각각 우회를 시킬 수 있으며 이를 부분우회라고 한다. 해당 채널의 2개 비교논리 트립신호가 모두 부분 우회될 때 채널우회상태가 되며 동시논리는 2/3 논리가 된다.

부분우회를 시키기 위해서는 보수시험반 화면에 부분우회버튼을 누르고 기능허용 키 스위치를 조작해야 한다. 보수시험반에서 비교논리 프로세서로 제공되는 부분우회 요청신호는 비교논리 프로세서에서 기능허용 키 스위치 신호에 의해 승인된다. 기능허용 키 스위치는 보수시험반의 스위치 판넬에 설치되는 1E급 스위치이며, 실배선을 통해 비교논리 프로세서의 디지털 입력 접점신호로 직접 입력된다. 기능허용 키 스위치에 의해 승인된 부분우회 요청신호는 비교논리 프로세서에서 SDL을 통해 모든 채널의 동시논리 프로세서로 전송되고 이에 따라 각 동시논리 프로세서의 우회논리에서 해당 트립채널 입력을 동시논리 입력단에서 우회시킨다.

선택된 채널의 모든 비교논리 신호를 우회시키는 “All Bypass” 버튼이 보수시험반 화면에 제공되며 신호 전송경로와 우회논리는 변수별 비교논리 트립채널 우회와 동일하다.

공정변수 감지기 및 전송기는 위에서 논의된 트립우회를 이용하여 우회될 수 있다. 만약 감지기가 하나 이상의 비교논리에서 사용되면, 각 비교논리에 대하여 해당 감지기를 전부 우회시켜야 한다. 같은 기능에 대하여 한 번에 한 채널만 우회가 가능하다.

발전소보호계통의 개시논리 및 개시회로 출력은 우회가 불가능하다.

#### 7.2.1.1.6 연동장치

연동장치는 다음과 같다.

##### 가. 트립채널 우회 연동장치

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

연동장치는 1개의 트립 변수에 대하여 한번에 2개 채널 이상 우회시키는 것을 방지하기 위한 것이다. 트립 채널 우회시 동시논리는 2/3 논리로 전환된다. 다른 트립변수에 대해서는 1개 채널 또는 다른 채널들 간에 동시에 부분 우회할 수 있다.

### 나. 비교논리 수동시험 연동장치

보수시험반에서 실시되는 발전소보호계통 비교논리에 대한 수동시험 기능은 트립채널의 우회에 의해서 연동되어 있다. 따라서 한 번에 1개 채널만이 시험가능하다.

### 다. 동시논리 수동시험 연동장치

보수시험반에서 실시되는 발전소보호계통 동시논리에 대한 수동시험 기능은 오동작으로 인한 안전장치작동을 방지하기 위하여 한 번에 1개의 채널에서만 가능하도록 되어 있다. 이는 한 번에 2개 이상의 발전소보호계통 채널에서 시험신호가 발생하는 것을 방지한다.

### 라. 개시회로 시험 연동장치

보수시험반에서 실시되는 발전소보호계통 개시회로에 대한 시험은 오동작으로 인한 안전장치 작동을 방지하기 위하여 한 번에 1개의 채널에서만 가능하도록 되어 있다. 이는 한 번에 2개 이상의 발전소보호계통 채널에서 시험신호가 발생하는 것을 방지한다.

### 마. 출력 트립 시험연동

노외중성자속감시계통이 시험모드 또는 고장상태일 때, 노외중성자속감시계통 안전채널로부터 출력 트립 시험 연동 신호가 발전소보호계통으로 제공된다. 노외중성자속감시계통의 시험모드는 발전소보호계통으로부터 수동 시험허가 신호가 수신되어야 유효하게 된다. 출력 트립 시험 연동 신호가 감지될 때마다, 발전소보호계통의 해당 채널에서 저 핵비등이탈률과 고 국부출력밀도 트립이 발생한다.

### 바. 노심보호프로세서 시험연동

노심보호프로세서의 한 채널을 시험하기 위해 저 핵비등이탈률과 고국부출력밀도 채널트립은 반드시 우회되도록 연동되어 있다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 7.2.1.1.7 다중성

원자로보호계통의 다중설비는 다음을 포함한다.

- 가. 공정계측기에서 비교논리 프로세서까지의 4개의 독립된 채널과 제어봉집합체 위치입력은 2개의 독립된 채널
- 나. 2/4 논리를 위한 동시논리 프로세서를 갖고 있는 4개의 독립된 채널
- 다. 3개의 제어논리 경로와 3쌍의 인터포징 계전기가 있는 4개의 개시회로
- 라. 1세트로 원자로를 정지시킬 수 있는 3세트의 수동 원자로정지 누름스위치
- 마. 4개의 분리된 필수모선으로부터의 교류전원 (원자로정지차단기의 회로차단기 제어논리회로를 위한 직류전원은 4개의 분리된 축전지모선으로부터 공급을 받음)

이러한 다중성은 계통의 단일고장기준을 만족시키며, 원자로 운전중 시험할 수 있고, 2개의 트립에 대한 동시성을 가지도록 2/3 논리로 변환할 수 있다.

4개의 독립적인 다중채널로 구성된 계통은 필요에 따라서 2개의 채널까지 운전에서 제외시켜(1개 채널은 우회되고 다른 1개 채널은 트립) 작동이 가능하므로 단일고장기준을 만족한다. 이 조건(1/2 논리)에서의 유일한 운전제한은 주기시험 또는 보수를 위하여 또 다른 채널을 우회시키면 안된다는 것이다. 보수를 위한 또 다른 채널을 제거하기 전에 적어도 3개의 채널이 동작될 수 있도록 계통의 논리를 복귀시켜야 한다(원자로보호계통에 대한 운영기술지침서 참조).

### 7.2.1.1.8 다양성

계통은 공통원인에 의해 예상되는 다중채널의 고장을 최소화 할 수 있도록 설계되었다. 설계에 반영된 다양성 설계특성은 기능적 다양성을 유지하도록 공정입력신호를 아날로그 입력모듈에 할당하고, 채널 내에 2개의 비교논리 프로세서가 서로 다른 순서로 비교논리를 수행하고, 원자로정지차단기계통의 회로차단기를 분로 및 저전압 원자로정지로 개방하는 것 등이다. 공통적인 다중채널의 고장유형과 동작상태들은 심층방어와 다양성을 평가함으로써 공통고장유형에 대한 취약점이 정확하게 고려되었는지를 입증하기 위해서 분석한다. 이러한 설계는 다음 사항을 적절하게 보장한다.

- 가. 감시된 변수들은 설계기준사고시에 적절한 정보를 제공한다(설계기준사고는 7.2.2.1.1절과 7.2.2.1.2절에 나열되어 있다).

나. 기기는 요구되는 기능을 수행할 수 있다.

다. 설계기준사건에 의해 발생되거나 설계기준사건을 발생시키는 환경변화 및 제어조치와 보호조치 간의 상호작용이 사고결과에 대한 완화를 방해하지 않는다.

라. 운전요원 또는 보수요원의 실수에 의하여 계통이 운전불능상태가 되지 않는다.

마. 발전소보호는 7.8.2.1절의 설명과 같이 독립성과 다양성을 갖춘 다양성보호계통에 의해서 보장된다.

두 계통이 모두 고장 날 수 있는 공통원인을 제거할 수 있도록 발전소보호계통과 다양성보호계통은 서로 다른 하드웨어와 소프트웨어를 사용하여 설계한다.

| 2

모든 필수 안전기능과 이러한 기능을 유지할 수 있는 발전소 계통(즉, 성공 경로)과 그들을 제어할 수 있는 계측제어계통이 표 7.2-6에서 정의되고 확인된다.

바. 각 원자로정지차단기계통 회로차단기는 분로 원자로정지와 저전압 원자로정지 기기를 통해서 자동적으로 개방되는 다양한 방법으로 작동한다.

사. 원자로보호계통의 작동에 직접적으로 영향을 미치는 운전원의 실수를 방지하기 위해서 두 번 이상의 운전원 조작이 필요하도록 인간-기계연계 설계를 한다. 그 예는 7.2.1.1.5절과 7.2.1.1.6절에 설명되어 있는 우회와 연동장치논리를 들 수 있다.

또한, 부품의 추가나 채널의 추가가 유익하다는 보증이 없이는 설계시 부품 추가나 채널 추가를 하지 않는다.

#### 7.2.1.1.9 시험

원자로의 출력운전 또는 정지중에 전 원자로보호계통의 정기시험을 할 수 있는 설비가 제공되어 있다. 이 시험은 감지기 입력에서 보호계통과 원자로정지차단기까지의 트립동작을 포함한다. 계통의 보호기능은 계통시험으로 인해 방해받지 않는다. 계통설비는 KEPIC ENF-3100[해외구매 품목은 IEEE 338-1987]의 요건을 만족하고, 규제지침서 1.22, “보호계통의 주기적 기능시험”의 권고사항과 일치한다.

| 1

발전소보호계통 캐비닛의 주된 부분은 운영체제 소프트웨어에 의해 제공되는 자기진단기능과 연계시험프로세서의 응용 소프트웨어로 구현되는 정상시험에 의해 운전 중에도 건

| 2

전성이 감시된다. 연계시험프로세서가 수행하는 정상시험은 시험신호를 비교논리프로세서와 동시논리프로세서로 주입하지 않고 상태신호를 감시하여 건전성을 확인하는 피동적인 감시기능이다. 정상시험의 종류는 다음과 같다.

2

가. 각 채널신호의 오차를 감지하기 위한 채널간의 입력신호 비교(예: 미리 설정된 한계치를 넘는 채널간의 신호차이). 이를 통해 감지기와 전송기 작동상태와 아날로그/디지털 변환 기능이 정상인지 점검할 수 있다.

2

나. 채널 간 설정치 비교

다. 비교논리 입력상태에 따른 예상 출력과 비교논리 출력을 비교하여 비교논리 건전성을 확인

라. 동시논리 입력상태에 따른 예상 출력과 동시논리 출력을 비교하여 동시논리 건전성을 확인

2

마. 동시논리 프로세서 디지털 출력모듈 접점 상태 점검을 통한 디지털 출력모듈 상태 확인

수동개시 자동시험 및 수동시험 방식으로 수행되는 발전소보호계통의 주기시험은 프로세서 및 안전데이터링크통신 경로 등으로 구성된 트립 경로의 운전성과 논리의 건전성을 확인한다. 보수시험반으로부터 개시되는 수동개시 자동시험과 수동시험은 중첩되어 있으며 감지기 입력부터 원자로정지차단기까지 경로의 건전성을 확인한다(그림 7.2-16참조).

수동개시 자동시험과 수동시험은 시험신호를 주입하고 그에 따른 상태를 보수시험반 화면에서 확인할 수 있다. 중첩을 위하여 시험신호는 전단 부분의 시험을 통해 확인된 지점의 직전 부분으로 주입된다.

수동개시 자동시험과 수동 시험을 개시하기 위해서는 사전 조건 및 키 스위치 인터록이 설정되어야 한다. 시험 소프트웨어는 원자로보호계통이 트립신호를 발생하는데 영향을 주지 않도록 설계되고 검증된다.

2

시험계통은 다음 요건에 따라 설계된다.

- 안전등급 : 3
- 전기등급 : 1E
- 내진범주 : I
- 소프트웨어등급 : 안전에 중요한 등급(ITS)

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 품질등급 : Q

개별적인 시험들은 아래에 간략하게 기술되어 있다. 이러한 시험들의 수행 빈도는 운영 기술지침서에 기술되어 있다.

### 7.2.1.1.9.1 감지기 시험

원자로 운전 중 원자로보호계통의 입력을 제공하는 측정채널은 다른 채널의 측정채널과 상호검사로 점검된다. 장기간의 정지 또는 핵연료 교체시에는 측정채널을 점검하고 설정된 기준에 따라 교정한다.

Intentionally  
Blank

#### 7.2.1.1.9.2 비교논리 시험

##### 가. 수동개시 자동 비교논리 시험

비교논리가 적절하게 운전되는지를 확인하기 위하여 수동개시 자동시험을 수행한다. 시험 전에 채널우회를 하고 기능허용 키 스위치 조작을 통해 허용조건이 만족되어야 시험개시가 가능하도록 설계된다. 시험신호는 연계시험프로세서에서 실패선 신호를 통해 비교논리프로세서랙의 입력모듈로 주입되며, 시험을 통해 동시논리프로세서로 전송되는 신호경로 및 비교논리프로세서의 건전성을 확인한다. 비교논리 수동개시 자동시험은 보수시험반 화면을 통해 개시되고 한번 개시되면 모든 고정 설정치 변수에 대하여 순차적으로 수행된다.

2

2

시험은 실제의 입력신호를 시험신호로 대체하여 수행되며 시험신호는 감지기 시험에 사용된 시험결과 확인 점의 직전 단으로 주입된다. 시험신호 값이 설정치를 초과하면 비교논리는 부분 트립을 발생하여 트립상태가 모든 채널의 동시논리프로세서로 전송된다. 시험의 결과는 보수시험반을 통해 확인된다.

##### 나. 수동 비교논리 시험

수동 비교논리 시험은 운전원이 직접 시험값을 보수시험반 화면에 입력하여 개시하고 상태를 확인하는 방식으로 수행된다. 수동시험 기능은 다음의 시험으로 구성된다.

##### 1) 고정 설정치 변수에 대한 수동시험

한번에 1개의 비교논리 기능에 대하여 트립 설정치 준위까지 입력신호를 증가 또는 감소시키는 방법으로 시험을 수행한다. 보수시험반에서 수동시험 기능으로 입력신호를 변경시킬 수 있다. 시험은 한번에 1개 채널씩 수행된다. 각각의 변수에 대하여 한번에 1개 채널씩 우회가 가능하도록 우회연동기능이 제공되고 시험시 기능허용 키 스위치 조작을 통한 행정적인 제어에 의해 통제된다.

##### 2) 자동 비율제한형 가변 설정치 변수에 대한 수동시험

이러한 설정치 유형의 비교논리는 수동시험을 통해 다음을 확인할 수 있다.

a) 설정치는 증가 또는 감소하는 신호를 추적한다.

b) 설정치는 고정된 신호에 대하여 정해진 오차 내에서 고정된 값을 갖는다.

- c) 최대 설정치 및 최소 설정치는 정해진 오차 내에서 고정된 값을 갖는다.
- d) 비교논리의 트립이 일단 발생하면 설정치는 더 이상 신호값을 추적하지 않고 신호가 트립해제 준위로 복귀할 때까지 고정된 값을 갖는다.

### 3) 수동리셋형 가변 설정치 변수에 대한 수동시험

수동리셋형 가변 설정치에 대한 시험은 설정치 리셋기능을 확인한다. 설정치를 리셋하고 설정치가 정해진 만큼 자동으로 감소되는지 보수시험반을 통해 확인한다. 또한 설정치가 리셋 후 적절한 시간이 경과할 때까지는 리셋스위치를 조작해도 설정치가 변경되지 않는 것을 확인한다.

이러한 시험을 위하여 시험 중인 비교논리 신호는 우회된다. 채널 트립우회가 존재하면 선정된 변수의 동시논리는 2/3로 변경된다. 어떤 상태에서도 전체적인 보호기능은 유지된다.

#### 7.2.1.1.9.3 원자로노심보호계통 시험

각 프로세서에 대한 감지기 입력은 채널 간에 비교된다. 노심보호프로세서의 건전성을 확인하는 자기 진단 시험을 수행한다.

프로세서의 트립 기능시험은 프로세서의 일부 입력을 트립이 발생할 때까지 변화시켜 해당 트립출력이 발생하는지 보수시험반을 통해 확인한다.

| 2

노심보호프로세서에서 발생한 트립신호에 의한 트립논리의 점검은 노심보호프로세서를 트립시켜 각 비교논리의 트립 지시등을 관찰함으로써 수행한다.

#### 7.2.1.1.9.4 동시논리 시험

2/4 동시논리 및 트립채널우회논리에 대해 모든 비교논리트립의 조합을 고려하여 동시논리의 건전성을 확인하기 위하여 수동개시 자동시험을 수행한다. 동시논리 수동개시 자동시험은 보수시험반 화면을 통해 개시되고 한번 개시되면 모든 동시논리트립변수에 대하여 순차적으로 수행된다.

동시논리 수동시험은 보수시험반에서 트립변수 및 시험 입력조합을 직접 입력하는 방식으로 수행된다.

| 2

#### 7.2.1.1.9.5 원자로보호계통 개시논리 및 회로 시험

"OR" 논리로 구성된 개시논리에 대한 시험과 개시논리 출력을 확인하는 개시회로 시험은 수동개시 자동시험으로 수행된다(그림 7.2-14 참조).

2/3 논리로 구성된 개시회로의 건전성은 원자로정지차단기에 대한 시험으로 확인되며 수동시험으로 수행된다. 이 시험은 한 번에 한 채널에 대하여 하나의 개시회로와 이와 연계된 원자로정지차단기만을 시험한다. 분로(Shunt) 원자로정지와 저전압 원자로정지 기능은 따로 시험한다.

그림 7.2-14와 같이 원자로보호계통 개시회로 상단에는 동시논리 프로세서의 건전성을 감시하는 감시타이머의 출력접점으로 연결되는 감시타이머 개시회로가 연결되어 있다. 감시타이머 접점에 대한 시험은 보수시험반 시험화면에서 선택한 동시논리프로세서에 대하여 시험을 위해 박동신호를 차단함으로써 확인한다.

2

원자로보호계통 원자로정지차단기 시험은 수동으로 개시한다. 시험의 기본 취지에 따라 중요한 트립장치의 시험 및 복귀는 운전원의 입회를 요구하기 때문에 이 시험은 수동으로 개시한다. 운전원은 그림 7.2-12에 명시된 저전압 원자로정지, 분로 원자로정지 및 전류 감시기에서 상태 정보를 이용하여 차단기 원자로정지 시험의 성공 또는 실패 여부를 판단한다.

#### 7.2.1.1.9.6 수동 원자로정지 시험

수동 원자로정지는 주제어실의 4개 수동 원자로정지 누름스위치 또는 원격정지실의 2개 수동 원자로정지 누름스위치 중에서 1개를 눌러서 원자로정지차단기의 트립상태를 확인한 후, 다음 차단기의 수동 원자로정지 누름스위치를 누르기 전에 차단기를 복구시키는 방식으로 시험한다. 원자로정지차단기의 복귀는 운전원 모듈 또는 발전소보호계통 보수시험반에서 가능하다.

2

#### 7.2.1.1.9.7 우회 시험

##### 가. 운전우회 시험

운전우회는 공정변수값이 미리 설정된 범위 내에 있을 때만 운전원이 수동으로 개시할 수 있으며, 공정변수값이 미리 설정된 범위를 벗어나면 운전우회 상태를 자동으로 제거한다. 운전우회를 개시하면 비교논리 프로세서의 해당 트립기능은 작동하지 않는다. 운전우회상태는 운전원이 확인할 수 있도록 운전원 모듈 및 보수시험반에 표시된다.

운전우회 시험은 운전우회의 유효성을 확인하는 기능으로 입력이 우회가 허용되는 범위에 있는지를 확인한다. 이 시험은 비교논리 시험의 일부로서 비교논리가 운전우회 상태와 일치하는 출력을 가지는지를 확인한다. 즉, 만일 운전우회가 존재하지 않으면 비교논리는 트립될 수 있고, 운전우회가 존재하면 비교논리는 트립될 수 없다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

자동제거신호를 받는 운전우회논리는 운전우회허용논리로부터 확인한다. 이 시험은 비교논리 시험과 같은 방법으로 수행한다. 운전우회 허용논리를 시험 시 자동제거 상태가 존재할 때 운전우회가 제거되는지를 확인한다. 시험에 의한 타당한 운전우회의 제거는 운전우회의 수동 재입력이 요구된다. 운전우회 시험 시 해당 신호를 동시논리에서 우회시킨후 수행한다.

Intentionally  
Blank

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 나. 비교논리의 트립채널우회 시험

비교논리의 트립채널우회 기능은 7.2.1.1.9.2절에 기술된 비교논리 시험시 확인된다.

#### 7.2.1.1.9.8 응답시간 시험

핵연료 교체기간중에 요구되는 원자로보호계통의 응답시간 시험은 운영기술지침서에 기술되어 있다. 계통(케이블 및 감지기)과 시험 장비를 포함한 이 시험은 계통별로 또는 계통을 중첩되게 나누어 수행한다.

이 시험을 수행하는데 다음과 같은 방법을 사용한다.

#### 가. 운전 또는 정지시에 발전소 변수에 대한 교란(perturbation) 및 감시

이 방법은 저항온도검출기(원자로정지 후의 발전소 온도 감시), 원자로냉각재 펌프 속도감지기(전원공급 중단 후 펌프 감시)와 제어봉집합체 위치 리드스위치(동작중인 제어봉집합체 감시)등에 적용할 수 있음.

#### 나. 온라인 출력스펙트럼 밀도 해석

이 방법은 ANSI/ISA-S67.06-1994, "Response Time Testing of Nuclear Safety Instrument Channels in Nuclear Power Plants"에 정의된 것처럼 아날로그 감지기에 적용한다.

#### 다. 오프라인에서 계단 혹은 경사변화를 입력에 인가

이 방법은 특수한 압력시험장비, 고온의 기름이 담겨 있는 용기, 또는 고온의 모래상자를 이용하여 감지기의 응답시간을 시험하는 데 적용할 수 있고 또한 특수한 전기시험장치에 의하여 전자장비 및 논리회로의 응답시험을 시험하는데 적용한다.

#### 라. 작동되는 기기의 운전 및 감시

이 방법은 제어논리 및 차단기를 포함하며 제어봉구동장치에 적용된다.

#### 마. 감지기에서 작동기기까지의 계통시험은 상기의 기술을 조합하여 사용

이 방법은 예를 들어 시험 장치에서 계단입력을 감지기에 입력시켜 제어봉이 낙하할 때까지의 전 시간을 측정하는데 사용한다.

바. 제거된 부품에 대한 공장시험 또는 실험실시험

이 방법은 모든 기기에 적용된다.

여러 가지의 트립에 대한 표 15.0-2에 나열된 트립 지연시간은 상기 방법을 사용하여 확인할 수 있다. 특히, 각 트립에 적용하는 방법은 다음과 같다.

가. 고 대수 및 가변 과출력 준위 : 나, 다, 마 또는 바

나. 저 핵비등이탈률 및 고 국부출력밀도 : 가, 다, 마 또는 바

다. 가압기 고압력, 가압기 저압력, 증기발생기 저수위, 증기발생기 저압력, 증기발생기 고수위, 원자로냉각재 저유량 및 원자로건물 고압력 : 나, 다, 마 또는 바

원자로보호계통은 시험 장비를 쉽게 연결할 수 있도록 설계되어 있다. 압력전송기 및 차압전송기의 계측선로와 연결할 수 있는 시험선과 커넥터 혹은 터미널과 연결을 쉽게 할 수 있도록 시험위치를 하드웨어 설계에 고려하고 있다. 공장 또는 실험실에서 수행된 시험 결과가 발전소 운전원에게 제공되어 실제 현장 자료와 상관된다.

#### 7.2.1.1.10 필수계측전원

필수계측전원은 8장에 기술되어 있다.

#### 7.2.1.1.11 계통의 배치

원자로보호계통 기기는 본 장에 기술된 격리, 독립성 및 다른 기준을 만족할 수 있도록 배치된다. 안전성관련 기기는 필요에 따라 보수, 시험 및 운전을 위하여 접근이 가능하도록 배치된다.

발전소보호계통 및 원자로정지차단기계통 계측제어 캐비닛의 다중 채널 및 디비전은 격리된 계측제어기기실에 위치한다.

| 2

계측제어기기실 및 원자로보호계통 배치는 주제어실과 원격정지실 간의 제어 전환이 7.4.1.1.10절 및 7.7.1.3절에 기술된 것처럼 이루어질 수 있도록 독립성을 유지한다.

7.2.1.2 설계기준

원자로보호계통은 예상운전과도사건시에 핵연료, 핵연료 피복재와 원자로냉각재계통 경계가 적절하게 보호됨을 보장할 수 있도록 설계된다. 또한, 원자로보호계통은 사건의 결과를 완화시키는데 있어서 공학적안전설비작동계통을 보조하도록 설계된다. 이러한 설계기준이 만족되는 것을 보장하기 위하여 운영기술지침서에 정의된 운전제한조건 내에서 원자로가 유지되어야 한다.

보호기능의 적절한 기능을 보장하기 위하여 이 계통은 다음과 같은 기준에 따라 설계된다.

가. 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 및 10 CFR 50 부록 A, "General Design Criteria for Nuclear Power Plants"의 적용기준에 따라 설계된다 (7.2.2.3.1절 참조).

나. 원자로보호계통은 안전계통의 설계기준을 제시하고 있는 KEPIC ENB-1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998)의 4절에 기술된 설계기준을 준수한다. 이 장에서는 KEPIC ENB-1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998)의 4절에 대한 설계기준이 어떻게 적용되는가를 기술한다. 다음의 머리 문자(숫자)는 IEEE 603-1998, 4절의 문자(숫자)와 일치한다.

a) 각 사고시의 초기 조건 및 허용 제한치와 함께 발전소의 각 운전 모드에 적용 가능한 설계기준사건

원자로보호계통은 예상운전과도사건시에 핵연료, 핵연료 피복재와 원자로냉각재계통압력경계가 적절하게 보호됨을 보장할 수 있도록 설계된다. 또한, 원자로보호계통은 사건의 결과를 완화시키는데 있어서 공학적안전설비작동계통을 보조하도록 설계된다.

각 설계기준사건은 7.2.2.1.1절 및 7.2.2.1.2절에 기술되어 있다.

설계기준사건 분석시 고려된 주요 공정변수에 대한 초기조건은 표 15.0-3, "초기조건"에 기술되어 있다.

각 설계기준사건 및 사고의 허용 제한치는 15장에 기술되어 있다.

원자로정지를 요구하는 발전소 상태는 표 7.2-4, "원자로보호계통 설계입력"에 기술되어 있다.

b) 각 설계기준사건에 대한 작동설비의 안전기능 및 대응하는 보호동작

a) 항에 기술된 설계기준사건에 대한 원자로보호계통의 안전기능 및 대응하는 보호동작은 원자로정지로 7.2.2.2절에 기술되어 있다.

c) 운전우회를 위한 허용조건

원자로보호계통의 운전우회 종류(명칭 및 기능), 허용 및 제거조건은 표 7.2-1, “원자로보호계통의 우회”에 기술되어 있다.

d) 보호동작을 제공하기 위해 감시되고 있는 변수

감시되고 있는 변수는 표 7.2-4, “원자로보호계통 설계입력”에서 제공되고 있다.

원자로보호계통은 예상운전과도사건 및 제한사고시에 적절한 보호기능을 취하기 위하여 다음의 발전소 주요 변수들을 감시한다.

- 노심출력(중성자속)
- 노심 내의 냉각재 채널의 핵비등이탈률
- 노심 내의 핵연료핀의 침두국부출력밀도
- 증기발생기 수위
- 원자로냉각재 유량
- 증기발생기 압력
- 원자로건물 압력
- 가압기 압력

발전소의 정상운전시에 보호동작이 개시되지 않도록 설계된다. 감지기와 신호처리의 지연시간 및 오차를 계산하여 적절한 보호동작이 제공될 수 있도록 트립설정치가 선택된다. 15장의 사고해석에서 사용된 트립 지연시간과 분석설정치는 표 7.2-7 및 15.0-2에 제시되어 있다.

15장 사고해석에서 사용된 원자로보호계통의 감지기 응답시간, 트립 지연시간 및 분석설정치는 원자로보호계통과 관련된 계측설비가 동작될 때의 값이다. 이러한 값들은 15장에서 기술된 과도상태 해석에서 사용된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

실제 원자로보호계통의 장비오차, 응답시간, 트립 지연시간은 원자로보호계통과 관련 계측장비에 대한 계산 및 시험으로부터 얻어진다. 검증된 계통오차는 오차 및 부정확도를 보수적으로 합산하여 의도하는 기능이 적절히 수행되는가를 확신할 수 있도록 원자로보호계통의 모든 설정치를 정할 때 사용한다.

### e) 보호동작의 수동개시와 제어가 허용될 수 있는 최소한의 기준

#### 1) 수동 제어가 허용되는 시점 및 발전소 상태

사고 발생 후 30분까지는 수동 제어가 허용되지 않는다. 각 사고 및 사건에 대한 가정, 초기조건, 사건경위 및 발전소 상태는 15장 사고해석에 기술되어 있다. 원자로보호계통의 개시 후 수동제어는 발전소 상태에 따라 수립된 비상운전절차에 따라 수행된다.

#### 2) 수동으로만 개시 또는 개시 후 제어가 필요한 경우에 대한 타당성

원자로보호계통은 수동개시만으로 보호동작이 수행되도록 설계되지 않는다.

#### 3) 수동 운전이 수행되는 정상, 비정상, 사고 상황에서 운전원에게 부과되는 환경조건의 범위

수동 운전시의 주제어실 환경 조건은 6.4절, “주제어실 거주성”에 기술되어 있다.

#### 4) 수동 조치를 수행하기 위해 운전원에게 제공되어야 하는 위 d) 항에 해당되는 변수

수동조치를 위해 운전원에게 제공되는 상기 d) 항에 해당하는 변수 목록은 표 7.5-1, “안전성관련 발전소 공정표시계측”에 기술되어 있다.

### f) 설치위치에 제약을 받는 d) 항의 변수들에 대한 감지기의 최소 수량과 위치

d) 항의 변수를 감시하기 위해 요구되는 감지기 숫자 및 위치는 표 7.2-3, “원자로보호계통의 감지기”에 기술되어 있으며, 이중 냉각재 고온관 온도를 측정하기 위한 정밀 저항온도 검출기 위치는 온도차로 인한 냉각재 전송 효과 및 고온관 내의 온도분포(열성층 현상)가 적절히 측정되도록 배

치된다.

- g) 계통이 수행하여야 할 정상, 비정상, 사고조건시 환경과 전원의 과도 및 정상상태 조건의 범위

원자로보호계통 기기는 3.11절, “내환경 및 검증”에 기술된 환경조건을 만족하기 위하여 IEEE 323-2003에 따라 검증된다. 또한, 계통은 8.3절, “소내전력계통”에 기술된 전기 지원계통의 최악 조건하에서도 본래의 기능을 수행할 수 있어야 한다.

- h) 안전계통성능의 기능적 저하 가능성을 갖는 조건

원자로보호계통의 논리회로는 계통 성능을 저하시킬 수 있는 다음과 같은 조건을 고려하여 설계된다.

- 측정 채널의 전원상실 등 계통 내 단일 고장을 고려하여 4개 채널로 설계되어 계통 오작동 및 안전기능 상실을 방지한다. | 2
  - 3.10 절에 기술된 내진조건하에서 원자로보호계통이 본래의 기능을 수행할 수 있음을 입증하기 위하여 KEPIC END-2000[해외구매 품목은 IEEE 344-1987(재확인 1993)]에 따라 검증된다.
  - 3.11절에 기술된 환경조건하에서 원자로보호계통이 본래의 기능을 수행할 수 있음을 입증하기 위하여 IEEE 323-2003에 따라 검증된다.
  - 전기적 서지, 전자기파 장애(EMI), 무선 주파수 장애(RFI) 및 정전기방전(ESD) 환경에서 계통 기기들이 적절히 동작하는지를 확인하기 위하여 수립된 시험계획에 따른 전자기파 적합성(EMC) 시험이 수행된다. | 2
- 운전환경 또는 설계의 고유한 특성을 기준으로 장비에 대한 검증이 실시된다. 전자기파 장애 검증 시험은 규제지침서 1.180, 개정 1, “Guidelines for Evaluating Electromagnetic and Radio-frequency interference in Safety-related Instrumentation and Control Systems” 및 IEC 61000-4-2, “Electromagnetic Compatibility(EMC) - Part 4: Testing and Measurement Techniques, section 2: Electrostatic Discharge Immunity Test”의 요건에 따라 수행된다. 방사성 및 전도성 전자기파 장애를 검증하기 위한 기준준위가 설정된다. | 2

- i) 안전계통의 신뢰도가 그 설계에 적절한지를 결정하는데 사용된 방법

원자로보호계통에 대한 신뢰도는 표 7.2-5, “발전소보호계통 고장유형 및 영향분석”에 기술되어 있다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### j) 설계기준사건 발생 후 원자로보호계통의 정상 복귀 시점과 적절한 완결을 규정하는 시점

#### 1) 안전계통의 보호동작이 개시되는 시점 및 발전소 상태

원자로 정지가 개시되는 시점(트립설정치)은 표 7.2-4, “원자로보호계통 설계입력”에 기술되어 있으며, 보호동작의 개시를 유발하는 초기사건 및 빈도는 표 15.0-5에 기술되어 있다.

#### 2) 안전기능의 적절한 완료를 정의하는 시점 및 발전소 상태

원자로보호계통의 안전기능의 완료시점은 제어봉집합체가 노심에 완전히 삽입되어 있는 시점까지를 의미한다. 이때 발전소는 다음과 같은 상태를 유지하는 것을 의미한다.

- 노심의 반응도는 기술지침서에 상응하는 충분한 여유도를 갖고 미임계 상태를 유지하고,
- 제어된 냉각수로 노심 붕괴열을 제거하여 노심과 냉각재계통의 열적 설계제한치를 초과하지 않으며,
- 상기 조건을 유지하기 위한 필수기기와 계통이 설계 범위 내에서 운전되고 있으며,
- 소외선량을 허용기준 내에 유지하기 위한 기기 및 계통이 적절히 운전되고 있는 상태를 의미한다.

#### 3) 보호동작의 자동제어를 요구하는 시점 및 발전소 상태

15장 사고해석의 경우 사건 발생 후 30분 동안은 보호동작의 수동제어를 고려하지 않으며 사고분석 결과에 근거하여 보호계통의 자동 제어 시점(원자로트립설정치 (표 7.2-4 참조))이 설정되고 발전소 상태를 j, 2)항의 조건으로 유지하기 위해 설정치 도달시 보호계통의 자동동작이 요구된다.

#### 4) 안전계통의 정상 상태 복귀가 허용되는 시점 및 발전소 상태

발전소가 상기 j, 2)항의 조건에서 운전되고 있을 경우 안전계통의 정상상태 복귀가 허용된다.

### k) 안전계통이 안전기능을 수행하는 것을 방해하는 기기보호설비

안전기능 수행을 방해하는 기기보호설비는 존재하지 않는다.

### l) 안전계통에 적용되어야 하는 기타 설계기준 (다양성, 연동, 규제 기준)

계통은 공통원인에 의해 예상되는 다중채널의 고장이 제거될 수 있도록

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

설계된다. 다양성 설계기준은 7.2.1.1.8절, “다양성”에 기술되어 있다.

원자로보호계통은 한 개의 트립기능에 대하여 한 번에 한 채널씩 우회시키는 연동장치를 포함한다. 연동에 대한 설명은 7.2.1.1.6절, “연동장치”에 기술되어 있다.

원자로보호계통에 대한 규제기준과의 적합성은 7.1.2절, “안전기준의 구분”에 기술되어 있다.

### 7.2.1.3 계통도면

원자로보호계통에 관련된 측정채널 블록선도, 신호 논리, 블록선도 및 시험회로도 등 그림 7.2-1에서 그림 7.2-30에 나타나 있다.

### 7.2.2 분석

#### 7.2.2.1 개요

원자로보호계통은 다음과 같은 보호기능을 제공하도록 설계된다.

가. 규정된 예상운전과도사건중에 허용 가능한 원자로냉각재계통 및 핵연료 설계 제한치가 초과되지 않도록 자동 보호동작을 개시한다.

나. 제한사고(limiting fault)시에 사고의 결과를 완화시키는 공학적안전설비계통을 보조하기 위하여 자동 보호동작을 개시한다.

원자로보호계통에서 제공되는 원자로정지에 대한 설명은 7.2.1.1.1절에 기술되어 있다. 7.2.2.2절에는 원자로보호계통의 모든 원자로정지에 관한 기준을 기술하고 표 7.2-4에는 적용 가능한 공칭 트립설정치가 기술되어 있다.

원자로보호계통 트립의 일부는 단일변수 트립이다(즉, 측정된 단일변수를 고정설정치와 비교하여 트립신호를 발생한다). 단일변수 범주에 속하지 않는 원자로보호계통 트립은 다음과 같다.

가. 가압기 저압력 트립

이 트립은 측정되는 가압기 압력의 함수로서 설정치가 결정되거나, 운전원이 설정치를 변경할 수 있다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 나. 증기발생기 저압력 트립

이 트립은 측정된 증기발생기 압력의 함수로서 결정되거나, 운전원이 설정치를 변경할 수 있다.

### 다. 고국부출력밀도 트립

이 트립은 여러 개의 측정된 변수를 이용하여 계산한다.

### 라. 저 핵비등이탈률 트립

이 트립은 여러 개의 측정된 변수를 이용하여 계산한다.

### 마. 가변 과출력 트립

이 트립은 증가 또는 감소하는 방향으로 자동 추적하는 가변설정치를 갖는다. 중성자속 출력의 증가 변화율은 미리 정해진 설정치 여유도 및 설정치 추적률에 의해 제한된다. 고정된 고 설정치도 갖는다.

### 바. 원자로 냉각재 저유량 트립

이 트립은 증가 또는 감소하는 방향으로 자동 추적하는 가변설정치를 갖는다. 증기발생기 1차측 압력차의 감소 변화율 입력신호는 미리 정해진 설정치 여유도 및 설정치 추적률에 의해 제한된다. 고정된 저 설정치도 갖는다.

저 핵비등이탈률과 고 국부출력밀도 트립은 노심보호프로세서에서 제공한다. 원자로보호계통의 모든 트립은 트립정보 및 예비 트립정보를 발생시킨다. 예비 트립정보는 트립조건에 가까워짐을 운전원에게 주의시키기 위한 것이며 발전소 안전평가에는 영향이 없다.

원자로보호계통의 각 트립설정치는 대응되는 트립의 기능과 일치하도록 선정된다. 저 핵비등이탈률과 고 국부출력밀도 트립을 제외한 원자로보호계통의 모든 트립설정치의 적절성은 15장에 기술된 바와 같이 관련 계통의 과도상태 해석을 통하여 확인한다. 이러한 해석에는 대응되는 트립기능과 관련된 계통 지연시간 및 해석설정치(가정된 트립 개시점)가 이용된다. 계측오차와 해석 설정치는 운영기술지침서에 기술되는 최종 기기설정치를 계산하는 근거가 된다. 트립 지연시간의 제한치는 15장에 기술되어 있다. 이러한 지연시간 및 오차는 7.2.1.2절에서 기술하는 방법에 의해 확인한다.

저 핵비등이탈률 및 고 국부출력밀도 트립의 적절성은 정적 해석 및 동적 해석의 조합에 의하여 검증되었다. 이러한 해석에 의해 저 핵비등이탈률 트립 및 고 국부출력밀도 트립

기능이 수행됨을 보증하고 15장의 안전해석에서 가정된 노심보호프로세서의 응답시간에 대한 타당성이 제공된다. 이것은 이들 두 개의 트립에서 사용된 알고리즘이 발전소 성능 평가에 사용되는 방법, 모델 및 전산프로그램으로부터 얻은 결과와 비교해서 보수적인 결과를 예시한다는 것을 검증함으로써 이루어진다. 이러한 검증은 트립 지연시간 이외에 이들 두 개의 트립과 관련된 계측장비의 오차 및 부정확도를 고려하며, 예상운전 과도사건의 결과가 규정된 허용 가능한 핵연료설계제한치를 초과하지 않음을 보장한다.

| 1

#### 7.2.2.1.1 예상운전과도사건

계통에 의해 수용 가능한 예상운전과도사건은 발전소 수명기간 동안에 1번 이상 발생하는 것이다. 특히 고려해야 될 사건은 보호동작이 요구되는 과도상태를 유발시키는 단일 기기 또는 제어계통의 고장이다.

다음의 핵연료 및 원자로냉각재 압력경계의 설계제한은 예상운전과도사건에 대한 원자로 보호계통 설계에 사용된다.

- 가. 노심 내의 냉각재채널의 핵비등이탈률은 안전제한치보다 커야 한다.
- 나. 노심 내의 핵연료핀의 선형열발생률은 안전제한치보다 작아야 한다.
- 다. 원자로냉각재계통의 압력은 설정된 압력경계 제한치를 초과해서는 안된다.

다음의 예상운전과도사건은 계통 설계요건을 결정하기 위하여 사용되었다.

| 2

가. 아래 사항을 포함하는 제어봉집합체 그룹의 인출 또는 삽입

- 1) 제어봉집합체 그룹의 제어되지 않는 연속적인 인출
- 2) 제어봉집합체 그룹의 인출 및 삽입의 순서 어긋남
- 3) 제어봉집합체 그룹의 과도한 연속적인 삽입

나. 아래 사항을 포함하는 제어봉집합체 부그룹의 인출 또는 삽입

- 1) 제어봉집합체 한 부그룹의 제어되지 않는 인출 혹은 삽입
- 2) 제어봉집합체 한 부그룹의 낙하
- 3) 선정된 제어봉집합체 그룹을 구성하는 제어봉집합체 부그룹들의 배열이 틀림

다. 아래 사항을 포함하는 단일 제어봉집합체의 삽입

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 1) 단일 제어봉집합체의 제어되지 않는 삽입
- 2) 낙하한 전강 또는 부분강 1개의 제어봉집합체
- 3) 고정적으로 잘못 배열된 1개의 제어봉집합체
- 4) 그룹 내의 다른 제어봉집합체는 이동하는 반면, 1개의 제어봉집합체가 움직이지 않음

라. 제어되지 않는 봉소회석

마. 2차계통의 오동작에 의한 과도한 열제거

바. 원자로냉각재펌프의 전원 상실에 의한 원자로냉각재 유량의 변화

사. 예상된 단일 제어계통의 오동작에 의한 원자로냉각재계통의 예기치 않은 가압 또는 감압

아. 부적절한 급수유량, 외부 부하상실 또는 터빈정지에 의한 증기계통과 원자로냉각재계통 간의 정상적인 열전달 상태 변화

자. 발전소 보조 장비의 교류전원의 완전한 상실

차. 1개의 주증기격리밸브의 급작스런 닫힘에 의한 증기발생기의 불균형적 과도상태

카. 제어되지 않는 축방향 제논진동

타. 100 % 출력에서 2차측 안전밸브의 예기치 않은 작동에 의한 감압

### 7.2.2.1.2 제한사고

계통이 조치를 취해야 할 사고는 여러 발전소의 수명기간에 한 번 정도 발생할 수 있는 예기치 않은 사건, 그리고 예기치 않은 사건과 발생할 것으로 예상하지 못한 계통의 저하가 결합되어 발생하는 사건이다. 이러한 제한사고 대부분의 결과는 공학적안전설비계통에 의해 제한되며, 원자로보호계통은 이러한 사고의 상태를 완화하기 위하여 보호작동으로 보조한다. 원자로보호계통이 보호작동으로 보조하는 제한사고는 다음과 같다.

가. 원자로냉각재계통의 배관 파단

나. 다음을 포함하는 제어봉집합체 사건

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 1) 단일 제어봉집합체의 이탈
- 2) 단일 제어봉집합체의 제어되지 않은 인출

다. 증기계통의 배관 파단

라. 급수계통의 배관 파단

마. 원자로냉각재펌프축 고착

바. 원자로건물을 관통하는 원자로냉각재압력경계로부터의 배관 파단

사. 원자로냉각재펌프축 전단

아. 증기발생기 전열관 파단

자. 100 % 출력에서 1차측 안전밸브의 예기치 않은 작동에 의한 감압

### 7.2.2.2 트립 기준

원자로보호계통은 네 개의 각 채널마다 15개의 트립논리로 구성되며, 2개의 같은 트립 신호의 동시성을 이용하여 요구되는 자동 보호동작을 개시한다.

각 트립에 대한 입력 및 트립의 목적은 7.2.2.2.1절에서 7.2.2.2.12절까지 간략히 기술되어 있다.

#### 7.2.2.2.1 가변 과출력 트립

가. 입력

노외중성자속감시계통의 중성자속 출력

나. 목적

단일 제어봉집합체 이탈 제한사고시에 공학적안전설비계통을 보조하기 위한 원자로정지를 제공한다.

#### 7.2.2.2.2 고 대수출력준위 트립

가. 입력

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 노외중성자속감시계통의 중성자속 출력

#### 나. 목적

가용성 붕소농도의 회석 또는 제어봉집합체의 제어되지 않는 인출에 의한 트립 상태에서의 예기치 않은 임계 도달시 핵연료피복재 및 원자로냉각재계통의 경계에 대한 건전성을 보장한다.

만약, 제어봉집합체들이 인출되어 있으면 자동 원자로정지 동작이 개시된다. 모든 제어봉집합체들이 삽입되면 예기치 않은 임계 도달시 적절한 동작을 취하도록 운전원에게 주의시키기 위하여 정보를 제공한다.

#### 7.2.2.2.3 고 국부출력밀도 트립

##### 가. 입력

- 1) 노외중성자속감시계통으로 부터의 중성자속 출력 및 핫핀 축방향 출력분포
- 2) 제어봉집합체 위치신호로부터 계산된 반경방향 침투계수
- 3) 냉각재 온도, 압력 및 유량 측정에 의한  $\Delta T$  출력
- 4) 한 부그룹 내의 제어봉집합체 편차에 대한 제어봉집합체프로세서로부터의 페널티 값
- 5) 부그룹 편차 및 그룹의 순서오류에 대하여 노심보호프로세서 내에서 제공되는 페널티 값

##### 나. 목적

예상운전과도사건시에 노심 내 핵연료핀의 선형 열출력(W/cm)을 핵연료 설계 제한치 이상으로 초과하는 것을 방지한다.

#### 7.2.2.2.4 저 핵비등이탈률 트립

##### 가. 입력

- 1) 노외중성자속감시계통의 중성자속출력 및 핫핀 축방향 출력분포
- 2) 가압기 압력측정에 의한 원자로냉각재계통의 압력
- 3) 냉각재 온도, 압력 및 유량 측정값에 의한  $\Delta T$  출력
- 4) 제어봉집합체 위치신호로부터 계산된 반경방향 침투계수
- 5) 원자로냉각재펌프 속도와 온도에 따른 냉각재 질량유량

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 6) 원자로냉각재 저온관 온도측정에 의한 노심입구온도
- 7) 한 부그룹 내의 제어봉집합체 편차에 대한 제어봉집합체프로세서로부터의 페널티 값
- 8) 부그룹 편차 및 그룹 순서오류에 대한 노심보호프로세서 내에서 제공되는 페널티 값

### 나. 목적

예상운전과도사건시에 노심 내 냉각재 채널에서의 핵비등이탈률이 핵연료 설계 제한치를 초과하는 것을 방지하며, 원자로건물 외부의 증기관파단, 증기발생기 세관파단 및 원자로냉각재펌프축고착 제한사고의 결과를 완화시키는 공학적안전설비를 보조하기 위하여 원자로를 정지시킨다.

#### 7.2.2.2.5 가압기 고압력 트립

##### 가. 입력

가압기 협역의 압력 측정에 의한 원자로냉각재 압력

##### 나. 목적

원자로냉각재계통을 과압 시킬 수 있는 예상운전과도사건에 대하여 원자로냉각재계통 경계면의 건전성을 보장하기 위한 것이다.

#### 7.2.2.2.6 가압기 저압력 트립

##### 가. 입력

가압기 광역의 압력 측정에 의한 원자로냉각재 압력

##### 나. 목적

계통의 감압사고 및 냉각재유량상실사고시에 원자로를 정지시켜 공학적안전설비계통을 보조하기 위한 것이다.

#### 7.2.2.2.7 증기발생기 저수위 트립

##### 가. 입력

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

광역 차압 측정에 의한 각 증기발생기 하향 유로 부분의 수위

### 나. 목적

증기발생기 수위량의 감소 사건시에 원자로로부터 발생하는 열을 제거하기 위해 보조급수펌프를 작동시킬 충분한 시간을 보장하기 위하여 공학적안전설비계통을 보조하도록 원자로를 정지시킨다.

#### 7.2.2.2.8 증기발생기 저압력 트립

### 가. 입력

각 증기발생기의 증기압력

### 나. 목적

증기관과단사고시에 공학적안전설비계통을 보조하기 위하여 원자로를 정지시킨다.

#### 7.2.2.2.9 원자로건물 고압력 트립

### 가. 입력

원자로건물 내부의 압력

### 나. 목적

원자로건물 내의 과압력에 의한 안전주입의 개시와 더불어 원자로를 정지시킴으로써 공학적안전설비를 보조한다.

#### 7.2.2.2.10 증기발생기 고수위 트립

### 가. 입력

협역 차압 측정에 의한 각 증기발생기 하향 유로 부분의 수위

### 나. 목적

증기발생기 고 수위에 의한 주증기격리의 개시와 더불어 원자로를 정지시킴으

로써 공학적안전설비를 보조한다.

#### 7.2.2.2.11 원자로냉각재 저유량 트립

가. 입력

증기발생기 1차측 양단에서 측정된 압력차

나. 목적

원자로냉각재펌프 회전자 고착사고, 원자로냉각재펌프축 파손사고 및 주증기관 파단사고시 원자로정지를 개시한다.

2

#### 7.2.2.2.12 수동 원자로정지

가. 입력

주제어실에 2세트, 원격정지반에 1세트의 독립된 원자로정지 누름스위치

나. 목적

운전원이 원자로를 정지시킬 수 있도록 수동 원자로정지 기능을 제공한다.

#### 7.2.2.3 설계

##### 7.2.2.3.1 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 및 일반설계기준

원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 및 10 CFR 50 부록 A, "General Design Criteria for Nuclear Power Plant"는 경수형 원자력발전소에 대한 기본적인 설계기준을 위한 최소 요건을 설정하고 있다. 본 절에서는 원자로보호계통에 적용되는 요건들을 어떻게 만족하는가를 기술한다.

2

규칙 제12조 및 기준 1 - 품질표준 및 기록 : 적합성에 대한 것은 3.1.8절 참조

2

규칙 제13조 및 기준 2 - 자연현상에 대비한 보호 설계기준 : 적합성에 대한 것은 3.1.9절 참조

2

규칙 제14조 및 기준 3 - 화재방호 : 적합성에 대한 것은 3.1.10절 참조

2

규칙 제15조 및 기준 4 - 환경 및 비산물에 대한 설계기준 : 적합성에 대한 것은 3.1.11절 참조

2

규칙 제16조 및 기준 5	-	구조물, 계통 및 기기의 공유 : 적합성에 대한 것은 3.1.12절 참조	2
규칙 제17조 및 기준 10	-	원자로설계 : 적합성에 대한 것은 3.1.13절 참조. 정상운전 값과 트립설정치 간의 전형적인 여유도는 표 7.2-4에 기술되어 있다.	2
규칙 제19조 및 기준 12	-	원자로출력 진동의 억제 : 적합성에 대한 것은 3.1.15절 참조. 축방향 출력분포는 원자로보호계통에 의해 지속적으로 감시되며 저 핵비등이탈률 트립과 고 국부출력밀도 트립에 이용된다. 이러한 것은 축방향 출력진동사건시에 허용 가능한 핵연료 설계제한치가 초과되지 않도록 한다. 트립 계산 시 입력된 방위각출력경사도가 고려되며, 노심은 입력된 방위각출력경사도 이내에서 운전이 허용된다.	2
규칙 제20조 및 기준 13	-	계측 및 제어 : 적합성에 대한 것은 3.1.16절 참조	2
규칙 제22조 및 기준 15	-	원자로냉각재계통 설계 : 적합성에 대한 것은 3.1.18절 참조	2
규칙 제23조 및 기준 16	-	원자로건물 설계 : 적합성에 대한 것은 3.1.19절 참조	2
규칙 제25조 및 기준 19	-	제어실: 적합성에 대한 것은 3.1.21절 참조. 발전소의 안전운전에 필요한 원자로 상태감시 및 제어기능이 주요변수지시 및 경보계통, 정보처리계통 그리고 운전원 모듈을 통해 주제어실에 제공된다.	2
규칙 제26조 및 기준 20	-	보호계통의 기능 : 적합성에 대한 것은 3.1.22절과 7.2.2.1절 참조	2
규칙 제26조 및 기준 21	-	보호계통의 신뢰도 및 시험성 : 적합성에 대한 것은 3.1.22절과 7.2.2.3.3절 참조	2
규칙 제26조 및 기준 22	-	보호계통의 독립성 : 적합성에 대한 것은 3.1.22절과 7.2.2.3.2절 참조	2
규칙 제26조 및 기준 23	-	보호계통의 고장유형 : 적합성에 대한 것은 3.1.22절과 7.2.2.4절 참조	2

규칙 제26조 및 기준 24	- 보호계통과 제어계통 간의 격리 : 적합성에 대한 것은 3.1.22절과 7.2.2.3.2절 참조	2
규칙 제26조 및 기준 25	- 반응도제어 오동작에 대한 보호계통의 요건 : 적합성에 대한 것은 3.1.22절 참조	2
규칙 제26조 및 기준 29	- 예상운전과도사건에 대한 보호 : 적합성에 대한 것은 3.1.22절 참조	2

#### 7.2.2.3.2 기기설계기준

KEPIC ENB-1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998, "IEEE Standard Criteria for Safety Systems for Nuclear Power Generating Stations")은 원자로보호계통의 안전성관련 기능의 성능 및 신뢰도에 대한 최소 요건을 규정하고 있다. 본 절에서는 KEPIC ENB-1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998)의 5, 6 및 7절에 대한 요건이 어떻게 만족되는가를 기술한다. 다음의 표제번호는 IEEE 603-1998의 절 번호와 일치한다.

원자로보호계통은 발전소 및 핵연료 설계제한치 이내의 준위까지 핵연료, 핵연료 피복재 및 냉각재 상태를 제한할 수 있도록 설계한다. 계측 성능 특성, 응답시간 및 정확도는 특정한 기능에 대한 적절성과 부응성을 고려하여 선정한다. 트립설정치는 계통의 변수를 해석하여 설정한다. 계측의 부정확성, 비교논리의 트립시간, 제어봉집합체 낙하시간 및 회로차단기 트립시간을 계통설계에 고려한다.

#### “5.1 단일고장기준”

원자로보호계통은 계통 내의 어떠한 단일고장도 계통 수준의 적절한 보호동작을 방해하지 않도록 설계된다. 단일고장은 한 원자로정지 기능에 관련된 4개의 보호채널 중 2개 이상의 채널에 영향을 미치지 않는다. 계통 내의 배선은 개방되거나 단락된 회로를 포함한 어떤 단일고장도 보호계통의 동작을 방해하지 않도록 그룹으로 구성한다. 각 캐비닛에 연결되는 신호선 및 전원선은 가능한 상호작용을 최소화하기 위하여 각 계통의 각 채널별로 분리하여 배선되고 보호된다. 원자로보호계통 설계에 고려되는 단일고장은 표 7.2-5에 나타난 고장유형 및 영향분석에 기술되어 있다.

#### “5.2 보호동작의 완료”

계통은 일단 개시된 보호동작(원자로정지)은 완료되도록 설계한다. 트립상태를 해제하고 운전상태로 복귀하기 위해서는 운전원이 조치를 취해야 한다. 정지회로차단기가 개방될 때 보호동작을 개시한다. 제어봉집합체가 완전히 삽입될 때 보호동작은 완료된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### “5.3 품질관리”

원자로보호계통은 KEPIC QAP(해외구매 품목은 ASME NQA-1-1994)에 따라서 설계, 제조, 설치, 시험, 운전 및 유지된다. 디지털 컴퓨터 안전기기 및 소프트웨어는 KEPIC ENB-6370(해외구매 품목은 IEEE 7-4.3.2)의 5.3절에서 요구하는 품질요건에 따라 설계된다.

보호기능을 수행하는 원자로보호계통의 컴퓨터계통 하드웨어는 품질등급 Q로 지정되어 있다. 소프트웨어 개발, 소프트웨어 툴, 확인 및 검증과 형상관리 등을 포함하는 원자로 보호계통의 소프트웨어와 하드웨어의 통합은 소프트웨어프로그램매뉴얼(Software Program Manual)에 기술된 요건에 따라 구현된다.

### “5.4 기기검증”

원자로보호계통은 3.10절과 3.11절에 기술된 방법에 따라서 내진성 및 내환경성이 검증된다. 전자기파 장애 검증시험은 규제지침서 1.180, 개정 1의 요건에 따라 수행된다.

### “5.5 계통 건전성”

부품의 표본시험, 감지기와 채널의 분리 및 케이블의 검증은 발생 가능한 최악의 환경, 공급전력, 오동작 및 고장 상태하에서도 채널들이 요구된 기능을 유지하는 것을 보장하기 위하여 사용한다. 어떤 1개 채널의 상실 또는 손상이 원자로보호계통의 보호동작을 방해하지는 않는다. 1개의 신호선이 잘못 연결되거나 고장이 나더라도 보호계통의 동작을 방해하지 않도록 감지기들이 연결되어 있다. 원자로건물에 위치한 전송기는 의도된 기능을 수행할 수 있도록 설계한다. 제한사고 동안 또는 후에 동작되어야 하는 부품은 일정한 시간 동안 가장 심한 제한적 환경에서 기능이 유지되는지 검증된다. 표본시험의 결과로 이것을 확인하는데 사용한다.

정해진 시간 내에 보호기능이 완료되도록 하기 위해 설치 전후에 계통응답시험을 수행한다. 원자로보호계통은 컴퓨터계통의 건전성을 고려한 설계와 시험 및 교정을 위해 IEEE 7-4.3.2에 기술된 요건을 만족한다. 진단 기능에 의해 감지될 수 있는 하드웨어와 소프트웨어의 치명적 결함이 발생하였을 때에는 개시신호를 발생시키거나 정보처리계통과 주요변수 지시 및 경보계통-N을 통해 경보를 발생시킨다.

원자로보호계통은 기기가 고장 나거나 전원이 상실되었을 경우에는 개시신호를 발생시키거나 정보처리계통과 주요변수 지시 및 경보계통-N을 통해 경보를 발생시킨다. 또한 계통의 재개시에는 모든 출력상태가 트립 또는 개시조건으로 초기화된다. 이러한 초기 상태는 응용프로그램이 정상적으로 실행될 때까지 유지된다.

원자로보호계통에 사용되는 컴퓨터계통의 시험장비는 안전기능을 수행하는 프로세서에 악영향을 미치지 않도록 설계되어 있다. 예를 들면, 정상운전시에는 계통의 안전기능에 영향이 없도록 피동적인 감시시험을 수행한다.

한편, 소프트웨어 개발, 소프트웨어 툴, 확인 및 검증과 형상관리 등을 포함하는 안전계통 소프트웨어는 소프트웨어프로그램매뉴얼(Software Program Manual)에 기술된 요건에 따라 구현된다.

## “5.6 독립성”

### “5.6.1 안전계통의 다중 부분 간 독립성”

1E급 및 연계회로 케이블 그리고 감지기부터 감지선 선로는 규제지침서 1.75 및 1.151을 만족한다. 이들은 공통유형고장 가능성을 최소화하도록 배열된다. 이것은 4개의 안전채널에 대한 배선이 서로 분리된 선로로 되어 있으나 한 채널 내에서 다른 안전기능의 케이블은 같은 선로를 사용할 수 있도록 한다. 낮은 신호준위 케이블은 대개 모든 전력 케이블과 선로가 서로 분리된다. 안전성관련 감지기는 분리되어 있다. 안전성관련 케이블은 분리된 케이블 트레이를 통하여 가도록 되어 있다. 다중 채널로부터의 연계회로 배선은 1E급 배선과 동일한 방법으로 취급한다.

다중 계측기 및 계기 감지라인은 45cm(18 in) 이상의 이격 거리를 가진다. 요구되는 간격의 유지가 현실적으로 불가능한 경우에는 격리벽이 대신 사용될 수 있다. 격리벽 사용시 계측기 및 계기 감지라인과 격리벽 사이의 이격 거리는 최소 2.54 cm(1 in)로 하여 물리적으로 이격 시킨다.

발전소보호계통의 각 채널은 필수모션전원공급계통으로부터 신뢰도가 높은 무정전 교류전원을 공급받는다. 발전소보호계통은 완전한 전기적 분리 및 격리를 위하여 채널 사이에 전원을 공유하지 않는다.

안전성관련 회로의 다중 채널과 관련된 배선은 단일 신뢰사고가 다중채널 고장 혹은 채널 간에 상호작용을 일으키지 않도록 설치한다.

아울러, 비교논리 프로세서와 동시논리 프로세서에는 선별(screening) 논리가 포함되어 보수시험반으로부터 정해진 특정 명령만 받는다. 트립채널 우회기능에 이와 관련된 사례가 있다. 즉, 동시논리 프로세서에 연동논리가 포함되어 있어 보수시험반으로부터의 우회 요청에도 불구하고 4개의 입력 채널 중에서 오직 한 채널만 우회가 가능하도록 설계된다.

### “5.6.2 안전계통과 설계기준사고의 영향 사이의 독립성”

“5.4 기기검증”의 요건에 만족하도록 기기를 검증하여 원자로보호계통 기기와 설계기준사고의 영향 간에 독립성이 존재하도록 한다.

### “5.6.3 안전계통과 다른 계통 간의 독립성”

1E급이나 연계회로 및 케이블에 근접하여 설치될 수 있는 비 1E급의 계측회로와 케이블 (저 신호준위)은 해당 부품 내의 고장이 1E급의 회로에 악영향을 끼치지 않는다는 것을 분석 또는 시험을 통하여 증명하지 않는 이상 연계회로로 취급된다.

연계회로는 1E급 기능과 직접적인 관련이 없는 정보, 시험 및 통신을 포함하는 지원기능을 제공하는 회로이다.

다중 채널에서 비안전관련 영역으로 가는 출력은 검증된 격리기 또는 광섬유 케이블을 사용하여 격리되기 때문에 비안전관련 영역 내의 고장으로 인하여 안전계통기능을 상실하지 않는다. 주요변수 지시 및 경보계통/정보처리계통으로 가는 원자로보호계통 신호들은 채널 독립성을 유지하기 위하여 광섬유 케이블을 사용하여 격리한다. 출력제어계통으로 가는 제어봉인출금지신호와 원자로출력급감발계통으로 가는 원자로노심보호계통의 원자로출력급감발요구신호도 채널의 독립성을 유지하기 위하여 검증된 격리기를 사용하여 격리한다.

| 2

데이터의 흐름은 1E급 계통에서 비 1E급 계통으로만 전달되는 단일 방향이다. 1E급 기능 프로세서를 핸드셰이킹 및 자료통신의 오류로부터 보호하기 위하여 격리된 통신 프로세서가 사용된다.

비 1E급 계통에서 발생하는 하드웨어 고장 또는 소프트웨어 오류에 의한 통신오류에 관한 1E급 계통의 잠재적 영향에 대한 검증은 모든 1E급 계통에 대한 소프트웨어 확인 및 검증에 절대 필요한 부분이다. 검증시험 방법은 사용되는 소프트웨어 및 하드웨어 그리고 자료 프로토콜에 근거하여 사례별로 개발된다.

원자로보호계통의 KEPIC ENB-2000[해외구매 품목은 IEEE 384-1992] 및 규제지침서 1.75, “전기계통의 물리적 독립성”에 대한 적합성은 7.1.2.9절에서 기술된다.

| 1

### “5.6.4 상세 기준”

각각의 다중 채널은 다른 다중 채널과 서로 독립되어 있다. 감지기는 분리되어 있고, 배선은 서로 다른 선로를 이용하며, 각각의 다중 채널은 다른 캐비닛에 위치하고 있다. 이러한 구조는 단일사건으로 인해 두 채널 이상에서 고장이 유발될 가능성을 최소화한다. 이러한 다중 채널의 출력은 서로 격리되어 있기 때문에 단일고장에 의하여 계통 기능이 손상 받지 않는다. 리드스위치 위치전송기 신호는 분리된 제어봉집합체프로세서에 전송된다(그림 7.2-7참조).

원자로보호계통 내부에서 전기적 독립성은 한 채널의 비교논리 트립신호와 다른 채널의 동시논리 프로세서 입력 사이의 연계를 광섬유 케이블을 사용하는 채널통신용 안전데이터링크를 이용함으로써 유지된다. 통신 독립성에 대한 상세한 내용은 7.9절에서 기술된다.

| 2

#### “5.7 시험 및 교정 능력”

원자로보호계통 감지기는 채널 간 상호비교에 의해 점검된다. 각 채널은 동일한 변수에 대하여 다른 채널과 연관성을 갖는다.

7.2.2.3.3절에서 기술한 대로 원자로보호계통의 설계는 KEPIC ENF-3100[해외구매 품목은 IEEE 338-1987] 및 규제지침서 1.22, “보호계통의 주기적 기능시험”을 따른다.

| 1

#### “5.8 정보 표시”

운전원이 모든 원자로정지계통의 입력, 출력 및 계산을 감시할 수 있는 수단이 제공된다. 지속적인 표시를 위해 제공되는 특정 화면표시기가 7.5절에 기술된다.

##### “5.8.1 수동제어조치를 위한 지시”

수동제어조치를 위하여 사용되는 다른 안전계통에 대한 표시계측설비는 7.5절에 제공된다.

##### “5.8.2 계통상태 지시”

채널트립 상태를 포함한 모든 계통 상태에 대하여 지시 및 표시장치가 제공된다. 운전원에게 차단기의 상태와 전류 지시도 제공된다.

##### “5.8.3 우회지시”

보수시험반과 운전원모듈에 우회상태가 표시된다. 고정설정치에서 자동으로 제거되는 운전우회는 경고 및 지시된다. 운전우회는 시청각적으로 경고된다.

##### “5.8.4 위치”

원자로보호계통의 입력변수값, 설정치, 트립 및 예비트립, 개시, 트립채널우회 및 운전우회 등과 같은 모든 상태정보는 보수시험반이나 정보처리계통을 통해 지시된다. 특히 운전 전에 필요한 트립 및 예비트립, 개시 및 운전우회 상태정보는 주제어실 안전제어반에 설치되는 운전원모듈에도 표시된다.

| 2

## “5.9 접근통제”

트립채널우회는 행정적인 절차로 통제된다. 변수가 우회되면 어느 채널이 우회되고 있는지를 알리기 위해 시청각 경보가 발생한다. 특정 변수 또는 우회되고 있는 변수는 보수 시험반과 운전원모듈에 표시된다.

운전우회는 시청각적으로 경보된다. 운전우회는 공정변수값이 허용범위내에 있을 때 작동 가능하며, 허용범위를 초과하면 우회는 자동으로 제거된다.

설정치, 교정 및 시험단자의 조정을 제어하기 위하여 시건장치 또는 내장된 장치를 제공한다. 접근시에는 운전원에게 지시된다. 시건장치, 행정절차 및 접근을 제한하기 위한 또 다른 수단에 의해 접근이 통제된다.

## “5.10 정비”

7.2.1.1.9절에 기술된 바와 같이 계통상태 지시등의 감시 또는 시험에 의해 결함이 있는 입력채널을 확인할 수 있다. 결함이 있는 입력채널을 우회시킴으로써 부품의 교체 또는 보수를 수행한다. 이 경우 트립을 위한 2개의 동시성을 유지하기 위하여 영향 받은 트립 기능은 2/3 동시논리로 운전된다.

## “5.11 식별”

패널, 모듈과 케이블을 포함한 트립계통과 관련된 모든 기기는 구분이 용이하도록 표시된다. 접속케이블은 색깔로 구분된다.

KEPIC ENB-2000[해외구매 품목은 IEEE 384-1992] 및 규제지침서 1.75, “전기계통의 물리적 독립성”의 요건에 대한 원자로보호계통의 적합성은 7.1.2.9절에서 기술되어 있다.

| 1

발전소운전원이 발전소보호계통 캐비닛, 원자로정지차단기계통, 관련 케이블이 안전관련 계통인지를 확인할 수 있도록 물리적인 표식을 구비한다. 캐비닛은 명판으로 구분한다. 감지기로부터 원자로정지차단기계통까지 물리적으로 격리된 케이블은 채널마다 서로 다른 색깔로 구분한다. 동일 채널 캐비닛 내부에서의 배선은 색깔분류 방식을 사용하지 않는다.

소프트웨어의 식별은 소프트웨어프로그램매뉴얼(Software Program Manual)에서 기술된 내용을 구현함으로써 보장한다.

#### “5.12 보조설비”

보조 설비(우회, 제어봉인출금지신호, 시험 및 교정기능)는 보호계통이 주어진 보호기능의 수행을 방해받지 않도록 KEPIC ENB-1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998)의 요건에 따라 설계한다.

#### “5.13 다수 호기 발전소”

이 요건은 적용되지 않는다.

#### “5.14 인간공학적 고려”

원자로보호계통은 운전원과 보수요원에게 할당된 기능이 발전소 운전중의 여러 상태에서 성공적으로 이루어지는 것을 보장 받도록 설계한다. 인간공학적 고려에 대한 상세한 내용은 18장에서 기술한다.

#### “5.15 신뢰도”

발전소보호계통은 그림 7.2-12와 같이 2개의 비교논리 프로세서와 3개의 동시논리 프로세서를 가지도록 설계하며 증명된 동작이력을 가진 장비의 사용을 통하여 높은 신뢰도를 보장한다. 안전기능을 수행하기 위한 계통의 신뢰도는 표 7.2-5, “고장유형 및 영향분석”에 나타난 것과 같다. 소프트웨어의 신뢰도는 소프트웨어프로그램매뉴얼(Software Program Manual)에서 기술한 내용을 구현함으로써 보장된다.

신뢰성 있는 소프트웨어를 보증하는 방법들은 경험, 품질보증절차 그리고 소프트웨어프로그램매뉴얼(Software Program Manual)에 기술한 요건에 따른 확인 및 검증(V & V)절차로 구성된다.

#### “5.16 공통원인고장 기준”

발전소보호계통 소프트웨어의 공통원인고장에 대비한 보호기능의 유지를 위해 수동 원자로정지수단이 마련되며, 다양성보호계통을 이용하여 필요한 원자로정지 기능을 제공한다. 다양성계측제어계통에 관하여는 7.8절에서 상세히 기술한다.

#### “6.1 자동제어”

원자로보호계통의 설계에는 필요한 보호조치를 개시시키는 각 채널 내의 자동제어(비교 논리, 동시논리 및 회로) 기능을 포함한다. 운전원은 자동제어기능이 이루어지는 동안에는 어떤 조치도 취할 필요가 없다.

## “6.2 수동제어”

운전원이 원자로를 정지할 수 있도록 하기 위해 수동 원자로정지 기능을 제공한다. 7.2.1.1.1.12절에 상세한 내용이 기술되어 있다. 수동 원자로정지는 단일고장기준을 만족하며, 상세한 내용은 7.2.1.1.1.12절에 기술된다.

## “6.3 감지 및 명령설비와 다른 계통과의 상호작용”

원자로보호계통의 어떤 부분도 다음의 예외를 제외하고는 보호기능과 제어기능을 위해 동시에 사용되지 않는다. 원자로보호계통의 핵비등이탈률, 국부출력밀도 및 가압기 고압력신호에 의해 제어봉인출금지신호가 발생하며, 이것은 연계회로로 취급되어 출력제어계통으로 입력되기 전에 출력제어계통 캐비닛 내에서 격리된다. 연계회로는 KEPIC ENB 1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998)의 요건 및 KEPIC ENB 2000(해외구매 품목은 IEEE 384-1992)의 요건을 만족한다.

발전소보호계통 신호는 고장에 의해 원자로보호계통의 보호기능이 영향을 받지 않도록 격리된다. 제어봉인출금지신호는 출력제어계통 캐비닛 내에서 격리되어 출력제어계통 내의 고장이 원자로보호계통으로 파급되는 것을 방지한다. | 2

단일무작위고장기준은 적용되지 않는다. 출력제어계통으로 전송되는 제어봉인출금지신호는 허용신호일 뿐이며, 보호조치가 요구되는 제어동작을 유발하지 않는다. 원자로노심보호계통에서 원자로출력급감발계통으로 전송되는 원자로출력급감발요구신호는 출력되기 전 원자로노심보호계통 캐비닛에서 격리되며, 이를 통하여 원자로출력급감발계통에서의 고장이 원자로노심보호계통으로 전파되는 것을 방지한다. 이 연계신호 또한 KEPIC ENB 1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998)의 요건을 만족한다.

## “6.4 계통 입력신호의 유도”

실제로 적용이 가능한 범위 내에서, 계통 입력은 필요한 변수를 직접 측정된 신호를 사용한다. 직접 측정하는 변수에는 중성자속 신호, 온도 그리고 압력이 있다. 수위 정보는 적절한 차압 측정을 통해 얻으며, 유량 정보는 원자로냉각재펌프의 속도와 증기발생기의 차압, 그리고 원자로냉각재의 온도를 이용하여 구할 수 있다.

## “6.5 시험 및 교정 능력”

원자로보호계통의 입력신호를 채널끼리 상호 비교함으로써 원자로보호계통이 보호기능을 수행하기 위해 필요한 감지기의 운전 가용성을 확인할 수 있다. 또한, 원자로보호계통의 주기시험 기능이 제공되며, 이에 대한 상세한 내용은 7.2.1.1.9절에 기술된다.

2

#### “6.6 & 7.4 운전우회”

운전우회는 7.2.1.1.5절 및 표 7.2-1에 기술되어 있다. 허용조건에 만족되지 않을 때 운전 우회를 자동으로 제거한다. 우회를 제거하기 위한 기능을 하는 회로 및 부품은 KEPIC ENB-1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998)에 따라 설계한다.

2

#### “6.7 & 7.5 보수우회”

보수를 위한 우회기능을 제공한다. 원자로보호계통의 보호기능은 보수우회중에도 유지한다. 이와 관련된 자세한 내용은 7.2.1.1.5절에 기술되어 있다

#### “6.8 설정치”

가압기 저압력과 증기발생기 저압력 트립설정치를 수동으로 감소시키는 것은 7.2.1.1.1.6절과 7.2.1.1.1.8절에서 기술된 바와 같이 가압기 압력과 증기발생기 압력을 통제하에 감소하기 위하여 사용한다. 설정치 감소는 각 채널에 대해 주제어실의 안전제어반에서 누름스위치를 이용하여 개시되며, 1개 채널 내에는 가압기 압력용 누름스위치 1개와 양쪽 증기발생기 압력용 누름스위치가 1개씩 있다. 이런 방법으로 설정치를 감소시키면 설정치는 현재 압력에서 미리 결정된 양 만큼씩만 감소할 수 있다.

가변 과출력 트립설정치는 출력이 천천히 변할 때 최소값에서 최대값까지 또는 이와 반대로 실제 원자로출력을 추적한다. 가변 과출력 트립설정치는 최대의 감소 또는 증가 비율로 설계된다. 실제 출력이 너무 빠른 비율로 증가하게 되면 상대적으로 더 낮은 비율로 증가하는 설정치로 인해 원자로가 정지된다.

원자로냉각재 저유량 트립설정치는 비율 제한치보다 작은 비율로 감소하는 모든 입력에 대하여 일정한 간격을 가지고 입력변수 아래에서 자동으로 따라간다. 비율 제한치보다 더 크게 감소하는 모든 입력변수에 대하여 이 설정치는 고정된 비율로 감소한다. 입력변수가 너무 빠른 비율로 감소하게 되면 상대적으로 더 천천히 감소하는 설정치로 인해 원자로가 정지된다. 입력변수가 비율과 무관하게 증가되면 설정치는 자동으로 증가한다(그림 7.2-3 참조).

#### “7.1 자동제어”

원자로정지차단기는 자동원자로정지신호를 받으면 자동으로 작동된다.

## “7.2 수동제어”

원자로정지차단기에 수동 원자로정지스위치가 있다. 원자로정지차단기에 있는 수동 원자로정지스위치의 단일고장은 원자로보호계통의 수동정지 기능을 방해하지 않는다.

원자로정지차단기는 주제어반이나 원격정지반의 원자로정지누름스위치 또는 원자로정지차단기계통의 누름스위치로부터 수동원자로정지신호를 받으면 작동된다.

## “7.3 보호조치의 완료”

원자로보호계통은 한번 개시된 보호조치(원자로정지)는 완료되도록 설계된다. 정상 운전 상태로 돌아가기 전에 트립상태와 정지회로차단기를 복귀시키기 위해서는 운전원의 조치가 필요하다.

## “8.1 전기적 동력원”

원자로보호계통에 공급되는 전원은 4개의 독립된 A, B, C 및 D 채널로 구성된 인버터로부터 단상 120 Vac가 공급되며, 이와 관련된 내용은 8.3.2.1.2.1.4절에 기술한다.

## “8.2 비 전기적 동력원”

이 요건은 적용되지 않는다.

## “8.3 보수 우회”

인버터가 고장인 경우 전압조정용 변압기에서 대체전원을 발전소보호계통에 공급한다.

### 7.2.2.3.3 시험기준

KEPIC ENF-3100[해외구매 품목은 IEEE 338-1987]과 규제지침서 1.22에 대한 적합성은 7.1.2.6절과 7.1.2.15절에서 기술된다. 시험 간격과 그 기준은 운영기술지침서에 기술된다. 원자로를 정지하지 않고 계통 운전에도 영향 없이 1개 채널의 전체를 시험할 수 있다. 그 채널 전체의 기능을 보장하기 위하여 원자로보호계통 시험은 중첩하여 수행한다. 7.2.1.1.9절의 “시험”에서 시험체계가 구체적으로 기술되어 있다.

원자로보호계통의 작동빈도는 희박하므로 그 가동성을 확인하기 위하여 계통은 주기적이고 일상적으로 시험한다. 원자로정지의 개시 없이, 단일고장기준을 위배하지 않으며, 그

리고 계통운전을 정지하지 않으면서 한 채널의 전부는 개별적으로 시험할 수 있다. 계통 점검은 감지기 신호에서 원자로정지차단기계통의 회로차단기까지 이루어질 수 있다. 원자로 운전시에 원자로보호계통을 시험할 수 있다. 같은 변수의 다른 채널과의 비교 또는 관련된 정보를 갖는 채널과의 비교를 통해 감지기를 점검할 수 있다. 원자로보호계통의 계측설비에 대한 점검, 교정 및 시험의 최소 주기는 운영기술지침서에 기술된다. 채널 전부의 기능을 보장하기 위하여 점검 및 시험은 중첩하여 수행한다.

#### 7.2.2.4 고장유형 및 영향분석

원자로보호계통 및 공학적안전설비작동계통에 대한 고장유형 및 영향분석은 표 7.2-5에 나타나 있다. 이 고장유형 및 영향분석은 보호계통의 감지기, 동시논리 및 작동논리에 대한 것이다. 다중의 발전소보호계통 비교논리 트립채널 중에서 한 채널은 보수를 위해 우회된 것으로 가정하여 작성한 것이다. 보호계통에 대한 논리연계 사항은 그림 7.2-19에 나타나 있다.

표 7.2-5에 있는 고장유형 및 영향분석은 컴퓨터로부터 가능한 모든 출력(예를 들어, 통신 고장)에 대하여 기술하고 있지만 출력조건외의 모든 가능한 원인을 언급하지는 않는다.

고장유형 및 영향분석은 모든 컴퓨터에 대하여 하드웨어 연계수준에서 컴퓨터 출력의 최악의 경우를 고려한 모든 경우를 포함한다. 이진출력에 대하여 열리고 닫힌 상태가 언급된다. 디지털화한 자료에 대하여 자료 전송에 대한 고장, 자료 수신고장 및 오류자료의 통신에 대한 연계 내용을 분석한다.

고장유형 및 영향분석 결과를 통해 어떠한 단일고장도 계통수준의 원자로보호신호에 의한 원자로정지를 방해하지 않음을 확인한다. 원자로보호계통의 각 프로세서 또는 기기의 고장 시 7.2.1.1.3.1.2절 및 7.2.1.1.3.2.2절에 기술된 바와 같이 처리되며 이러한 설계가 분석에 반영되어 있다.

#### 7.2.2.5 설정치 방법론

설정치는 규제지침서 1.105에서 승인된 ANSI/ISA 67.04.01-2000(KEPIC ENB-6350)에 따라 결정한다. 설정치 방법론은 신한울 1,2호기 설정치 문서에 기술한다. 오차를 결정할 때 고려하는 환경조건은 요구되는 원자로정지 또는 공학적안전설비 작동시간을 최대한으로 가정하여 계산된 최악의 환경조건이다. 이러한 환경은 분석하는 사건마다 다를 수 있

다. 설정치 계산을 위한 공정계측기기에 대한 사고환경에서의 오차계산은 트립 또는 작동에 요구되는 가장 긴 시간까지의 환경조건을 사용하여 오차를 가장 크게 함으로써 최종 설정치가 보수적인 값이 되도록 한다.

증기발생기 수위측정에 사용되는 기준관의 가열에 따른 불확실도는 증기발생기 내의 압력 및 온도변화를 포함한다.

모든 온도 및 압력의 설정치는 기기가 포화되지 않는 값을 갖도록 설정된다. 수위 설정치의 경우, 해석설정치는 전 수위 범위의 양 끝 ■■■를 제외한 범위에 존재하여야 한다.

#### 7.2.2.6 신뢰도

발전소보호계통과 모든 계측제어기기 및 부계통의 신뢰도/가용도는 다음과 같은 방법으로 설정한다. 각 기기의 공급자가 평균고장시간과 평균수리시간 정보를 제품과 함께 제공한다. 이러한 정보는 사용한 모든 제품에 대하여 현장에서 검증된 요건이므로 언제든지 이용할 수 있다. 이 정보는 특정 계통에 대한 가용도 해석에 사용된다. 높은 신뢰도를 달성하기 위해 다중 또는 보조계통이나 부품을 제공한다.

#### 7.2.3 참고문헌

1. Functional Design Requirements for Reactor Core Protection System, KEPCO-NF. (KNF-B12ICD-10027, Rev.4)
2. 3N649-IC-FM570, "Failure Modes and Effects Analysis for Reactor Core Protection System for Shin-hanul Nuclear Power Plant Units 1 and 2," KEPCO-ENC.

신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 7.2-1

원자로보호계통의 우회

명 칭	기 능	개 시	제 거	참 고
핵비등이탈률 및 국부출력밀도의 우회	저 핵비등이탈률 및 고 국부출력밀도 트립을 불가능하게 함			미임계상태에서 저출력시험과 제어봉집합체 인출을 허용함.
가압기 압력의 우회	가압기 저 압력트립, 안전주입작동신호 및 원자로건물격리작동신호 발생을 불가능하게 함.			
고 대수출력준위의 우회	고 대수출력준위 트립을 불가능하게 함			원자로 기동시 우회
트립채널의 우회	어떤 주어진 트립 채널을 불가능하게 함	통제된 접근스위치에 의한 수동	좌동	한 채널에 대하여 한 번에 어떠한 형태의 트립만 허용하도록 연동됨.
노심보호프로세서의 핵비등이탈률 및 국부출력밀도에 의한 제어봉인출금지논리의 우회 <sup>1)</sup>	핵비등이탈률과 국부출력밀도 제어봉인출금지신호를 제어봉인출금지논리에 전송하지 못하게 됨.			가압기 고압력 예비트립에 의한 제어봉인출금지논리는 우회의 영향을 받지 않음.

1) 이 우회는 운영기술지침서의 감시요건에 의한 주기시험 대상에서 제외된다.

표 7.2-2

원자로보호계통에 의해 감시되는 발전소 변수의 영역

감시변수	최소	공칭(전출력)	최대
중성자속출력, 전출력의 %	약 $2 \times 10^{-8}$	100	200
저온관온도, °C(°F)	230(446)	291(555)	330(626)
고온관온도, °C(°F)	250(482)	324(615)	350(662)
가압기압력 (협역), kg/cm <sup>2</sup> A(psia)	105(1,494)	158.2(2,250)	175(2,489)
가압기압력 (광역), kg/cm <sup>2</sup> A(psia)	0(0)	158.2(2,250)	210.9(3,000)
제어봉집합체 위치	완전삽입	적용안됨	완전인출
원자로냉각재 펌프 속도, rpm	0	1,190	1,320
증기발생기수위 (광역), % <sup>1)</sup>	0	77	100
증기발생기수위 (협역), % <sup>2)</sup>	0	50	100
증기발생기압력, kg/cm <sup>2</sup> A(psia)	0(0)	70.3(1,000)	105.0(1,494)
원자로건물압력, cmH <sub>2</sub> O(psig)	-300(-4)	0(0)	1,200(17)
증기발생기 1차측 압력차, cmH <sub>2</sub> O (psid)	0(0)	1,308(18.6)	5,000(71)

- 1) 광역수위 감지기 노즐(하부 노즐의 윗부분) 간의 간격에 대한 백분율  
2) 협역수위 감지기 노즐(하부 노즐의 윗부분) 간의 간격에 대한 백분율

표 7.2-3

원자로보호계통의 감지기

감시변수	형태	감지기 수	위치
중성자속출력	핵분열전리함	12	1차측 차폐
저온관온도	정밀 저항온도 검출기	8	저온관의 배관
고온관온도	정밀 저항온도 검출기	8	고온관의 배관
가압기압력(협역)	압력전송기	4	가압기
가압기압력(광역)	압력전송기	4 <sup>1)</sup>	가압기
제어봉 집합체 위치	리드스위치 위치전송기	196	제어봉구동장치
원자로냉각재 펌프 속도	근접측정기	16	원자로냉각재펌프
증기발생기수위 (협역)	차압전송기	8	증기발생기
증기발생기수위 (광역)	차압전송기	8	증기발생기
증기발생기압력	압력전송기	8	증기발생기
원자로건물압력	압력전송기	4 <sup>1)</sup>	원자로건물 구조물
증기발생기 1차측 압력차	차압전송기	8	증기발생기

2

2

1) 공학적안전설비작동계통과 공유함.

표 7.2-4 (2 중 1)

원자로보호계통 설계입력

형태		전 출력에서의 공칭값	공칭트립 설정치	형태 <sup>1)</sup>	트립까지의 공칭여유
고 대수출력준위				고정형	
가변과출력 (노외)	최대			비율제한형 가변설정치	
	계단				
	비율				
저 핵비등이탈률				고정형	
고국부출력밀도, W/cm(kW/ft)				고정형	
가압기 고압력, kg/cm <sup>2</sup> A(psia)				고정형	
가압기 저압력, kg/cm <sup>2</sup> A(psia)				가변설정치	
증기발생기 저수위, % <sup>6)</sup>				고정형	
증기발생기 저압력, kg/cm <sup>2</sup> A(psia)				가변설정치	
원자로건물 고압력, cmH <sub>2</sub> O(psig)				고정형	
증기발생기 고수위, % <sup>7)</sup>				고정형	
원자로냉각재 저유량, cm H <sub>2</sub> O(psid)	최소			비율제한형 가변설정치	
	계단				
	비율				
노심보호프로세스 보조트립 <sup>9)</sup>					
저온관 온도, ℃(°F)				고정형	
1차측 압력, kg/cm <sup>2</sup> A(psia)				고정형	

표 7.2-4 (2 중 2)

형태	전 출력에서의 공칭값	공칭트립 설정치	형태 <sup>1)</sup>	트립까지의 공칭여유
핫핀 축방향출력편차			고정형	
단일핀 반경방향 침투계수			고정형	
고온관 온도, ℃(°F)	324 ■	■	고정형	■ ■
증기발생기 비대칭 과도상태,℃(°F)	■ ■	■ ■	고정형	■ ■
펌프속도, %	■	■	고정형	■
가변과출력	■	■	가변설정치	■
증가율	■	■	가변설정치	■
감소율	■	■	가변설정치	■
대역 <sup>2)</sup>	■	■	가변설정치	■
저압력,kg/cm <sup>2</sup> A(psia) 및 저핵비등이탈률	■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■	고정형	■ ■ ■ ■ ■ ■

1) 설정치의 형태

■	■
■	■
	■ ■
	■
■	■
	■
	■ ■
	■
■	■
■	■
■	■
■	■

9) 보조트립은 핵비등이탈률 트립 및 국부출력밀도 트립이 동시에 발생함.

## 신한을 1,2호기 최중안전성분석보고서

Category	Sub-category	Item	Value	Unit	Notes	Source	Destination	Frequency	Priority
Category A	Sub-category A1	Item A1.1	100	kg	Standard weight	Source A	Destination A	Daily	High
		Item A1.2	200	kg	Standard weight	Source A	Destination A	Daily	High
	Sub-category A2	Item A2.1	150	kg	Standard weight	Source A	Destination A	Daily	High
		Item A2.2	250	kg	Standard weight	Source A	Destination A	Daily	High
Category B	Sub-category B1	Item B1.1	120	kg	Standard weight	Source B	Destination B	Daily	High
		Item B1.2	180	kg	Standard weight	Source B	Destination B	Daily	High
	Sub-category B2	Item B2.1	160	kg	Standard weight	Source B	Destination B	Daily	High
		Item B2.2	220	kg	Standard weight	Source B	Destination B	Daily	High
Category C	Sub-category C1	Item C1.1	140	kg	Standard weight	Source C	Destination C	Daily	High
		Item C1.2	210	kg	Standard weight	Source C	Destination C	Daily	High
	Sub-category C2	Item C2.1	170	kg	Standard weight	Source C	Destination C	Daily	High
		Item C2.2	230	kg	Standard weight	Source C	Destination C	Daily	High

표 7.2-5 (81 중 2)

[illegible]

신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서



[illegible]

표 7.2-5 (81 중 5)

신원율 1,2호기 최종안전성분석보고서									
7.2-67									

Year	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1	1	1	1
31	1	1	1	1	1	1	1	1
32	1	1	1	1	1	1	1	1
33	1	1	1	1	1	1	1	1
34	1	1	1	1	1	1	1	1
35	1	1	1	1	1	1	1	1
36	1	1	1	1	1	1	1	1
37	1	1	1	1	1	1	1	1
38	1	1	1	1	1	1	1	1
39	1	1	1	1	1	1	1	1
40	1	1	1	1	1	1	1	1
41	1	1	1	1	1	1	1	1
42	1	1	1	1	1	1	1	1
43	1	1	1	1	1	1	1	1
44	1	1	1	1	1	1	1	1
45	1	1	1	1	1	1	1	1
46	1	1	1	1	1	1	1	1
47	1	1	1	1	1	1	1	1
48	1	1	1	1	1	1	1	1
49	1	1	1	1	1	1	1	1
50	1	1	1	1	1	1	1	1
51	1	1	1	1	1	1	1	1
52	1	1	1	1	1	1	1	1
53	1	1	1	1	1	1	1	1
54	1	1	1	1	1	1	1	1
55	1	1	1	1	1	1	1	1
56	1	1	1	1	1	1	1	1
57	1	1	1	1	1	1	1	1
58	1	1	1	1	1	1	1	1
59	1	1	1	1	1	1	1	1
60	1	1	1	1	1	1	1	1
61	1	1	1	1	1	1	1	1
62	1	1	1	1	1	1	1	1
63	1	1	1	1	1	1	1	1
64	1	1	1	1	1	1	1	1
65	1	1	1	1	1	1	1	1
66	1	1	1	1	1	1	1	1

[illegible]

[illegible]

[illegible]

표 7.2-5 (81 중 10)

[illegible]

신한을 1,2호기 최중안전성분석보고서

Category	Sub-category	Item	Value	Unit	Notes
A	B	C	10	kg	10 kg
		D	20	kg	20 kg
		E	30	kg	30 kg
		F	40	kg	40 kg
G	H	I	50	kg	50 kg
		J	60	kg	60 kg
		K	70	kg	70 kg
		L	80	kg	80 kg
M	N	O	90	kg	90 kg
		P	100	kg	100 kg
		Q	110	kg	110 kg
		R	120	kg	120 kg

표 7.2-5 (81 중 12)

구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분

신현울 1,2호기 최종안전성분석보고서

<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>
				<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>		<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>
		<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>		<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>
		<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>		<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>
		<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>		<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>

표 7.2-5 (81 중 14)


신학술 1.2호기 최종안전성분석보고서

7.2-77

7.2-78

표 7.2-5 (81 중 17)



신원울 1,2호기 최종안전성분석보고서

[illegible]

( )

[illegible]

[illegible]


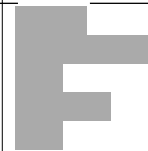




















표 7.2-5 (81 중 21)


신한을 1,2호기 최중안전성분석보고서

7.2-84

The image displays a 10x10 grid with a complex black and white pattern. The pattern is composed of various black shapes, including horizontal bars, vertical bars, and clusters of pixels, set against a white background. The grid is divided into four quadrants by a central vertical and horizontal line. The pattern is highly irregular and non-repeating, suggesting a random or pseudo-random distribution of black pixels.

[illegible]

The image displays a 4x8 grid of 32 small, pixelated, gray-scale images of a cat's face. Each cell in the grid contains a different pose or expression of the cat. The cat's face is rendered in a simple, blocky style, with its eyes, nose, and mouth clearly visible. The background of each cell is white, and the grid is separated by thin black lines. The overall effect is a collection of 32 unique, low-resolution cat portraits.

7.2-89

[illegible]


표 7.2-5 (81 중 30)

[illegible]

표 7.2-5 (81 중 31)

[illegible]

[illegible]

[illegible]


7.2-97

[illegible]


표 7.2-5 (81 중 38)

	신원율	1,2호기	최종안전성분석보고서						
7.2-100									


표 7.2-5 (81 중 40)

표 7.2-5 (81 중 41)


[illegible]

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78	79	80	81
82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99
100	101	102	103	104	105	106	107	108
109	110	111	112	113	114	115	116	117
118	119	120	121	122	123	124	125	126
127	128	129	130	131	132	133	134	135
136	137	138	139	140	141	142	143	144
145	146	147	148	149	150	151	152	153
154	155	156	157	158	159	160	161	162
163	164	165	166	167	168	169	170	171
172	173	174	175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186	187	188	189
190	191	192	193	194	195	196	197	198
199	200	201	202	203	204	205	206	207
208	209	210	211	212	213	214	215	216
217	218	219	220	221	222	223	224	225
226	227	228	229	230	231	232	233	234
235	236	237	238	239	240	241	242	243
244	245	246	247	248	249	250	251	252
253	254	255	256	257	258	259	260	261
262	263	264	265	266	267	268	269	270
271	272	273	274	275	276	277	278	279
280	281	282	283	284	285	286	287	288
289	290	291	292	293	294	295	296	297
298	299	300	301	302	303	304	305	306
307	308	309	310	311	312	313	314	315
316	317	318	319	320	321	322	323	324
325	326	327	328	329	330	331	332	333
334	335	336	337	338	339	340	341	342
343	344	345	346	347	348	349	350	351
352	353	354	355	356	357	358	359	360
361	362	363	364	365	366	367	368	369
370	371	372	373	374	375	376	377	378
379	380	381	382	383	384	385	386	387
388	389	390	391	392	393	394	395	396
397	398	399	400	401	402	403	404	405
406	407	408	409	410	411	412	413	414
415	416	417	418	419	420	421	422	423
424	425	426	427	428	429	430		

Category	Sub-category	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8
Category A	Sub-category A	Item A1.1	Item A1.2	Item A1.3	Item A1.4	Item A1.5	Item A1.6	Item A1.7	Item A1.8
		Item A1.1	Item A1.2	Item A1.3	Item A1.4	Item A1.5	Item A1.6	Item A1.7	Item A1.8
Category B	Sub-category B	Item B1.1	Item B1.2	Item B1.3	Item B1.4	Item B1.5	Item B1.6	Item B1.7	Item B1.8
		Item B1.1	Item B1.2	Item B1.3	Item B1.4	Item B1.5	Item B1.6	Item B1.7	Item B1.8
Category C	Sub-category C	Item C1.1	Item C1.2	Item C1.3	Item C1.4	Item C1.5	Item C1.6	Item C1.7	Item C1.8
		Item C1.1	Item C1.2	Item C1.3	Item C1.4	Item C1.5	Item C1.6	Item C1.7	Item C1.8
Category D	Sub-category D	Item D1.1	Item D1.2	Item D1.3	Item D1.4	Item D1.5	Item D1.6	Item D1.7	Item D1.8
		Item D1.1	Item D1.2	Item D1.3	Item D1.4	Item D1.5	Item D1.6	Item D1.7	Item D1.8
Category E	Sub-category E	Item E1.1	Item E1.2	Item E1.3	Item E1.4	Item E1.5	Item E1.6	Item E1.7	Item E1.8
		Item E1.1	Item E1.2	Item E1.3	Item E1.4	Item E1.5	Item E1.6	Item E1.7	Item E1.8
Category F	Sub-category F	Item F1.1	Item F1.2	Item F1.3	Item F1.4	Item F1.5	Item F1.6	Item F1.7	Item F1.8
		Item F1.1	Item F1.2	Item F1.3	Item F1.4	Item F1.5	Item F1.6	Item F1.7	Item F1.8

표 7.2-5 (81 중 45)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78	79	80	81
82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99
100	101	102	103	104	105	106	107	108
109	110	111	112	113	114	115	116	117
118	119	120	121	122	123	124	125	126
127	128	129	130	131	132	133	134	135
136	137	138	139	140	141	142	143	144
145	146	147	148	149	150	151	152	153
154	155	156	157	158	159	160	161	162
163	164	165	166	167	168	169	170	171
172	173	174	175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186	187	188	189
190	191	192	193	194	195	196	197	198
199	200	201	202	203	204	205	206	207
208	209	210	211	212	213	214	215	216
217	218	219	220	221	222	223	224	225
226	227	228	229	230	231	232	233	234
235	236	237	238	239	240	241	242	243
244	245	246	247	248	249	250	251	252
253	254	255	256	257	258	259	260	261
262	263	264	265	266	267	268	269	270
271	272	273	274	275	276	277	278	279
280	281	282	283	284	285	286	287	288
289	290	291	292	293	294	295	296	297
298	299	300	301	302	303	304	305	306
307	308	309	310	311	312	313	314	315
316	317	318	319	320	321	322	323	324
325	326	327	328	329	330	331	332	333
334	335	336	337	338	339	340	341	342
343	344	345	346	347	348	349	350	351
352	353	354	355	356	357	358	359	360
361	362	363	364	365	366	367	368	369
370	371	372	373	374	375	376	377	378
379	380	381	382	383	384	385	386	387
388	389	390	391	392	393	394	395	396
397	398	399	400	401	402	403	404	405
406	407	408	409	410	411	412	413	414
415	416	417	418	419	420	421	422	423
424	425	426	427	428	429	430		

[illegible]

Category	Sub-category	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8
Category A	Sub-category A	Item A1.1	Item A1.2	Item A1.3	Item A1.4	Item A1.5	Item A1.6	Item A1.7	Item A1.8
		Item A2.1	Item A2.2	Item A2.3	Item A2.4	Item A2.5	Item A2.6	Item A2.7	Item A2.8
		Item A3.1	Item A3.2	Item A3.3	Item A3.4	Item A3.5	Item A3.6	Item A3.7	Item A3.8
		Item A4.1	Item A4.2	Item A4.3	Item A4.4	Item A4.5	Item A4.6	Item A4.7	Item A4.8
Category B	Sub-category B	Item B1.1	Item B1.2	Item B1.3	Item B1.4	Item B1.5	Item B1.6	Item B1.7	Item B1.8
		Item B2.1	Item B2.2	Item B2.3	Item B2.4	Item B2.5	Item B2.6	Item B2.7	Item B2.8
		Item B3.1	Item B3.2	Item B3.3	Item B3.4	Item B3.5	Item B3.6	Item B3.7	Item B3.8
		Item B4.1	Item B4.2	Item B4.3	Item B4.4	Item B4.5	Item B4.6	Item B4.7	Item B4.8

7.2-110

The image displays a 4x4 grid of 16 squares. Each square contains a unique geometric pattern composed of black and white shapes. The patterns are variations of a central cross-like shape, with different extensions and internal details. The patterns are arranged in a way that suggests a sequence or a progression from top-left to bottom-right.

[illegible]

[illegible]

표 7.2-5 (81 중 51)

[illegible]



( )

[illegible]

[illegible]

표 7.2-5 (81 중 55)


The image displays a 10x10 grid of 100 squares. Each square contains a 10x10 pixel pattern. The patterns are generated by a cellular automaton rule, showing a mix of solid black, white, and gray pixels. The patterns are unique and vary across the grid, with some squares showing more complex, noisy patterns and others showing simpler, more uniform ones. The overall effect is a dense, textured field of small, distinct patterns.


표 7.2-5 (81 중 58)

The image displays a 4x8 grid of 32 squares, each containing a unique 10x10 pixel grayscale pattern. The patterns are arranged in a 4x8 grid, with each square representing a different combination of features. The patterns are highly abstract and vary significantly in their distribution of gray and white pixels. The patterns are arranged in a 4x8 grid, with each square representing a different combination of features. The patterns are highly abstract and vary significantly in their distribution of gray and white pixels.

표 7.2-5 (81 중 59)

[illegible]

표 7.2-5 (81 중 60)

[illegible]

표 7.2-5 (81 중 61)

A 10x10 grid with a complex pattern of black and white squares. The pattern is highly structured, with black squares forming a series of vertical and horizontal bars. The overall shape resembles a stylized letter 'E' or a barcode. The grid is composed of 10 columns and 10 rows. The black squares are distributed in a way that creates a sense of depth and complexity, with some areas being more densely packed than others. The pattern is symmetrical in a way that suggests a central axis of reflection. The black squares are of varying widths and heights, creating a dynamic visual effect. The white squares provide a stark contrast to the black ones, making the pattern stand out. The grid is a perfect square, with the pattern filling the entire area. The overall impression is one of a carefully designed, abstract composition.

표 7.2-5 (81 중 62)



								
								
								
								
								
								
								

표 7.2-5 (81 중 63)

The image displays a 3x8 grid of 24 squares, each containing a unique geometric pattern composed of black and white squares. The patterns are arranged in three rows and eight columns, showing a progression of complexity from left to right and top to bottom. The patterns are as follows:

- Row 1:**
  - Column 1: A single black square in the top-left corner.
  - Column 2: A 2x2 black square in the top-left corner.
  - Column 3: A 3x3 black square in the top-left corner.
  - Column 4: A 4x4 black square in the top-left corner.
  - Column 5: A 5x5 black square in the top-left corner.
  - Column 6: A 6x6 black square in the top-left corner.
  - Column 7: A 7x7 black square in the top-left corner.
  - Column 8: An 8x8 black square in the top-left corner.
- Row 2:**
  - Column 1: A single black square in the top-left corner.
  - Column 2: A 2x2 black square in the top-left corner.
  - Column 3: A 3x3 black square in the top-left corner.
  - Column 4: A 4x4 black square in the top-left corner.
  - Column 5: A 5x5 black square in the top-left corner.
  - Column 6: A 6x6 black square in the top-left corner.
  - Column 7: A 7x7 black square in the top-left corner.
  - Column 8: An 8x8 black square in the top-left corner.
- Row 3:**
  - Column 1: A single black square in the top-left corner.
  - Column 2: A 2x2 black square in the top-left corner.
  - Column 3: A 3x3 black square in the top-left corner.
  - Column 4: A 4x4 black square in the top-left corner.
  - Column 5: A 5x5 black square in the top-left corner.
  - Column 6: A 6x6 black square in the top-left corner.
  - Column 7: A 7x7 black square in the top-left corner.
  - Column 8: An 8x8 black square in the top-left corner.

표 7.2-5 (81 중 64)

[illegible]

표 7.2-5 (81 중 65)

[illegible]

지하철 1.2호기 최종안전성분석보고서

[illegible]

표 7.2-5 (81 중 67)


표 7.2-5 (81 중 68)

[illegible]

7.2-131



표 7.2-5 (81 중 71)


[illegible]

표 7.2-5 (81 중 73)

[illegible]

[illegible]

표 7.2-5 (81 중 75)

표 7.2-5 (81 중 76)

										2
										신원율 1,2호기 최종안전성분석보고서
										2
										2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78	79	80	81
82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99
100	101	102	103	104	105	106	107	108
109	110	111	112	113	114	115	116	117
118	119	120	121	122	123	124	125	126
127	128	129	130	131	132	133	134	135
136	137	138	139	140	141	142	143	144
145	146	147	148	149	150	151	152	153
154	155	156	157	158	159	160	161	162
163	164	165	166	167	168	169	170	171
172	173	174	175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186	187	188	189
190	191	192	193	194	195	196	197	198
199	200	201	202	203	204	205	206	207
208	209	210	211	212	213	214	215	216
217	218	219	220	221	222	223	224	225
226	227	228	229	230	231	232	233	234
235	236	237	238	239	240	241	242	243
244	245	246	247	248	249	250	251	252
253	254	255	256	257	258	259	260	261
262	263	264	265	266	267	268	269	270
271	272	273	274	275	276	277	278	279
280	281	282	283	284	285	286	287	288
289	290	291	292	293	294	295	296	297
298	299	300	301	302	303	304	305	306
307	308	309	310	311	312	313	314	315
316	317	318	319	320	321	322	323	324
325	326	327	328	329	330	331	332	333
334	335	336	337	338	339	340	341	342
343	344	345	346	347	348	349	350	351
352	353	354	355	356	357	358	359	360
361	362	363	364	365	366	367	368	369
370	371	372	373	374	375	376	377	378
379	380	381	382	383	384	385	386	387
388	389	390	391	392	393	394	395	396
397	398	399	400	401	402	403	404	405
406	407	408	409	410	411	412	413	414
415	416	417	418	419	420	421	422	423
424	425	426	427	428	429	430		



'								
'								
'								
'								

표 7.2-5 (81 중 80)

[illegible]

표 7.2-5 (81 중 81)

									2
									2
									2
									2

표 7.2-6

필수안전기능 성공경로 다양성

성공경로/ 제어기능	반응도제어	재고량제어	원자로냉각재 계통 압력제어	노심 열 제거	원자로냉각 재계통 열 제거	원자로건물 격리	원자로건물환경	간접방사능 누출	필수 보조기능유지
정상 성공경로 <sup>1)</sup>	화학 및 체 적제어계통 (붕소주입) 제어봉집합 체구동장치	화학 및 체 적제어계통	가압기 전열기 및 살수기 화학 및 체적제어계통	원자로 냉각재 펌프	주급수	제어밸브	원자로건물 송풍팬 냉각 수소재결합	감시	소외비필수교 류전원 대체교류전원 비안전기기 냉각수
대체 (비상/안전) 성공경로 <sup>2)</sup>	원자로보호 계통 안전주입	안전주입 급속감압	안전주입 급속감압 원자로냉각 재 배기	정지냉각 안전주입 급속감압	보조급수 대기방출밸 브 안전주입 급속감압	원자로건물 격리 작동신호 작동	원자로건물 살수	감시	소내필수교류 및 직류전원 비상디젤발전 기 안전기기 냉각수

1) 유형 2 신한울 1,2호기 계통 - 출력제어계통 혹은 공정기기제어계통

2) 유형 1 신한울 1,2호기 계통 - 원자로보호계통 혹은 공학적안전설비 기기제어계통

표 7.2-7 (2 중 1)

원자로보호 계측설비 응답시간

기능	응답시간
I. 트립 발생	
가. 공정	
1. 가압기 저압력	
2. 가압기 고압력	
3. 증기발생기 저수위	
4. 증기발생기 고수위	
5. 증기발생기 저압력	
6. 원자로건물 고압력	
7. 원자로냉각재 저유량	
8. 고국부출력밀도	
a. 노외중성자속 감시계통의 출력	
b. 제어봉집합체 위치	
c. 제어봉집합체 위치: 제어봉집합체프로세서 페널티계수	
9. 저 핵비등이탈률	
a. 노외중성자속 감시계통의 출력	
b. 제어봉집합체 위치	
c. 저온관 온도	
d. 고온관 온도	
e. 1차 원자로 냉각재펌프 축 속도	
f. 가압기로부터의 원자로냉각재 압력	
g. 제어봉집합체 위치: 제어봉집합체프로세서 페널티계수	
나. 노외중성자속	
1. 가변과출력 트립	
2. 고 대수출력준위	
a. 기동 및 운전	
b. 정지	
다. 원자로노심보호계통	
1. 제어봉집합체프로세서	
2. 노심보호프로세서	
라. 다양성보호계통	
1. 가압기 고압력	
2. 원자로건물 고압력	
3. 증기발생기 저압력	





| 2

| 2

| 2

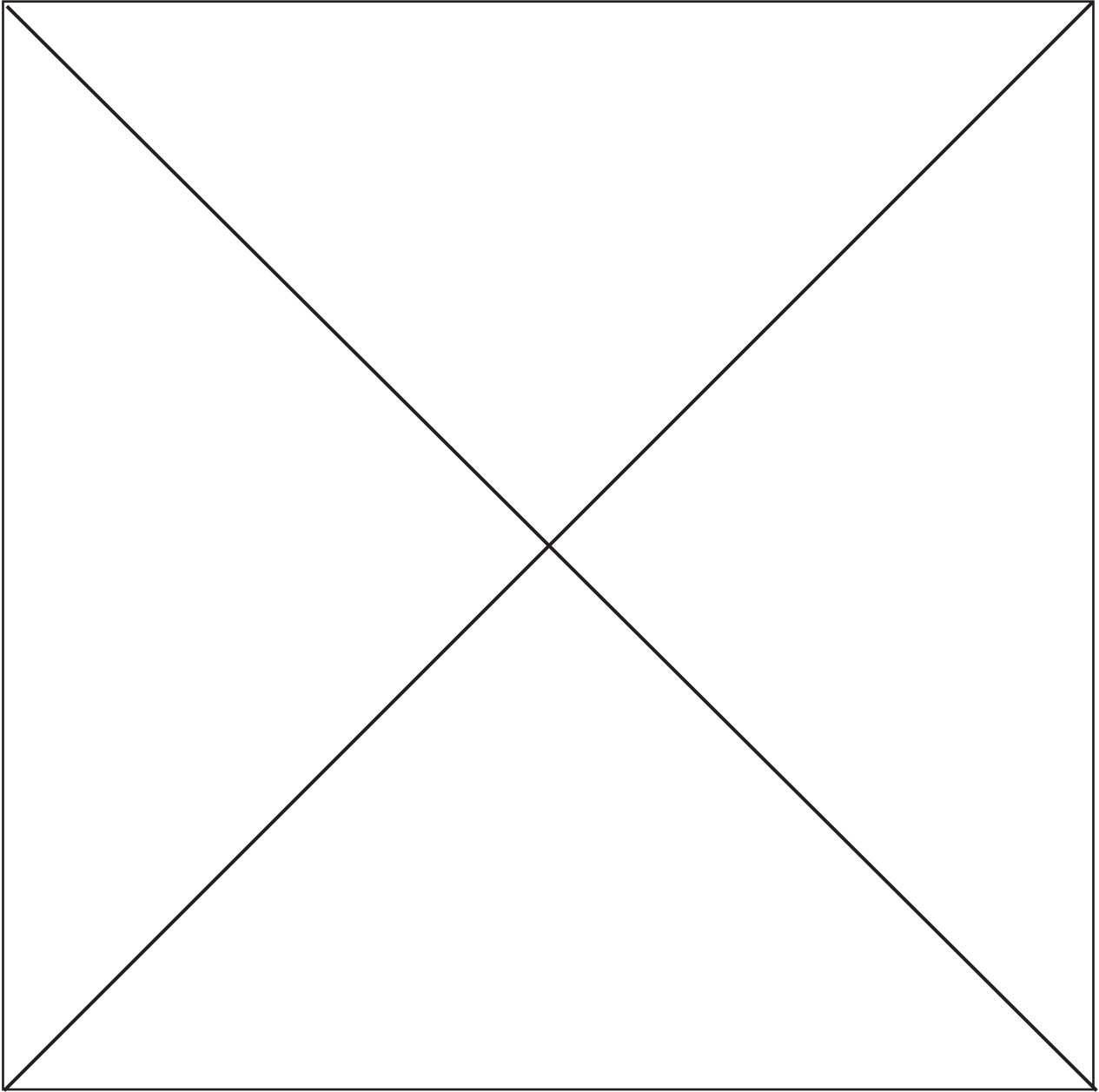
| 2

| 2

기능	응답시간
II. 원자로보호계통 논리	
가. 동시논리	
나. 개시논리	
III. 원자로보호계통 작동기기	
가. 원자로트립 차단기	
나. 수동트립	

A horizontal bar chart titled 'U.S. should take action to reduce greenhouse gas emissions'. The y-axis lists four demographic groups: 18-29, 30-49, 50-64, and 65+. The x-axis represents the percentage of respondents, ranging from 0 to 100 in increments of 20. For each age group, there are two bars: a blue bar for 'Male' and an orange bar for 'Female'. The data shows that in all age groups, a majority of respondents believe the U.S. should take action to reduce greenhouse gas emissions. The percentage of respondents who believe in taking action is generally higher for females than for males, and higher for younger age groups than for older ones.

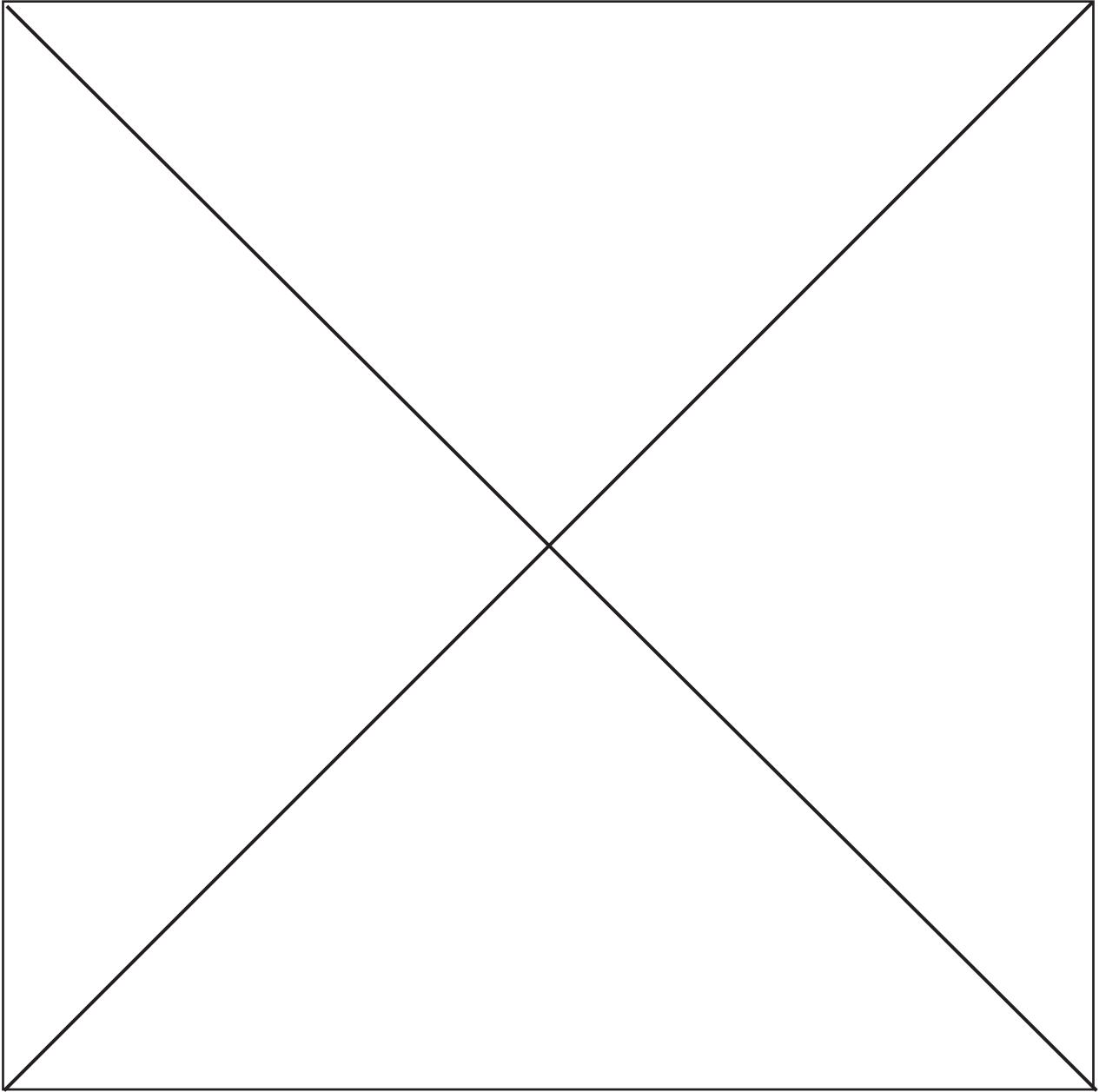
Age Group	Gender	Percentage
18-29	Male	85%
	Female	90%
30-49	Male	80%
	Female	85%
50-64	Male	75%
	Female	80%
65+	Male	70%
	Female	75%



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

발전소보호계통 개략도

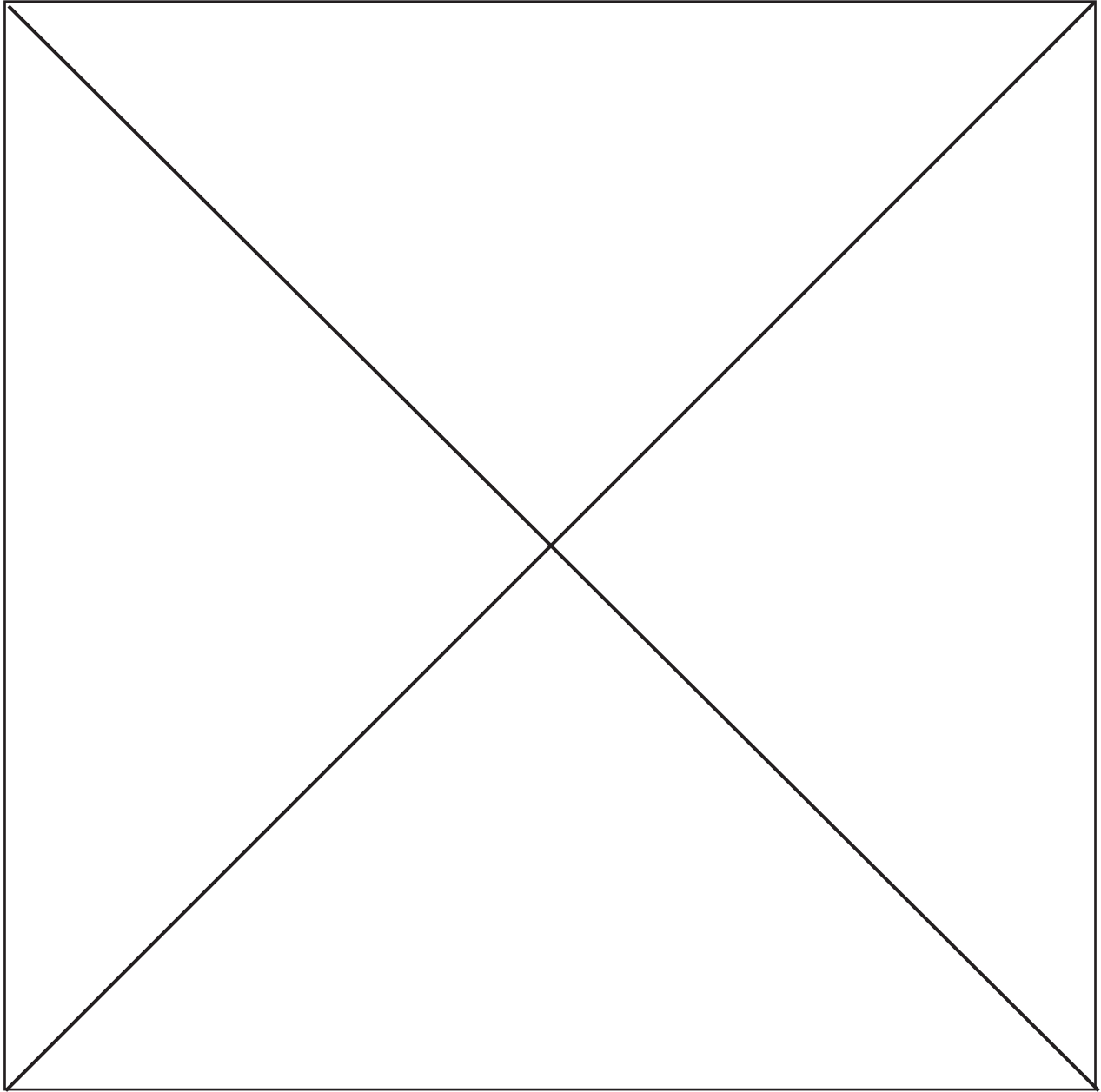
그림 7.2-1



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

발전소보호계통 연계 및 시험 논리도

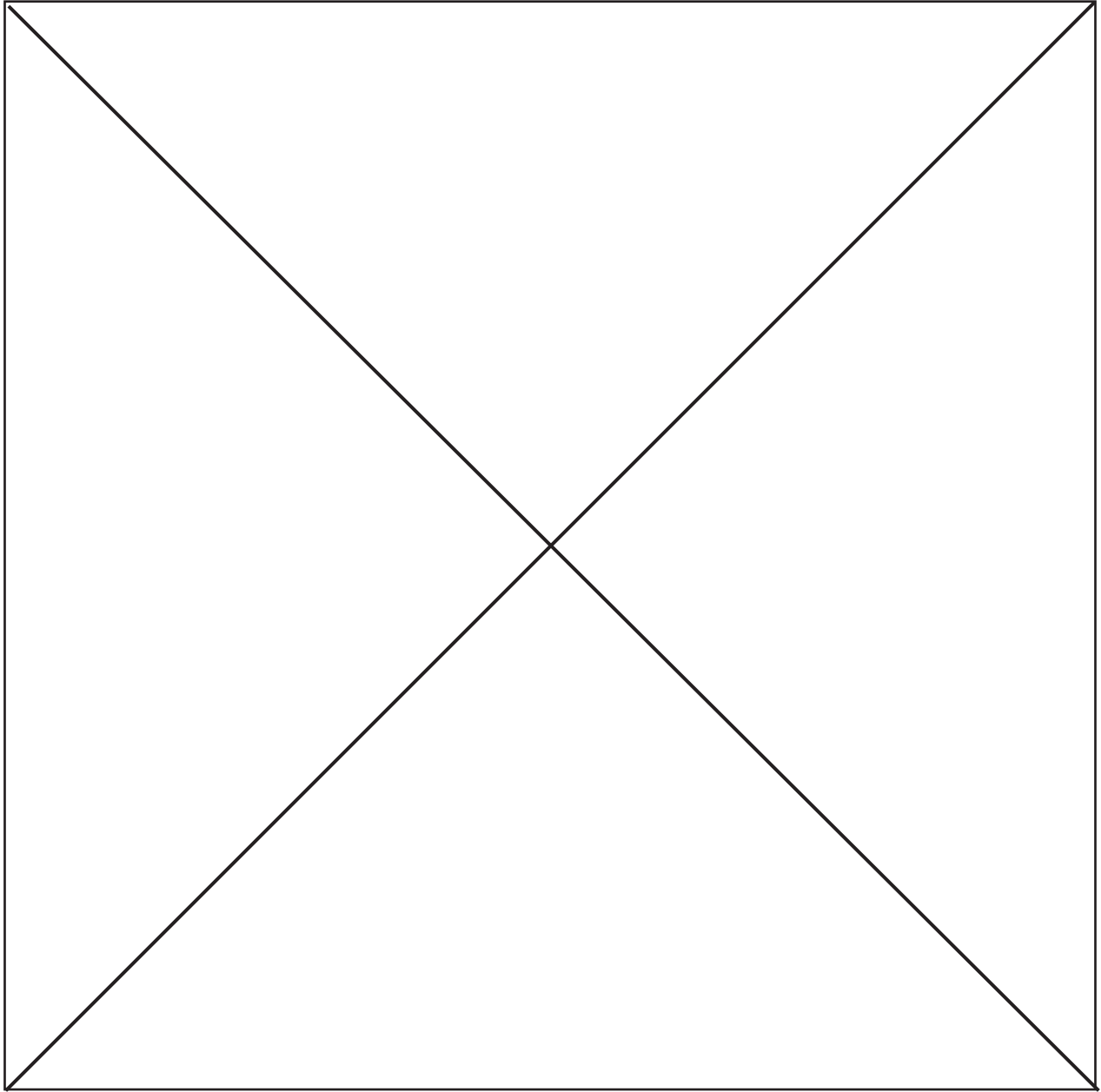
그림 7.2-2



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 원자로냉각재 저유량 트립 설정치

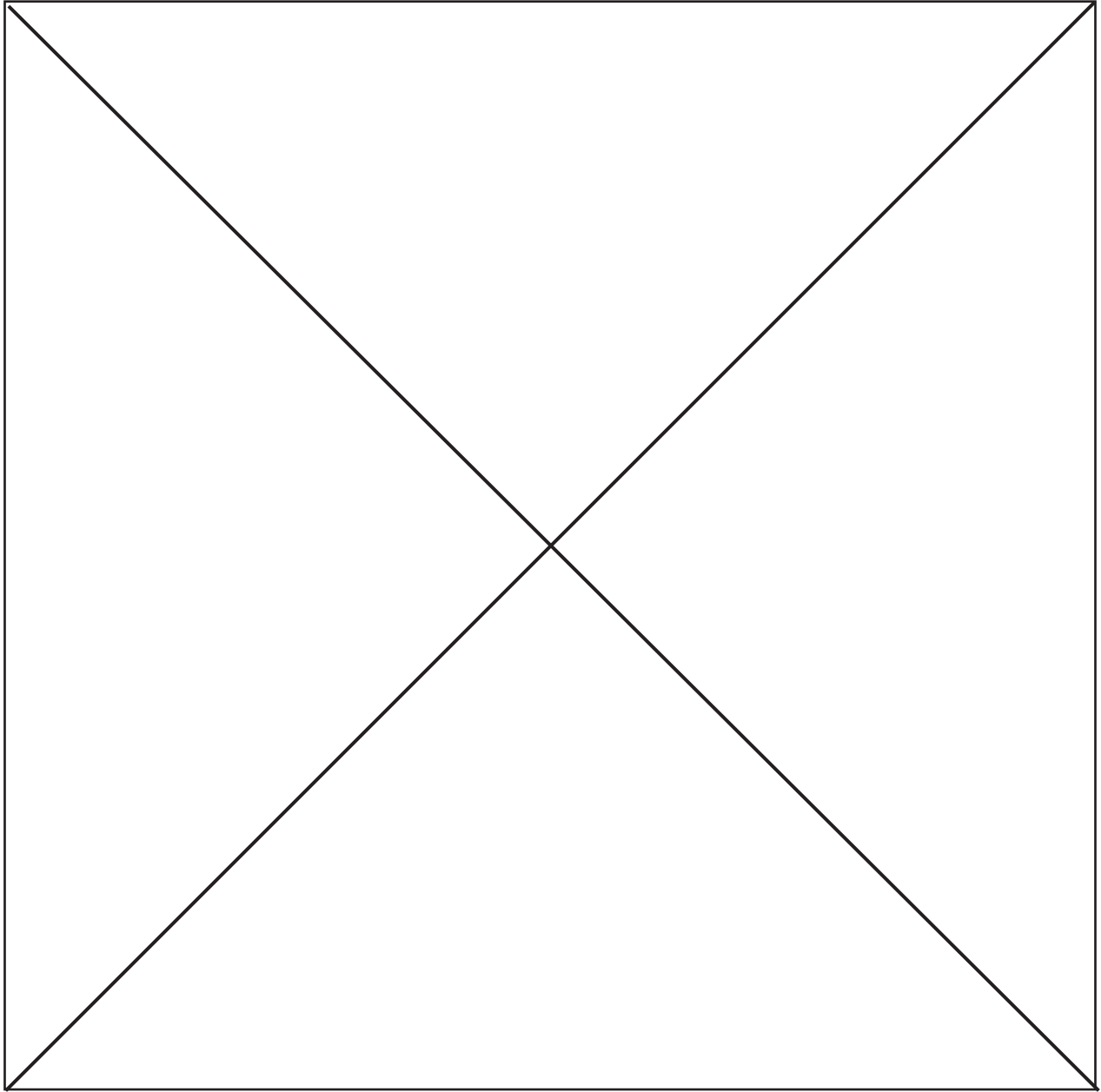
그림 7.2-3



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 발전소보호계통 측정채널 기능선도  
(가압기압력-광역)

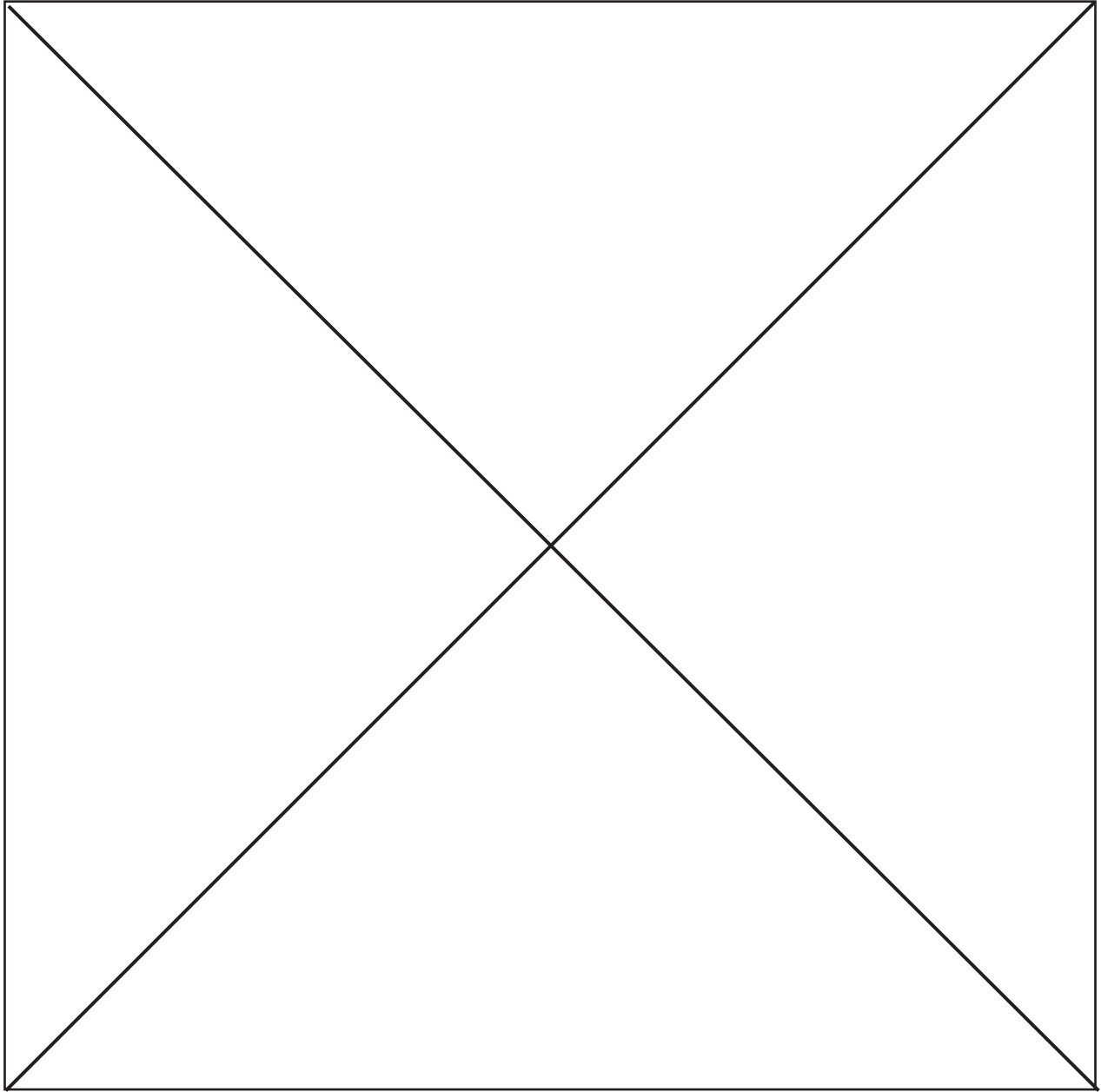
그림 7.2-4



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

리드스위치 위치 전송기 집합체 개략도

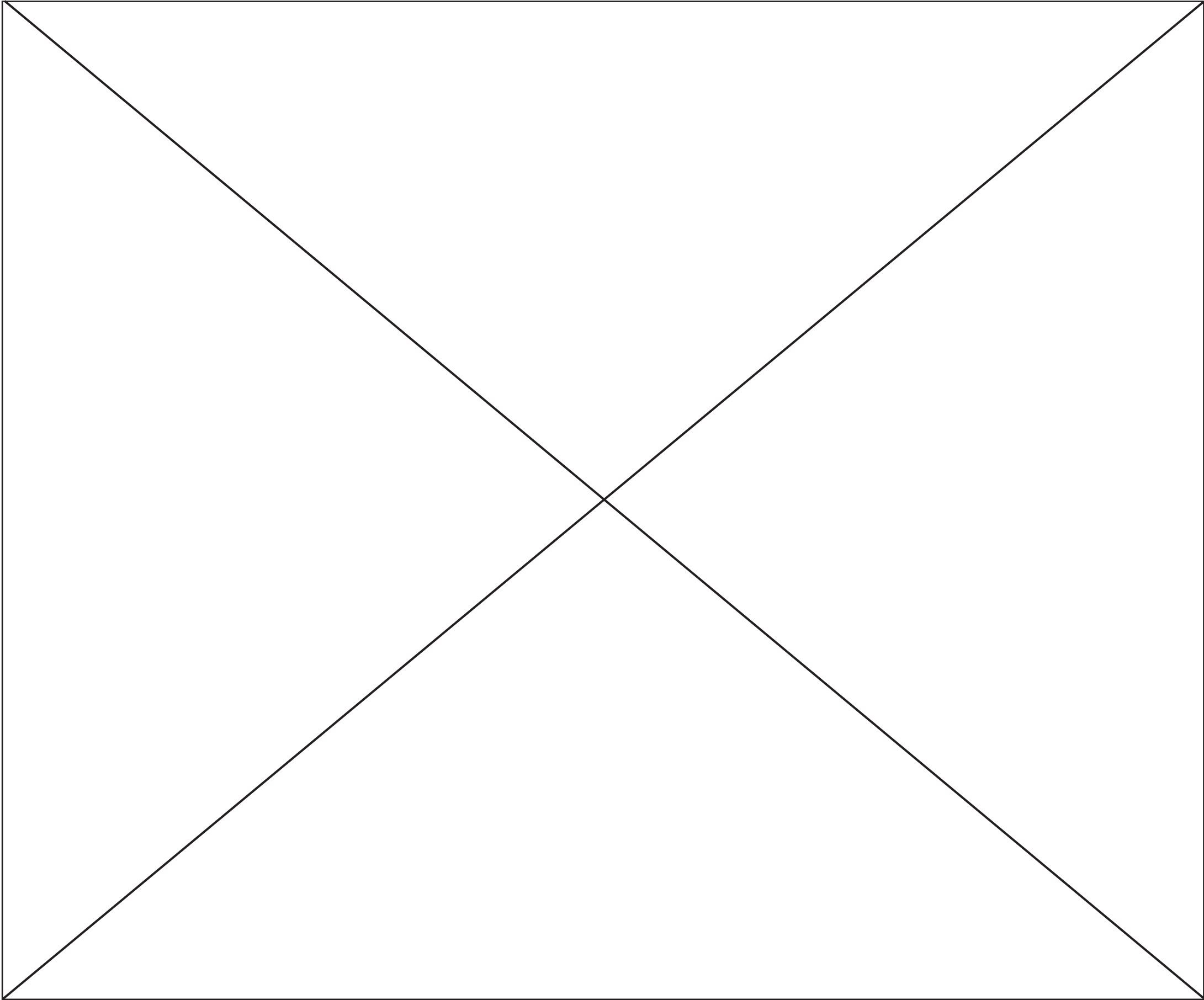
그림 7.2-5



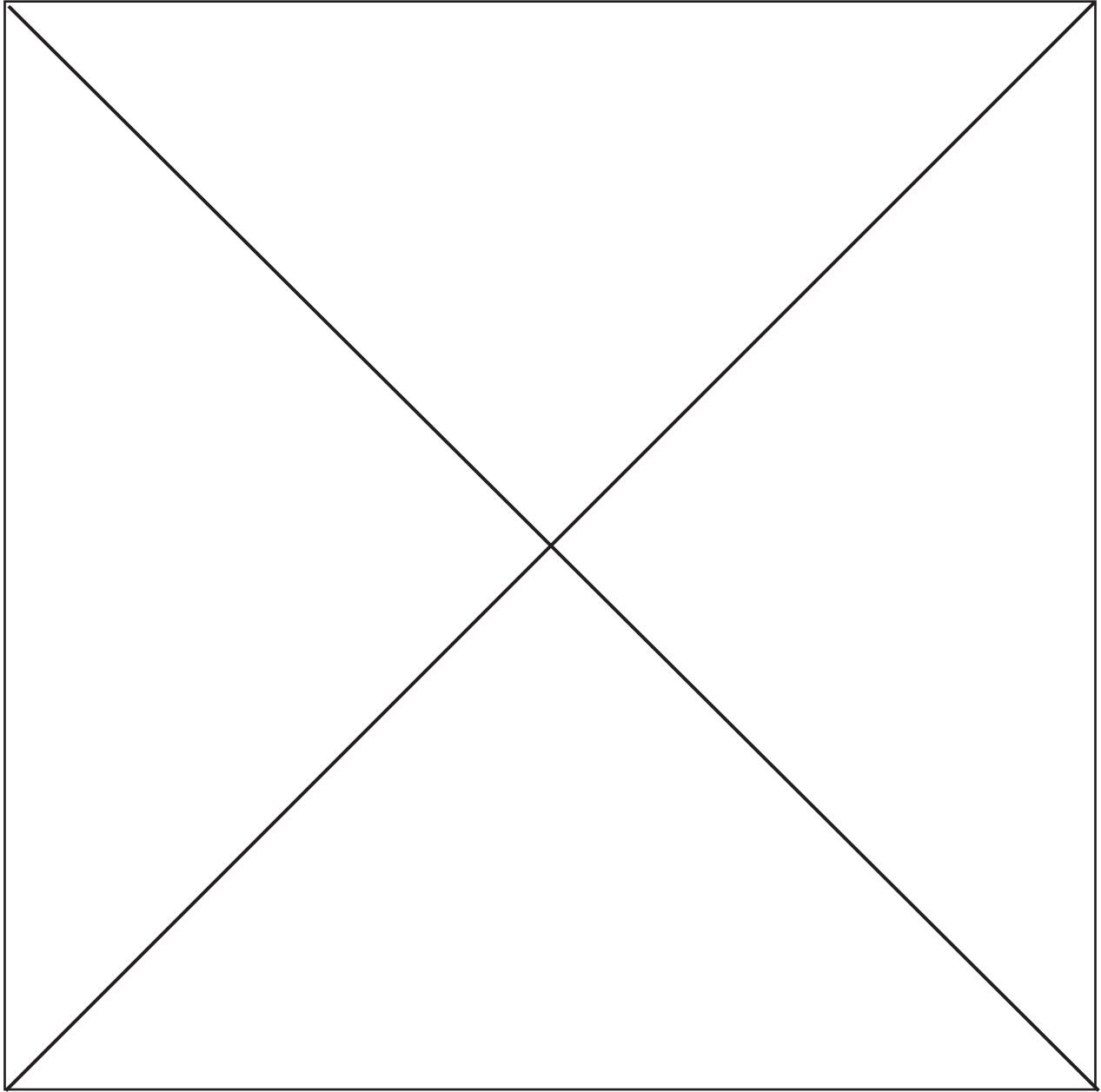
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

리드스위치 위치 전송기 케이블집합체

그림 7.2-6



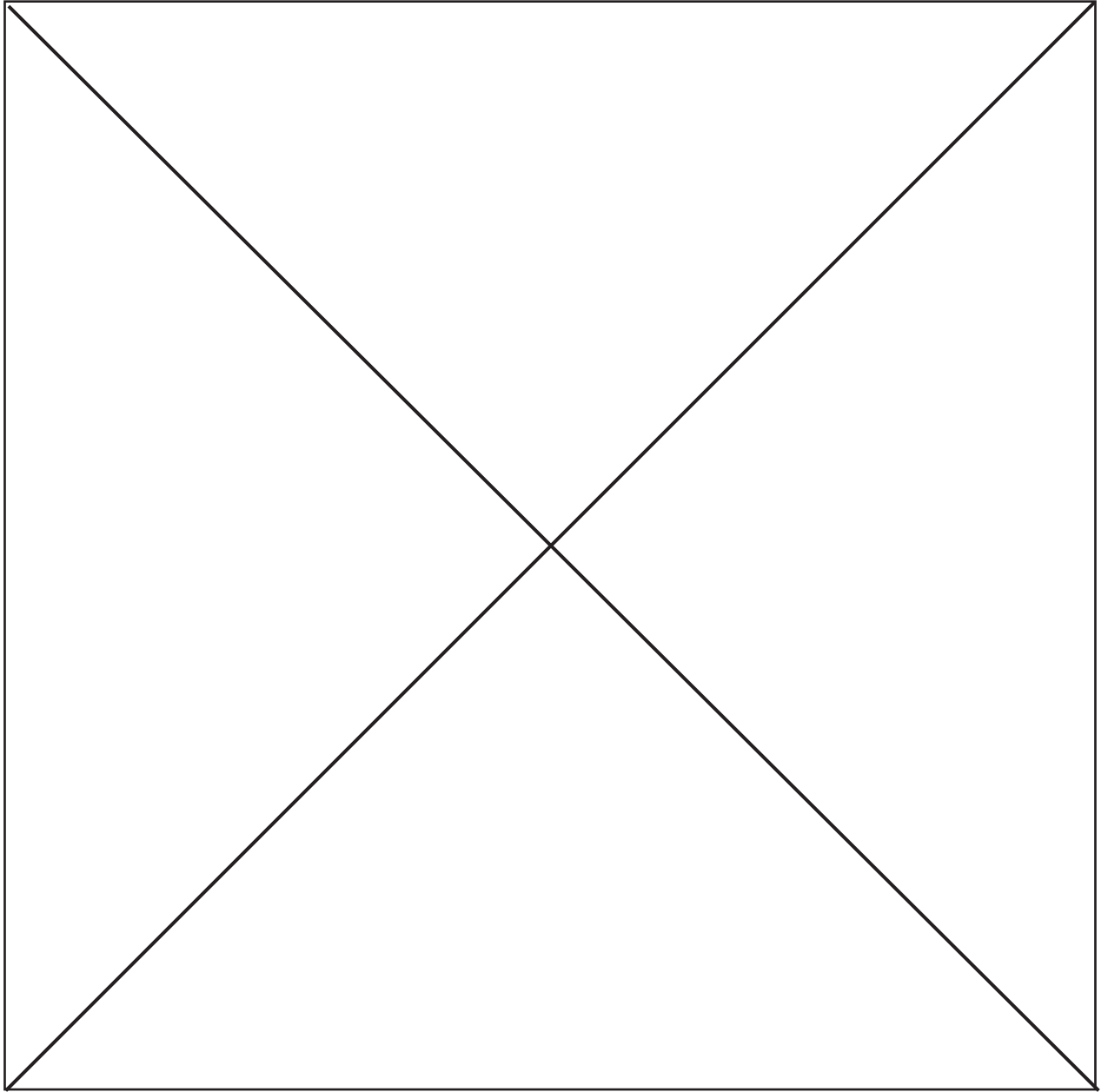
	한국수력원자력주식회사
	신한울 1,2호기
	최종안전성분석보고서
원자로노심보호계통 내의 제어봉집합체 위치신호의 흐름	
그림 7.2-7	



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

노외중성자속 감시계통(안전채널)

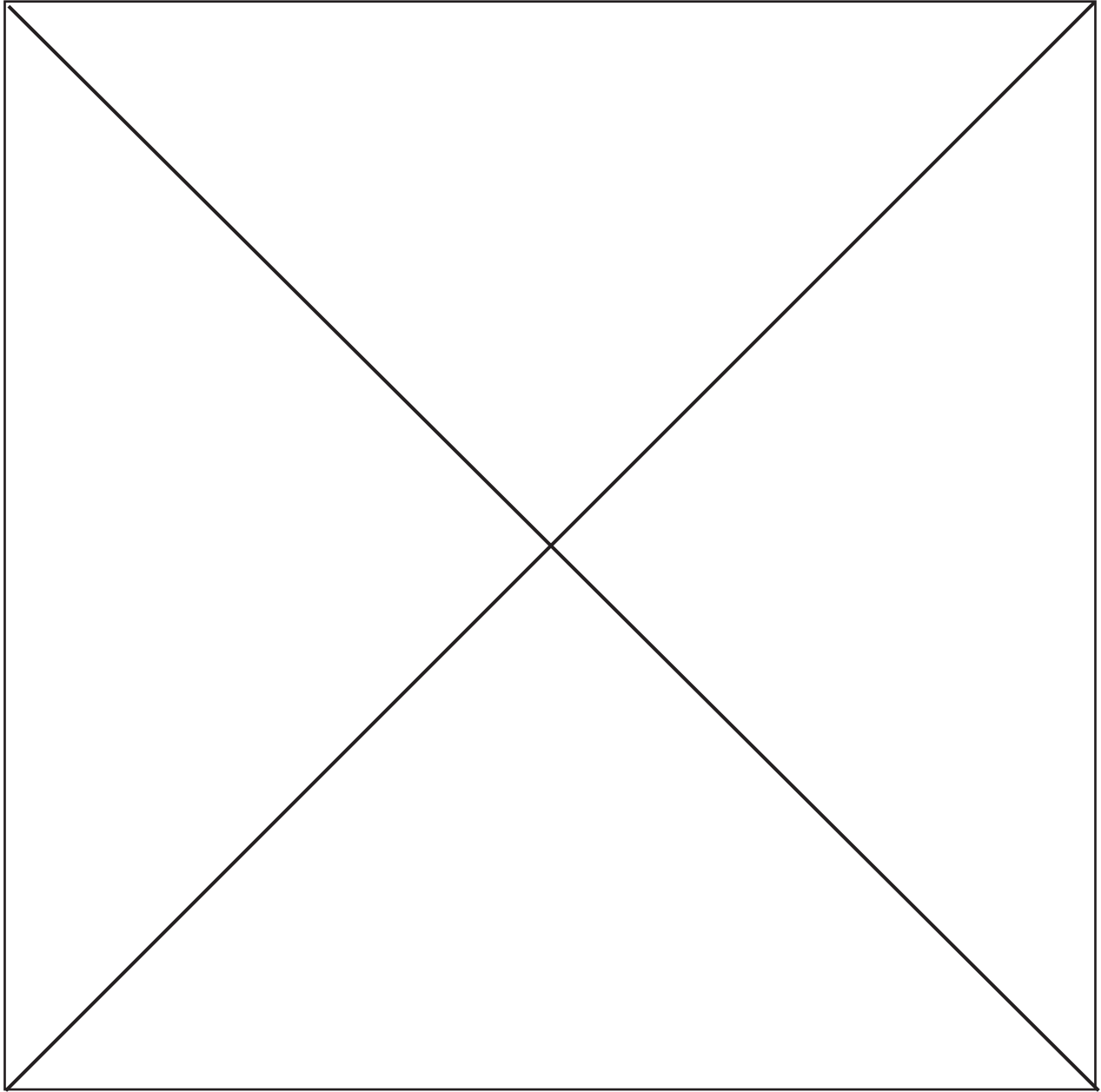
그림 7.2-8



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

원자로냉각재펌프축 속도감지계통

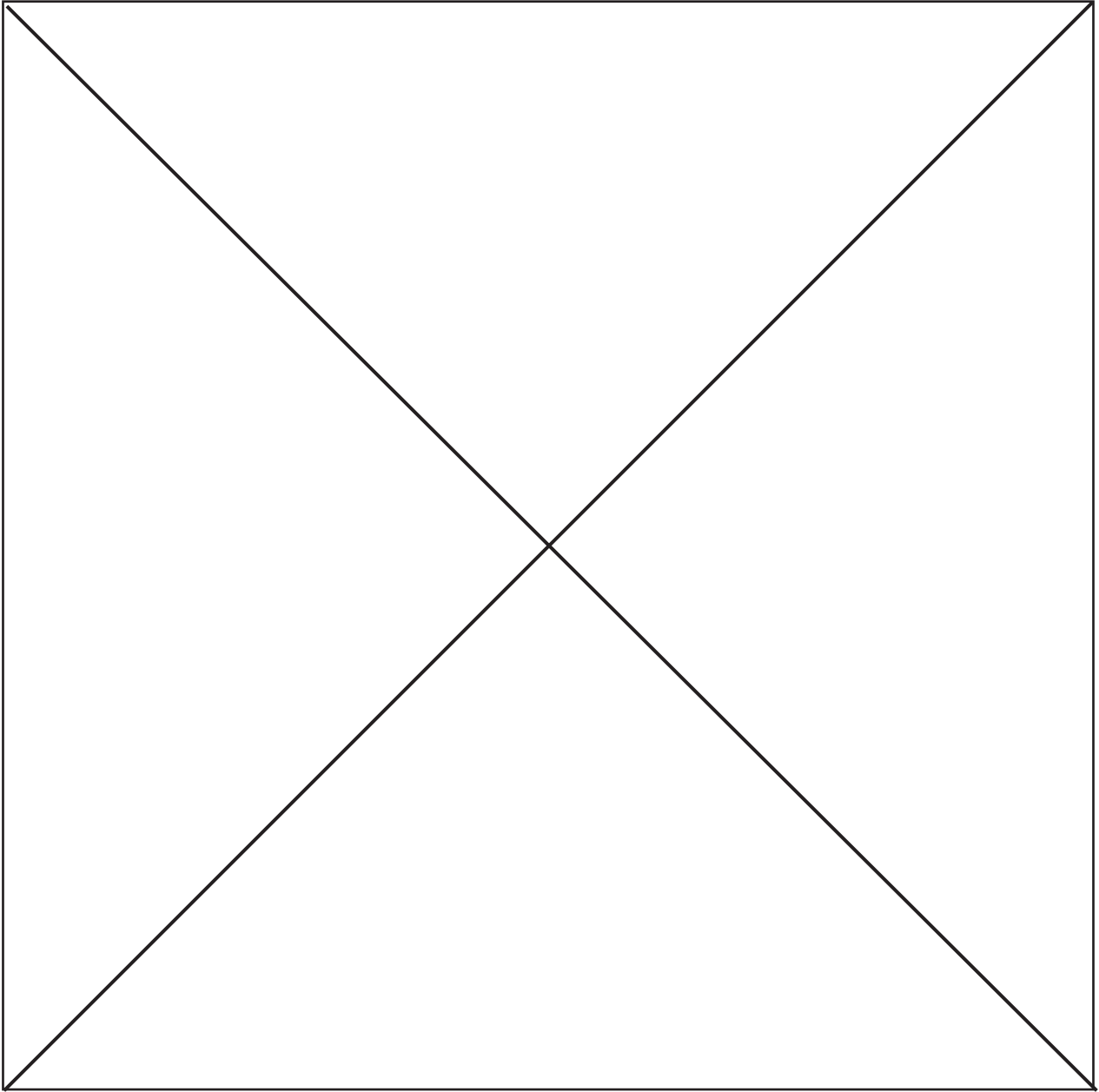
그림 7.2-9



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

노심보호프로세서 기능 계통도

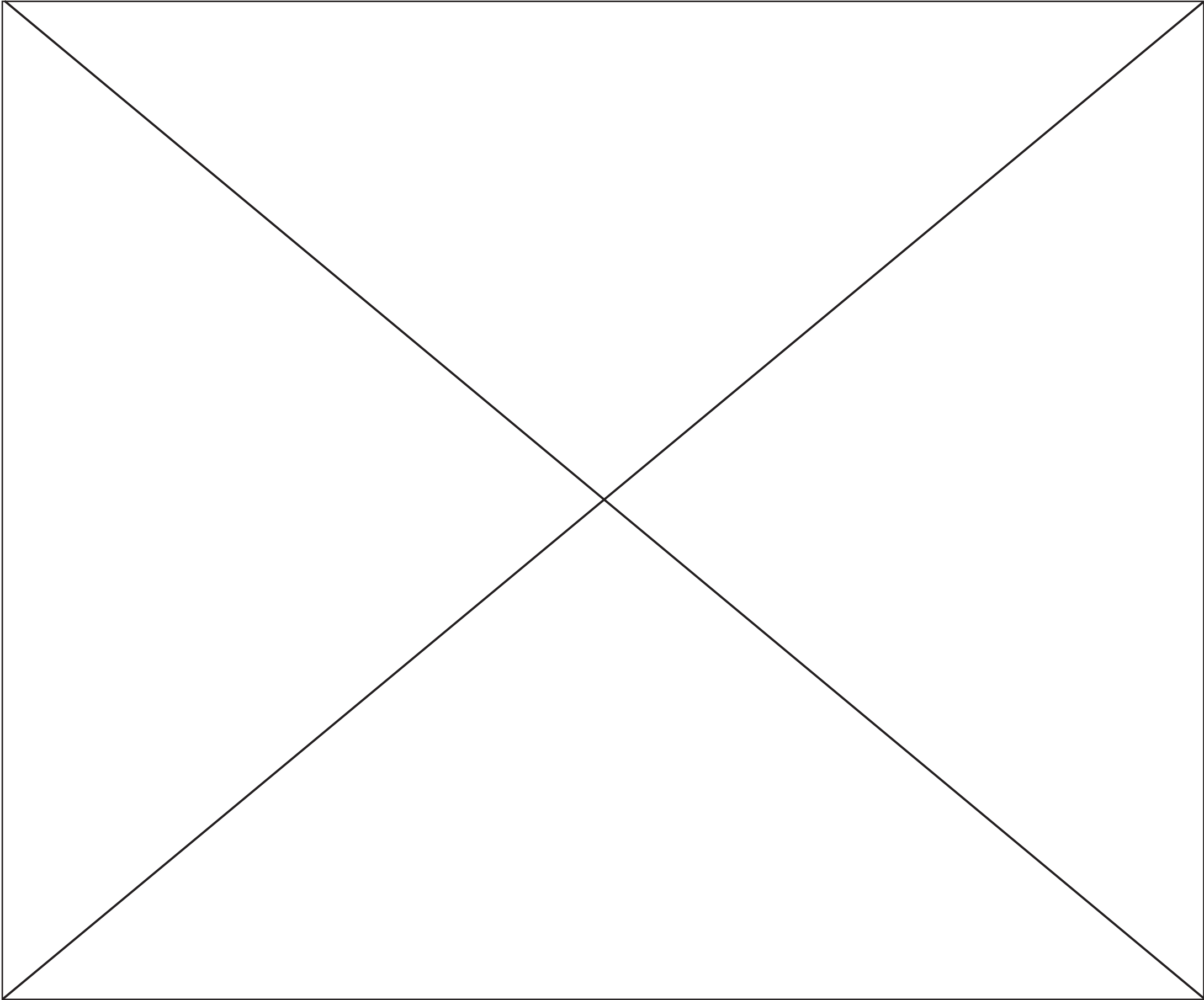
그림 7.2-10



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

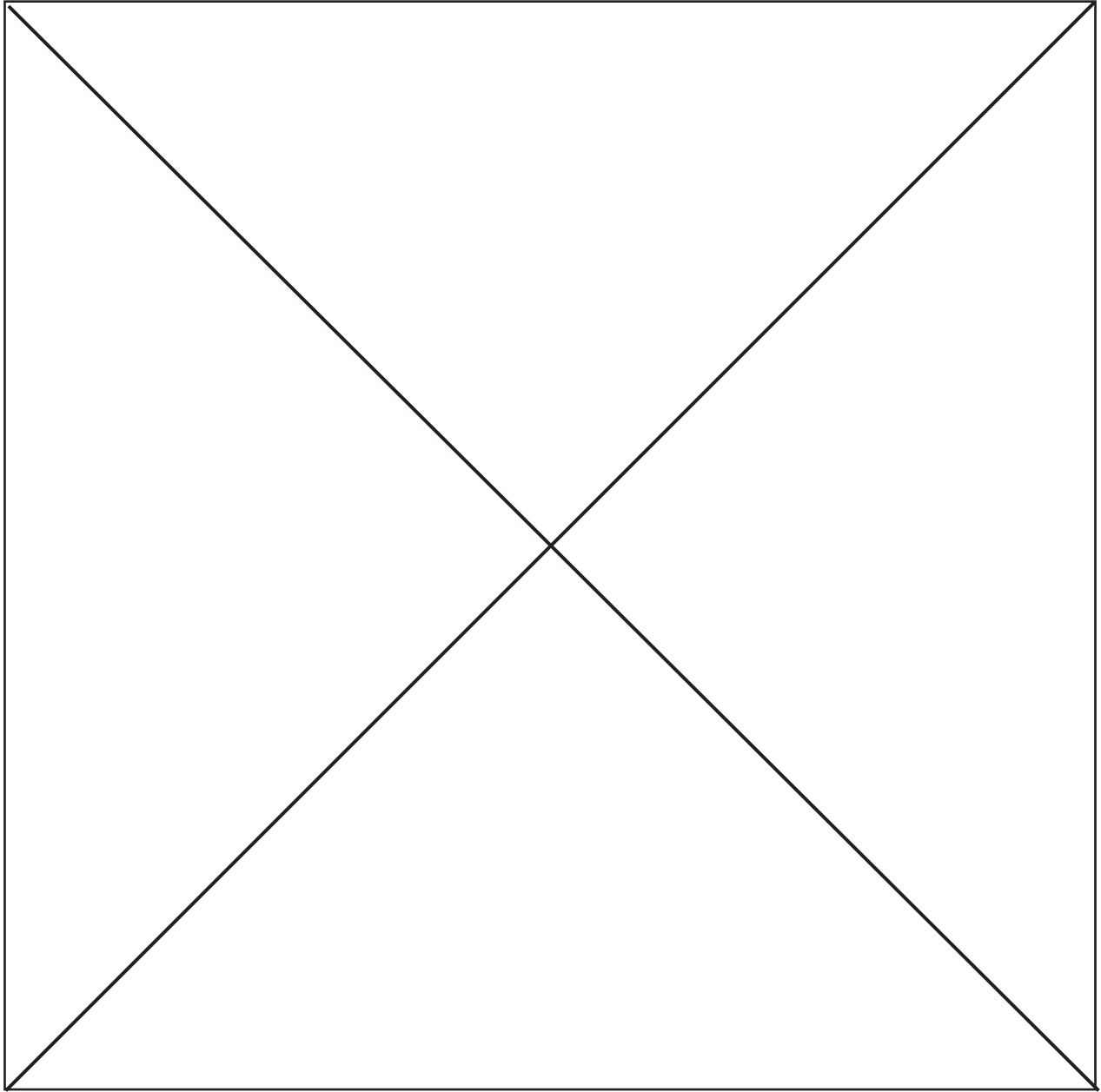
발전소보호계통 비교논리 기능 블록선도

그림 7.2-11



	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	원자로보호계통 기본논리도

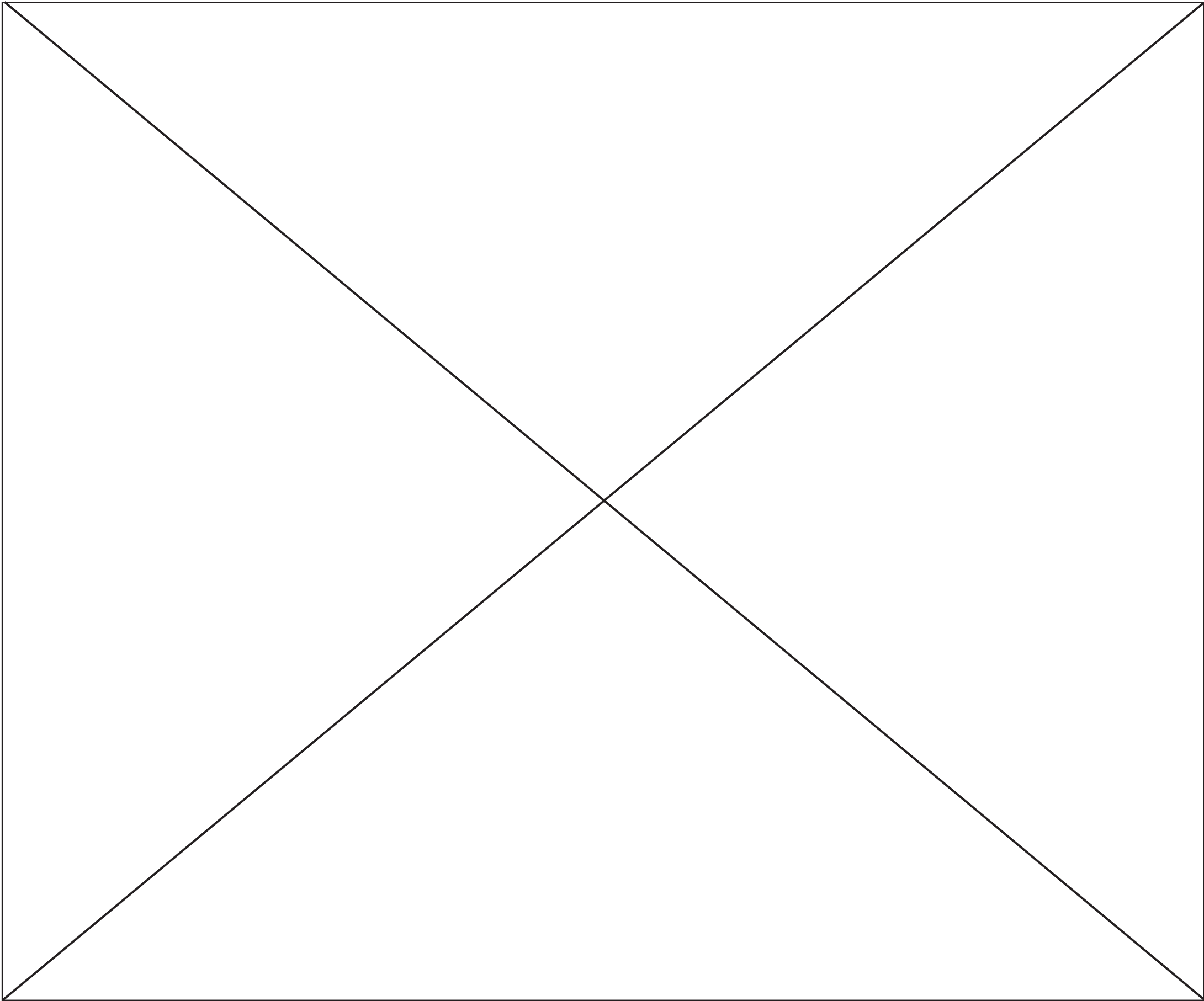
그림 7.2-12



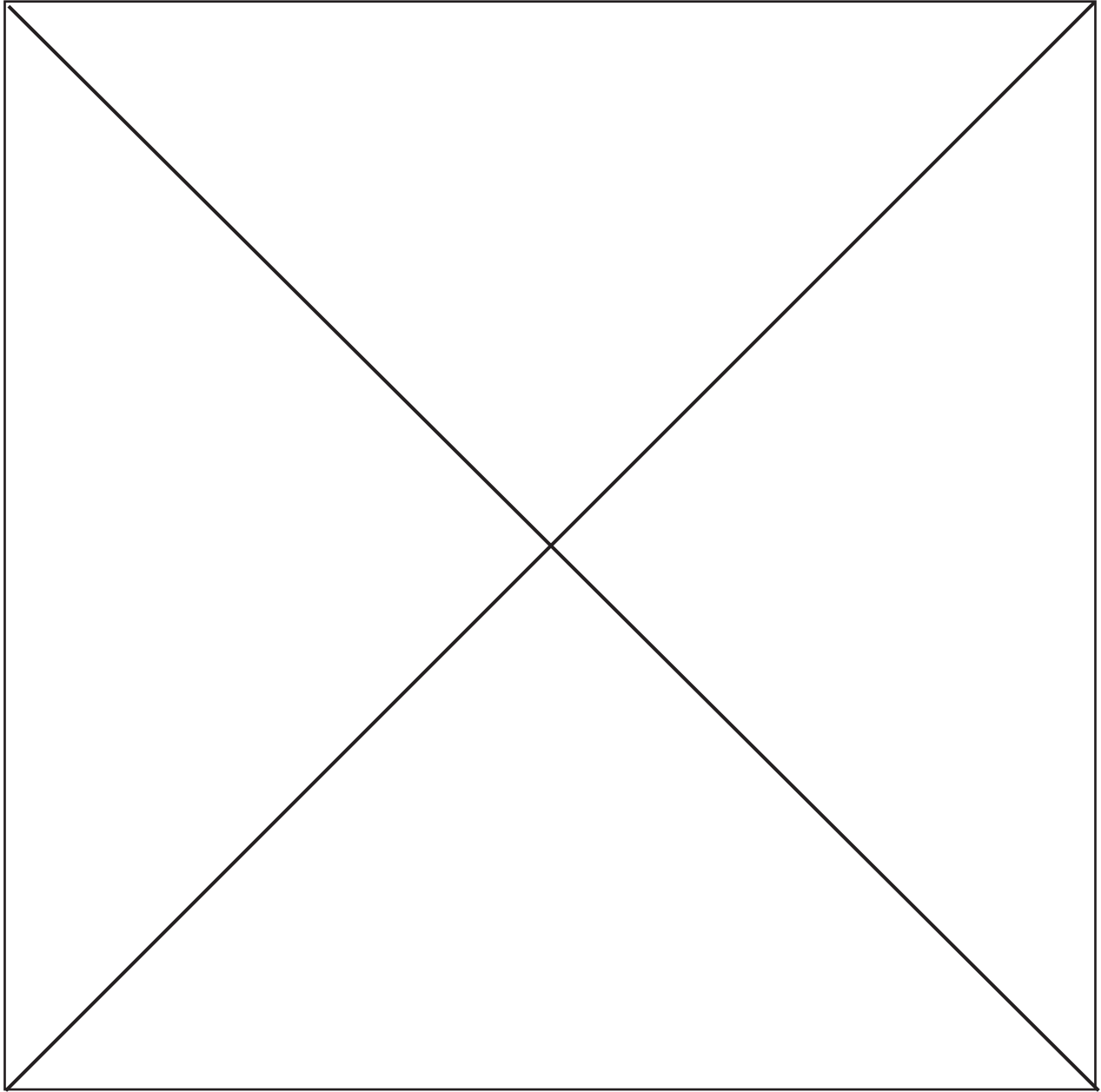
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 발전소보호계통 2/4 동시논리 및  
트립 채널 우회

그림 7.2-13



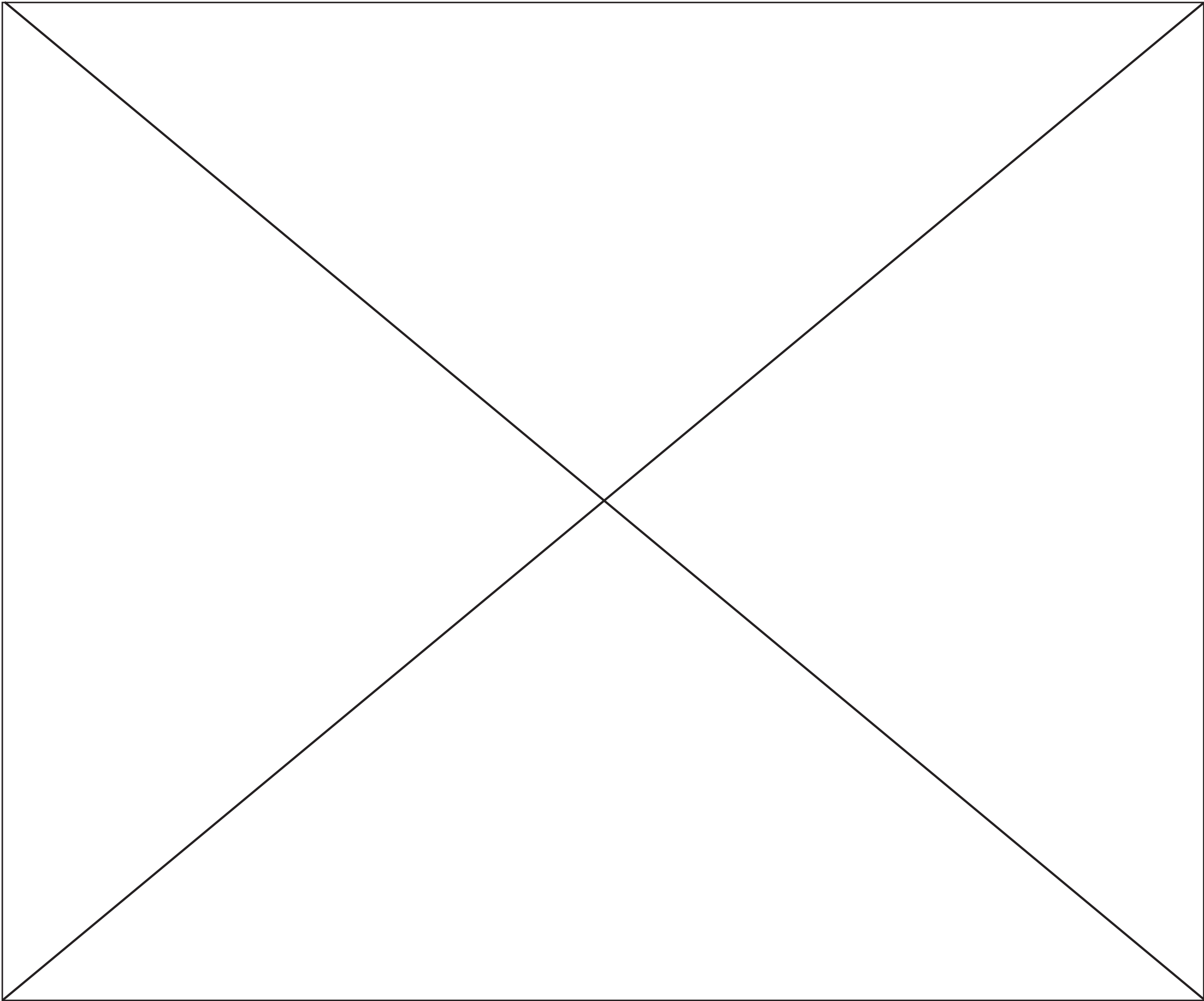
	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
발전소보호계통 개시논리도	
그림 7.2-14	




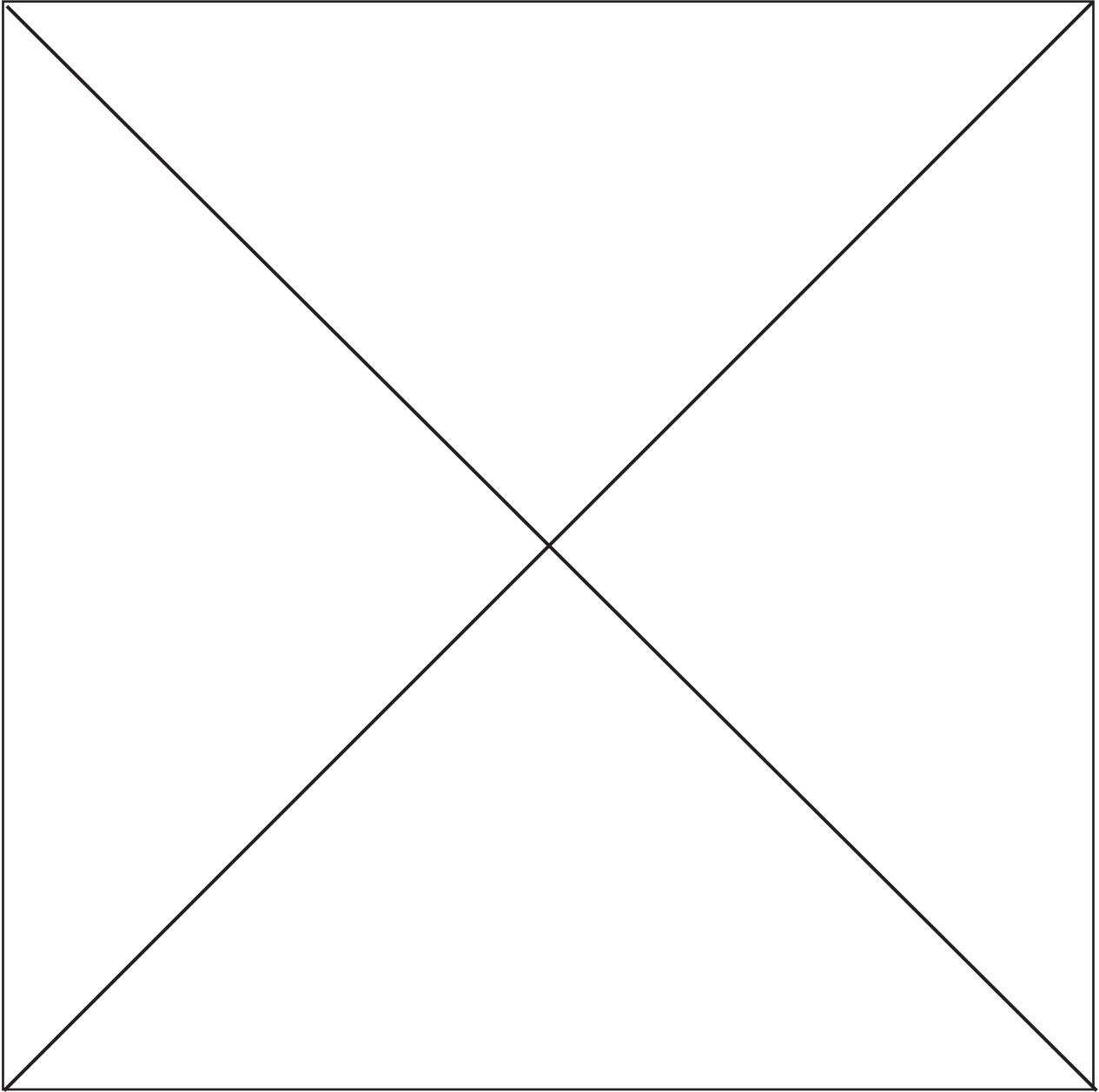
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 발전소보호계통의 가변설정치 운전

그림 7.2-15



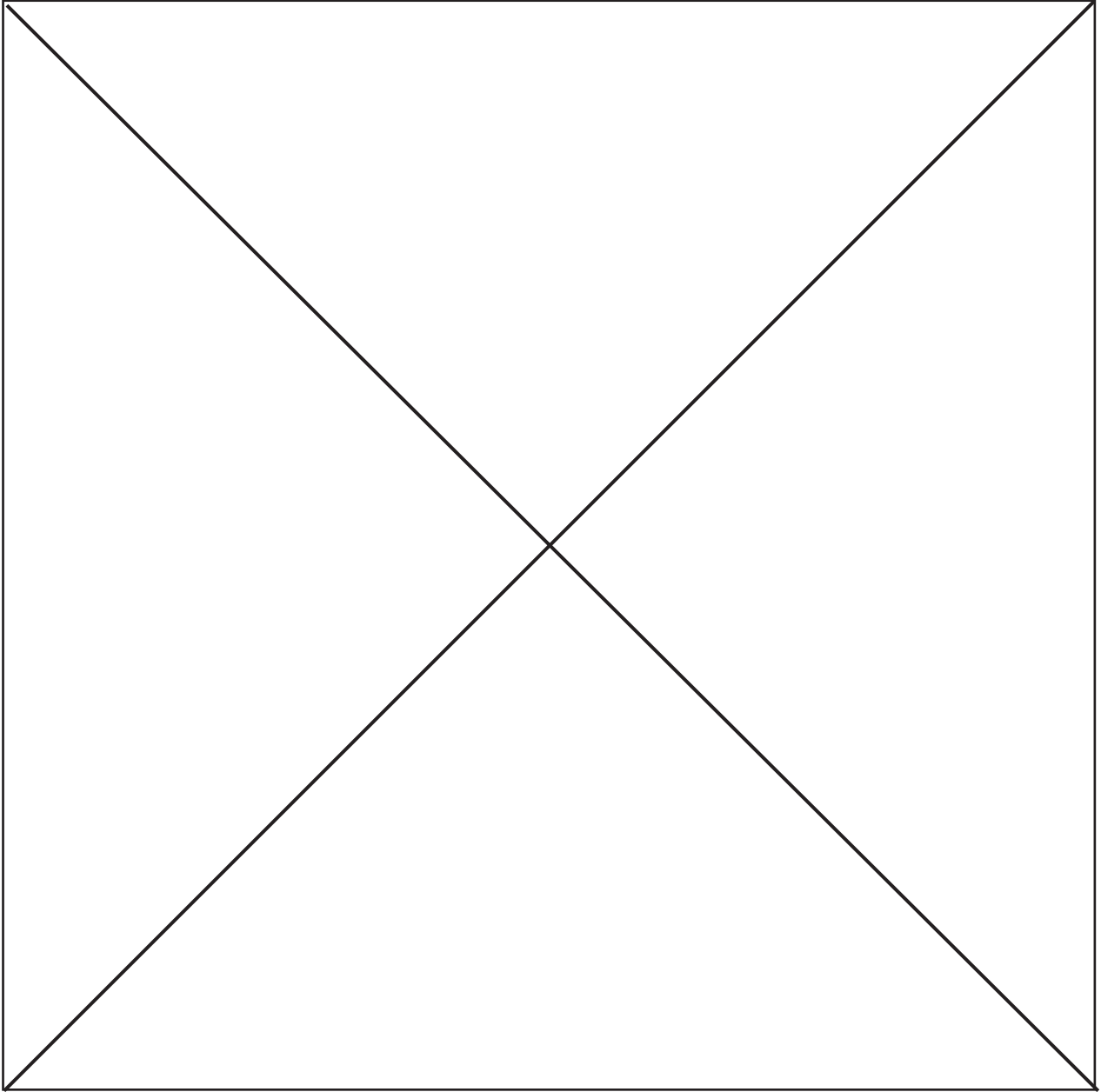
	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	발전소보호계통 시험중첩
그림 7.2-16	



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

연계시뮬프로세서 블록선도

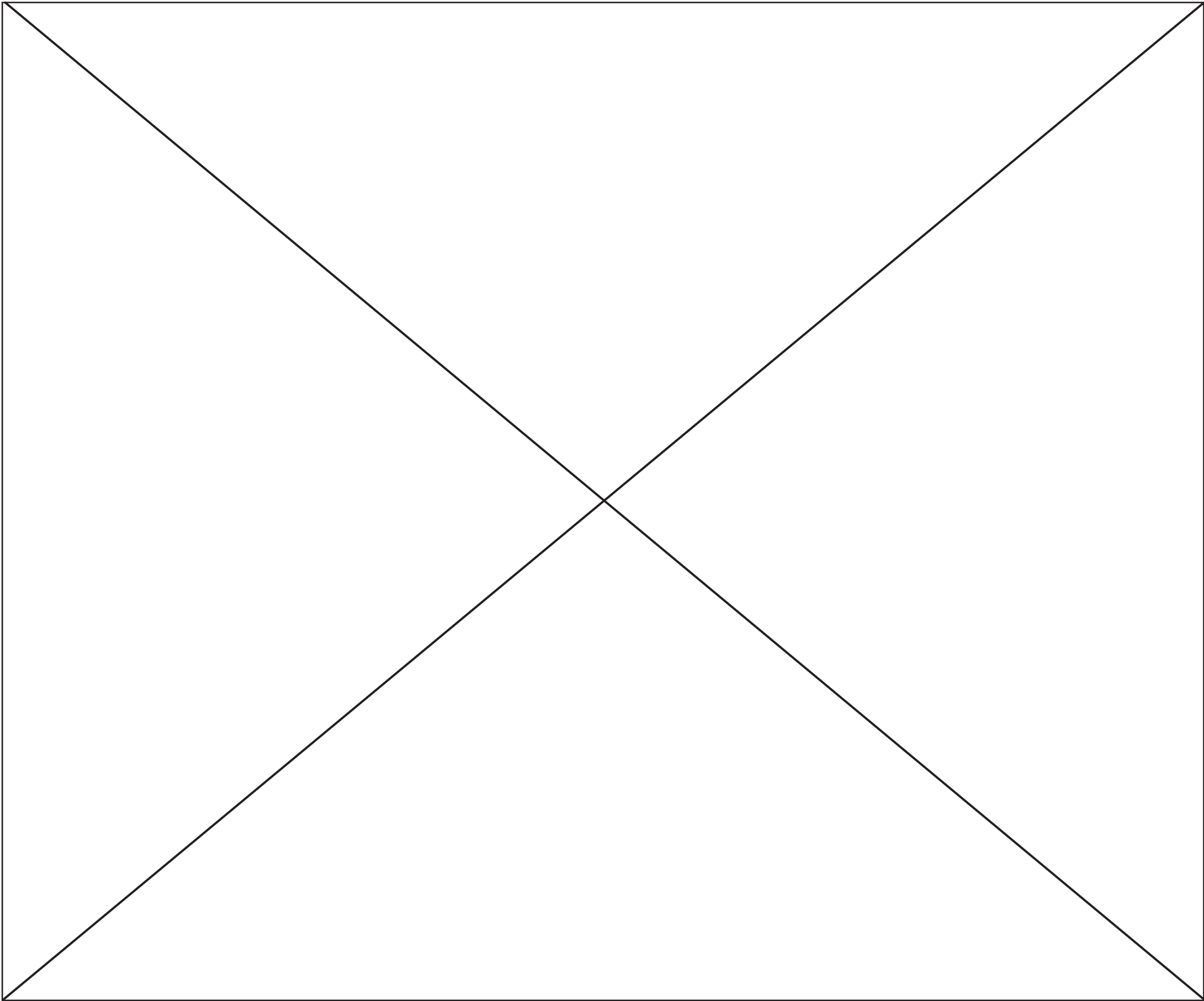
그림 7.2-17



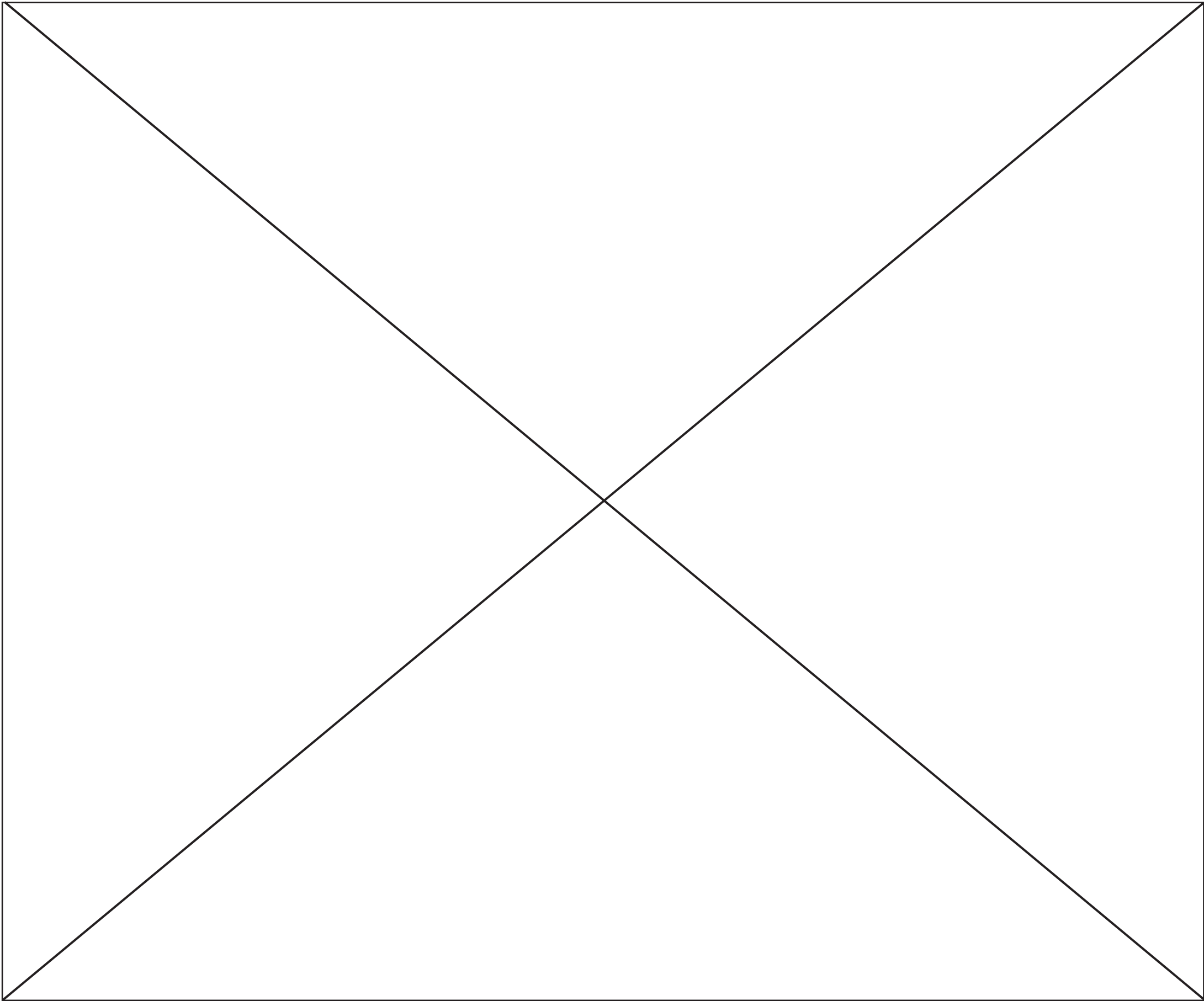
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 발전소보호계통 채널  
접점 비교논리 연계도

그림 7.2-18



	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
발전소보호계통 블록선도 (고장유형 및 영향분석도)	
그림 7.2-19 (2 중 1)	

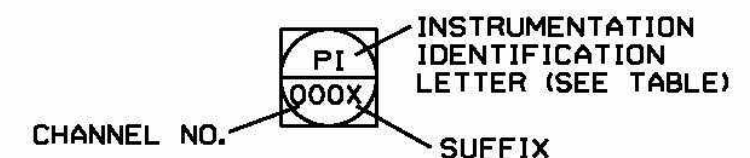


	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
발전소보호계통 블록선도 (고장유형 및 영향분석도)	
그림 7.2-19 (2 중 2)	

ABBRV.	EXPLANATION
A/E	ARCHITECT ENGINEER
AFAS	AUXILIARY FEEDWATER ACTUATION SIGNAL
APC-S/N	AUXILIARY PROCESS CABINET-SAFETY/NON-SAFETY
BA(B/M/P/ST)	BORIC ACID (BATCHING/MAKEUP/PUMP/STORAGE TANK)
BDAS	BORON DILUTION ALARM SYSTEM
CCWS	COMPONENT COOLING WATER SYSTEM
CEA	CONTROL ELEMENT ASSEMBLY
CH	CHANNEL
CIAS	CONTAINMENT ISOLATION ACTUATION SIGNAL
COLSS	CORE OPERATING LIMIT SUPERVISORY SYSTEM
CSAS	CONTAINMENT SPRAY ACTUATION SIGNAL
CSP	CONTAINMENT SPRAY PUMP
CSS	CONTAINMENT SPRAY SYSTEM
CVCS	CHEMICAL AND VOLUME CONTROL SYSTEM
CVH	CONTAINMENT VENT HEADER
DIS	DIVERSE INDICATION SYSTEM
DNBR	DEPARTURE FROM NUCLEATE BOILING RATIO
DPS	DIVERSE PROTECTION SYSTEM
EDT	EQUIPMENT DRAIN TANK
ENFMS	EXCORE NEUTRON FLUX MONITORING SYSTEM
ESFAS	ENGINEERED SAFETY FEATURES ACTUATION SYSTEM
ESF-CCS	ENGINEERED SAFETY FEATURE - COMPONENT CONTROL SYSTEM
EX-CORE	EXTERNAL TO CORE/REACTOR VESSEL
FW	FEEDWATER
FWCS	FEEDWATER CONTROL SYSTEM
GSEMS	GAS STRIPPER EFFLUENT RADIATION MONITORING SYSTEM
GWMS	GAS WASTE MANAGEMENT SYSTEM
HX	HEAT EXCHANGER
HV	HIGH VOLTAGE
ICC	INADEQUATE CORE COOLING
IPS	INFORMATION PROCESSING SYSTEM
IRWST	IN-CONTAINMENT REFUELING WATER STORAGE TANK
IVMS	INTERNAL VIBRATION MONITORING SYSTEM
IX	ION EXCHANGER
LTOP	LOW TEMPERATURE OVER PRESSURE
MCR	MAIN CONTROL ROOM
MCBD	MEASUREMENT CHANNEL BLOCK DIAGRAM
MSIS	MAIN STEAM ISOLATION SIGNAL
NI	NUCLEAR INSTRUMENTATION
NIMS	NSSS INTEGRITY MONITORING SYSTEM
NPCS	NSSS PROCESS CONTROL SYSTEM
P-CCS	PROCESS-COMPONENT CONTROL SYSTEM

ABBRV.	EXPLANATION
PCS	POWER CONTROL SYSTEM
PHPPCU	PRESSURIZER HEATER PROPORTIONAL POWER CONTROL UNIT
PLCS	PRESSURIZER LEVEL CONTROL SYSTEM
POSRV	PILOT OPERATED SAFETY RELIEF VALVE
PPS	PLANT PROTECTION SYSTEM
PRM	PROCESS RADIATION MONITOR
PZR	PRESSURIZER
PWR	POWER
QIAS-P	QUALIFIED INDICATION AND ALARM SYSTEM-PAMI
RCOPS	REACTOR CORE PROTECTION SYSTEM
RCP	REACTOR COOLANT PUMP
RCPSSSS	REACTOR COOLANT PUMP SHAFT SPEED SENSING SYSTEM
RCPVMS	REACTOR COOLANT PUMP VIBRATION MONITORING SYSTEM
RCS	REACTOR COOLANT SYSTEM
RD	REACTOR DRAIN
RDТ	REACTOR DRAIN TANK
REF	REFERENCE
RMW	REACTOR MAKEUP WATER
RPCS	REACTOR POWER CUTBACK SYSTEM
RRS	REACTOR REGULATING SYSTEM
RSR	REMOTE SHUTDOWN ROOM
SBCS	STEAM BYPASS CONTROL SYSTEM
SC	SAFETY CONSOLE
SCS	SHUTDOWN COOLING SYSTEM
SG	STEAM GENERATOR
SIAS	SAFETY INJECTION ACTUATION SIGNAL
SIP	SAFETY INJECTION PUMP
SIS	SAFETY INJECTION SYSTEM
TYP	TYPICAL
VAR	VARIABLE
VCT	VOLUME CONTROL TANK

TABLE 1		
INSTRUMENTATION IDENTIFICATION LETTERS		
	FIRST LETTER	SUCCEEDING LETTERS
A	ANALYSIS	ALARM
B		
C	CONDUCTIVITY	CONTROL
D	DENSITY OR SPECIFIC GRAVITY	DIFFERENTIAL
E	VOLTAGE (EMF)	ELEMENT
F	FLOW RATE OR FLOW	
G	GAGING (DIMENSIONAL)	GLASS
H	HAND INITIATOR (MANUALLY)	
I	CURRENT	INDICATOR
J	POWER	
K	TIME OR TIME SCHEDULE	RATE OR CHANGE
L	LEVEL	LIGHT
M	MOISTURE OR HUMIDITY	
N	VIBRATION	
O		ORIFICE (RESTRICTION)
P	PRESSURE OR VACUUM	
Q	QUALITY OR EVENT	INTEGRATOR OR TOTALIZER
R	RADIOACTIVITY	RECORDER
S	SPEED	SWITCH
T	TEMPERATURE	TRANSMITTER
U		
V		VALVE
W	WEIGHT	WELL
X		TEST POINT
Y		SIGNAL PROCESSING DEVICE
Z	VALVE POSITION	



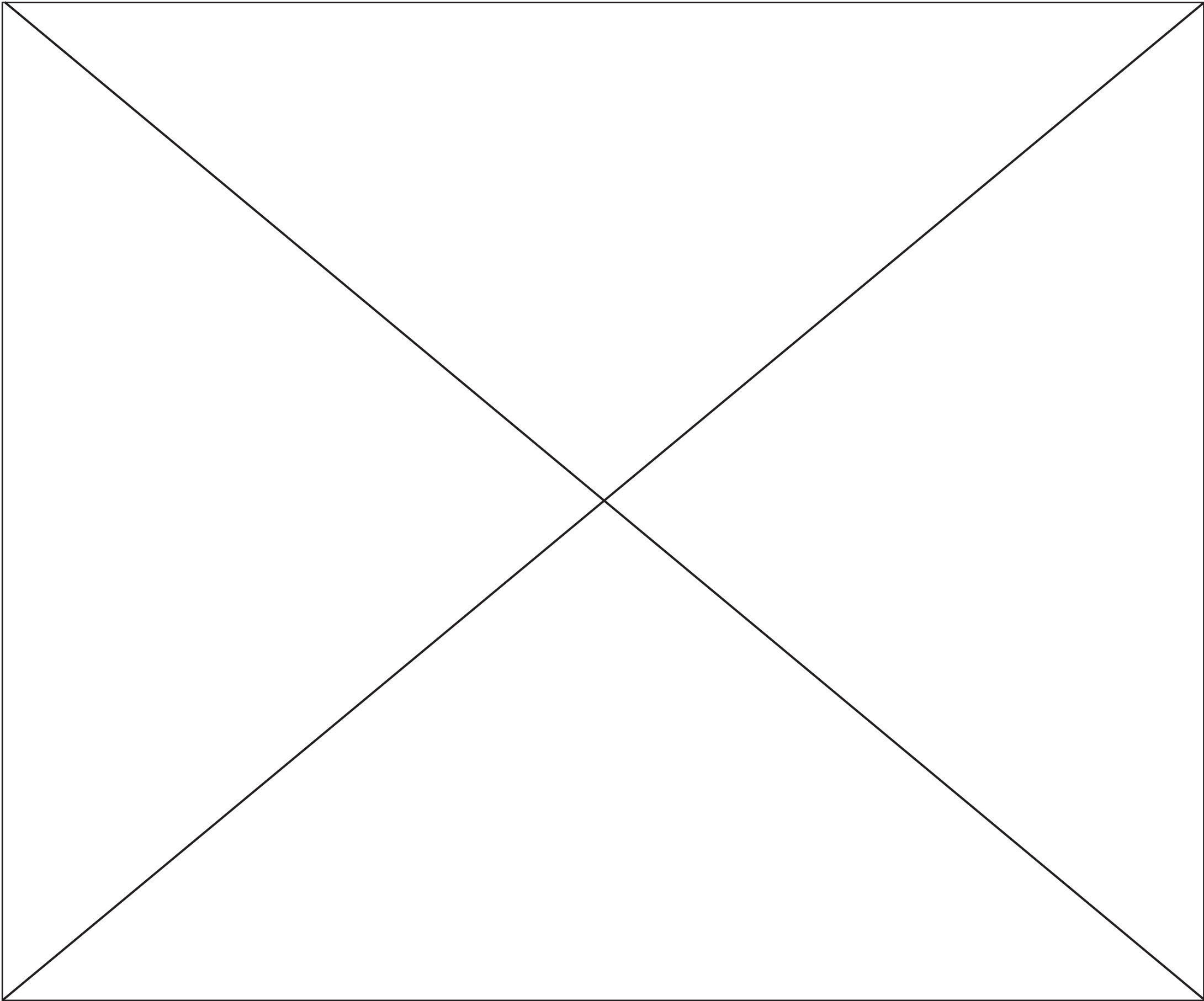
한국수력원자력주식회사

신한울 1,2호기

최종안전성분석보고서

측정채널 블록선도 기호 주석 및 약자

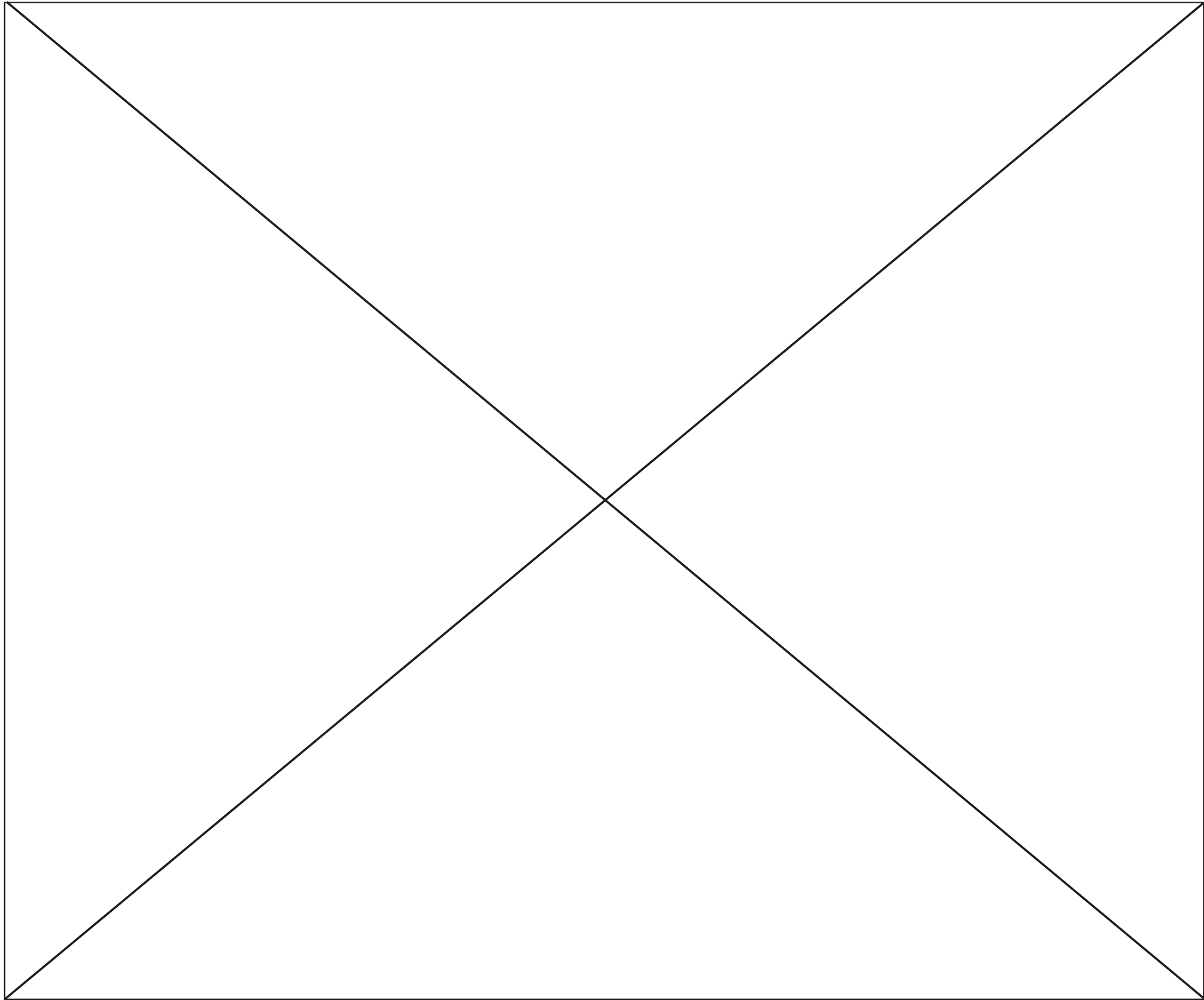
그림 7.2-20 (2 중 1)



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

측정채널 블록선도 기호 주석 및 약자

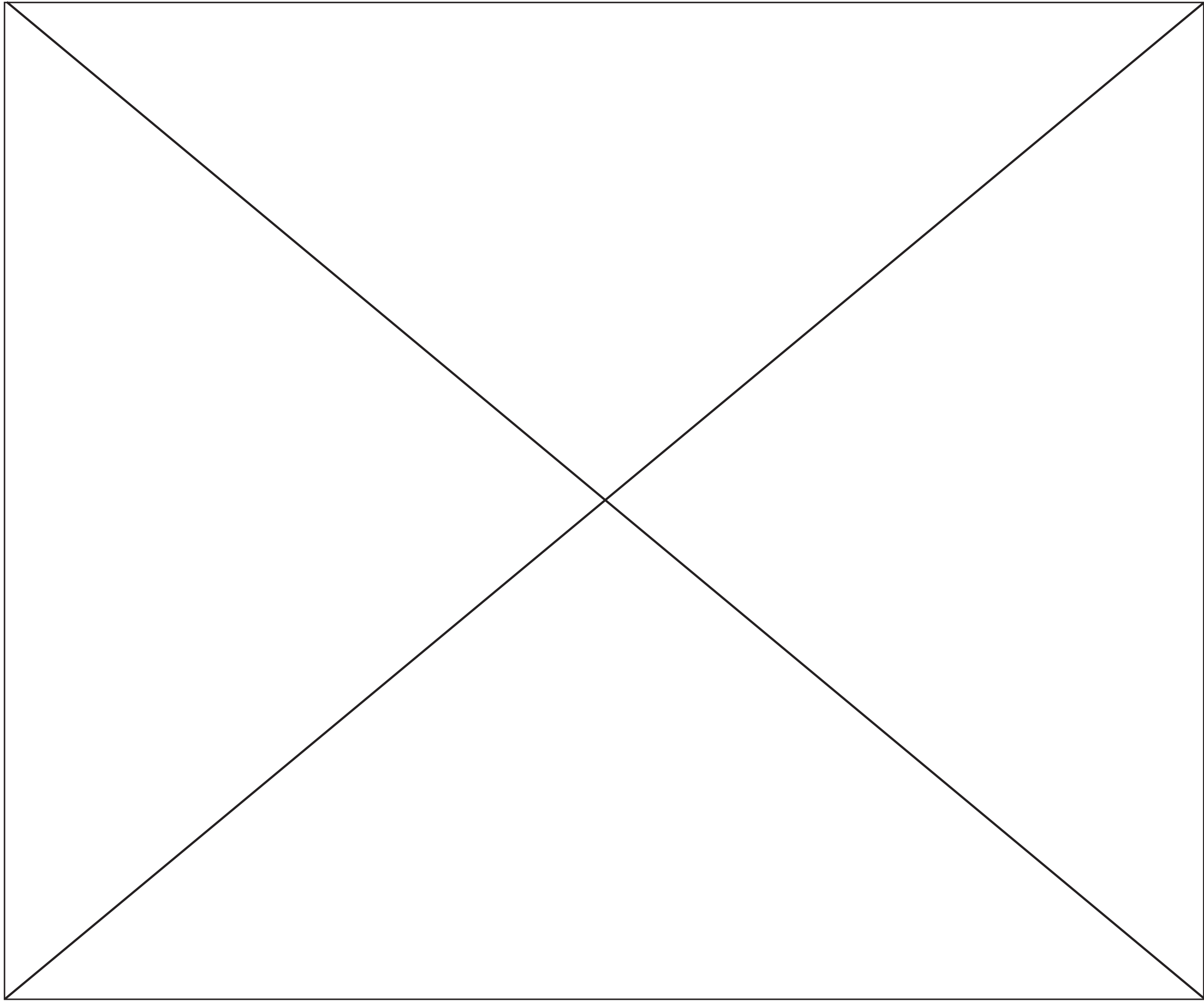
그림 7.2-20 (2 중 2)



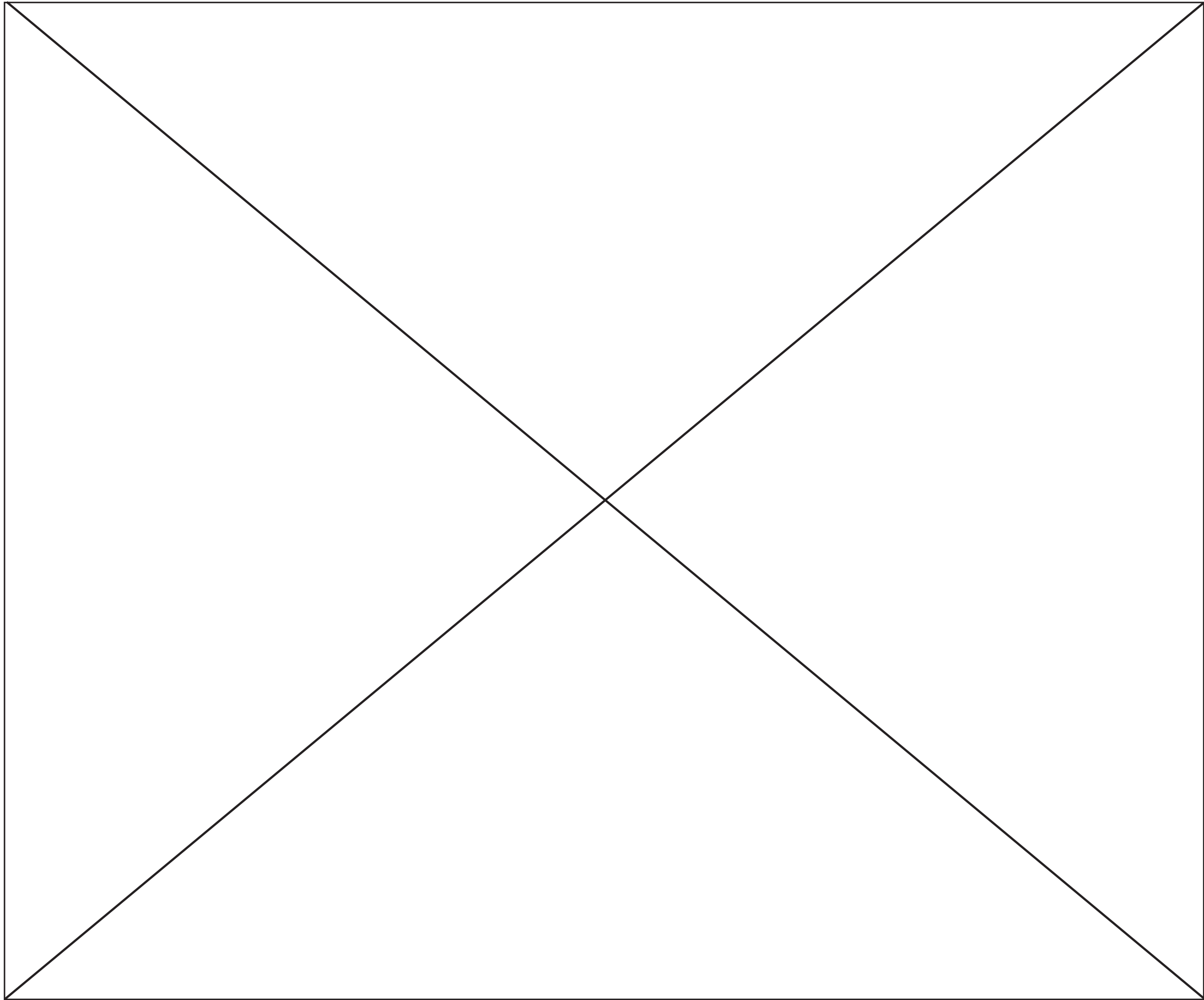
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

루프 1 온도 측정채널 블록선도

그림 7.2-21



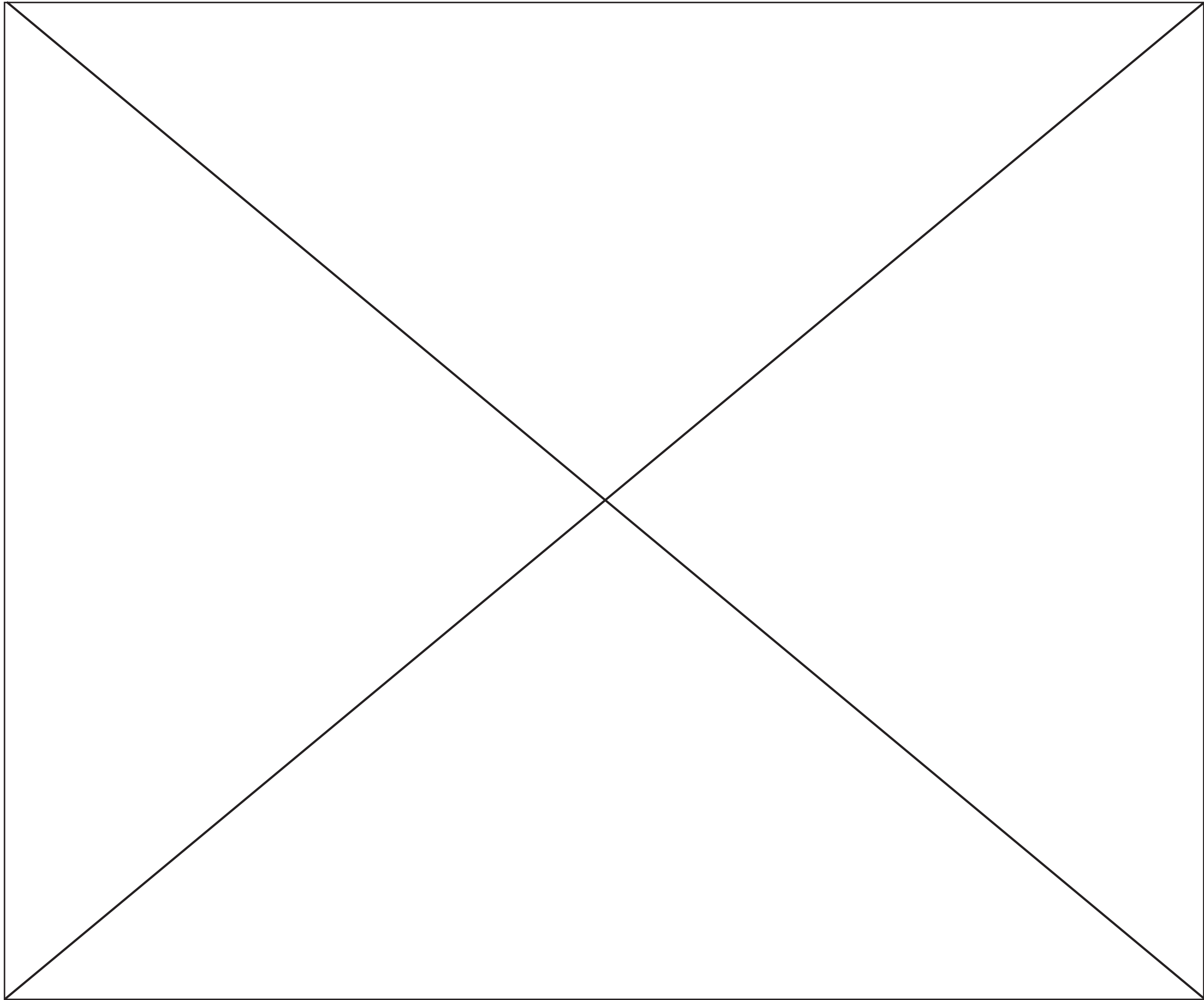
	<p>한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서</p>
<p>루프 2 온도 측정채널 블록선도</p> <p>그림 7.2-22</p>	



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

원자로냉각재펌프 압력 측정채널 블록선도

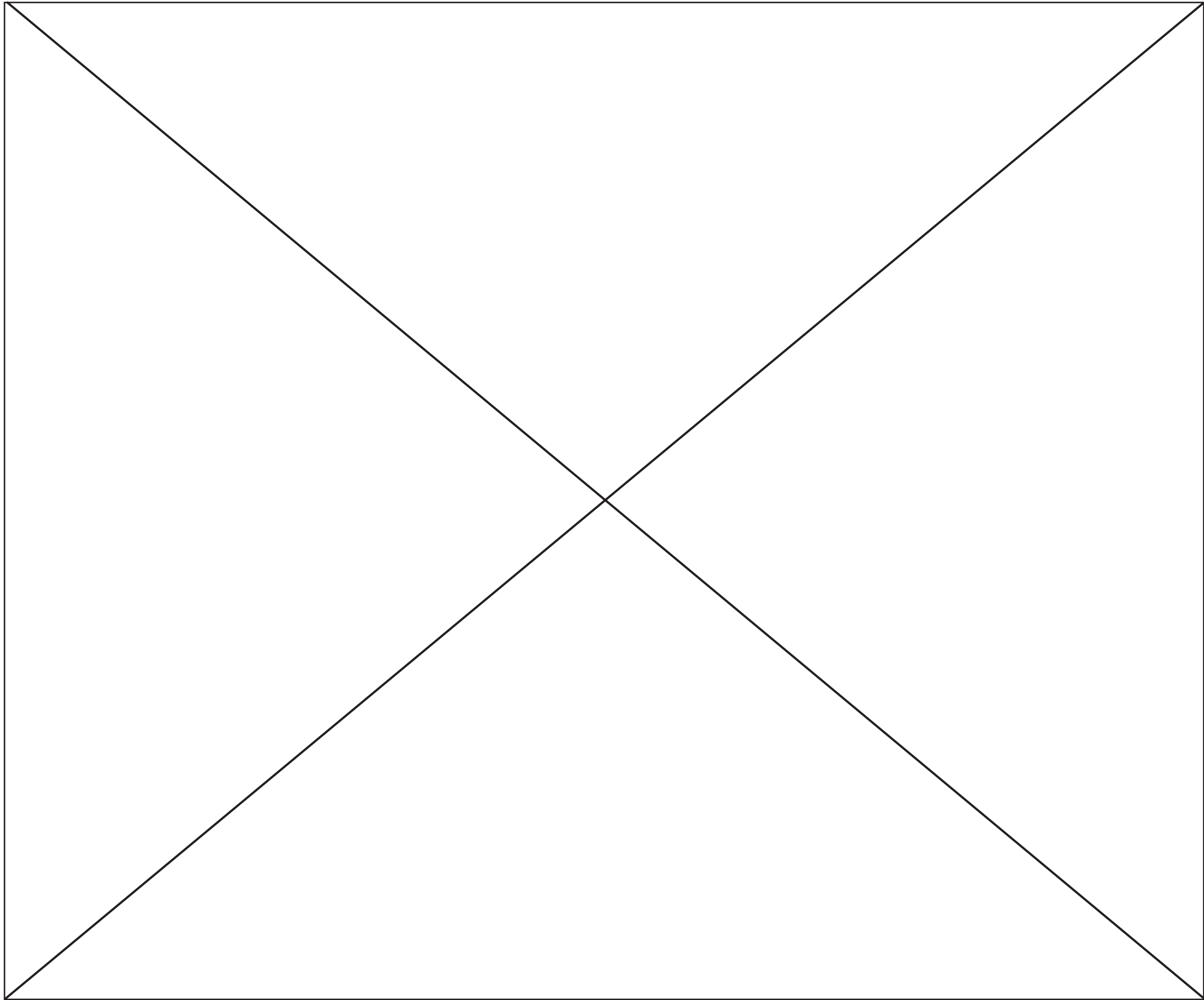
그림 7.2-23a



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

원자로냉각재펌프 속도 측정채널 블록선도

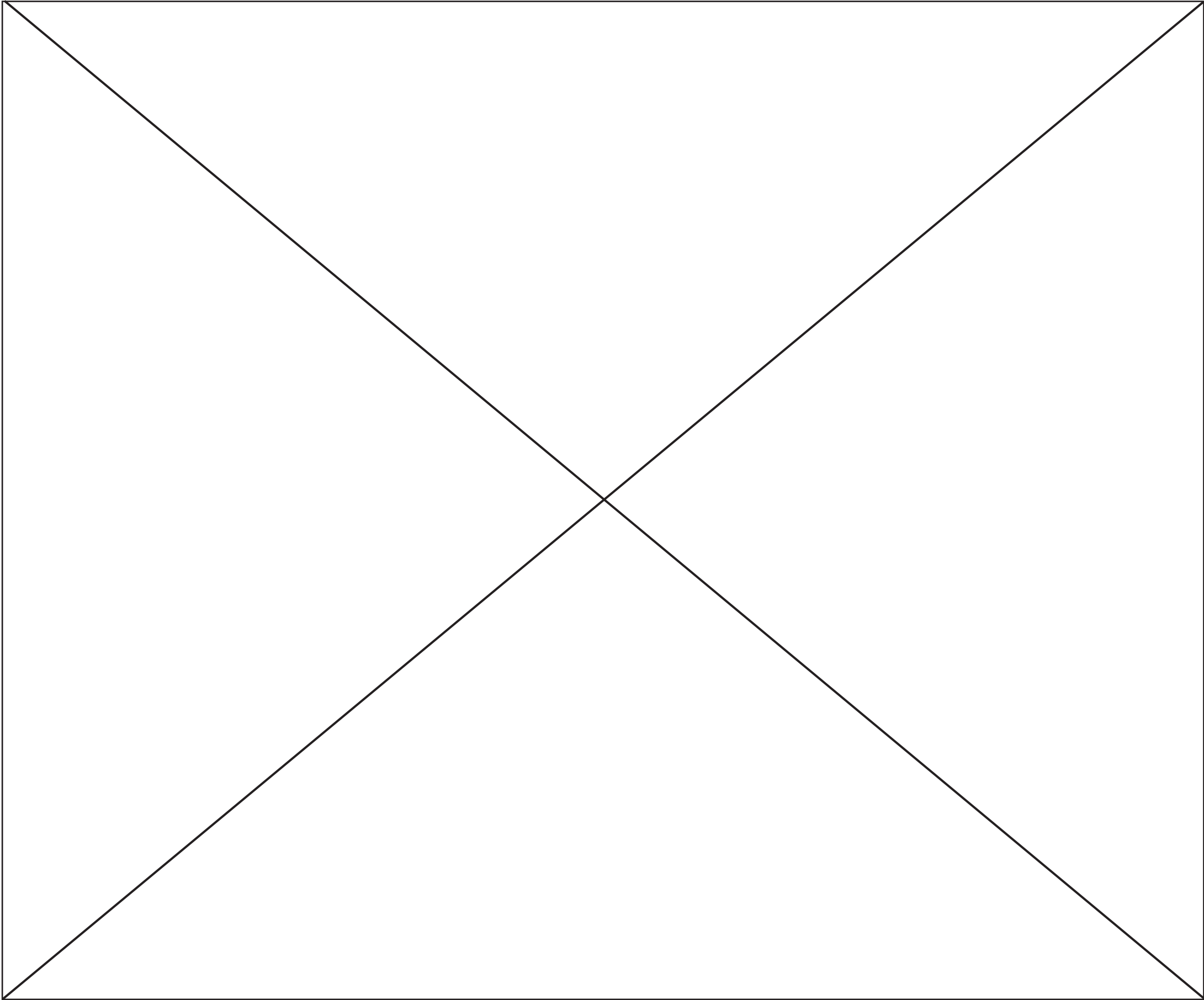
그림 7.2-23b



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

가압기 압력(협역) 측정채널 블록선도

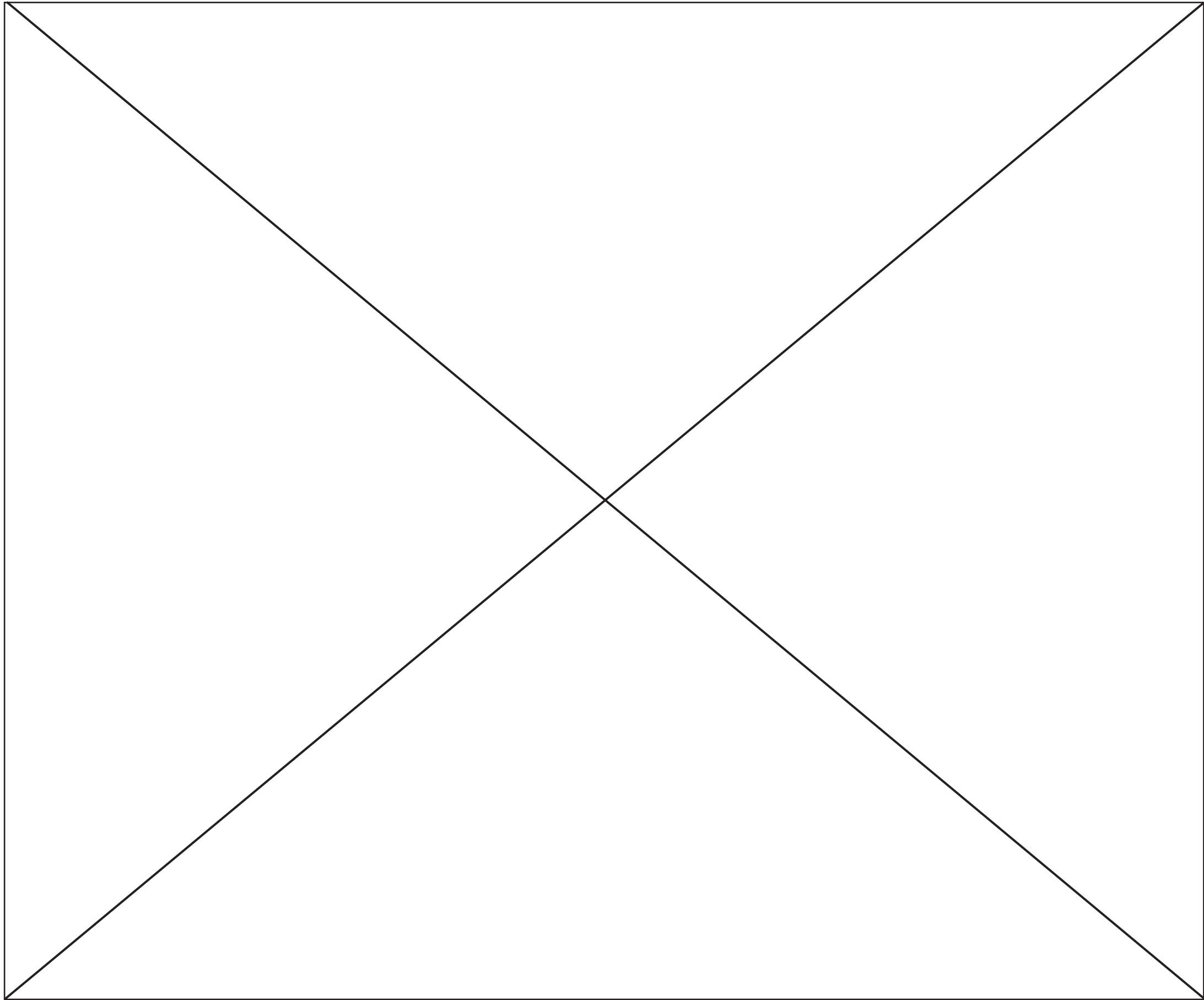
그림 7.2-24a



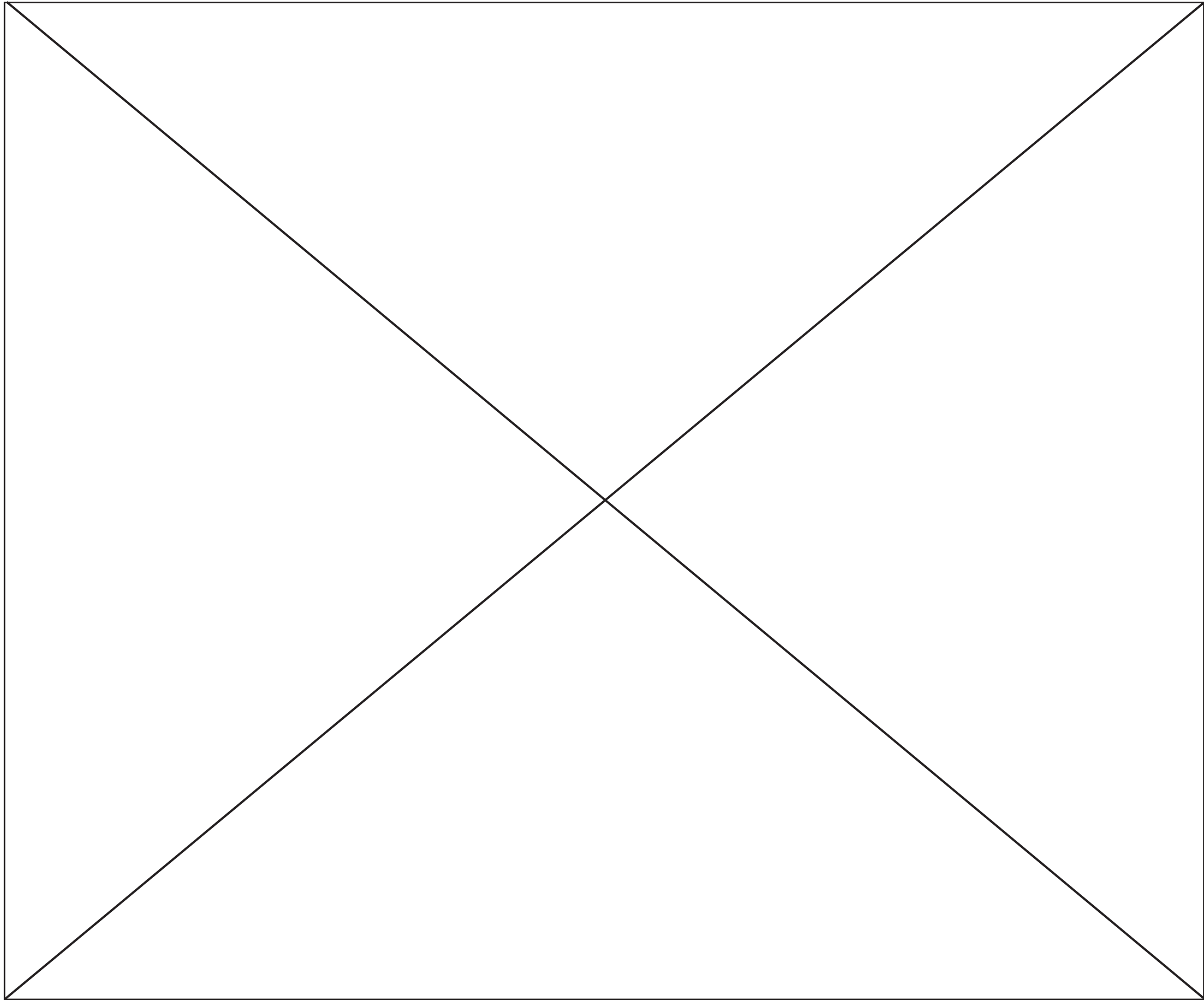
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

가압기 압력(광역) 측정채널 블록선도

그림 7.2-24b



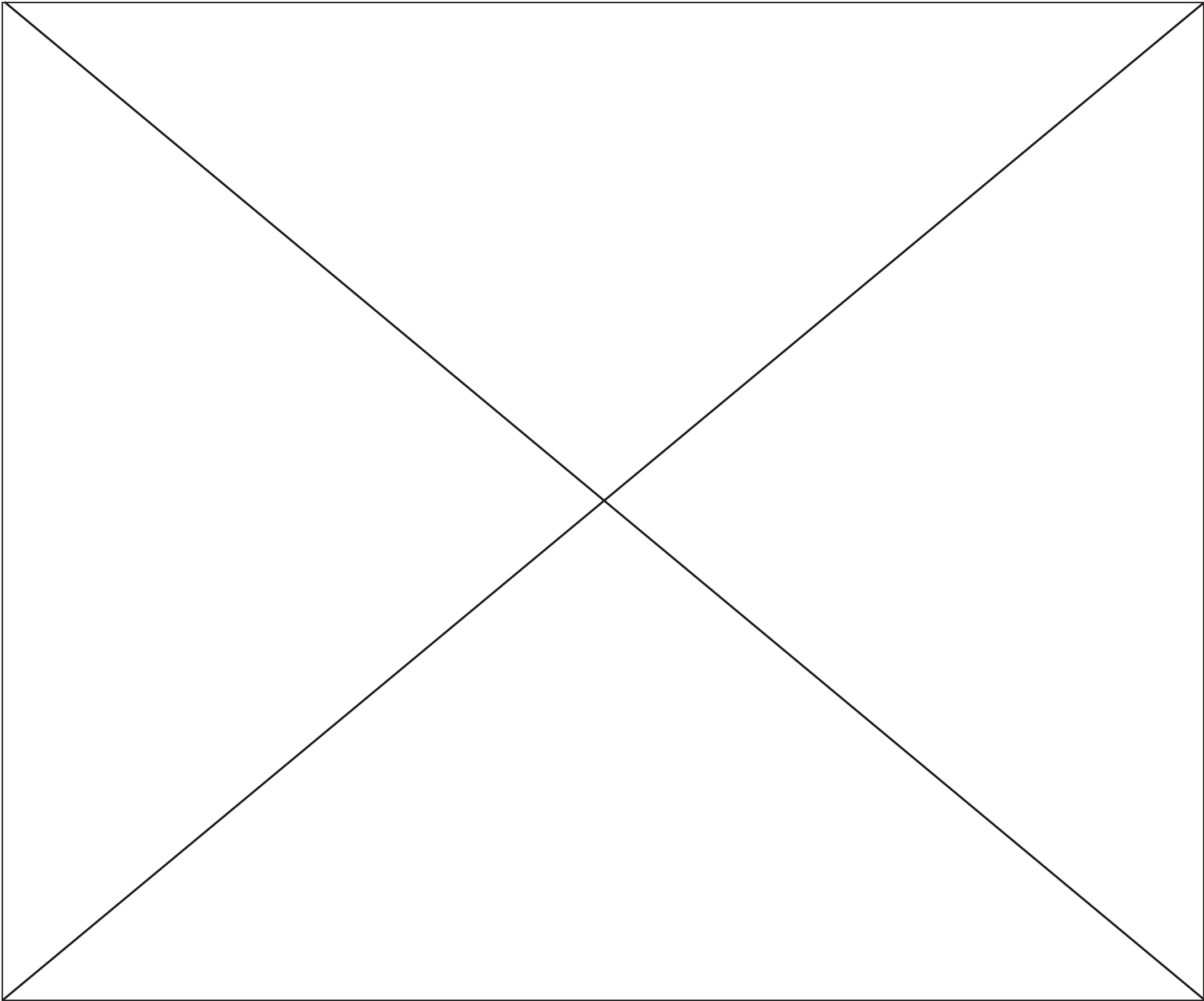
	<p>한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서</p>
<p>노외중성자속 측정채널 블록선도</p> <p>그림 7.2-25</p>	



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

원자로건물 압력 측정채널 블록선도

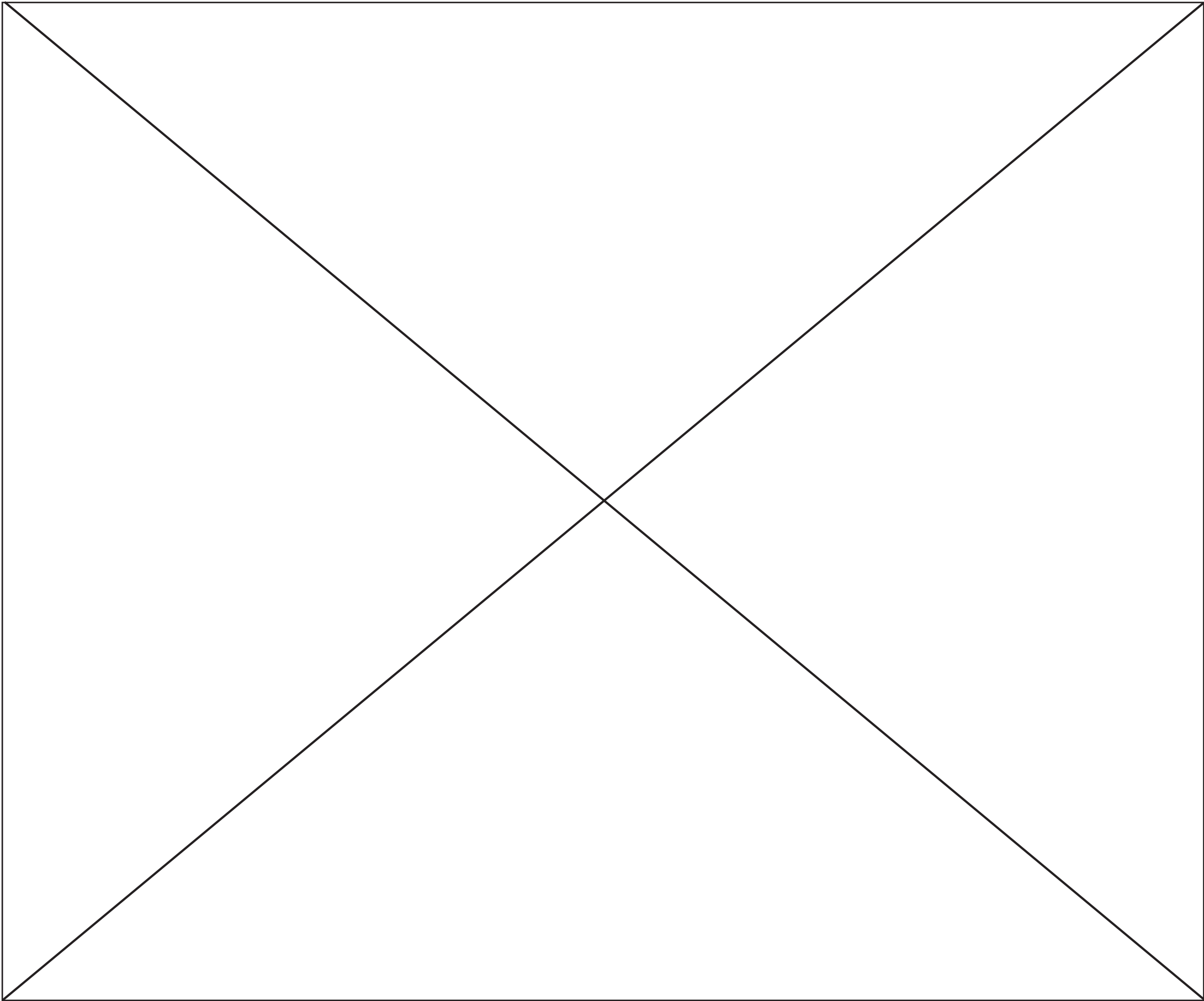
그림 7.2-26



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

증기발생기 1 수위(광역) 측정채널 블록선도

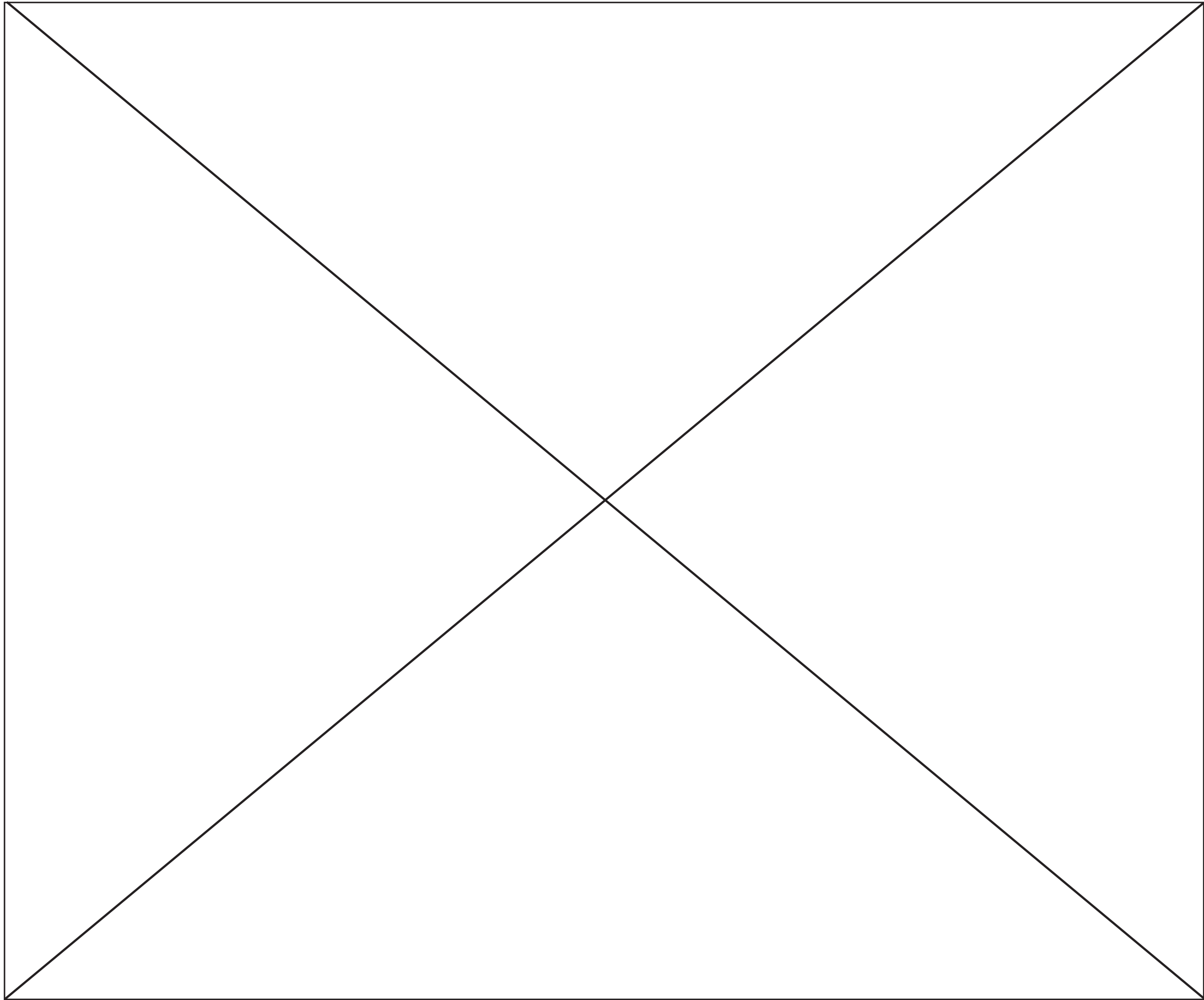
그림 7.2-27a



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

증기발생기 2 수위(광역) 측정채널 블록선도

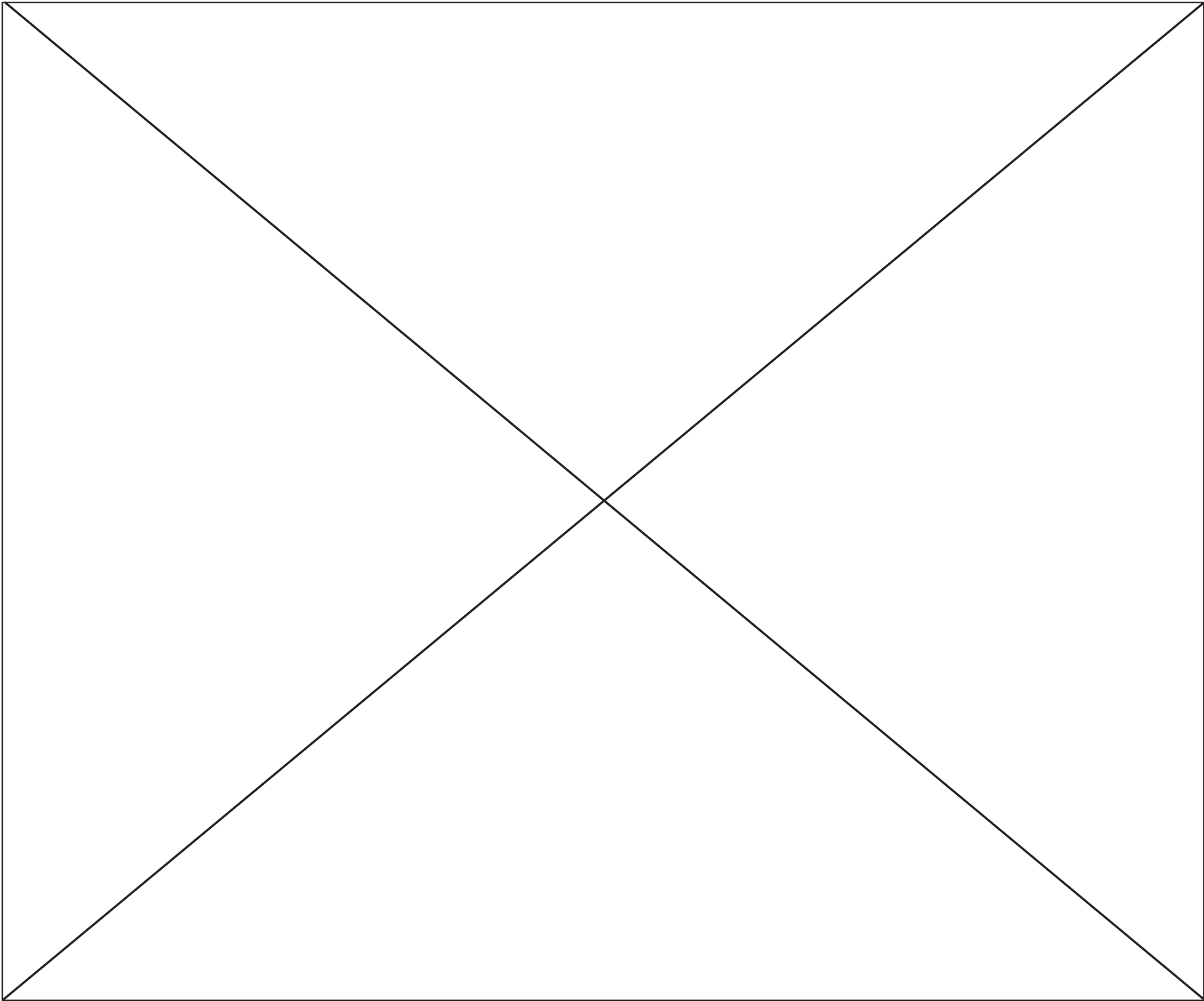
그림 7.2-27b



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

증기발생기 1 압력 측정채널 블록선도

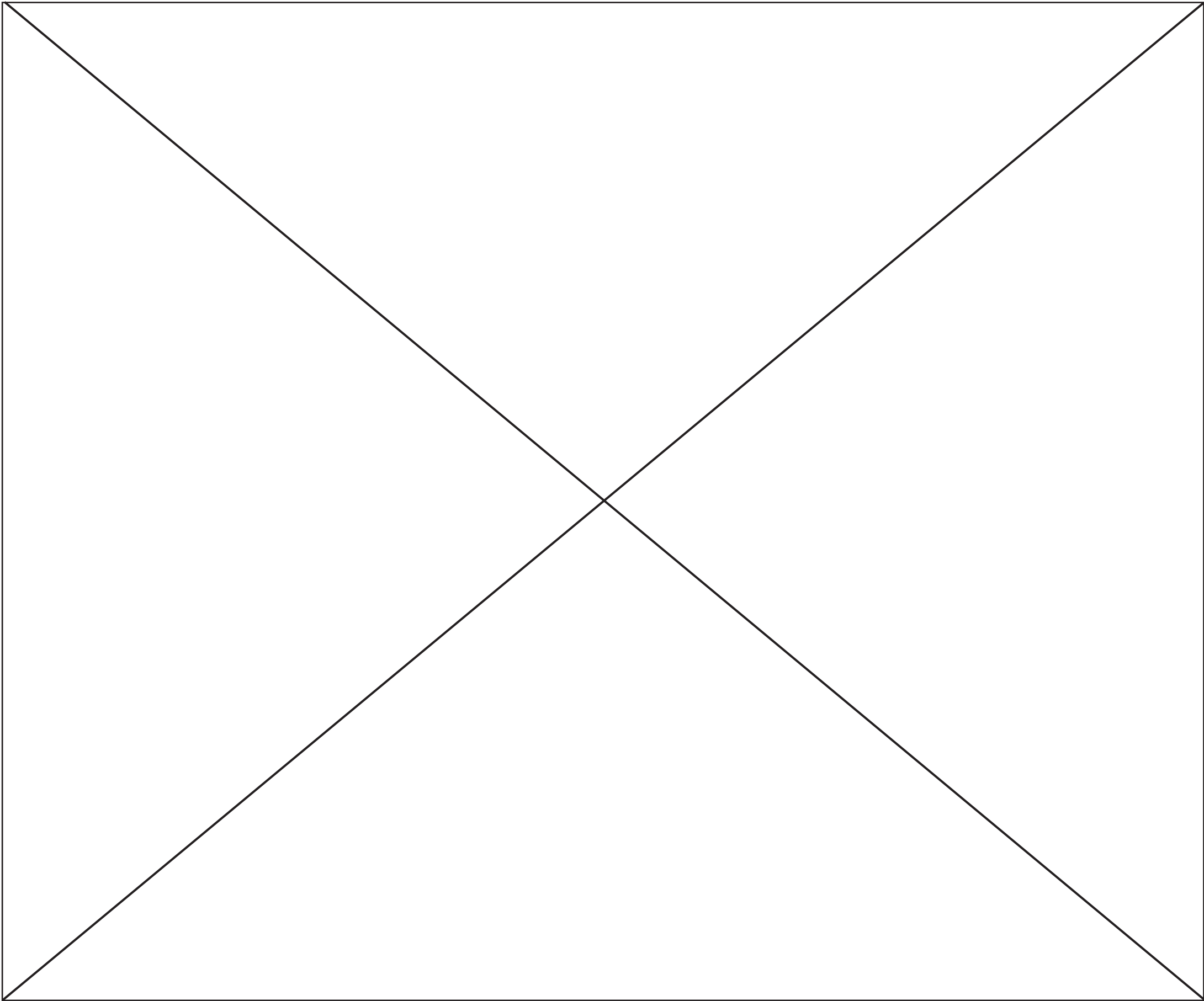
그림 7.2-28a



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

증기발생기 2 압력 측정채널 블록선도

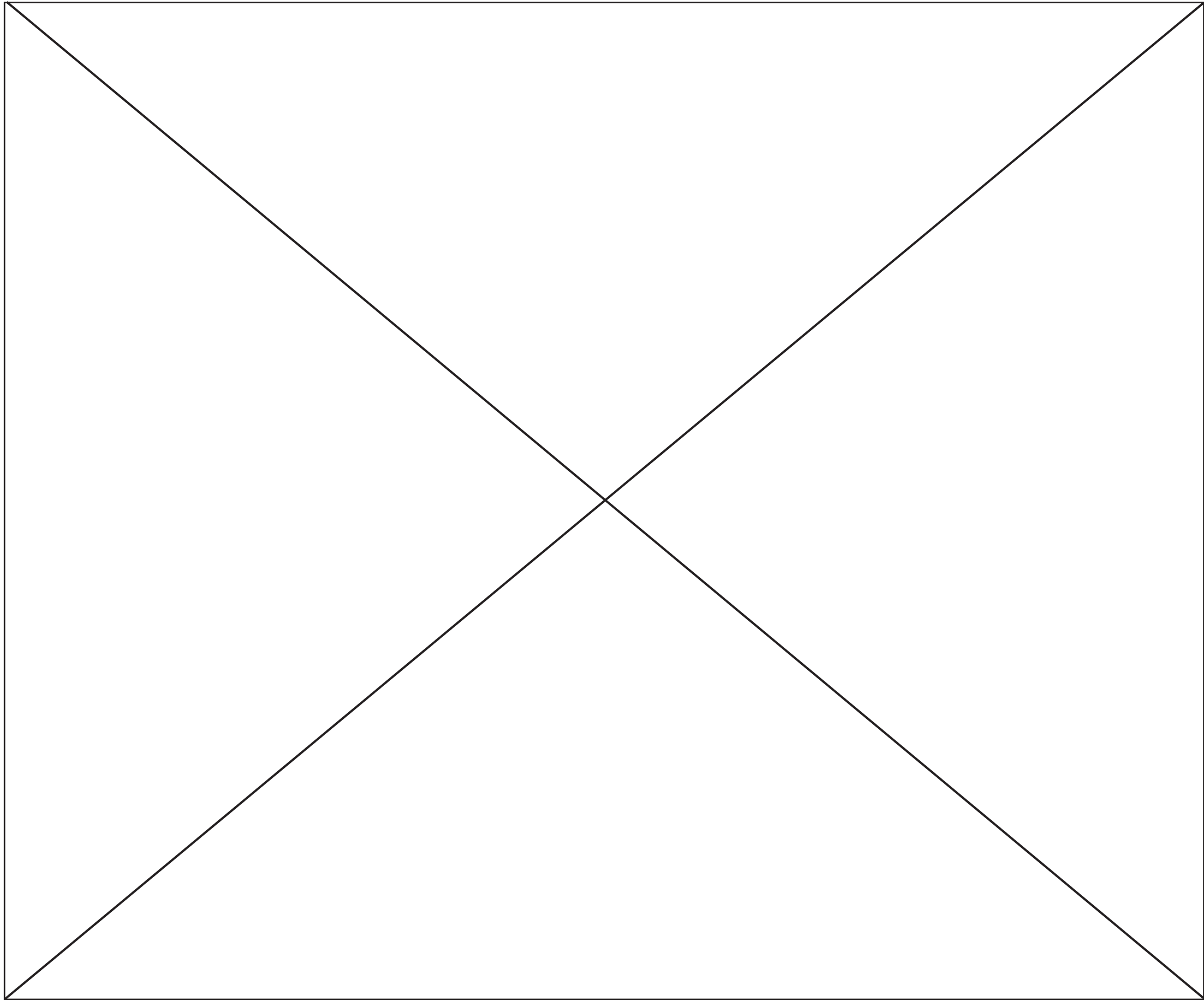
그림 7.2-28b



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

증기발생기 1 수위(협역) 측정채널 블록선도

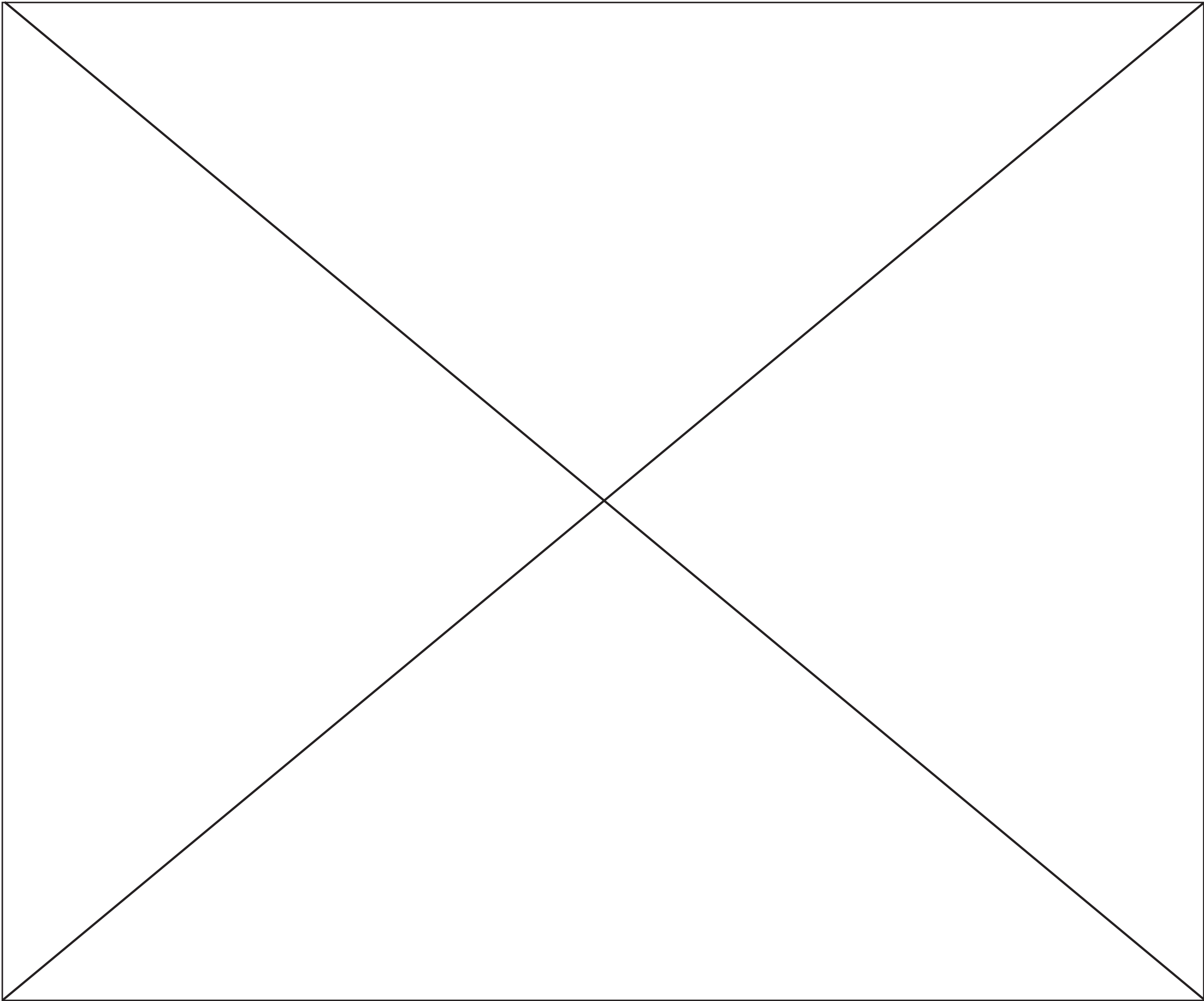
그림 7.2-29a



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

증기발생기 2 수위(협역) 측정채널 블록선도

그림 7.2-29b



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

증기발생기 일차측 차압 측정채널 블록선도

그림 7.2-30

### 7.3 공학적안전설비작동계통

#### 7.3.1 개요

공학적안전설비계통의 안전성관련 계측제어기기는 감지기로부터 작동기기 입력단자까지 공학적안전설비작동계통을 작동시키는 신호들을 발생시키는데 필요한 전기, 기계장치 및 회로로 구성되어 있다.

공학적안전설비 작동기기는 발전소보호계통 및 방사선감시계통과 기능적으로 연계된 공학적안전설비작동계통 또는 운전원으로부터 작동신호를 받는다. 공학적안전설비작동계통 신호는 공학적안전설비를 동작시키며 기기들을 위한 제어회로는 공학적안전설비의 적절한 운전에 필요한 순서를 제공한다. 공학적안전설비작동계통은 공학적안전설비계통 기기를 작동한다.

공학적안전설비 기기제어계통은 공학적안전설비계통 기기의 작동 및 제어뿐만 아니라 다른 안전성관련 기기들도 제어한다. 이러한 기기들에는 차단기와 계전기에 의해 작동되는 기기(예, 펌프, 팬, 히터 및 모터구동 밸브) 및 솔레노이드 구동기기(예, 공기구동, 전기-공기구동 및 직접구동 밸브)를 포함한다.

#### 핵심기공급계통

공학적안전설비작동계통은 공학적안전설비작동신호를 발생시키기 위하여 발전소보호계통의 비교논리, 동시논리 및 공학적안전설비 기기제어계통의 작동논리와 기기제어논리를 이용하며, 공학적안전설비작동신호는 공학적안전설비의 입력으로 제공된다. 공학적안전설비 기기제어계통은 발전소보호계통으로부터 공학적안전설비작동계통 개시신호를 받아 다음과 같은 작동신호를 발생한다.

가. 원자로건물격리작동신호

나. 원자로건물살수작동신호

다. 주증기격리신호

라. 안전주입작동신호

마. 보조급수작동신호

공학적안전설비작동계통의 기능 수행을 위한 논리들은 감시변수 및 설정치를 제외하고는 기본적으로 동일하다. 따라서 모든 공학적안전설비작동계통의 논리들은 공통적으로 한번

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

만 기술한다. 각 공학적안전설비계통과 관련된 특정한 계측제어부분은 7.3.1.1.10절에서 기술한다.

### 보조설비계통

설계기준사고시 주제어실 운전원의 거주성을 확보하고, 핵연료취급지역과 원자로건물 내의 핵연료취급사고 결과를 완화하기 위한 보조설비계통의 공학적안전설비 공기조화계통과 기기들의 적절한 운전을 위한 다중의 안전성관련 계측제어설비가 제공된다.

보조설비계통의 공학적안전설비작동계통은 원자로건물, 핵연료취급지역 및 주제어실 공기흡입구에 위치한 안전성관련 방사선감시기의 다중 감지기로 구성된다. 감시되는 변수가 보호 동작 요구치에 도달될 때 공학적안전설비 기기제어계통에 의해서 다음과 같은 작동 신호들이 발생된다.

가. 핵연료취급지역 비상환기작동신호

나. 원자로건물 퍼지격리작동신호

다. 주제어실 비상환기작동신호

이들 작동신호는 아래의 공학적안전설비계통을 자동으로 작동시킨다.

가. 핵연료취급지역 공기조화계통

나. 원자로건물 퍼지계통

다. 주제어실 공기조화계통

원자로건물 가연성기체제어계통은 수동으로 작동되는 공학적안전설비계통이며 6.2.5절에 기술되어 있다.

### 7.3.1.1 계통 설명

공학적안전설비작동계통은 선정된 발전소 공정변수를 감시하고 만약, 이들 변수값이 기 설정된 설정치에 도달하면 공학적안전설비계통 내의 각 기기에 작동신호를 제공하는 감지기, 논리회로 및 작동회로로 구성된다. 공학적안전설비계통의 기능은 다양한 작동계통으로 분산된다. 계통별로 상이한 특정 입력과 논리회로, 그리고 작동기기가 다른 것을 제외하고는 각 작동계통은 동일하다. 개략적인 블록선도가 그림 7.3-1a에서 그림 7.3-1h에 나타나 있다.

가. 공학적안전설비 기기제어계통 구성

공학적안전설비 기기제어계통은 연계시험프로세서, 그룹제어기, 루프제어기, 제어채널 게이트웨이 및 보수시험반으로 구성된다. 각 구성기기는 프로세서와 통신연계기들을 포함한다. 연계시험프로세서는 주요변수지시및정보계통-N과의 통신접속을 지원하고 채널 간 필요한 정보를 상호 교환한다. 각 그룹제어기는 계통수준의 기기제어와 데이터 수신연계사항을 지원하며, 각 루프제어기는 기기수준의 제어논리와 다중신호 송신기능을 제공한다. 제어채널 게이트웨이는 운전원콘솔상의 소프트제어기와 연계기능을 지원한다. 보수시험반은 공학적안전설비 기기제어계통 기기의 상태지시와 계통의 유지보수, 시험 및 진단기능을 수행하며, 정보처리계통 및 공정 기기제어계통과의 연계기능을 지원한다. 공학적안전설비 기기제어계통의 각 채널은 유사하므로 공학적안전설비 기기제어계통 채널 A만 기술된다.

1

공학적안전설비기능은 공학적안전설비 기기제어계통의 각 채널 내 개별 그룹 제어부분에 할당된다(그림 7.3-3 참조)(예를 들면, 안전주입계통, 원자로건물살수계통, 안전감압 배기계통, 증기발생기 1, 2와 연관된 보조급수계통 1, 보조급수계통 2, 주증기격리계통, 원자로건물격리계통, 주제어실 비상환기계통, 원자로건물 퍼지격리계통 및 핵연료취급지역 비상환기계통이 해당된다). 안전등급 이중채널간 혹은 비안전등급-안전등급 간 연동신호는 전기적, 통신적으로 격리된 실배선 광통신을 통해 전송되며, 주요신호목록은 표7.3-15, 16에 기술된다.

1

현장 및 다중신호 송신기능은 공학적안전설비 기기제어계통 내에 포함되어 케이블링을 감소시키고 단순화한다. 원격송신기인 제어반다중신호기는 계측제어기기실에 위치하며, 다중신호기인 루프제어기는 현장 기기 및 계측설비 인근에 설치된 캐비닛 내에 구성된다.

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통의 네트워크는 모든 데이터를 지속적으로 제공하므로 결정론적 성능을 나타내며, 데이터 갱신은 변수의 상태 변화에 영향을 받지 않는다.

하드웨어의 신뢰성은 공학적안전설비 기기제어계통의 이중화 및 삼중화, 모듈화, 현장 및 원격다중신호의 적용과 적절한 전원분배를 통해 향상된다.

이러한 기능적 분산개념과 공학적안전설비 기기제어계통 기기의 이중화 및 삼중화를 통해 고신뢰성을 유지하는 심층방어방안을 제공한다.

공학적안전설비 기기제어계통은 다중 마이크로프로세서 기반의 계통으로서, 사용되는 소프트웨어는 7.1.2.31절에 기술된 규제지침서 1.152에 따라 개발되고

시험된다.

### 핵증기공급계통

각 공학적안전설비작동신호 생성을 위한 발전소보호계통 및 공학적안전설비작동계통 기능논리는 그림 7.3-1a에서 7.3-1d까지 나타내고 있다. 발전소보호계통의 동시논리는 2/4 논리를 수행하며, 각 동시논리는 개시논리를 작동시킨다. 개시논리의 출력은 논리적으로 조합된 공학적안전설비 기기제어계통의 2/4 작동논리로 전송된다.

공학적안전설비 기기제어계통의 관련 작동신호 생성을 위해, 발전소보호계통 개시신호, 수동스위치 작동신호 또는 시험개시신호가 입력된다(그림 7.3-2 참조).

발전소보호계통 캐비닛에서 발생한 개시신호는 4개의 독립된 계측제어기기실에 위치한 공학적안전설비 기기제어계통 캐비닛으로 전송되며, 각 채널의 공학적안전설비기기제어계통 캐비닛은 해당 채널의 공학적안전설비 기기제어계통 논리회로로 구성된다(A, B, C, D - 그림 7.3-3 참조).

공학적안전설비 기기제어계통의 그룹제어기는 독립된 삼중화 구조를 가지며, 각각의 그룹제어기는 단일 프로세서모듈, 핵증기공급계통 공학적안전설비 개시신호 입력용 통신모듈, 보조설비계통 공학적안전설비 개시신호와 수동작동신호 입력용 디지털 입력모듈, 채널 내부 상태정보 연계용 통신모듈 및 공학적안전설비작동신호 출력용 통신모듈로 구성된다. 이들 그룹제어기는 핵증기공급계통과 보조설비계통용 공학적안전설비 작동기능을 공통적으로 처리한다.

공학적안전설비 기기제어계통은 발전소보호계통으로부터 전용의 광통신 선로를 통해 공학적안전설비 개시신호를 받는다. 광통신 선로는 KEPIC ENB-1100 (해외구매 품목은 IEEE 603-1998)에 따라 채널 독립성이 요구되는 전기적 격리기능을 제공한다. 네트워크는 단일선로 고장시에도 다중송신기능을 유지하기 위해 다중 선로를 사용한다.

공학적안전설비작동계통 기기제어계통에는 신호품질 확인논리가 구현되며, 입출력모듈, 프로세서모듈 및 통신의 건전성을 확인하여 신호처리에 적용하고 경보를 발생한다.

2

### 보조설비계통

그룹제어기는 핵증기공급계통과 보조설비계통용 공학적안전설비 작동기능을 공통적으로 처리한다. 보조설비계통용 그룹제어기는 핵증기공급계통용 그룹제어기와 공용으로 사용되며, 상기 핵증기공급계통 그룹제어기와 동일한 구조 및 신호처리방식을 가지며, 그림 7.3-1f에서 그림 7.3-1h까지의 보조설비 공학적안전설비작동계통 제어논리를 수행한다.

채널 내부 네트워크는 한 개의 공학적안전설비 기기제어계통 채널 내의 모든

그룹 및 루프제어기들을 연결하며, 또한 보수시험반과도 연계한다.

소프트제어기는 제어채널 게이트웨이에 의해 별도의 소프트웨어 네트워크를 통해 공학적안전설비 기기제어계통 채널에 연결된다. 제어채널 게이트웨이와 소프트웨어 간의 데이터통신은 고장허용 특성 및 결정론적 특성을 갖는 네트워크로 설계된다. 따라서 해당 네트워크는 제어응답을 예상할 수 있는 결정론적 성능을 제공한다.

| 2

소프트제어기의 고장으로 인한 공학적안전설비 기기제어계통 안전기능의 상실을 방지하고 통신 독립성을 유지하기 위해 채널확인스위치, 제어채널 게이트웨이 및 우선순위논리를 사용한다. 채널확인스위치는 소프트웨어의 제어명령이 운전원의 수동확인에 의해 채널의 공학적안전설비 기기제어계통에 전달되도록 한다. 각 제어채널 게이트웨이는 공학적안전설비 기기제어계통과 소프트웨어 간의 통신격리 및 검증기능을 지원한다. 우선순위 논리회로는 공학적안전설비작동신호에 의해 안전기능이 수행되는 동안 공학적안전설비작동신호에 의한 기기제어에 소프트웨어의 신호가 영향을 주지 않도록 차단하는데 사용된다.

해당 네트워크에 사용되는 데이터통신 프로토콜은 신뢰성이 있는 오류감지방범이 사용된다.

모든 네트워크는 전자파장해(EMI)로부터 건전성이 검증된 설비를 적용한다.

공학적안전설비 기기제어계통 내의 채널 내부 네트워크는 이용률을 최대화하기 위하여 다중화로 구성된다.

비안전 기기용 소프트웨어에서 공학적안전설비 기기제어계통으로의 제어신호연계는 없으며, 기기정보 및 상태는 격리기능이 제공된 게이트웨이를 통해 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N으로 전달된다.

전기적, 물리적 격리뿐만 아니라 통신격리가 정보처리계통 평면표시기와 소프트웨어 사이에 제공된다.

| 2

제어부분의 하드웨어 고장은 경보되며, 평균수리시간(MTTR)을 최소화하기 위해 모듈화하여 구성된다.

나. 공학적안전설비 기기제어계통 논리

공학적안전설비 기기제어계통은 공학적안전설비 작동을 위한 계통수준의 작동

논리, 기기제어논리, 선택적 그룹시험논리 및 부하순차제어기논리를 제공한다. 부하순차제어기논리는 7.3.1.1.2.4절에 기술되며, 선택적 그룹시험논리는 7.3.1.1.8.6절에 기술된다.

공학적인안전설비 기기제어계통은 주제어실/원격정지실 전환스위치를 통해 주제어실의 모든 제어기능을 차단하고 원격정지실의 제어기능을 활성화한다(그림 7.3-26 참조).

기기제어논리는 수동 온-오프 명령, 연동신호 및 그룹제어논리로부터의 자동그룹제어와 같은 다양한 디지털 입력신호를 감시하고, 전원과 연계된 기기들을 통해 기기제어를 위한 디지털 출력신호를 발생한다. 해당 논리는 상태지시를 위한 디지털 출력신호도 발생한다.

#### 다. 공학적인안전설비 기기제어계통의 운전원 연계사항

운전원 제어기능은 주제어실이나 원격정지실의 소프트제어기와 고정형 제어기들에 의해 수행된다.

주제어실 운전원콘솔은 발전소 운전 및 안전에 관련된 모든 정보 및 제어기능에 접근할 수 있도록 설계된다. 운전원콘솔 기반의 주제어실 제어기기는 소프트제어기와 고정형 제어기로 구성된다.

소프트제어기는 비상운전 뿐만 아니라 정상운전중에도 공학적인안전설비 기기제어계통의 기기들을 제어하는데 사용된다. 소프트제어기의 제어스위치와 수동/자동스테이션은 소프트웨어로 소프트제어기 평면표시기 상에 구현되어 각종 제어기기를 작동할 수 있는 제어기능을 한다. 소프트제어기는 정보처리계통 평면표시기에 인접되게 설치 및 운용된다. 소프트제어기는 또한 보호동작이 완료된 후에 발전소를 안전상태로 유지시키기 위하여 설계기준사고를 종결하는데 필요한 제어수단을 제공한다. 스위치 작동과 기기상태표시와 관련한 상세내용은 18.2.5절에 기술된다.

2

제어채널 게이트웨이를 통한 공학적인안전설비 기기제어계통과 소프트제어기의 연계사항 및 소프트제어기의 구성은 그림 7.3-5와 같다.

고정형 제어기는 안전조건을 유지하는데 필요한 수동조치를 실행하기 위해 제공된다. 고정형 제어기로 기존의 제어스위치가 사용되기 때문에 고정형 제어기는 소프트제어기와 다양성을 유지하며, 또한 소프트제어기와 격리되게 설계된다.

2

고정형 제어기는 최소재고스위치(Minimum inventory Switch), 다양성 수동 공학적안전설비 작동스위치 및 보조설비계통 공학적안전설비 원격수동작동스위치로 구성된다.	2
최소재고스위치는 비상운전절차에 요구되는 제어기능을 수행한다. 최소재고스위치는 수동 핵증기공급계통 공학적안전설비작동신호 스위치들과 수동 원자로 트립스위치를 포함한다. 최소재고제어기에 대한 내용은 18.2.2.5.5절에 기술된다.	2
다양성 수동 공학적안전설비 작동스위치는 원자력규제위원회 SECY 93-087 Enclosure 1, Q, II Position 4 요건에 따라 디지털기기의 공통원인고장에 대비한 수동제어기능을 제공한다.	
보조설비계통공학적안전설비 원격수동작동스위치는 설계기준사고 동안 주제어실 운전원의 거주성 확보뿐만 아니라 핵연료취급지역 및 원자로건물의 핵연료취급사고의 결과를 완화하기 위한 보조설비계통의 공학적안전설비 공기조화계통과 기기들의 적절한 운전을 위한 수동제어기능을 제공한다.	2
다양성 수동 공학적안전설비 작동스위치와 수동 원자로 트립스위치를 제외한 최소재고스위치는 계측제어기기실의 제어반다중신호기를 통해 공학적안전설비 기기제어계통과 연계한다. 다양성 수동 공학적안전설비 작동스위치들은 공학적안전설비 기기제어계통을 우회하여 단순구조를 갖는 하드웨어 기반의 구동로직에 실배선으로 연결된다. 해당 기기들에 대한 전형적인 전기적 연계사항은 그림 7.3-3과 그림 7.3-4에 표시된다. 핵증기공급계통 공학적안전설비를 위한 핵증기공급계통 공학적안전설비 원격수동작동스위치는 공학적안전설비 기기제어계통에 연결된다.	2
보조설비계통 공학적안전설비를 위한 보조설비계통공학적안전설비 원격수동작동스위치 또한 공학적안전설비 기기제어계통에 연결되며, 해당 신호는 공학적안전설비 기기제어계통 내 작동논리에 입력된다.	2
운전원은 소프트웨어를 통해 기기수준의 제어기능을 수행한다. 설계기준사고중이나 이후에도 소프트웨어를 이용하여 발전소를 안전하게 정지할 수 있으며, 발전소를 안전상태로 유지하는데 필요한 수동조치를 취할 수 있다. 또한, 공학적안전설비 기기제어계통은 소프트웨어의 고장으로 인해 수동제어의 신뢰성이나 자동 보호기능에 영향을 주지 않도록 설계된다.	
소프트제어기 하드웨어는 내환경 및 내지진이 되도록 설계되며, 소프트웨어의 기능구현을 위한 소프트웨어는 안전중요등급(ITS)이 적용된다. 소프트웨어 운전에 대한 내용은 18.2.5절에 기술된다.	

정보처리계통 평면표시기는 신뢰성 있고 사용이 검증되었으며 상용화된 설비로 구현된다. 정보처리계통 평면표시기의 기능구현을 위한 소프트웨어는 이용중요등급(ITA) 소프트웨어를 적용한다.

2

보수시험반의 운전원 연계사항은 공학적안전설비 기기제어계통의 유지보수, 시험 및 진단기능의 수행에 이용되며, 기기에 대한 상태지시를 제공한다. 보수시험반은 주제어실/원격정지실 기능전환을 위한 전환스위칭 기능을 포함한다.

#### 7.3.1.1.1 공학적안전설비작동계통 측정채널

##### 핵심기공급계통

7.2.1.1.2.1절에 기술된 공정변수 측정채널들은 선정된 발전소 공정변수를 연속적으로 감시하고 운전원에게 각 감지기의 운전상태를 지시하며 아날로그 신호를 발전소보호계통캐비닛의 공학적안전설비작동계통 비교논리회로로 전송한다. 공학적안전설비작동계통의 모든 변수가 독립된 4개의 공정계측채널에 의하여 측정된다.

일반적인 측정채널이 그림 7.2-4에 나타나 있으며, 이것은 감지기/전송기, 전류 루프 저항기, 루프/전원 공급기와 보조공정캐비닛, 정보처리계통, 주요변수지시 및 경보계통을 위한 광섬유 격리 출력으로 구성된다. 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통은 데이터통신 네트워크를 통하여 디지털화된 정보를 받는다.

2

각 측정채널은 공학적안전설비작동계통 동시논리에 물리적, 전기적으로 분리된 신호를 제공하기 위하여 다른 측정채널과 분리된다. 캐비닛 내의 배선은 분리되어 있고 비1E급 계통으로 전송되는 신호는 격리된다. 각 채널에는 분리된 1E급 120 V 필수교류모선으로부터 전원이 공급된다.

##### 보조설비계통

보조설비계통의 공학적안전설비작동계통을 위한 공정변수는 독립된 전용의 공정측정채널에 의해 측정된다.

공정측정채널은 아래의 기능을 수행하기 위해서 사용된다.

- 가. 선정된 각 변수의 연속적인 감시
- 나. 운전원에게 각 채널의 운전 가용도 지시

다. 감지기로부터 수신된 신호를 바이스테이블 회로내의 기설정된 개시 설정치와 비교

라. 공학적안전설비작동계통의 작동논리회로로 바이스테이블 작동신호 전송

| 2

측정채널은 계기 감지관, 감지기, 전송기, 전원, 전류루프 저항기, 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통을 위한 광섬유 격리기로 구성된다. 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N은 공정계측 루프의 일부가 아닌 데이터링크를 통해 이산정보를 받는다. 전형적인 측정채널은 그림 7.3-25와 같다.

방사선감시계통 감지채널의 바이스테이블 회로는 감지기로부터 수신되는 아날로그 신호를 기설정된 설정치와 비교한다. 만약 신호가 설정치를 초과하면 바이스테이블이 동작되어 개시신호를 발생한다. 바이스테이블의 개시신호는 격리기를 통하여 공학적안전설비작동계통의 작동논리회로로 전송된다.

각 측정채널은 공학적안전설비작동계통의 작동논리회로에 전기적, 물리적으로 격리된 신호를 제공하기 위해서 다른 유사 측정채널로부터 분리되어 있다. 격리장치는 고전압으로 인한 채널 A 또는 B 감지기 출력오류의 영향이 1/2 논리 회로에 전달되지 않도록 한다. 캐비닛 내의 케이블은 채널별로 분리되고 비1E급 기기로의 신호는 격리된다. 각 채널에는 분리된 1E급 120 V 필수 교류(AC) 모션으로부터 전원이 공급된다.

운전원에게 제공되는 각 측정채널의 운전 가능성에 대한 표시 정보는 7.5절에 기술 및 목록화되어 있다.

#### 7.3.1.1.2 논리

##### 7.3.1.1.2.1 공학적안전설비작동계통 비교논리, 동시논리 및 개시논리

#### 핵증기공급계통

핵증기공급계통 공학적안전설비작동계통의 비교논리, 동시논리 및 개시논리를 수행하는 비교논리프로세서와 동시논리프로세서는 발전소보호계통 캐비닛에 있다.

공학적안전설비작동계통 비교논리는 감지기로부터 받아들인 아날로그 신호와 미리 설정된 고정 또는 가변 설정치를 비교한다(그림 7.2-12 참조). 만일 입력신호가 설정치를 초과하면 비교논리는 동시논리로 전송되는 트립신호를 발생시킨다(7.2.1.1.3절 참조).

설정치는 보수시험반에서 조정할 수 있으며, 설정치 변경은 비교논리프로세서와 실패선으로 연결된 “Function Enable” 키스위치의 허용신호가 있을 경우 가능하다. 설정치 변경

은 보수시험반 캐비닛의 개방을 알려주는 경보와 캐비닛 문의 시건장치 및 엄격한 행정 절차에 의해 접근이 제한된다. 설정치는 보수시험반, 주제어실 내의 정보처리계통 및 발전소보호계통 운전원 모듈을 통해 확인이 가능하다. 몇 개의 설정치들은 기동, 정지, 냉각과 같은 정상운전 기간이나 저출력시험 기간에 부적절한 개시를 피하기 위하여 변경될 수 있다. 증기발생기와 가압기 압력설정치는 운전원에 의해서 수동으로 감소시킬 수 있고 압력이 증가함에 따라 자동으로 증가한다.

동시논리는 각 채널로부터 2개의 비교논리 프로세서로부터 트립입력신호를 수신하여 논리적 "OR"로 처리하여 채널트립을 결정한다. 또한, 동시논리 프로세서에는 각 비교논리 프로세서의 트립입력과 해당 신호에 대한 품질신호를 수신하여 트립입력 상태를 결정하는 신호품질확인논리가 구현된다. 채널 내 1개 비교논리 프로세서 입력이 건전하지 않을 경우 채널 내 다중의 비교논리 프로세서 입력을 해당 채널의 동시논리 입력으로 사용하고 만약 해당 채널의 2개 비교논리 프로세서가 고장일 경우 공학적안전설비작동계통 기능의 경우 해당 채널 입력을 비작동상태로 처리하여 동시논리에 적용한다.

2

각 비교논리 트립신호들은 완전한 2/4 논리의 입력으로 제공되도록, 모든 채널의 동시논리로 전송된다. 동시논리는 완전한 2/4 논리 수행 후 결과를 개시논리로 전송하고, 개시논리는 각 측정변수의 트립상태를 확인하고 공학적안전설비 작동계통의 개시신호를 작동논리로 전송한다.

#### 보조설비계통

방사선감시계통 현장감지기기는 바이스테이블 회로와 두 개의 독립된 1E급 격리신호로 구성된다. 감지채널의 바이스테이블 회로는 감지기로부터 수신되는 아날로그 신호와 기설정된 개시설정치와 비교한다. 고방사선으로 인해 설정치를 초과하면 바이스테이블 출력신호가 발생하여 격리기를 통해 공학적안전설비작동계통의 작동논리에 전달된다.

안전성관련 계통 감시기들에 대한 제어 및 구동전원은 1E급 120 V 필수교류모선으로부터 전원이 공급된다.

#### 7.3.1.1.2.2 작동논리

##### 7.3.1.1.2.2.1 작동논리 기능

작동논리는 공학적안전설비 기기제어계통 내의 그룹제어기에서 수행되며, 발전소보호계통 및 방사선감시계통에서 전송된 공학적안전설비 개시신호들을 이용해 계통 수준의 공학적안전설비 작동 여부를 판단한다. 작동논리는 발전소보호계통 4개 채널 및 방사선감시계통 2개 채널로부터 지속적으로 공학적안전설비 작동을 위한 개시신호를 입력받아 각각 2/4 보팅 논리와 1/2 보팅 논리를 수행한다. 공학적안전설비 개시신호의 그룹제어기로의 입력

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

신호 또는 작동논리의 순시오류에 의한 공학적안전설비 작동을 방지하기 위해 보팅논리의 출력이 2 스캔 연속으로 작동일 경우에 최종적인 작동신호를 출력토록 하고, 이 신호는 래치된다. 래치된 공학적안전설비 작동신호는 루프제어기의 기기 제어논리 입력으로 제공된다.

모든 공학적안전설비 작동계통의 작동신호들은 절차에 따라서 제어실에서 운전원에 의해서 수동으로 개시될 수 있다. 개시 후 보조급수작동계통의 래치된 부분들을 포함한 각 공학적안전설비작동신호는 작동논리를 비작동상태로 복귀시키기 위해 수동으로 리셋되어

Intentionally  
Blank

야 한다.

작동논리 기능 이외에도 그룹제어기는 시험논리를 포함하고 있다. 상기 작동논리의 건전성은 수동개시 자동시험에 의해 확인할 수 있다. 시험논리는 각 작동논리에 대한 시험값을 보수시험반에서 입력하고, 연계시험프로세서는 해당 시험 수행 후 결과를 보수시험반으로 제공한다. 시험은 한 번에 한 개 채널 내 한 개 그룹제어기를 선택하여 수행되며, 채널 간 ITP 연계를 통해 타 채널이 시험 중이거나 고장 상태인 경우, 시험을 개시할 수 없음. 따라서, 모든 시험은 한 개 채널 내 한 개 그룹제어기만 수행되며, 두 개 채널 이상의 그룹제어기에서 동시에 수행되지 않는다. 공학적안전설비 작동을 위한 개시신호 발생등을 포함한 시험 불가 조건이 발생하면 시험은 중단 혹은 시작되지 않는다.

#### 7.3.1.1.2.2.2 작동논리 하드웨어

한 채널당 3개의 그룹제어기가 있으며, 각각의 그룹제어기에서 독립적으로 작동논리가 수행된다. 각 그룹제어기는 핵증기공급계통 공학적안전설비 개시신호 입력용 통신모듈, 보조설비계통 공학적안전설비 개시신호 입력용 입력모듈, 채널 내부 안전등급 신호 연계용 통신모듈, 시험 및 상태신호 연계를 위한 통신모듈과 1개의 프로세서 모듈로 구성된다.

발전소보호계통 네 채널로부터의 핵증기공급계통 공학적안전설비 개시신호 입력을 위해 각 그룹제어기는 네 개의 통신모듈을 보유하고 있으며, 방사선감시계통 두 채널로부터의 보조설비계통 공학적안전설비 개시신호는 각각 분기되어 세 개의 그룹제어기 내 디지털 입력모듈로 입력된다. 그룹제어기 작동논리 출력은 안전등급 통신망을 통해 동일 채널의 루프제어기로 전송된다. 또한 안전데이터 네트워크를 통해 보수시험반 및 연계시험프로세서와 시험 및 상태신호를 연계한다.

그룹제어기는 자기진단 기능을 통해 고장을 감지하여 경보를 발생시킨다. 또한 그룹제어기는 박동신호를 생성하여 이를 루프제어기 및 연계시험프로세서로 전송하고, 루프제어기 및 연계시험프로세서는 그룹제어기 박동신호의 오류를 판단한다. 그룹제어기 박동신호 오류 판단시 루프제어기는 신호 품질 확인 논리를 통해 우선순위에 따라 다른 건전한 그룹제어기로부터의 공학적안전설비 작동신호를 기기 제어논리의 입력신호로 선택하고, 연계시험프로세서는 박동신호 오류를 보수시험반으로 전송하여 경보를 발생시키고, 동 신호는 운전원 모듈로도 전송되어 제어실에서 확인할 수 있다.

#### 7.3.1.1.2.2.3 작동논리 소프트웨어

그룹제어기 작동논리 소프트웨어는 7.2.1.1.3.1.3절과 동일한 방법으로 설계, 개발 및 시험된다.

각각의 응용 소프트웨어 기능들은 분리된 소프트웨어 모듈로 구성된다. 응용 소프트웨어 모듈들은 다음과 같은 소단위로 나누어진다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

가. 시험 기능

나. 보팅 논리 기능

다. 확인 논리 기능

라. 래치 논리 기능

마. 자기진단 생성 기능

바. 데이터 취득 및 전송 기능

### 7.3.1.1.2.3 기기 제어논리

#### 7.3.1.1.2.3.1 기기 제어논리 기능

공학적인안전설비 기기 제어논리는 공학적인안전설비 기기제어계통 내의 루프제어기에서 수행된다. 기기수준의 논리는 수동입력신호, 연동신호 및 자동제어신호와 같은 다양한 입력신호를 감시하고, 기기제어(기동/정지, 온/오프 등)를 위한 출력신호를 발생시킨다. 또한 이러한 논리는 상태지시를 위한 출력신호를 발생시킨다.

각 루프제어기는 3개의 그룹제어기로부터 개별적으로 입력받은 공학적인안전설비 작동신호에 대해 각 그룹제어기로부터의 신호품질을 확인하고 2/3 보팅논리를 수행한 후 기기 제어논리의 자동제어신호로 사용한다. 루프제어기는 통신모듈의 자기진단 기능 및 그룹제어기 박동신호를 이용해 신호품질을 판단한다. 통신모듈의 자기진단 기능에는 Sequence Number Check 기능, CRC Check 기능, 통신 케이블 단선 여부 감시 기능 등이 있다. 이 자기진단 기능의 결과와 각 그룹제어기 박동신호의 이상 여부 판단 결과를 조합하여 신호품질을 판단한다.

기기 제어논리는 구동되는 기기에 따라 다음과 같이 5가지 유형으로 분류된다.

가. 솔레노이드 밸브 제어

나. 역회전 전동기 시동장치 제어

다. 비역회전 전동기 시동장치 제어

라. 중전압 스위치기어 및 부하반 제어

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

마. 전기유압식 전동기 댐퍼 제어

또한 기기 제어계통은 연속제어 및 감시기능을 제공한다.

### 7.3.1.1.2.3.1.1 솔레노이드 밸브

#### 7.3.1.1.2.3.1.1.1 솔레노이드 밸브 제어

공학적인 안전설비 기기제어계통은 여자된 솔레노이드에 따라 열림/단힘 상태로 실행되도록 제어논리를 수행한다. 일반적으로, 솔레노이드는 전기유압식 또는 전기공기식 밸브유형을 직접 동작시킨다. 솔레노이드 밸브의 제어설계에 대한 전형적인 제어논리도는 그림 7.3-8a와 같다. 그림 7.3-8b는 솔레노이드 밸브의 전기적 연계부분에 대한 설계사항을 나타낸다. 다양한 운전 및 시험모드에 적용되는 여러 개의 여자/비여자 순차요건의 솔레노이드로 구성된 밸브의 경우, 일반제어논리 및 전기적 연계 설계는 적절히 수정된다. 아래 신호들은 제어논리에 사용된다.

가. 위치상태

제어논리는 “미완전 열림”(NFO) 및 “미완전 단힘”(NFC) 상태의 신호들을 사용한다. 이러한 신호들은 공정제어밸브의 리밋스위치로부터 발생된다. 이러한 신호들은 주로 다른 기기들에 대한 상태지시 및 연동기능에 사용된다.

나. 제어신호

제어논리는 출력과 관련된 연속감시회로와 출력계전기의 상태를 이용한다. 루프제어기 내의 디지털 출력모듈은 솔레노이드를 여자시키는 계전기 출력을 제공한다.

위치신호, 제어출력상태 및 연속감시상태들은 기기상태(열림/단힘), 기기의 불일치상태(요구 내 미위치 기기) 및 기기 작동불능 상태지시(제어전원 및 회로상실)를 제공하도록 논리적으로 조합된다.

기기작동불능신호는 기기논리가 정상적인 스위칭 과도현상이나 순간적인 전원상실로부터 기기논리가 불필요하게 리셋되는 것을 방지하기 위하여 순간적으로 지연되거나 동력 또는 제어전원의 상실 후 기기제어논리를 리셋하는데 사용된다.

### 7.3.1.1.2.3.1.1.2 솔레노이드 구동 조절밸브

솔레노이드 구동밸브는 전기공기식 구동자에 의해 지속적으로 밸브를 조절한다. 그림 7.3-9a는 솔레노이드에 의해 구동되는 조절밸브에 대한 전형적인 제어논리도를 나타낸다. 솔레노이드에 의한 조절밸브의 전기적 연계부분에 대한 설계사항은 그림 7.3-9b와 같다. 아래 신호들은 제어논리에 사용된다.

#### 가. 여자 솔레노이드

해당 신호는 솔레노이드의 여자상태를 지시하기 위해 사용된다. 해당 신호는 솔레노이드 자체의 리밋스위치로부터 발생된다. 이를 이용할 수 없는 경우에는 솔레노이드 여자와 유사한 논리기기로부터 발생된다.

#### 나. 아날로그 위치

연속밸브위치지시는 기동이 요구되는 밸브에 제공된다. 아날로그 입력신호는 밸브의 위치전송기로부터 수신되며 루프제어기의 아날로그 입력모듈과 연관된다.

#### 다. 제어신호

조절밸브제어를 위한 연속공정신호는 루프제어기의 아날로그 출력모듈과 연관된 전기공기식 또는 전기유압식 포지셔너에 제공된다.

불연속 구동기가 없는 조절밸브나 기타 조절기기들의 제어설계는 7.3.1.1.2.3.1.5 절에 기술된다. | 2

### 7.3.1.1.2.3.1.2 역회전 전동기 시동장치 제어

이 절은 역회전 전동기접점을 사용하는 전동기구동밸브의 제어논리를 기술한다. 공학적 안전설비 기기제어계통은 개폐접점을 여자시키는데 필요한 제어논리를 실행한다.

#### 7.3.1.1.2.3.1.2.1 연계신호

공학적안전설비 기기제어계통의 제어논리는 토크 및 리밋스위치와의 연동, 전기적 오류 그리고/또는 과온도 보호, 개폐접점의 연동신호와 외부적으로 연결된다. 이러한 사항은 제어논리도에 표시되지 않는다. 전형적인 전동기구동밸브의 기능적 연계에 대한 설계는 그림 7.3-10a와 같다. 그림 7.3-10b는 전동기구동밸브의 전기적 연계부분에 대한 설계사항을 나타낸다. 연계신호들은 아래와 같다.

#### 가. 위치상태

이 신호는 솔레노이드 밸브(7.3.1.1.2.3.1.1.1절 참조)와 같다. 모든 전동기구동 밸브는 불연속 위치지시기가 있다. 조절 전동기구동밸브는 운전에 필요한 경우 연속위치지시 기능도 구현된다.

#### 나. 제어신호

제어논리는 각각의 출력과 관련된 연속감시회로와 출력계전기의 상태를 이용한다. 루프제어기 내의 디지털 출력모듈은 접점을 여자시키는 계전기출력을 제공한다.

#### 다. 비여자 접점

제어논리는 개폐코일이 비여자되는 상태를 결정하기 위해 하나의 신호를 사용한다. 이 신호는 전동기 시동장치에 함께 연결된 개폐코일접점으로부터 발생된다. 해당 신호는 루프제어기의 디지털 입력모듈과 연계된다. 이러한 설계는 공학적안전설비 기기제어계통과 관계없이 토크 또는 리미트스위치에 의해 밸브전동기의 작동이 중지되도록 한다. 비여자 접점신호는 공학적안전설비 기기 제어계통의 제어접점을 개방하여 현장제어기능이 가능하도록 한다.

위치신호, 비여자 접점신호, 제어출력상태 및 연속감시상태들은 고-토크조건(토크스위치 열림), 기기작동불능상태(제어전원 및 회로 상실), 기기의 불일치상태(비정상작동상태의 기기) 및 기기상태지시(열림/닫힘)를 제공하도록 논리적으로 조합된다. 기기작동불능신호는 기기가 작동되지 않는 상태를 운전원에게 제공하며, 제어논리 내 래치신호가 리셋되는 것을 방지한다.

#### 7.3.1.1.2.3.1.2.2 조절 및 전범위 밸브

공학적안전설비 기기제어계통은 전범위 또는 조절(또는 조강) 밸브를 제어한다. 전범위 밸브는 개시제어신호가 없어지더라도 밸브작동이 지속되도록 제어회로를 래치시키는 신호에 의해 작동된다. 모든 전범위 전동기구동밸브는 역방향 작동을 위한 제어신호를 이용하거나 작동 진행시 개시제어신호를 제거함으로써 역회전이 가능하다. 그림 7.3-11은 전범위 전동기구동밸브에 대한 전형적인 제어논리도를 나타낸다.

조절 전동기구동밸브는 운전원의 개시제어신호가 제거되는 경우 작동을 중지한다. 이러한 경우 해당 밸브는 운전원에 의해 0-100 % 내의 어느 지점에서든 위치할 수 있다. 또한, 조절 전동기구동밸브가 자동적인 공학적안전설비작동신호에 의해 제어되는 경우에는 전범위의 제어응답 특성을 보인다. 그림 7.3-12는 조절 전동기구동밸브에 대한 전형적인 제어논리도를 나타낸다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 7.3.1.1.2.3.1.2.3 열적과부하 보호

1E급 전동기구동밸브 회로내의 열적 과부하 보호장치의 적용은 규제지침서 1.106을 준수한다. 열적 과부하 보호장치는 트립용으로 사용되며, 트립장치는 해당 밸브의 안전기능 수행에 문제가 없도록 선정된다. 그림 7.3-16은 해당 설계에 대한 개략도를 나타낸다.

### 7.3.1.1.2.3.1.3 비역회전 전동기 시동장치 제어

그림 7.3-13a는 전동기제어를 위한 전형적인 제어논리도를 나타낸다. 비역회전 전동기 시동장치를 위한 전기적 연계부분에 대한 설계사항은 그림 7.3-13b와 같다. 공학적안전설비 기기제어계통은 접점을 여자시키는데 필요한 제어논리를 제공한다. 전기적 오류 그리고/또는 과온도 보호를 위한 설계는 공학적안전설비 기기제어계통과 외부적으로 연결된다. 연계신호들은 아래와 같다.

#### 가. 위치상태

제어논리는 상태신호의 접점으로부터 “a” 보조접점을 사용한다. 이러한 신호는 루프제어기의 디지털 입력모듈과 연계한다.

#### 나. 제어신호

제어논리는 출력과 관련된 연속감시회로와 출력계전기의 상태를 이용한다. 루프제어기내의 디지털 출력모듈은 접점을 여자시키는 계전기출력을 제공한다.

위치상태신호, 제어신호, 출력상태 및 연속감시 기능은 접점상태 지시(열림/닫힘), 접점의 불일치상태 지시(요구불만족 접점) 및 기기작동불능상태 지시(제어전원 및 회로 상실)를 제공하도록 논리적으로 조합된다. 기기작동불능신호는 기기가 작동되지 않는 상태를 운전원에게 제공하며, 제어논리 내 래치신호가 리셋되는 것을 방지한다.

### 7.3.1.1.2.3.1.4 중전압 스위치기어 및 부하반 제어

회로차단기는 480 V 교류보다 높은 전압이 요구되는 대부분의 부하를 제어하는데 사용된다. 그림 7.3-14a는 차단기의 폐회로와 차단기의 트립회로를 여자시키는데 필요한 전형적인 제어논리도를 나타낸다. 폐회로와 트립신호의 전기적 연계에 대한 일반적인 설계는 그림 7.3-14b와 같다.

전기적 오류에 대한 보호 및 차단기 인출이나 시험위치 연동신호는 공학적안전설비 기기

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

제어계통과 외부적으로 연결된다. 아래의 상태신호들은 전기적인 설계부분에 사용된다.

### 가. 위치상태

제어논리는 위치지시를 위한 회로차단기 보조스위치의 “a” 접점을 사용한다. 이러한 신호는 루프제어기의 디지털 입력모듈과 연계한다.

### 나. 제어신호

제어논리는 각각의 출력과 관련된 연속감시회로와 출력계전기의 상태를 이용한다. 루프제어기 내의 디지털 출력모듈은 회로차단기의 개폐회로와 관련 있는 계전기출력을 제공한다.

### 다. 오류트립

제어논리는 오류를 표시하기 위해 과전류 계전기로부터 발생하는 신호를 사용한다. 이 신호는 루프제어기의 디지털 입력모듈과 연계한다.

### 라. 제어전원

제어논리는 폐회로 및 트립회로(그림 7.3-14b의 74-1과 74-2)를 위한 제어전원 감시접점으로부터 신호를 받는다. 이 신호는 제어전원 상태신호를 발생시키기 위하여 권선상태와 제어출력상태가 논리적으로 조합된다.

위치 상태신호, 오류트립 상태신호, 제어전원 상태신호, 제어출력 상태신호 및 연속감시신호는 회로차단기상태(열림/단힘, 온/오프), 불일치상태(요구불만족 회로차단기) 및 기기작동불능상태 지시(제어전원 및 회로 상실)를 제공하도록 논리적으로 조합된다.

기기작동불능신호는 기기가 작동되지 않는 상태를 운전원에게 제공하며, 제어논리 내 래치신호가 리셋되는 것을 방지한다.

### 7.3.1.1.2.3.1.5 조절기기

조절기기에 대한 전형적인 논리제어도는 그림 7.3-15a와 같다. 그림 7.3-15b는 일반적인 전기적 설계를 나타낸다. 이러한 유형의 기기들에는 연속제어를 위한 아날로그 신호입력이 요구되는 전기공기식과 전기유압식 작동기기들(펌프 또는 밸브)이 포함된다. 아래의 신호들은 기기로부터 공학적안전설비 기기제어계통에 연결된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 가. 상태

#### 1) 밸브상태

가) 리미트스위치로부터 발생된 “미완전 열림”과 “미완전 닫힘” 신호는 루프제어기의 디지털 입력모듈과 연계한다.

나) 아날로그 밸브위치는 필요시 계통설계요건에 따라 제공된다. 위치전송기로부터 발생한 위치신호는 루프제어기의 아날로그 입력모듈과 연계한다.

#### 2) 펌프

가) “온”과 “오프”신호는 루프제어기의 디지털 입력모듈과 연계한 회로차단기 보조스위치의 “a” 접점을 사용한다.

나) 터빈속도는 루프제어기의 아날로그 입출력모듈과 연계한 아날로그 입출력 신호들로 구성된다.

### 나. 기기의 미작동

기기의 미작동상태 지시는 제어 또는 구동전원이 상실되는 기기(접점 또는 회로차단기)로부터 제공될 수 있다.

#### 7.3.1.1.2.3.1.6 전기유압식 전동기 댐퍼

전기유압식 전동기회로는 공정댐퍼 리미트스위치가 있는 단일권선 교류 전동기 시동장치에 사용된다. 공정댐퍼는 유압식 전동기가 기동되면 열리고 권선이 비여자되면 닫힌다.

일반적으로 전기유압식 전동기 댐퍼의 기동을 위해서 교류전동기 시동장치가 구성된다. 그림 7.3-15c는 전기유압식 전동기 댐퍼를 위한 전형적인 제어논리도를 나타낸다. 전기유압식 전동기 댐퍼의 전기적 연계부분에 대한 설계사항은 그림 7.3-15d와 같다. 아래의 신호들은 제어논리에 사용된다.

### 가. 위치상태

제어논리는 “미완전 열림” 및 “미완전 닫힘” 상태의 신호들을 사용한다. 이러한 신호들은 댐퍼의 리미트스위치로부터 발생된다. 이러한 신호들은 주로 다른 기기들에 대한 상태지시 및 연동기능에 사용된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 나. 제어신호

제어논리는 출력과 관련된 연속감시회로와 출력계전기의 상태를 이용한다. 루프제어기 내의 디지털 출력모듈은 전동기 시동장치를 여자시키는 계전기출력을 제공한다.

위치신호, 제어출력상태 및 연속감시상태들은 기기상태(열림/닫힘), 기기의 불일치상태(요구 내 미위치 기기) 및 기기작동불능 상태지시(제어전원 및 회로상실)를 제공하도록 논리적으로 조합된다.

기기작동불능신호는 기기논리가 정상적인 스위칭 과도현상이나 순간적인 전원상실로부터 기기논리가 불필요하게 리셋되는 것을 방지하기 위하여 순간적으로 지연되거나 동력 또는 제어전원의 상실 후 기기제어논리를 리셋하는데 사용된다.

#### 7.3.1.1.2.3.2 기기 제어논리 하드웨어

루프제어기는 그룹제어기로부터의 공학적안전설비 작동신호 및 기기수준의 수동 제어신호 입력을 위한 채널 내부 안전등급 신호 연계용 통신모듈, 주제어실 및 원격정지실로 정보신호 전송용 통신모듈, 시험 및 상태신호 연계를 위한 통신모듈, 입출력 모듈 및 Hot-standby 방식의 이중화 프로세서 모듈로 구성된다.

루프제어기는 자기진단 기능을 통해 고장을 감지하여 경보를 발생시킨다. 또한 루프제어기는 박동신호를 생성하여 이를 연계시험프로세서로 전송하고, 연계시험프로세서는 루프제어기 박동신호의 오류를 판단한다. 루프제어기 박동신호 오류 판단 시 연계시험프로세서는 박동신호 오류를 보수시험반으로 전송하여 경보를 발생시키고, 동 신호는 운전원모듈로도 전송되어 원격에서 확인할 수 있다.

#### 7.3.1.1.2.3.3 기기 제어논리 소프트웨어

루프제어기 기기 제어논리 소프트웨어는 7.2.1.1.3.1.3절과 동일한 방법으로 설계, 개발 및 시험된다.

각각의 응용 소프트웨어 기능들은 분리된 소프트웨어 모듈로 구성된다. 응용 소프트웨어 모듈들은 다음과 같은 소단위로 나누어진다.

#### 가. 시험 기능

#### 나. 신호품질 확인 논리 기능

#### 다. 기기 제어논리 기능

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

라. 박동신호 생성 기능

마. 데이터 취득 및 전송 기능

### 7.3.1.1.2.4 공학적안전설비 기기제어계통 - 부하순차제어기

비상디젤발전기에서 담당하는 대용량 전원요건으로 인해 부하에 대한 순차성이 필요하다.

기기들은 몇 개의 부하그룹으로 분류된다. 부하그룹들은 공학적안전설비 기기제어계통의 부하순차제어기에 의해 한 번에 한 그룹씩 여자되므로 동시에 대용량 부하들의 요구로 인한 비상디젤발전기의 과부하를 방지한다. 기기들은 발전소의 과도현상을 최소화하기 위하여 가능한 신속하게 여자된다.

독립적인 두 개 채널로 구성되는 부하순차제어기능은 공학적안전설비 기기제어계통 그룹제어기 채널 A와 B에서 각각 구현된다. 해당 그룹제어기들은 삼중화로 구성되어 한 개의 그룹제어기에서 오류가 발생한 경우에도 건전성을 유지하도록 설계되어 부하순차제어기능에 영향을 주지 않는다.

8.3.1.1.4절에 기술한 바와 같이 비상디젤발전기는 안전계통의 이용률을 확보하기 위한 후비전원으로 설계한다. 상시전원이나 비상디젤발전기의 고장시에는 구획 I 또는 구획 II에 전원을 공급하기 위한 대체교류전원이 심층방어수단으로 제공된다.

발전소의 안전성을 고려하는 동시에 불필요한 기기의 사이클링을 제거하고 비상디젤발전기 용량을 최소화하기 위해 공학적안전설비 기기제어계통의 순차제어기 설계는 한 번에 한 개의 그룹을 여자시키고 발전소 조건의 변화에 따른 부하순차를 조절한다.

소외전원이 가용할 경우 부하순차제어기는 공학적안전설비작동신호나 수동조작으로 기동되는 대용량의 1E급 펌프전동기들의 기동으로 인해 발생하는 대량의 전압강하를 방지할 경우에도 사용된다.

부하순차제어기는 교류전원완전상실이나 소외전원상실사고 개시 후나 개시 전 또는 동시에 발생하는 임의의 사고를 고려하여 설계된다. 설계기준사고시 요구되는 공학적안전설비 기기는 사고발생 후 기 설정된 시간 내에 여자되어 해당 사고를 설계제한치 이내로 유지한다. 해당 기기들은 특정 사고에 따라 분류된다. 사고조치에 여러 개의 공학적안전설비계통이 요구될 경우에는 수 개의 부하그룹 기기들이 필요할 수 있다.

공학적안전설비 기기제어계통의 부하순차에 대한 제어논리도는 그림 7.3-6과 같다.

가. 순차개시논리

4.16 kV 1E급 각 모션에는 전압상실기능 저전압계전기와 전압저하기능 저전압 계전기가 각각 4개씩 설치되어 있다. 각 구획의 비상디젤발전기는 해당 계열 내 2개의 4.16 kV 1E급 모션과 연계한다. 2/4 계전기가 저전압을 감지할 경우 저전압조건이 발생한다. 1개 구획 내 2개의 1E급 4.16 kV 모션 중 1개 모션에서 저전압조건(전압상실 또는 전압저하)이 발생하면 해당 모션을 감시하던 논리는 관련 비상디젤발전기를 자동으로 기동하고 대형부하에 부하차단신호를 전송하며 부하순차제어기는 순차제어논리를 수행한다. 부하순차제어기는 부하 차단 신호를 받는 차단기의 상태를 감시하고, 모든 차단기가 개방되면 부하의 순차진행을 허용한다. 비상디젤발전기가 첫 번째 부하그룹에 연결될 준비가 되면 비상디젤발전기 회로차단기는 비상디젤발전기가 모션에 연결되도록 닫힘 신호를 전송한다.

비상디젤발전기의 자동기동신호는 안전주입작동신호, 보조급수작동신호 및 원자로건물살수작동신호가 발생할 경우에도 비상디젤발전기에 전송된다. 모션의 저전압조건이 발생하지 않으면 이 신호는 전송되지 않으며 비상디젤발전기는 연결되지 않는다. 다음으로 기기부하의 순차진행을 시작한다.

#### 나. 부하순차제어논리

부하순차제어논리는 9단계 계수기로 구성된다(사고와 관련되지 않는 기기들 및 선행 순차제어논리 단계에서 작동되지 않은 기기들에 대해 필요한 경우는 단계가 추가된다). 비상디젤발전기는 필수 운전변수(전압, 주파수 등)가 충족되면 차단기가 닫히고 계수기가 각 단계마다 적정 시간간격을 두고 한 번에 한 단계씩 진행한다.

| 1

각 비상디젤발전기는 4.16 kV 1E급 모션의 소원전원상실사고신호나 공학적안전설비 기기제어계통에서 발생된 원자로건물살수작동신호, 보조급수작동신호나 안전주입작동신호를 받으면 자동으로 기동된다. 4.16 kV 1E급 모션의 소외전원상실사고신호나 안전주입작동신호에 따라 자동으로 순차진행이 시작된다. 소외전원상실사고신호 발생 후 비상디젤발전기가 정격전압 및 주파수에 도달하면 비상디젤발전기 차단기가 닫히고 순차제어기는 설정된 시간 순으로 1E급 모션에 공학적안전설비 기기를 연결하는 신호를 발생한다. 비상디젤발전기는 기동신호를 받고 20초 이내에 부하에 연결될 수 있다. 모든 공학적안전설비 기기는 냉각재상실사고를 동반하는 소외전원상실사고나 단일 소외전원상실사고에 따른 비상디젤발전기기동신호가 발생하면 기설정된 시간 내에 1E급 모션에 연결된다.

부하순차제어기는 아래와 같은 특성을 제공한다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 가. 모든 부하그룹들은 한 번에 한 그룹씩 여자되므로 비상디젤발전기의 용량이 최소화될 수 있다.
- 나. 사고부하는 사고발생 후 즉시 순차단계에 따라 여자되므로 사고 기기들은 최상의 이용률을 유지할 수 있다.
- 다. 기기는 한번만으로 부하차단된다. 1E급 구획 부하그룹이 여자되면 사고발생에 따른 영향을 받지 않는다.
- 라 7.3.1.1.8.9절에 기술된 부하순차제어기 시험은 발전소의 온라인상대시 전면적인 계통점검을 수행하는 특성을 보인다.

소외전원이 상실되고 비상디젤발전기가 정격전압 및 속도에 도달하지 않았을 경우 공학적안전설비작동신호가 발생하면 공학적안전설비 모션으로 전원이 공급되거나 비상디젤발전기 출력차단기가 닫히기 전에 20초까지의 지연은 가능하다. 발전기가 공학적안전설비 모션에 전원을 공급한 이후, 공학적안전설비 부하는 자동으로 순차진행이 이루어진다(8.3 절 및 표 8.3.1-4 참고).

### 7.3.1.1.2.5 현장기기연계모듈

각 채널의 현장기기 출력단에는 현장기기연계모듈이 위치하며, 현장기기연계모듈은 루프 제어기 출력신호, 다양성 수동 공학적안전설비 작동신호 및 다양성보호계통으로부터의 보조급수 작동신호를 우선순위 논리를 통해 처리하여 최종적으로 현장기기에 제어신호를 출력하는 기능을 제공한다. 또한 현장기기연계모듈은 현장기기의 구동 코일 단선 여부와 현장기기 제어 및 구동전원의 이상 여부를 판단하여 루프제어기로 전송한다.

현장기기연계모듈은 디지털 기기의 공통원인고장에 대비해 소프트웨어적인 기능을 배제한 하드웨어 근간의 게이트들로 구성된다.

현장기기연계모듈에서 수행하는 우선순위 논리는 트랜지스터-트랜지스터 논리회로(TTL)를 이용하여 구현되고 현장기기 상태 확인을 위한 논리는 복합 프로그래머블 논리 소자(CPLD)를 이용해 구현된다. 이 논리에 대한 검증은 디지털 시뮬레이터를 통한 기능시험과 논리 분석기를 통한 시험, 타이밍 시뮬레이션을 통한 확인절차를 거쳐 수행된다.

### 7.3.1.1.3 우회

#### 7.3.1.1.3.1 채널우회

#### 핵증기공급계통

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 7.3-1a와 같이 우회기능은 발전소보호계통에 의해 제공된다. 비교논리 트립채널우회는 원자로정지계통의 트립채널우회(7.2.1.1.5절)와 동일하며, 채널의 보수 및 시험을 위해 제공된다.

### 보조설비계통

트립채널우회는 표 7.3-1b와 같이 보조설비계통의 공학적안전설비작동계통 회로에서 제공된다. 트립채널우회는 원자로보호계통 트립채널우회 회로와 유사하며 보수를 위해 트립채널을 우회시킬 수 있다. 우회되는 트립채널이 있는 경우 1/2 논리는 단독 구동으로 변경되며, 우회되는 트립채널이 없는 다른 채널은 1/2 논리로 유지된다. 보수 우회시간 간격은 다른 채널의 사고 가능성이 허용 수준 이하로 낮아지도록 매우 짧게 한다. 우회는 수동으로 기동되고 수동으로 제거된다. 행정절차는 어떤 종류의 트립에 대해 한 번에 한 개 채널의 우회만을 허용한다. 우회는 운전원에게 가청 및 가시 경보를 제공한다.

#### 7.3.1.1.3.2 운전우회

### 핵증기공급계통

가압기 저압력 우회는 그림 7.3-1a에 나타난 것과 같이 보호작동을 원하지 않는 경우 보호작동을 발생시키지 않고 감압을 허용하기 위하여 제공된다. 우회는 각 보호채널에서 수동으로 개시될 수 있다. 그러나 만일 가압기 압력이 표 7.3-1a에서 나타난 것 보다 크면 우회할 수 없다. 운전우회 수행 후, 가압기 압력이 표 7.3-1a에 보여진 값을 초과하여 증가할 때 우회는 자동으로 제거된다.

### 보조설비계통

보조설비계통의 공학적안전설비작동신호 논리회로를 위한 운전우회는 없다.

#### 7.3.1.1.3.3 우회 및 작동불능 상태

안전성관련 보조 및 지원계통이 우회되거나 고의적으로 작동불능 될 경우 계통수준의 우회지시가 이루어지도록 설계된다. 보조 및 지원계통의 우회나 고의적인 작동불능으로 인해 영향을 받는 안전성관련 계통에 대한 우회지시가 제공된다.

안전계통의 작동불능을 위한 모든 록-아웃은 주제어실 내 “계통 작동불능” 플래그를 통해 수행된다. 플래그는 규제지침서 1.47에 따라 1년에 한번 이상의 발생빈도가 예상되는 모든 록-아웃에 자동적으로 발생한다.

#### 7.3.1.1.4 연동장치

##### 핵증기공급계통

공학적안전설비작동계통에 대한 비교논리 트립채널우회 연동은 발전소보호계통에 위치하고 있는데, 운전원이 어떤 트립변수에 대해 한 번에 한 채널만이 운전원에 의해 우회되도록 허용한다. 서로 다른 트립변수들은 동일한 채널 또는 다른 채널에서 동시에 우회될 수 있다. 이 기능은 그림 7.2-13에 나타나 있다.

계통시험 동안, 추가적인 연동장치들은 한 번에 한 개 이상의 다중 보호기능을 불가능하게 하거나, 정비 직원에 의해 부주의하게 미보증된 공학적안전설비작동계통신호를 발생시키는 것을 방지하기 위하여 7.2.1.1.6절에 설명된 것처럼 제공된다.

##### 보조설비계통

보조설비계통의 공학적안전설비작동신호 논리회로를 위한 연동신호는 없다.

#### 7.3.1.1.5 다중성

##### 핵증기공급계통

공학적안전설비작동계통 내에는 많은 다중성의 특징이 있다. 각 변수에 대하여 감지기부터 4개의 발전소보호계통 캐비닛에 위치하고 있는 개시논리까지 4개의 독립적인 채널로 구성된다.

4개(또는 2개)의 완전한 다중 공학적안전설비 기기를 작동시키는 네 개의 다중 공학적안전설비 기기제어계통 채널이 있다. 공학적안전계통 수준에서 다중성이 존재하고, 이러한 설계 다중화를 유지하기 위하여 기기가 다중의 공학적안전설비 기기제어계통 채널에 할당된다.

단일고장시 유로를 보장하기 위하여 안전주입계통처럼 다중 유로가 제공된다. 이 경우에 공학적안전설비 기기제어계통 채널에서 단일고장이 발생시 유로의 유용성을 보장하기 위하여 각 유로를 위한 기기가 독립적인 공학적안전설비 기기제어계통 채널에 할당된다(예, 채널 A 및 B). 즉, 공학적안전설비 계열 A 및 B가 각각 공학적안전설비 기기제어계통 채널 A 및 B에 할당된다. 추가적으로, 단일고장에 의한 원치 않는 유로의 개시를 방지하기 위하여 보조급수계통 또는 원자로건물살수계통처럼 다중 유로에 직렬로 두 밸브를 위치한다. 이 경우 각 밸브는 독립적인 공학적안전설비 기기제어계통 채널에 설치되어 단일고장시 원치 않는 유로를 개시하지 않는다. 원치 않는 유로 개시의 방지는 다중 공학적안전설비 유로의 독립성을 유지함으로써 이루어진다. 기기의 계열별 할당에 대한 것

은 기기계통을 설명하는 6장, 9장 및 10장에 기술된다.

각 공학적안전설비작동계통 채널 A, B, C 및 D는 각각 격리된 계측제어 모션 A, B, C 및 D로부터 필수교류전원을 받는다.

1

발전소보호계통의 공학적안전설비작동계통은 한 채널이 보수 또는 시험을 위하여 제거되더라도 다중성 설계로 인해 계통의 가용성에 영향을 주지 않고 2/3 논리로 전환된다.

공학적안전설비 기기제어계통은 공학적안전설비 기기를 작동시키기 위하여 2/4 논리를 사용한다.

#### 보조설비계통

보조설비계통의 공학적안전설비작동계통의 다중 특성은 아래 사항을 포함한다.

- 가. 공정감지기/전송기로부터 바이스테이블 출력 접점을 포함하여 2개의 독립된 채널이 제공된다.
- 나. 각 작동신호를 위해서 2개의 작동 경로가 제공된다.
- 다. 각 작동신호는 격리장치를 통하여 2개의 출력 채널을 작동시킨다.
- 라. 계통 전원은 2개의 분리된 모션으로부터 공급된다. 다중 기기의 제어 및 구동전원은 분리된 모션으로부터 공급된다. 계열 A 기기와 계통은 구획 I 전원에 의해서 여자되고, 계열인 B 기기와 계통은 구획 II 전원에 의해서 여자 된다.

다중설비는 단일사고기준을 만족하고 발전소 운전중 시험될 수 있다.

#### 7.3.1.1.6 다양성

공학적안전설비작동계통은 공통원인으로 인한 다중채널 고장이 발생하지 않도록 설계된다. 예상되는 공통유형고장이 발생하지 않도록 다중채널의 고장유형 및 운전조건들이 분석된다. 다양성보호계통 및 공정기기제어계통은 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기 제어계통과 다양성을 유지하는 기기로 구성된다.

공학적안전설비작동계통은 운전원이나 보수요원의 부적절한 조치에 의해 운전 불가능한 상태가 되지 않도록 설계된다. 성능 향상이 되지 않는 한 채널이나 기기가 추가되지 않

도록 설계된다.

계측제어계통 내 소프트웨어의 공통유형고장을 방지하기 위해 심층방어개념이 적용된다. 이러한 방안은 아래와 같이 요약된다.

결정론적 설계 - 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통 내에서는 결정론적 알고리즘으로 실행된다. 이러한 방법은 모든 데이터가 지속적인 주기로 갱신되고, 모든 프로그램이 중단 없이 주기적으로 실행되는 것을 의미한다. 이것은 소프트웨어를 보다 쉽게 설계하고 확인 및 검증할 수 있도록 한다. 잠재적인 오류도 다중-업무처리, 사건기반 실행, 사건기반 데이터통신 또는 인터럽트를 포함하는 다른 설계보다 상당히 낮아진다. 발전소보호계통이나 공학적안전설비 기기제어계통에는 비결정론적 설계특성이 구성되지 않는다.

현장입증제품 - 계측제어계통의 운영소프트웨어는 유사분야에 최소한 1년이상 적용된 것으로 선택한다. 이러한 제품은 초기설계오류에 대한 건전성은 만족하는 것으로 고려한다.

2

확인 및 검증 - 소프트웨어의 경우, 독립적인 문서검토 및 시험을 포함한 포괄적인 확인 및 검증 프로그램이 사용된다. 확인 및 검증 프로그램은 소프트웨어 프로그램 매뉴얼과 관련 참조문서에 기술된다.

소프트웨어 개발자와 확인자 간에는 독립성이 유지된다. 소프트웨어 생명주기 동안에 사업자 자체 형상관리방안도 마련된다. 확인 및 검증 프로그램은 설계단계와 계통작동 기간 동안 소프트웨어 공통유형고장의 발생 가능성을 최소화한다.

세그멘테이션 - 발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통 및 공정기기제어계통의 기능을 포함하는 모든 계통들은 별도의 프로세서에 따라 분류된다. 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통의 각 채널은 보호프로세서 및 연계시험프로세서(ITP)로서 기능적으로 세그멘테이션 된다. 공학적안전설비 기기제어계통 내의 안전주입작동 및 보조급수작동계통과 같은 공학적안전설비 작동 기능은 별도의 제어프로세서들로 분산되어 구성된다. 공정기기제어계통 내의 잔열제거나 재고량 제어 등과 같은 발전소 필수제어기능들은 별도의 제어프로세서들에 분산된다. 그러므로 다중의 프로세서에서 동시에 발생하는 오류는 최소화할 수 있다.

다양성 - 다양성은 공통원인고장에 대한 최종적인 방어방안을 제공한다. 잔열제거, 재고량 제어 및 반응도 제어와 같은 필수안전기능들은 보호 및 제어계통에 의해 제어될 수 있다. 이러한 계통은 유체/기계계통과 같이 기능적으로 다중 설계된다. 유체/기계계통 하드웨어의 다양성과 함께 제어 및 보호계통 간에는 하드웨어 및 소프트웨어의 다양성이 적용되어 제어 및 보호기능에 영향을 주는 잠재적인 공통원인고장을 방지한다. 제어기, 다중신호전

2

송기, 통신망 및 인간 기계 연계설비를 포함하는 모든 소프트웨어 기반의 계통에는 다양성이 적용된다. 이러한 다양성 개념은 제어실의 정보이용도를 보증하기 위해 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N 간에도 적용된다.

상기 설계와는 독립적으로 대용량의 소프트웨어로 구성된 모든 컴퓨터와 통신망을 우회하는 두개의 1E급 채널로 구성된 실배선 입력을 이용하여 공학적안전설비 기능을 수동으로 작동하는 방안을 구현한다. 주제어실에 구성된 스위치는 그림 7.3-24와 같이 주증기 격리밸브 및 유출격리밸브의 닫힘기능과 두 개의 안전주입 계열, 두 개의 각 원자로건물 살수 및 보조급수 계열에 대해 계통수준으로 작동시킨다. 제어실 내 스위치에 의한 실배선의 수동입력신호는 통신네트워크를 통한 기기작동 입력신호를 오버라이드한다. 다양성 수동작동 상태지시는 주제어실 내에 제공된다.

공학적안전설비 기기제어계통은 공학적안전설비작동신호가 발전소보호계통에 의해 개시될 경우 소프트웨어기의 신호는 오버라이드 될 수 있어야 한다.

우선순위 연동신호는 안전기능이 수행되는 동안 소프트웨어기의 공학적안전설비작동계통의 기기제어기능을 차단하는데 사용된다. 공학적안전설비작동신호는 항상 소프트웨어기신호를 오버라이드 할 수 있다. 계통수준의 공학적안전설비 원격 수동 작동스위치의 작동신호는 소프트웨어기의 작동신호를 오버라이드 할 수 있다. 소프트웨어기의 제어신호는 최소재고스위치의 기기수준의 제어신호와 동일한 우선순위를 가진다. 운전원은 발전소 안전상태시 기기수준의 제어를 위한 최소재고스위치나 소프트웨어기를 이용하여 공학적안전설비작동신호 중 우선순위 2에 해당하는 연동신호(ESF-2)를 오버라이드 할 수 있다.

| 2

제어기의 개별 스위치의 제어신호는 제어반다중신호기를 통해 최하위 디지털 기반의 기기인 루프제어기에 연결된다. 루프제어기는 발전소 기기들을 제어하는 모터제어반의 스위치기어나 전기분전반에 실배선의 출력신호를 제공한다. 발전소 정상운전시 루프제어기는 통신네트워크를 통해 수신된 입력신호에 대하여 기기출력신호를 제공한다.

| 2

루프제어기내 오버라이드 기능의 구현에 대한 신뢰도는 기기를 단순화시켜 보증할 수 있다. 루프제어기 내의 소프트웨어는 메모리 부분에 구성된다. 루프제어기는 제한된 수량의 연동신호나 입력신호에 따라 소프트웨어를 통해 밸브를 개폐하거나 펌프를 기동 또는 정지한다.

보호계통 소프트웨어의 공통유형고장에 대비한 다양성 수동 공학적안전설비 작동스위치에 의해 하드웨어 기반의 수동 오버라이드 기능이 구현되었는지에 대한 시험이 수행된다.

또한, 전원 다양화를 위해 전동기제어반으로부터 교류 전원을 받는다.

| 1

#### 7.3.1.1.7 순차성

기기의 순차제어방안은 7.3.1.1.2.3절에 기술된다. 기기의 순차제어요건은 8장에 기술된다.

#### 7.3.1.1.8 시험

모든 공학적안전설비작동계통의 완전한 주기시험을 허용하기 위한 설비가 구비된다. 주기시험은 감지기 입력에서 보호계통 및 작동기기까지 트립작동을 포함한다. 계통시험으로 인하여 계통의 보호작동이 방해받지 않으며, 개별시험 간에 중첩된 부분을 겹으로써 전체 공학적안전설비작동계통이 시험될 수 있다. 시험주기는 운영기술지침서에 기술되어 있다.

주기적인 시험에는 수동개시자동시험과 수동시험이 있다. 2가지 방법은 상호보완적이며 공학적안전설비작동계통의 완전한 시험을 위한 것이다.

2

계통시험은 KEPIC ENF-3100(해외구매 품목은 IEEE 338-1987 및 규제지침서 1.22, “보호계통의 주기적 기능시험”의 기준을 만족한다.

##### 7.3.1.1.8.1 감지기 점검

###### 핵증기공급계통

원자로가 운전중에 공학적안전설비작동계통에 입력을 제공하는 측정채널은 7.2.1.1.9.1절에 설명된 방법으로 점검된다.

###### 보조설비계통

정상운전중 공학적안전설비작동계통에 입력을 제공하는 측정채널은 유사채널의 출력과 비교하여 관련 측정과 교차점검으로 점검된다. 핵연료재장전과 같은 장기 운전정지중에는 가능하다면 이들 측정채널은 알려진 표준값에 의한 점검과 교정이 이루어진다.

##### 7.3.1.1.8.2 비교논리 시험

###### 핵증기공급계통

발전소보호계통에 있는 공학적안전설비작동계통 비교논리의 시험은 7.2.1.1.9.2절에 기술된 대로 수행된다.

공정제어 설정치 및 연동장치를 위하여 사용된 공학적안전설비 기기제어계통 비교논리 기능에 대한 시험은 7.6.2.2.1 및 7.6.2.2.2절에 기술된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

정보처리계통은 계속적으로 설정치를 감시하고, 채널 간에 설정치의 편차가 초과되면 경보를 발생한다.

### 보조설비계통

방사선감시계통에 대한 주기적인 시험은 시험채널을 우회시킨 후 한 번에 한 개의 바이스테이블에 대해 입력신호를 수동으로 가변시키면서 입력신호가 설정치에 도달했을 때의 상태를 확인한다.

바이스테이블이 작동된 상태에 있을 때에는 다음과 같은 조건이 존재해야 한다.

- 가. 바이스테이블 출력 계전기의 소자가 비여자된다.
- 나. 각 작동채널 계전기에서 논리출력신호가 존재한다.
- 다. 공학적안전설비 기기들이 공학적안전설비작동계통의 작동상태에 있다.
- 라. 작동상태가 주제어실에 경보로 제공된다.

운전의 적절성 여부는 다음에 의해 확인된다.

- 가. 각 공학적안전설비 기기들의 위치 점검
- 나. 경보작동점검
- 다. 공학적안전설비 기기 상태표시 점검

다른 바이스테이블에 대해서도 동일한 시험이 반복된다.

### 7.3.1.1.8.3 동시논리 시험

### 핵증기공급계통

발전소보호계통에 있는 핵증기공급계통 공학적안전설비작동계통의 동시논리시험은 7.2.1.1.9.4 절에 기술한 대로 수행된다.

### 보조설비계통

보조설비계통 공학적안전설비작동계통의 논리시험은 방사선감시계통 내의 시험설비를 이

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

용하여 각 감지채널에 있는 방사선감시계통 바이스테이블의 상부에 가상 아날로그 시험 신호를 가하여 논리출력단에서 작동 출력신호를 관찰함으로써 수행된다. 동시에 진단 소프트웨어가 연속적으로 작동되어 개별 또는 모든 회로상의 기능적 건전성을 확인한다.

### 7.3.1.1.8.4 개시논리 시험

#### 핵증기공급계통

발전소보호계통에서 개시되는 공학적안전설비작동계통 개시논리시험은 동시논리프로세서로 시험신호를 주입하여 공학적안전설비 기기제어계통까지의 신호경로를 확인할 수 있다.

공학적안전설비작동신호를 독립적으로 시험하기 위하여 시험개시신호를 보수시험반 화면에서 입력한다. 시험귀환신호는 보수시험반에서 확인된다.

#### 보조설비계통

보조설비계통의 운전 및 운전정지중에 공학적안전설비작동계통의 개시논리회로의 적절한 운전을 점검하기 위해서 센서 모듈, 채널 레벨과 완전한 한 계통 단위로 결합하여 별도로 점검할 수 있는 설비가 제공된다. 개시회로에 대하여 원격 수동스위치로 시험이 가능하다. 수동개시에 대한 지시는 자동개시와 동일하다.

### 7.3.1.1.8.5 작동논리 시험

작동논리시험은 2/4로 구성된 작동논리에 대한 시험으로서 보수시험반에서 개시신호를 제공하며, 연계시험프로세서는 해당신호를 공학적안전설비 기기제어계통의 2/4로직 입력단으로 전송한다. 공학적안전설비 기기제어계통은 2/4로직 수행 후, 해당 결과를 연계시험프로세서를 통해 보수시험반으로 제공한다.

#### 그룹제어기 논리시험

그룹제어기의 작동논리인 2/4 또는 1/2 논리, 확인논리 및 래치논리에 대한 건전성을 확인하기 위한 시험을 수행한다. 연계시험프로세서 또는 운전원의 요구에 의해 발전소 운전 중에 수행 가능하다.

보수시험반은 핵증기공급계통용 작동논리를 시험하기 위한 시험신호들을 생성하고 이를 연계시험프로세서를 통해 그룹제어기에 전송한다. 연계시험프로세서는 시험에 대한 결과값을 피드백 받아 이를 예상값과 비교하여 그 결과를 보수시험반에 제공한다.

그룹제어기 논리시험의 출력신호는 루프제어기로 전송되지 않도록 차단되어 시험에 의한

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

불필요한 공학적안전설비의 작동을 방지한다.

### 7.3.1.1.8.6 선택적 그룹시험

공학적안전설비 기기제어시스템의 선택적 그룹 시험은 보수시험반 화면을 통하여 운전원에 의해 수행된다. 이 시험은 연속적으로 감시하는 공학적안전설비 기기제어시스템의 작동논리 시험과 중첩되며, 기기의 작동까지 확인하는 시험을 포함한다. 시험은 한 번에 하나의 부그룹에 대하여 수행되어 시험 동안 의도하지 않은 공학적안전설비시스템의 작동을 방지한다. 이 시험은 기기의 작동을 유발하지만 발전소보호시스템에서 오는 공학적안전설비작동시스템 신호를 방해하지 않으며, 공학적안전설비가 동작된다.

선택적 그룹 시험 요청신호는 보수시험반 화면에서 그룹제어기 및 관련 루프제어기로 전송되며, 해당 신호는 보수시험반의 수동 키스위치에 의하여 시험이 수행된다. 만약 실제 공학적안전설비작동시스템 신호가 발생하면, 시험은 중단되고 실제 신호가 루프제어기로 전송된다.

발전소 기기들은 유형 1, 2 및 3 기기로 구분된다. 유형 1 (시험 진행) 기기는 시험을 위해 항상 동작될 수 있다. 유형 2 (시스템 배열에 따른 시험 진행) 기기는 시험을 위해, 기 정의된 운전절차에 따라 특정 시스템의 준비 및 배열이 완료된 후에 동작될 수 있다. 유형 3 (시험진행 불가) 기기는 발전소의 정상운전시에는 시험이 수행될 수 없으며, 발전소 정지시에만 시험된다.

유형 1과 2 기기들은 공학적안전설비작동시스템 부그룹 시험에 따라 동작되며, 유형 3 기기 또는 시험과 관계없는 다른 모든 기기들은 시험 신호에 영향을 받지 않는다.

유형 3에 해당하는 기기 목록은 표 7.3-14에 기술되어 있다.

### 7.3.1.1.8.7 우회 시험

#### 핵증기공급시스템

표 7.3-1a와 같이 발전소보호시스템에 있는 시스템우회는 7.2.1.1.9.7절에 설명된 것처럼 채널 단위로 시험된다.

#### 보조설비시스템

표 7.3-1b와 같이 공학적안전설비 기기제어시스템에 있는 채널우회는 보수시험반에서 채널 단위로 시험된다.

#### 7.3.1.1.8.8 응답시간 시험

공학적안전설비 기기제어시스템의 필요한 응답시간 시험은 운영기술지침서에 기술된다.

공학적안전설비 기기제어시스템은 발전소 운전원이 7.2.1.1.9.8절에서 기술된 다양한 시험방법을 수행할 때 시험을 위한 연결이 가능하도록 설계된다. 압력전송기 및 차압전송기의 계측선로와 연결될 수 있는 시험선과 커넥터 혹은 터미널과 연결을 쉽게 할 수 있도록 시험위치가 하드웨어 설계에 고려된다.

#### 7.3.1.1.8.9 부하순차제어기 시험

그림 7.3-6과 같이 부하순차제어기는 통신망을 통해 시험가능 하도록 설계된다. 정상운전시 모든 제어신호의 출력은 차단되고, 논리기능은 발전소 기기에 영향을 주지 않으면서 시험이 가능하다. 유효한 개시논리신호가 입력되면 출력은 자동으로 복구된다. 이러한 방법으로 긴급히 순차제어기를 작동하지 않고 시험이 수행될 수 있다. 시스템의 신뢰도를 최상으로 유지하기 위한 세 가지 시험단계방안이 적용된다.

| 2

| 2

##### 가. 단계 1 - 자동시험

자동시험단계는 순차계수기, 시간간격 및 모든 출력에 대한 랫치기능으로 구성된 부하순차제어논리를 지속적인 주기로 제공한다. 랫치기능은 일정 시간간격의 조정에 따른 계수기에 의해 셋과 리셋기능을 순차적으로 실행한다. 일정 순서나 시간 내에 운전되는 랫치기능에 오류가 발생할 경우에 해당 오류는 발생시점에 자동적으로 감지된다. 오류진단결과를 패널 지시기와 경보신호를 통해 제공된다.

##### 나. 단계 2 - 입력시험

모든 외부입력신호는 독립적인 논리시험에 의해 검사된다. 시험기간 동안 개시논리 입력신호는 감지기로부터 발생된다. 패널 지시기를 통해 모든 신호들이 개시논리와 적절한 통신을 유지하고 있는지를 확인한다. 부하순차제어기에 의해 이러한 입력신호들이 유효한 것으로 판단되므로 7.3.1.1.8.9절의 가. 항에서 기술한 자동시험을 위한 자동출력 허용논리는 수동 외부신호 입력시험 기간동안 차단된다. 시험이 완료되면 차단기능은 사라진다.

제어출력신호의 차단기능을 유지하면서, 2단계 시험에서는 부하순차제어논리의 작동을 확인한다. 패널제어기를 통해 사고와 관련 없는 절차를 수행하는데 필요한 입력신호에 대하여 모의실험을 할 수 있다. 다른 제어기들은 사고와 관련 없는 절차의 수행 중에 모의 사고신호를 삽입할 수 있다. 어떠한 사고계획안도 해당 부하순차의 적절성을 확인하기 위해 모의실험 될 수 있다. 패널지시기들은 모든 부하분계 출력신호들을 표시한다.

#### 다. 단계 3 - 부하차단시험

시험의 마지막 단계는 발전소 부하에 대한 재-여자와 실제 부하차단 사항을 포함한다. 각 부하그룹은 한 개의 기기에서부터 부하 내 모든 기기들을 포함하는 시험그룹으로 재분류된다. 부하차단신호는 공학적안전설비 기기제어시스템의 선택적 그룹시험과 연계한 개별 시험그룹으로 분리되어 모의 실험된다. 기기들은 실제로 트립되고 재-여자되지만 한번에 한 개의 그룹만이 시험되므로 발전소 전체의 장애 가능성은 최소화된다.

##### 7.3.1.1.9 필수계기 전원공급

공학적안전설비작동시스템의 필수계기 전원공급에 대한 사항은 8장에 기술되어 있다.

##### 7.3.1.1.10 작동 계통

공학적안전설비계통은 정상운전중 대기상태로 유지된다. 공학적안전설비작동계통에 의해서 발생하는 작동신호는 공학적안전설비계통이 요구되는 보호동작을 보증하기 위해서 제공된다. 공학적안전설비계통의 계측제어설비 설명은 각 공학적안전설비계통에 적용된다. 표 7.3-2는 특정한 공학적안전설비계통 동작을 요구하는 설계기준사고를 나타낸다.

표 7.3-3 공학적안전설비계통 동작을 위해서 요구되는 감시 변수를 나타낸다. 이 변수 및 범위는 표 7.3-6에 보여진다.

##### 7.3.1.1.10.1 원자로건물 격리계통

원자로건물 격리계통의 계통 설명은 6.2.4절 “원자로건물격리계통”에 기술되어 있다. 원자로건물격리계통은 2계열 A와 B로 구성된다. 원자로건물격리계통 계열 A는 공학적안전설비 기기제어시스템 채널 A로부터 작동신호를 받고, 원자로건물격리계통 계열 B는 공학적안전설비 기기제어시스템 채널 B로부터 작동신호를 받도록 설계된다. 각 채널의 계측제어시스템은 물리적, 전기적으로 분리되고 독립되어서 그 중 한 채널이 상실되더라도 안전기능에 영향을 주지 않는다.

원자로건물격리계통을 위한 계측제어시스템은 발전소의 모든 운전조건하에서도 작동하도록 설계된다. 그러나 의도하지 않은 계통의 작동을 방지하기 위해 연료교체시, 원자로건물 누설점검 전에는 작동상태에서 비작동상태로 전환된다(이 전환은 발전소에서 작성되는 운전절차에 따라 수행된다).

원자로건물격리계통은 공학적안전설비작동시스템의 원자로건물격리작동신호에 의해 자동적으로 작동된다.

원격조작(자동 또는 수동) 되는 모든 원자로건물격리밸브는 주제어실에 제어스위치와 지시기능이 제공된다. 또한 원자로건물격리작동신호에 의해 닫히도록 요구되는 밸브들의

상태를 감시함으로써 원자로건물 관통 유로상의 미차단 상태에 대한 필수안전기능 감시를 위해 각 밸브의 닫힘신호가 정보처리계통 및 주요변수지시 및 경보계통에 제공된다.

유체계통을 격리시킬 시기를 운전원이 파악할 수 있도록 필요한 공정 정보가 주제어실에 제공된다.

원자로건물로부터 외부로의 통로를 제공하는 모든 계통(예, 원자로건물퍼지 및 배기계통)들은 원자로건물격리작동신호 발생시 차단된다.

#### 7.3.1.1.10.2 원자로건물살수계통

원자로건물살수계통의 계통 설명은 6.5절 “핵분열생성물 제거 및 제어계통”에 기술되어 있다. 원자로건물살수계통은 원자로건물살수작동신호에 의해 작동된다. 원자로건물살수펌프는 안전주입작동신호에 의해서도 작동된다. 원자로건물 살수계통 기능을 수행하는 정지냉각펌프는 안전주입작동신호 또는 원자로건물살수작동신호에 의해 작동된다.

원자로건물살수계통은 2계열 A와 B로 구성된다. 원자로건물살수계통 계열 A는 공학적 안전설비 기기제어계통 채널 A와 C로부터 작동신호를 받고, 원자로건물살수계통 계열 B는 공학적안전설비 기기제어계통 채널 B와 D로부터 작동신호를 받도록 설계된다. 각 채널의 계측제어기기는 독립적이다. 원자로건물살수계통은 각 계열이 100% 계통 용량을 가지고 있기 때문에 한 계열이 상실되더라도 계통기능이 유지되며, 요구되는 보호 조치를 제공할 수 있다. 원자로건물살수계통을 위한 계측제어계통은 발전소의 모든 운전조건을 만족하도록 설계된다.

원자로건물살수작동신호는 의도하지 않은 계통의 작동을 방지하기 위해 연료교체시, 원자로건물누설점검 전에는 작동상태에서 비작동상태로 전환된다(이 전환은 발전소에서 작성되는 운전절차에 따라 수행된다).

공학적안전설비 기기제어계통은 원자로건물살수펌프를 정지냉각펌프로 사용하거나 그 반대로 정지냉각펌프를 원자로건물살수펌프로 재정렬하여 사용할 수 있도록 설계된다.

#### 7.3.1.1.10.3 주증기격리계통

주증기격리계통의 계통설명은 10.3절에 기술되어 있다. 주급수격리계통의 계통설명은 10.4.7절에 기술되어 있다. 취출수격리계통의 계통설명은 10.4.8절에 기술되어 있다.

주증기격리계통은 2계열 A와 B로 구성된다. 주증기격리계통 계열 A는 공학적안전설비 기기제어계통 채널 A로부터 작동신호를 받고, 주증기격리계통 계열 B는 공학적안전설비 기기제어계통 채널 B로부터 작동신호를 받도록 설계된다. 각 채널의 계측제어계통은 물리적, 전기적으로 분리되고 독립되어 있다. 분리와 독립성 설계는 한 채널이 상실되더라도 안전기능을 해치지 않도록 해준다.

주증기격리밸브, 주증기격리우회밸브, 주급수차단밸브 및 취출배관격리밸브는 주증기격리

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

신호에 의해 작동된다.

이들 밸브들은 나머지 주증기 및 주급수계통으로부터 증기발생기를 효과적으로 차단한다.

주증기격리신호 없이 발전소 정지와 같은 제어된 감압이 이루어질 수 있도록 가변 증기 발생기 압력 설정치가 구현된다. 압력 설정치는 정상 압력값에 도달할 때까지 상승 압력치를 추적한다.

### 7.3.1.1.10.4 안전주입계통

안전주입계통의 기술은 6.3절 “안전주입계통”에 기술되어 있다. 안전주입계통은 안전주입작동신호에 의해 작동된다. 작동계통은 다중의 A, B, C 및 D 채널로 이루어져 있으며, 관련된 계측제어기기는 독립적이다. 원자로용기 직접주입노즐의 크기보다 큰 파단시, 안전주입계통의 각 계열은 50% 용량이기 때문에 2개 계열이 완전히 상실되어도 필요한 보호기능을 수행할 수 있으며, 안전주입계통의 계측제어는 발전소의 모든 운전상태에서 운전되도록 설계된다.

발전소의 기동과 정지 때 계통의 부적절한 작동을 피하기 위하여 7.2.1.1.6절에 기술된 대로 가압기 저압설정치는 감소될 수 있다. 가압기 압력이 증가함에 따라 설정치는 정상치까지 증가한다. 안전주입작동신호는 재장전기간중 원자로건물 누설검사중에는 불필요한 계통의 작동을 피하기 위하여 우회된다. 이러한 우회작업은 발전소 운전원에 의하여 작성된 운전절차서에 따라 수행된다.

### 7.3.1.1.10.5 안전감압배기계통

안전감압배기계통은 급속감압계통과 원자로냉각재배기계통으로 구성된다. 급속감압계통은 설계기준초과사고인 완전급수상실사고 및 중대사고시 원자로냉각재 압력을 급속감압시키는 기능을 수행하며, 원자로냉각재배기계통은 가압기주살수계통 및 보조살수계통을 이용할 수 없는 비원자로냉각재상실사고(Non-LOCA) 설계기준사건시에 원자로용기상부헤드와 가압기 증기영역으로부터 비응축성 기체를 원격으로 배출하는 수단을 제공하고 가압기 주살수 및 보조살수를 이용할 수 없을 때 원자로냉각재계통의 압력제어를 위해 가압기 증기영역 그리고/또는 원자로용기상부헤드로부터 증기를 원격으로 제거하는 수단을 제공한다.

발전소 정상출력운전 동안 부주의한 작동을 최소화하기 위하여 다중배기유로의 밸브들은 서로 다른 채널의 1E급 전원을 공급받는다.

안전감압배기계통은 수동으로 작동되고 제어되며 6.7절에 상세히 기술된다.

### 7.3.1.1.10.6 보조급수계통

보조급수계통의 계통 설명은 10.4.9절에 기술되어 있다. 증기발생기 1에 대한 보조급수계통 작동은 보조급수작동신호-1에 의해 작동되고 증기발생기 2에 대한 보조급수계통 작동은 보조급수작동신호-2에 의해 작동된다. 보조급수계통은 7.7절에 기술된 다양성보호계통에 의해서도 작동된다.

작동계통은 다중 채널 A, B, C 및 D로 구성된다. 각 채널의 계측제어계통은 물리적, 전기적으로 분리되고 독립되어 있다. 보조급수계통은 한 계열이 상실되더라도 계통기능이 유지되며, 요구되는 보호 조치를 제공할 수 있다. 보조급수계통을 위한 계측제어계통은 발전소의 모든 운전조건을 만족하도록 설계되어 있다.

보조급수계통은 보조급수작동신호에 의해 해당 증기발생기에 배열된 전동기구동 및 터빈구동 보조급수펌프는 동시에 기동되며, 보조급수 조절밸브는 자동으로 조절모드로 전환되며 증기발생기 수위에 따라 개폐된다.

보조급수 조절밸브는 제어전원이 상실시, 열리도록 설계되어 있다. 발전소보호계통에서 발생하는 사이클링신호에 의해 보조급수 격리밸브가 제어된다. 보조급수 차단밸브에 제공되는 사이클링 보조급수작동신호는 보조급수 격리밸브의 작동을 래칭하지 않으나 보조급수펌프에 제공되는 래칭 보조급수작동신호는 보조급수펌프의 작동을 래칭함에 따라 공학적안전설비 기기제어계통 캐비닛에서 수동으로 리셋시켜야 한다. 이것은 증기발생기 수위를 미리 설정된 범위 내에 유지하기 위함이다. 증기발생기 수위가 미리 설정된 고수위에 도달하면 손상된 증기발생기에 연결된 보조급수 격리밸브는 닫힌다. 증기발생기 수위가 저수위로 다시 떨어지면 손상된 증기발생기에 연결된 보조급수 격리밸브는 재개방되며, 이러한 운전은 손상된 증기발생기의 수위에 따라 반복된다.

### 7.3.1.1.10.7 핵연료취급지역 공기조화계통

핵연료취급지역 공기조화계통에 대해서는 9.4.2절에 상세히 기술되어 있다.

사용후연료저장조지역에 설치된 방사능감지기는 핵연료취급지역 비상환기작동신호의 발생을 위한 신호를 제공한다. 핵연료취급지역 비상환기작동신호를 받은 후 비상환기계통은 자동으로 기동된다.

작동계통은 다중 채널 A와 B로 구성되며, 다중 채널 계측제어설비는 각각 물리적, 전기적으로 분리되어 독립성을 유지한다. 그러므로 한 채널에 고장이 발생하더라도 보호기능을 수행할 수 있다. 핵연료취급지역 공기조화계통의 계측제어설비는 발전소의 모든 조건하에서 운전되도록 설계된다.

방사능 측정신호 및 작동신호는 격리회로를 통해 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보 계통-N에 공급된다.

핵연료취급지역 공기조화계통의 논리는 그림 7.3-1f 와 같다.

| 2

#### 7.3.1.1.10.8 원자로건물퍼지계통

원자로건물퍼지계통의 운전에 필요한 계측제어설비에 대한 내용은 9.4.6.2절에 기술된다.

별도로 독립된 4개의 방사능감시기(2개의 원자로건물 운전지역 감시기와 2개의 원자로건물 상부 운전지역 감시기)가 제공되며, 고방사능 준위가 감지되면 바이스테이블 소자를 통해 다중의 보조기기 공학적안전설비작동신호 중 원자로건물퍼지격리작동신호가 발생되며 자동작동논리에 해당 신호가 제공된다.

작동계통은 다중 채널 A와 B로 구성되며, 다중 채널의 계측제어설비는 각각 물리적, 전기적으로 분리되어 독립성을 유지한다. 그러므로 한 채널에 고장이 발생하더라도 보호기능을 수행할 수 있다. 원자로건물퍼지계통의 계측제어설비는 발전소의 모든 조건하에서 운전되도록 설계된다.

원자로건물퍼지계통은 필요시 원자로건물퍼지격리기능을 수행하기 위해 그림 7.3-1g에 나타난 2개의 1/2 논리를 사용한다.

| 2

#### 7.3.1.1.10.9 주제어실 공기조화계통

다중의 주제어실 공기조화계통의 여러 가지 기기들은 다음과 같이 제어된다.

- 가. 급기 및 환기 송풍기들은 원격정지실 및 주제어실 내 제어스위치에 의해 제어된다.
- 나. 임의의 기기 오작동에 대한 경보가 주제어실에 발생될 경우, 다중의 공기조화계통이 수동으로 기동된다.
- 다. 공정방사선감시계통은 두 개의 외부 공기 흡입구 중 어느 한 곳에서라도 고-방사선 신호가 감지되면 다음과 같은 조치를 취한다.
  - 1) 관련 흡입구의 고-방사선 준위 상태를 주제어실에 정보한다, 그리고
  - 2) 주제어실 공기조화계통 보충공기의 정상공급 통로는 자동으로 차단되고, 적절한 비상보충 공기정화설비로 변경된다.
- 라. 연기감지계통에 의해 주제어실에 연소생성물이 감지되면, 주제어실에 경보가 발생된다. 공기조화계통에 대한 계측제어설비는 ANSI/ANS-59.2를 만족하며,

비상보충 공기정화설비에 대한 계측제어설비는 ASME N509-1989 및 규제지침서 1.52에 따라 설계된다.

작동계통은 다중 채널 A와 B로 구성되며, 다중 채널의 계측제어설비는 각각 물리적, 전기적으로 분리되어 독립성을 유지한다. 그러므로 한 채널에 고장이 발생하더라도 보호기능을 수행할 수 있다. 주제어실 공기조화계통의 계측제어설비는 발전소의 모든 조건하에서 운전되도록 설계된다. 공학적안전설비 기기제어계통 그룹제어기 채널 A와 B에서 발생한 작동신호는 전기적 격리 후 그룹제어기 채널 C와 D로 전송되며 채널 C와 D로 구성된 주제어실 공기조화계통을 자동으로 작동시킨다.

주제어실 공기조화계통의 논리는 그림 7.3-1h와 같다.

| 2

### 7.3.1.2 설계기준

공학적안전설비작동계통에 대한 설계기준은 6장에 기술되어 있다. 공학적안전설비작동계통은 표 7.3-2에서 보인 설계기준사고에 따라서 자동작동을 요구하는 공학적안전설비 기기에 개시신호를 제공하도록 설계된다.

계통들은 원자로시설등의 기술기준에 관한 규칙 및 10 CFR 50 부록 A, 일반설계기준의 요건을 만족하도록 설계하며, 계통시험에 대한 요건은 KEPIC ENF-3100(해외구매 품목은 IEEE 338-1987)과 규제지침서 1.22, “보호계통의 주기적 기능시험”의 요건을 만족하도록 설계된다.

공학적안전설비작동계통에 대한 상세한 설계기준은 KEPIC ENB-1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998)의 4절에 기술되어 있다. IEEE 603-1998의 4절에 대한 설명과 구현방법은 다음과 같다.

#### 핵심공급계통

#### a) 각 사고시의 초기 조건 및 허용 제한치와 함께 발전소의 각 운전 모드에 적용 가능한 설계기준사건

공학적안전설비작동계통은 설계기준사건시 그 사고의 결과를 허용치 이내로 완화시킨다. 설계기준사건 분석시 고려된 주요 공정변수에 대한 초기조건은 표 15.0-3, “초기조건”에 기술되어 있다.

공학적안전설비작동계통의 동작을 요구하는 발전소상태는 표 7.3-2, “공학적안전설비계통 작동을 요구하는 설계기준사건”에 기술되어 있다.

#### b) 각 설계기준사건에 대한 작동설비의 안전기능 및 대응하는 보호동작

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

a)항에 기술된 설계기준사건에 대한 작동설비의 안전기능 및 대응하는 보호동작은 7.3.1.1.10절, “작동계통”에 기술되어 있다.

c) 운전우회를 위한 허용조건

공학적안전설비작동계통의 운전우회 종류(명칭 및 기능), 허용 및 제거조건은 표 7.3-1a, “공학적안전설비작동계통 우회”에 기술되어 있다.

d) 보호동작을 제공하기 위해 감시되고 있는 변수

공학적안전설비작동계통은 설계기준사건시 보호동작을 개시하기 위하여 표 7.3-3에 표시된 공정 변수들을 감시한다. 공학적안전설비작동계통의 발전소 변수 영역은 표 7.3-6에 기술되어 있다. 각 변수에 대한 해석적 제한치는 15장에 기술되어 있다.

e) 보호동작의 수동개시와 제어가 허용될 수 있는 최소한의 기준

1) 수동 제어가 허용되는 시점 및 발전소 상태

사건 발생 후 공학적안전설비작동계통의 작동설정치 이전까지는 원칙적으로 수동 개시가 허용되지 않는다. 각 사고 및 사건에 대한 가정, 초기조건, 사건경위 및 발전소 상태는 15장 사고해석에 기술되어 있다. 공학적안전설비작동계통의 개시 후 수동 제어는 발전소 상태에 따라 수립된 비상운전절차에 따라 수행된다.

2) 수동 개시 또는 개시 후 제어가 필요한 경우에 대한 타당성

공학적안전설비작동계통은 수동으로만 개시가 필요하도록 설계되지 않는다.

3) 수동 운전이 수행되는 정상, 비정상, 사고 상황에서 운전원에게 부과되는 환경조건  
의 범위

수동 운전시의 주제어실 환경 조건은 6.4절 “주제어실 거주성”에 기술되어 있다.

4) 수동 조치를 수행하기 위해 운전원에게 제공되어야 하는 d)항에 해당되는 변수

수동조치를 위해 운전원에게 제공되는 상기 d)항에 해당하는 변수 목록은 표 7.5-1, “안전성관련 발전소 공정표시계측”에 기술되어 있다.

f) 설치위치에 제약을 받는 d)항의 변수들에 대한 감지기의 최소 수량과 위치

공학적안전설비의 감시변수 중 설치위치에 제약을 받는 변수는 존재하지 않는다. d)항의 변수를 감시하기 위해 요구되는 감지기 숫자 및 위치는 표 7.3-4, “공학적안전설비작동계통 감지기”에 기술되어 있다.

g) 계통이 수행하여야 할 정상, 비정상, 사고조건시의 환경과 전원의 과도 및 정상상태 조건의 범위

공학적안전설비작동계통 기기는 3.11절, “기계 및 전기기기의 내환경 검증”에 기술된 환경조건을 만족하기 위하여 IEEE 323-2003에 따라 검증된다. 또한, 계통은 8.3절, “소내전력계통”에 기술된 전기 지원계통의 최악 조건하에서도 본래의 기능을 수행할 수 있어야 한다.

h) 안전계통성능의 기능적 저하 가능성을 갖는 조건

공학적안전설비작동계통의 논리회로는 계통 성능을 저하시킬 수 있는 다음과 같은 사고를 고려하여 설계된다.

- 측정 채널의 전원상실로 인한 계통의 작동
- 계통 내 단일사고로 계통 수준에 적절한 보호조치 작동
- 3.10절에 기술된 내진조건하에서 공학적안전설비작동계통이 본래의 기능을 수행할 수 있음을 입증하기 위하여 KEPIC END-2000(해외구매 품목은 IEEE 344-1987)에 따라 검증된다.
- 3.11절에 기술된 환경조건하에서 공학적안전설비작동계통이 본래의 기능을 수행할 수 있음을 입증하기 위하여 KEPIC END 1100(해외구매 품목은 IEEE 323-2003)에 따라 검증된다.
- 전기적 서지, 전자기파 장애(EMI), 무선 주파수 장애(RFI) 및 정전기방전(ESD) 환경에서 계통 기기들이 적절히 동작하는지를 확인하기 위하여 수립된 시험계획에 따른 전자기파 적합성(EMC) 시험이 수행된다. 운전환경 또는 설계의 고유한 특성을 기준으로 장비에 대한 검증이 실시된다. 전자기파 장애 검증 시험은 RG 1.180, Rev.1, 2003, “Guidelines for Evaluating Electromagnetic and Radio Frequency Interference in Safety-Related Instrumentation and Control Systems”의 요건에 따라 수행된다. 방사성 및 전도성 전자기파 장애를 검증하기 위한 기준준위가 설정된다.

i) 안전계통의 신뢰도가 그 설계에 적절한지를 결정하는데 사용된 방법

공학적안전설비작동계통에 대한 신뢰도는 표 7.2-5 및 표 7.3-13에 기술되어 있다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### j) 설계기준사건 발생 후 공학적안전설비작동계통의 정상 복귀 시점과 적절한 완결을 규정하는 시점

#### 1) 안전계통의 보호동작이 개시되는 시점 및 발전소 상태

공학적안전설비계통이 작동되는 시점(트립설정치)은 표 7.3-5a, “핵증기공급계통 공학적안전설비작동계통 설정치와 작동여유도”에 기술되어 있으며, 보호동작 개시를 유발하는 초기사건 및 빈도는 15.0.1.3절에 기술되어 있다.

#### 2) 안전기능의 적절한 완료를 정의하는 시점 및 발전소 상태

공학적안전설비작동계통의 보호동작 완료는 공학적안전설비 개시조건에 도달하여 신호가 작동되고 요구되는 기능이 제공되는 시점(예, 주증기격리밸브의 경우 밸브가 완전히 닫히는 시점까지를 말하고 안전주입계통의 경우 유량이 노심에 도달하는 시점)까지를 의미한다.

이 때 발전소는 다음과 같은 상태를 유지하는 것을 의미한다.

- 노심의 반응도는 기술지침서에 상응하는 충분한 여유도를 갖고 미임계 상태를 유지하고,
- 제어된 냉각수로 노심 붕괴열을 제거하여 노심과 냉각재계통의 열적 설계 제한치를 초과하지 않으며,
- 상기 조건을 유지하기 위한 필수기와 계통이 설계 범위 내에서 운전되고 있으며,
- 소외선량을 허용기준 내에 유지하기 위한 기기 및 계통이 적절히 운전되고 있는 상태를 의미한다.

#### 3) 보호동작의 자동제어를 요구하는 시점 및 발전소 상태

15장 사고해석의 경우 사건 발생 후 30분 동안은 보호동작의 수동제어를 고려하지 않으며 사고 분석결과에 근거하여 보호계통의 자동 제어 시점(공학적안전설비 작동설정치(표 7.3-5a 참조))이 설정되고 발전소 상태를 j.2)항의 조건으로 유지하기 위해 설정치 도달시 보호계통의 자동동작이 요구된다. 30분 이후에는 발전소 상태에 따른 비상운전절차에 따라 필요한 경우 수동 제어가 가능하다.

#### 4) 안전계통의 정상상태 복귀가 허용되는 시점 및 발전소 상태

발전소가 j.2)항의 조건에서 운전되고 있을 경우 안전계통의 정상상태 복귀가 허용된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### k) 안전계통이 안전기능을 수행하는 것을 방해하는 기기보호설비

안전기능 수행을 방해하는 기기보호설비는 존재하지 않는다.

### l) 안전계통에 적용되어야 하는 기타 설계기준(예, 다양성, 연동, 규제기준)

계통은 공통원인에 의해 예상되는 다중채널의 고장이 제거될 수 있도록 설계된다. 다양성 설계기준은 7.3.1.1.6절, “다양성”에 기술되어 있다.

공학적안전설비작동계통은 한 개의 트립기능에 대하여 한 번에 한 채널씩 우회시키는 연동장치를 포함한다. 연동에 대한 설명은 7.3.1.1.4절, “연동장치”에 기술되어 있다.

공학적안전설비작동계통에 대한 규제기준과의 적합성은 7.1.2절, “안전기준의 구분”에 기술되어 있다.

### 보조설비계통

#### a) 각 사고시의 초기 조건 및 허용 제한치와 함께 발전소의 각 운전 모드에 적용 가능한 설계기준사건

공학적안전설비작동계통의 동작을 요구하는 발전소 상태는 표 7.3-2, “공학적안전설비계통 작동을 요구하는 설계기준사건”에 기술되어 있다.

#### b) 각 설계기준사건에 대한 작동설비의 안전기능 및 대응하는 보호동작

a)항에 기술된 설계기준사건에 대한 작동설비의 안전기능 및 대응하는 보호동작은 7.3.1.1.10절, “작동계통”에 기술되어 있다.

#### c) 운전우회를 위한 허용조건

공학적안전설비작동계통의 운전우회 종류(명칭 및 기능), 허용 및 제거조건은 표 7.3-1b, “1/2 공학적안전설비작동계통 우회”에 기술되어 있다.

#### d) 보호동작을 제공하기 위해 감시되고 있는 변수

공학적안전설비작동계통은 설계기준사건시 보호동작을 개시하기 위하여 표 7.3-3에 표시된 공정 변수들을 감시한다. 공학적안전설비작동계통의 발전소 변수 영역은 표

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

7.3-6에 기술되어 있다.

e) 보호동작의 수동개시와 제어가 허용될 수 있는 최소한의 기준

1) 수동 제어가 허용되는 시점 및 발전소 상태

사건 발생 후 공학적안전설비작동시스템의 작동설정치 이전까지는 원칙적으로 수동 개시가 허용되지 않는다. 공학적안전설비작동시스템의 개시 후 수동 제어는 발전소 상태에 따라 수립된 비상운전절차에 따라 수행된다.

2) 수동 개시 또는 개시 후 제어가 필요한 경우에 대한 타당성

공학적안전설비작동시스템은 수동으로만 개시가 필요하도록 설계되지 않는다.

3) 수동 운전이 수행되는 정상, 비정상, 사고 상황에서 운전원에게 부과되는 환경조건의 범위

수동 운전시의 주제어실 환경 조건은 6.4절 “주제어실 거주성 계통”에 기술되어 있다.

4) 수동 조치를 수행하기 위해 운전원에게 제공되어야 하는 d)항에 해당되는 변수

수동조치를 위해 운전원에게 제공되는 상기 d)항에 해당하는 변수 목록은 표 7.5-2, “공학적안전설비계통 감시”에 기술되어 있다.

f) 설치 위치에 제약을 받는 d)항의 변수들에 대한 감지기의 최소 수량과 위치

공학적안전설비의 감시변수 중 설치 위치에 제약을 받는 변수는 존재하지 않는다. d)항의 변수를 감시하기 위해 요구되는 감지기 숫자 및 위치는 표 7.3-4, “공학적안전설비작동계통 감지기”에 기술되어 있다.

g) 계통이 수행하여야 할 정상, 비정상, 사고조건시의 환경과 전원의 과도 및 정상상태 조건의 범위

공학적안전설비작동시스템 기기는 3.11절, “기계 및 전기기기의 내환경 검증”에 기술된 환경조건을 만족하기 위하여 IEEE 323에 따라 검증된다. 또한, 계통은 8.3절, “소내 전력계통”에 기술된 전기 지원계통의 최악 조건하에서도 본래의 기능을 수행할 수 있어야 한다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### h) 안전계통 성능의 기능적 저하 가능성을 갖는 조건

공학적안전설비작동계통의 논리회로는 계통 성능을 저하시킬 수 있는 다음과 같은 사고를 고려하여 설계된다.

- 측정채널의 전원상실로 인한 계통의 작동
- 계통 내 단일사고로 계통 수준에 적절한 보호조치 작동
- 3.10절에 기술된 내진조건하에서 공학적안전설비작동계통이 본래의 기능을 수행할 수 있음을 입증하기 위하여 KEPIC END-2000(해외구매 품목은 IEEE 344-1987)에 따라 검증된다.
- 3.11절에 기술된 환경조건하에서 공학적안전설비작동계통이 본래의 기능을 수행할 수 있음을 입증하기 위하여 IEEE 323-2003에 따라 검증된다.
- 전기적 서지, 전자기파 장애(EMI), 방사성주파수장애(RFI) 및 정전기방전(ESD) 환경에서 계통 기기들이 적절히 동작하는지를 확인하기 위하여 수립된 시험계획에 따른 전자기파적합성(EMC) 시험이 수행된다. 운전환경 또는 설계의 고유한 특성을 기준으로 장비에 대한 검증이 실시된다. 전자기파장애검증시험은 RG 1.180, Rev.1, 2003, "Guidelines for Evaluating Electromagnetic and Radio Frequency Interference in Safety-Related Instrumentation and Control Systems"의 요건에 따라 수행된다. 방사성 및 전도성 전자기파 장애를 검증하기 위한 기준준위가 설정된다.

### i) 안전계통의 신뢰도가 그 설계에 적절한지를 결정하는데 사용된 방법

공학적안전설비작동계통에 대한 신뢰도는 표 7.3-8, “핵연료취급지역 비상환기작동신호 고장유형 및 영향분석”, 표 7.3-9, “원자로건물폐지격리작동신호 고장유형 및 영향분석” 및 표 7.3-10, “주제어실 비상환기작동신호 고장유형 및 영향분석”에 기술되어 있다.

### j) 설계기준사건 발생 후 공학적안전설비작동계통의 정상 복귀 시점과 적절한 완결을 규정하는 시점

#### 1) 안전계통의 보호동작이 개시되는 시점 및 발전소 상태

공학적안전설비계통이 작동되는 시점(동작설정치)은 표 7.3-5b, “보조설비계통 공학적안전설비작동계통 설정치와 작동여유도”에 기술되어 있다.

#### 2) 안전기능의 적절한 완료를 정의하는 시점 및 발전소 상태

공학적안전설비작동계통의 보호동작 완료는 공학적안전설비 개시조건에 도달하여

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

신호가 작동되고 요구되는 기능이 제공되는 시점까지를 의미한다.

### 3) 보호동작의 자동제어를 요구하는 시점 및 발전소 상태

공학적안전설비계통이 작동되는 시점(동작설정치)은 표 7.3-5b, “보조설비계통 공학적안전설비작동계통 설정치와 작동여유도”에 기술되어 있다.

### 4) 안전계통의 정상상태 복귀가 허용되는 시점 및 발전소 상태

공학적안전설비작동계통의 정상상태 복귀는 감시변수값이 표 7.3-5b, “보조설비계통 공학적안전설비작동계통 설정치와 작동여유도”에 기술되어 있는 동작설정치 이내일 때 허용된다.

### k) 안전계통이 안전기능을 수행하는 것을 방해하는 기기보호설비

안전기능 수행을 방해하는 기기보호설비는 존재하지 않는다.

### l) 안전계통에 적용되어야 하는 기타 설계기준(예, 다양성, 연동, 규제기준)

공학적안전설비작동계통은 공통원인에 의해 예상되는 다중채널의 고장이 제거될 수 있도록 설계된다. 다양성 설계기준은 7.3.1.6절, “다양성”에 기술되어 있다.

공학적안전설비작동계통의 논리회로를 위한 우회 연동신호는 없다.

공학적안전설비작동계통에 대한 규제기준과의 적합성은 7.1.2절, “안전기준의 구분”에 기술되어 있다.

### 7.3.1.3 최종 계통도면

핵증기공급계통의 전형적인 측정채널블록선도, 기능논리 및 전형적인 제어회로가 7.3절의 그림에 나타나 있다.

### 7.3.1.4 공학적안전설비작동계통의 지원계통

공학적안전설비작동계통을 지원하는데 필요한 계통에 대해서는 7.4절에 기술되어 있으며, 해당 계통에 공급되는 전력계통에 대해서는 8.3절에 기술된다.

### 7.3.2 해석

### 7.3.2.1 개요

| 2

공학적안전설비작동계통은 표 7.3-2에 기술된 설계기준사고에 대처하도록 설계된다. 작동되는 공학적안전설비계통은 그 설계기준 및 평가와 함께 6장에 기술되어 있다. 각 공학적안전설비작동 신호를 발생시키는 변수들은 표 7.3-4에 기술되어 있다. 공학적안전설비작동계통은 15장 안전해석에서 다루어진다.

공학적안전설비작동신호를 발생하는 감지기 신호는 표 7.3-3에 열거되어 있다. 설계기준은 7.3.1.2절에 기술되어 있으며, 작동설정치는 표 7.3-5a, 5b에 있다. 대부분의 공학적안전설비작동신호의 설정치는 고정설정치이나 다음의 공학적안전설비작동신호는 이에 속하지 않는다.

가. 가압기 저압력 - 운전원에 의해서 현재의 가압기 압력 설정치를 [ ] 만큼 낮출 수 있다.

나. 증기발생기 저압력 - 운전원에 의해서 현재의 증기발생기 압력 설정치를 [ ] 만큼 낮출 수 있다.

상기 변수에 대한 리셋 절차는 발전소 운전원에 의하여 작성되는 행정적인 절차에 의하여 제어된다.

부가적으로 몇몇 공학적안전설비작동계통은 한 개 이상의 변수에 의해서 작동될 수 있다. 즉, 서로 다른 변수가 동일한 공학적안전설비작동계통신호를 발생시킬 수 있다. 이에 속하는 공학적안전설비작동신호는 다음과 같다.

가. 가압기 저압력 혹은 원자로건물 고압력에 의한 안전주입작동신호

나. 가압기 저압력 혹은 원자로건물 고압력에 대한 안전주입작동신호로 인한 원자로건물격리작동신호

다. 각 증기발생기 고수위, 각 증기발생기의 저압력 혹은 원자로건물 고압력에 의한 주증기격리신호

라. 가압기 저압력, 원자로건물 고압력 혹은 주제어실 외기흡입구 방사능 고준위에 의한 제어실 비상환기 작동신호

각각의 공학적안전설비작동계통 설정치는 공학적안전설비계통의 요건에 해당하는 기능과 일치하도록 설정된다. 공학적안전설비작동계통의 설정치는 설계기준사고시 필요한 공학적안전설비작동계통이 사고를 완화하기 위해 충분한 시간 내에 작동될 수 있도록 설정된

다.

모든 공학적안전설비작동계통의 트립설정치에 대한 타당성은 15장에서 기술된 계통과도 상태에 대한 분석을 통해서 검증된다. 이러한 해석은 해석설정치(가정된 트립개시점)와 각각의 트립기능에 관련된 계통의 시간지연을 이용한다. 해석설정치는 계측기기의 불확실도와 함께 운영기술지침서에 기술된 기기 설정치의 최종 계산의 기초를 제공한다. 트립지연시간에 대한 제한사항은 15장에 기술되어 있다. 이러한 시간지연과 불확실도를 검증할 방법에 대해선 7.2.1.2절에 기술되어 있다.

#### 7.3.2.1.1 설계기준사건

계통의 작동을 요하는 설계기준사건 조건들은 여러 발전소들의 발전소 수명 동안에 한번 정도 발생할 수 있는 예상운전과도사고사건과, 모든 발전소에서 발전소 수명 동안에 결코 발생하지 않을 것으로 기대한 가상사고와 계통성능 저하의 조합된 사고를 말한다. 이러한 사고결과는 공학적안전설비계통에 의해서 제한되며, 공학적안전설비계통은 아래에 기술한 사고의 결과를 완화하는 주요기능을 가지고 있다. 이것은 핵연료 손상 및 이에 따라 방출되는 핵분열 생성물과 다른 관련된 효과들을 최소화하도록 하는 것이다. 다음에 기술되는 사고들은 공학적안전설비작동계통을 작동시킨다.

가. 원자로냉각재계통의 배관파단

나. 증기계통의 배관파단

다. 급수계통의 배관파단

라. 제어봉집합체의 이탈

마. 증기발생기 전열관 파열

바. 정격출력에서 1차측 안전밸브의 부적절한 작동으로 인한 감압

사. 핵연료 취급 사고

공학적안전설비작동계통은 다음과 같은 예상운전과도사고시에 그 결과를 완화하기 위하여 작동한다.

가. 2차계통의 고장으로 인한 과도한 열제거

나. 원자로냉각재계통의 부적절한 감압 및 가압

다. 다음 사항을 포함하여 증기 및 원자로냉각재계통 사이의 정상적인 열교환 능

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

력에 있어서의 변화

- 1) 부적절한 급수
- 2) 외부 부하상실

라. 발전소 보조설비 교류전원 완전 상실

마. 정격 출력에서 2차측 안전밸브의 부적절한 작동으로 인한 감압

### 7.3.2.2 작동기준

공학적안전설비작동계통은 8개의 변수에 근거한 8개의 신호로 구성된다. 각각의 공학적 안전설비 작동신호는 주제어실의 안전제어반 또는 보수시험반에 수동작동 스위치를 갖고 있다. 주증기격리신호는 수동작동 스위치가 원격정지반에 설치된다.

#### 7.3.2.2.1 안전주입작동신호

가. 입력

가압기 압력, 원자로건물 압력 또는 수동스위치. 압력신호는 원자로보호계통과 공유된다.

나. 기능

안전주입작동신호는 봉산수를 원자로냉각재계통에 주입하는데 필요한 기기를 작동시키고 비상냉각을 위한 기기를 작동시킨다. 또한 안전주입작동신호는 원자로건물살수펌프를 작동시킨다. 또한 안전주입작동신호는 두 채널의 전원상실에 의해서도 개시된다.

#### 7.3.2.2.2 원자로건물살수작동신호

가. 입력

원자로건물 압력신호 혹은 수동스위치

나. 기능

원자로건물살수작동신호는 원자로건물 살수계통을 작동시킨다. 또한, 원자로 건물살수작동신호는 두 채널의 전원상실에 의해서 개시한다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 7.3.2.2.3 원자로건물격리작동신호

#### 가. 입력

가압기 압력, 원자로건물 압력 또는 수동스위치

#### 나. 기능

원자로건물격리작동신호는 원자로건물을 관통하는 배관들을 차단한다. 원자로건물격리작동신호는 두 채널의 전원상실에 의하여도 개시된다.

### 7.3.2.2.4 주증기격리신호

#### 가. 입력

각 증기발생기의 압력 및 수위, 원자로건물 압력 또는 수동스위치

#### 나. 기능

주증기격리신호는 각 증기발생기를 차단한다. 주증기격리신호는 두 채널의 전원상실에 의해서도 개시된다.

### 7.3.2.2.5 보조급수작동신호

#### 가. 입력

각 증기발생기의 수위신호 또는 수동스위치

#### 나. 기능

보조급수작동신호는 증기발생기가 저수위시 건전한 증기발생기로 보조급수를 공급한다. 보조급수작동신호는 두 채널의 전원상실에 의해서도 개시된다.

보조급수작동신호 1의 작동회로는 증기발생기 1에 해당하며 보조급수작동신호 2의 작동회로는 증기발생기 2에 해당한다.

### 7.3.2.2.6 핵연료취급지역 비상환기작동신호

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 가. 입력

핵연료취급지역 사용후연료저장조 지역방사선 준위 또는 수동작동스위치에 의해 입력

### 나. 기능

핵연료취급지역 비상환기작동신호는 정상적인 공기조화계통을 격리시키고, 비상환기계통을 작동시킨다.

#### 7.3.2.2.7 원자로건물퍼지격리작동신호

### 가. 입력

원자로건물 운전지역 및 상부운전지역 방사선 준위 또는 수동작동스위치에 의해 입력

### 나. 기능

원자로건물퍼지격리작동신호는 원자로건물퍼지 유로를 차단하고 격리하며 원자로건물퍼지 송풍기의 작동을 중지시킨다.

#### 7.3.2.2.8 주제어실비상환기작동신호

### 가. 입력

주제어실 외기 흡입구 방사선준위, 안전주입작동신호 또는 수동 작동스위치에 의해 입력

### 나. 기능

주제어실비상환기작동신호는 주제어실의 정상적인 환기계통을 격리시키며, 비상환기계통을 작동시켜 주제어실 내부에 정압을 유지시킨다.

#### 7.3.2.3 설계

##### 7.3.2.3.1 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 및 일반설계기준

원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 및 10 CFR 50 부록 A, "General Design Criteria

for Nuclear Power Plants,” 일반설계기준은 경수로형 원자력발전소의 주요한 설계기준에 대한 최소요건을 제시한다. 이 절에서는 공학적안전설비 기기제어계통에 적용할 수 있는 요건에 대하여 기술한다.

규칙 제12조 및 기준 1	-	품질규격과 기록 : 3.1.8절 참조	2
규칙 제13조 및 기준 2	-	자연현상에 대한 방호 관련 설계기준 : 3.1.9절 참조	2
규칙 제14조 및 기준 3	-	화재예방 : 3.1.10절 참조	2
규칙 제15조 및 기준 4	-	환경 및 비산물 설계기준 : 3.1.11절 참조	2
규칙 제20조 및 기준 13	-	계측제어 : 3.1.16 참조, 감시되는 변수는 공학적안전설비 계통에 영향을 미치는 것들임	2
규칙 제23조 및 기준 16	-	원자로건물설계 : 3.1.19절 참조	2
규칙 제26조 및 기준 20	-	보호계통기능 : 3.1.22절 참조	2
규칙 제26조 및 기준 21	-	보호계통 신뢰도 및 시험성 : 3.1.22절 참조	2
규칙 제26조 및 기준 22	-	보호계통 독립성 : 3.1.22절 참조	2
규칙 제26조 및 기준 23	-	보호계통 고장유형 : 3.1.22절 참조	2
규칙 제26조 및 기준 24	-	보호계통과 제어계통 간의 격리 : 3.1.22절 참조	2
규칙 제23조, 29조, 30조, 31조, 41조 및 기준 34, 35, 37, 38, 40, 41, 43, 44 및 46	-	보호계통기능 : 3.19, 25, 26, 27 및 37	2

공학적안전설비작동계통은 KEPIC ENB-1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998)과 KEPIC ENF-3100(해외구매 품목은 IEEE 338-1987)의 요건을 만족하도록 설계된다. 단일고장기준은 모든 공학적안전설비작동계통에 대하여 만족한다. 공학적안전설비작동계통은 발전소운전중에 완전한 시험이 가능하며, 운전중에 시험할 수 없는 기기들은 발전소정지시 시험을 수행한다.

#### 7.3.2.3.2 기기설계기준

보호계통에 대한 설계기준은 7.1.2절에 기술되어 있다. KEPIC ENB-1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998)은 공학적안전설비작동계통의 안전성관련 기능수행과 신뢰도에 대한 최소한의 요건이 제시된다. 이 절에서는 KEPIC ENB-1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998)의 5절, 6절 및 7절의 요건을 어떻게 만족시키는가에 대해서 기술한다. 다음에 사용된 주요 번호는 IEEE 603-1998의 각 절 번호에 해당한다.

공학적안전설비작동계통은 7.3.2.1.1절에서 상술한 설계기준사고의 결과를 완화시켜야 할 필요가 있을 때 적절한 공학적안전설비계통을 작동시키도록 설계된다. 계측기의 성능특성, 응답시간, 정확도 등이 특정한 기능에 적합하도록 선정된다. 작동설정치는 원자로냉각재계통변수, 증기발생기 변수, 원자로건물 압력 방사선 변수에 대한 해석을 통하여 결정된다. 계측기 부정확도, 비교논리 트립지연시간, 밸브작동시간, 펌프기동시간과 같은 요소들은 작동설정치와 안전제한치 사이의 여유도를 설정하는데 고려된다. 그 외에도 교류전원상실에 대한 가능성과 대기전원을 작동시키고 순차적으로 부하를 연결하는데 필요한 시간이 고려된다. 감지기 및 보호계통의 응답시간은 비정상 상태에 대하여 평가된다. 이러한 시간을 산출하는데 있어서 모든 불확실성 요소를 합산하기 때문에 실제의 응답시간은 이보다 빠르다. 그러나 최대응답시간에서도 계통은 보수적으로 보호동작을 한다.

#### “5.1 단일고장 기준”

##### 핵증기공급계통

공학적안전설비작동계통은 계통 내에서 어떠한 단일고장이 발생하여도 계통차원에서 적절한 보호동작을 방해하지 않도록 설계된다. 단일고장으로 인하여 어떠한 하나의 트립기능에 관련된 네 개의 보호채널 중 한 개를 초과하여 동작 불가능하게 되지는 않는다. 공학적안전설비작동계통은 설계기준사고를 발생시키거나 설계기준사고에 의한 허위 계통작동 및 모든 고장시 보호기능을 수행하도록 설계된다.

원자로보호계통의 단일고장의 영향은 7.2.2.3.2절에 기술되어 있다. 발전소보호계통 캐비닛 안에 설치된 공학적안전설비작동계통 부분의 단일고장 영향에 대해서도 이와 유사한 해석을 할 수 있다. 발전소보호계통의 공학적안전설비작동계통 개시신호는 분리된 공학적안전설비 기기제어계통 캐비닛으로 전송된다. 각 캐비닛은 각 채널에 대한 작동논리를 내장하고 있다. 그러므로 한 캐비닛의 고장은 다른 캐비닛의 작동회로 및 작동기에 영향을 주지 않는다.

작동을 위해서는 2/4 작동논리가 요구되므로 개시 혹은 작동 논리의 단일고장은 계통에 영향을 주지 않는다.

작동(혹은 제어)논리의 단일고장들은 최악의 경우에 한 개의 기기와 기기들의 그룹 고장을 일으키거나 혹은 두 개 또는 네 개의 다중 작동계열 중 한 계열 내의 계통작동을 불

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

가능하게 한다. 그러나 보호동작을 수행하는 데는 나머지 다중 계열 기기의 작동만으로도 충분하다.

### 보조설비계통

보조기기 공학적안전설비작동신호는 보호계통 내의 단일고장이 계통수준의 적절한 보호동작에 영향을 주지 않도록 설계된다. 단일고장으로 인하여 어떠한 트립기능과 연관된 두 개의 보호채널 중 한 개를 초과하여 영향을 주지 않도록 한다.

단일고장은 두 개의 보호채널 중 한 개를 초과하여 이상을 동작불능으로 만들지는 않더라도 단일고장은 불필요한 작동을 일으킬 수 있다. 그러나 이러한 불필요한 작동은 보호동작이 요구되는 발전소상태를 유발하지 않으며 정상적인 원자로 운전에도 영향을 주지 않는다.

최악의 단일고장인 경우는 공학적안전설비 기기제어계통 모듈 내의 계전기를 비여자시키는 고장이다. 이 조건은 관련 공학적안전설비 기기인 두 개의 다중계열 중 한 개 계열의 작동을 불가능하게 만든다.

### “5.2 및 7.3 보호동작의 완료”

공학적안전설비작동계통은 보호동작이 일단 개시되면 그 동작을 완료하도록 설계된다. 공학적안전설비작동계통의 작동은 보조급수작동신호를 제외하고 보수시험반에서 공학적안전설비작동계통을 운전원이 수동으로 리셋함으로써 해제시킬 수 있다. 보호동작은 두 입력신호상태가 2/4 논리의 조건을 만족할 때 개시된다. 이 보호동작은 해당된 공학적안전설비작동 기기 모두가 그들의 공학적안전설비 기능에 적절한 동작상태로 되어 있다고 판단될 때 완료된다.

보조급수격리밸브로 가는 사이클링 보조급수작동신호는 작동상태로 고정되지 않으나 보조급수펌프 및 보조급수조절밸브로 가는 랫칭 보조급수작동신호는 작동상태로 고정되며 보수시험반에서 수동으로 리셋되어야 한다. 사이클링 보조급수작동신호는 증기발생기 수위신호에 근거해서 사이클링 하도록 설계된다. 증기발생기 저수위 신호가 제거되면, 사이클링 보조급수작동신호는 해제되고 수위가 다시 설정치 이하로 되면 사이클링 보조급수작동신호가 발생한다.

### “5.3 품질관리”

보호동작기능을 갖는 계통의 기기는 ANSI/ASME NQA-1의 품질보증프로그램에 따라 설계되며, 디지털컴퓨터 관련기기 및 소프트웨어는 KEPIC ENB-6370(해외구매 품목은 IEEE Std. 7-4.3.2)의 5.3절에서 요구하는 품질요건에 따라 설계된다.

계통의 소프트웨어 품질보증은 소프트웨어프로그램매뉴얼(Software Program Manual)에 기술된 요건에 따라 수행된다.

공학적인안전설비 기기제어계통을 포함하여 모든 보호계통 및 안전에 중요한 등급의 소프트웨어(important to safety)는 계통통합시험을 포함하는 독립적인 확인 및 검증 계획에 의하여 확인된다.

#### “5.4 기기검증”

공학적인안전설비작동계통 기기는 3.10절, 3.11절, 7.1.2.32절 및 7.1.4.9절에 기술된 방법에 따라서 검증된다. | 2

#### “5.5 계통 건전성”

발생 가능한 극한환경, 공급전원, 오동작, 설계기준사고 등의 조건하에서 채널이 기능수행 능력을 유지할 수 있다는 것을 보증하기 위해서 기기의 표본시험, 감지기와 채널의 분리, 그리고 케이블의 검증 등이 이용된다. 어느 한 경로의 상실 혹은 손상은 공학적인안전설비 작동계통의 보호동작을 방해하지 못한다. 감지기들은 감지기들이 부착될 계통의 품질과 등급의 재질로서 파이프에 부착된다. 따라서 한 연결점의 파손이나 막힘 같은 거의 발생하지 않을 사고에서도 보호동작이 방해받지 않는다. 원자로건물 내에 위치한 공정감지기들은 요구된 목적을 위해 분류되고 등급화 되어있다. 설계기준사고중 또는 후에 동작하여야 하는 기기들은 예상되는 사고 후 환경상태에서 견딜 수 있는 정격치를 갖추어야 한다. 표본시험의 결과는 이들 정격치들을 검증하는데 이용된다.

요구된 시간 내에 보호조치를 완료하기 위해 계통응답시간시험이 시운전기간 또는 정비기간중에 수행된다. 공학적인안전설비작동계통은 컴퓨터계통의 건전성, 시험 및 교정에 대한 설계요건이 기술된 IEEE 7-4.3.2 또는 KEPIC ENB-6370을 만족한다. 진단기능에 의해 감시되는 하드웨어 및 소프트웨어의 치명적 오류는 경보되거나 작동신호를 발생한다.

#### “5.6 독립성”

공학적인안전설비작동계통에 대한 감지기의 위치와 감지선로의 공정루프에 연결되는 지점은 계통 내에서 채널이 물리적으로 분리되도록 선정되어 있으며 이로 인하여 단일사고가 보호동작을 제거하거나 못하게 하는 상황을 배제할 수 있다. 보호계통의 전송기들로부터 오는 전선은 서로 격리되고 또 전원케이블과 격리되어 공통원인고장의 가능성을 최소화한다. 이것은 원자로건물 관통지역의 격리를 포함한다.

발전소보호계통 캐비닛에 개시회로가 위치하고 있으며 작동기기는 공학적인안전설비 기기

제어계통 캐비닛으로부터 신호를 받는다. 이러한 캐비닛들을 물리적으로 분산시키고 전기적으로 격리함으로써 공통원인고장의 가능성을 최소화할 수 있다.

이들 다중채널들로부터 오는 출력은 각각이 서로 격리되어 있으므로 한 채널의 상실이 계통의 상실을 초래하지 않는다. 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N으로 전송되는 공학적안전설비 기기제어계통 신호는 광섬유 케이블을 사용하여 격리된다.

채널의 격리 및 물리적 독립성을 위한 설계기준은 설계기준사고 결과와 전원공급시의 과도현상으로 인한 영향을 차단하고, 시험중이거나 채널의 오동작 사고시 채널의 상호작용의 가능성을 감소시킬 수 있도록 한다.

1E급과 연계케이블(associated cabling) 및 감지기선로의 경로는 규제지침서 1.75 및 1.151의 요건을 만족한다. 이들은 공통원인고장 가능성을 최소화하도록 정렬된다. 이는 각 안전채널에 대한 선로가 격리되도록 요구하고, 다른 안전기능을 하는 선로는 함께 포설될 수 있다. 저전원 신호는 일반적으로 모든 전원선과 격리하여 포설된다.

다중 계측기 및 계기 감지라인은 45 cm(18 in)이상의 이격 거리를 가진다. 요구되는 간격의 유지가 현실적으로 불가능한 경우에는 격리벽이 대신 사용될 수 있다. 격리벽 사용시 계측기 및 계기 감지라인과 격리벽 사이의 이격 거리는 최소 2.54 cm(1 in)로 하여 물리적으로 이격 시킨다. 안전성관련 선로의 격리는 격리된 케이블트레이에 포설되도록 요구한다. 다중 채널로부터의 연계회로 배선은 1E급 배선과 동일한 방법으로 취급된다.

안전성관련 회로의 다중 채널 관련 선로는 단일고장이 다중 채널고장 및 채널 간의 간섭을 일으키지 않도록 설치된다.

1E급과 연계회로 및 케이블에 인접하여 설치된 비1E급 회로 및 케이블은 해석이나 시험을 통하여 고장이 1E급 회로에 영향을 미치지 않는다는 것을 입증하지 않는 한 연계회로로 처리된다.

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 대한 단일채널고장의 영향이 평가되고 표 7.2-5 및 표 7.3-13의 고장유형 및 영향분석에서 정의되어야 한다.

단일채널고장이 방사선감시계통과 공학적안전설비 기기제어계통에 끼치는 영향을 평가하여 표 7.3-8~10 및 표 7.3-13의 고장유형 및 영향분석에 정의하였다.

공학적안전설비 기기제어계통은 전기적 및 기능적 독립성이 유지되어야 한다.

KEPIC ENB-1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998) 및 IEEE 7-4.3.2의 독립성 요건을 충족하도록 소프트웨어와 정보처리계통 평면표시기 간에 전기적 격리와 통신격리가 유지되게 한다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

통신설비 고장 및 그 결과가 평가되고 표 7.2-5 및 표 7.3-13의 고장유형 및 영향분석에서 정의되어야 한다.

오류는 표 7.2-5 및 표 7.3-13의 고장유형 및 영향분석에서 정의되어야 한다.

공학적안전설비 기기제어계통 채널 간의 통신 오류로 인해 다중 채널에 영향을 주지 않도록 데이터통신은 다음과 같이 제한된다.

가. 1E급 채널에서 비1E급 채널로의 데이터통신은 제한 없이 이루어진다.

나. 비 1E급 채널에서 1E급 채널로의 제어기능 수행에 영향을 주는 데이터 전송은 가능하지 않다. 이러한 기능은 1E급 채널 내에서 1E급으로 구현된다. 비 1E급 채널에서 1E급 채널로 제어기능 수행에 영향을 주는 데이터 전송 요건은 존재하지 않는다.

다. 소프트웨어기의 인간-기계 연계로 인한 중대한 고장이 공학적안전설비 기기제어계통의 필수안전기능 수행에 영향을 주지 않도록 구성한다. 소프트웨어기 인간-기계 연계의 고장과 해당 결과는 표 7.3-13 고장유형 및 영향분석에서 정의되고 분석된다.

공학적안전설비 기기제어계통의 공통원인고장과 심층방어요건 만족을 위해, 독립성과 다양성을 갖춘 다양성보호계통의 보조급수기능이 제공된다.

### “5.7 및 6.5 시험 및 교정능력”

감지기 점검은 7.3.1.1.8.1절에 기술되어 있다.

공학적안전설비작동계통은 7.3.2.3.3절에서 기술된 것처럼 KEPIC ENF-3100(해외구매 품목은 IEEE 338-1987)에 일치하도록 설계된다.

### “5.8 정보표시”

운전원이 모든 작동계통의 입력, 출력사항과 연산내용을 감시할 수 있는 수단이 제공된다. 지속적인 화면 제공을 위한 구체적인 표시사항은 7.5절에 기술된다. 공학적안전설비 작동계통에 대한 정보는 주제어실에 설치된다.

#### “5.8.1 수동제어기능을 위한 지시”

수동제어조치를 위하여 사용되는 다른 안전계통에 대한 표시계측설비는 7.5절에 제공된다.

#### “5.8.2 계통상태 지시”

채널트립상태를 포함한 모든 계통의 상태는 지시등 및 표시장치에 의해 제공된다.

#### “5.8.3 우회지시”

발전소보호계통의 우회상태는 운전원모듈에서 확인할 수 있다. 고정설정치를 자동으로 제거하는 운전우회 상태시 경보가 발생하고 상태 지시등이 켜진다. 운전우회는 청각 및 시각 경보가 제공된다.

#### “5.8.4 위치”

운전원이 발전소 상태를 감시하거나 수동조작을 위해 필요한 정보표시의 종류 및 위치는 7.5절에서 설명된다.

#### “5.9 접근통제”

##### 핵증기공급계통

트립채널우회는 행정적으로 관리된다. 첫 번째 변수가 우회되었을 때 어느 채널이 우회되었는지를 나타낼 수 있도록 청각경보 및 시각경보를 제공한다. 우회되는 변수 혹은 특정 변수는 발전소보호계통 캐비닛 및 주제어실에 표시된다.

| 2

운전우회 역시 청각 및 시각경보 장치가 있다. 운전우회는 운전우회가 작동될 수 있는 허용단계와 운전우회가 자동으로 제거되는 두 단계의 자동설비를 갖추고 있다.

설정치 조정 및 교정 그리고 시험단자를 위해 계측기로 접근하는 것은 행정적인 통제를 받는다.

주제어실 및 원격정지실의 공학적안전설비 수동 작동스위치는 행정절차에 따라 운전원에 의해서 통제된다.

| 2

##### 보조설비계통

트립채널우회는 행정적으로 관리한다. 우회되었을 때 어느 채널이 우회되었는지를 나타낼 수 있도록 청각경보 및 시각경보를 제공한다. 우회되는 변수와 채널은 공학적안전설비 기기제어계통 캐비닛 및 주제어실에 표시된다.

| 2

주제어실의 제어스위치는 행정절차에 따라 운전원에 의해서 통제된다.

보조설비계통의 방사선감시설비 설정치 조정 및 교정 그리고 시험단자를 위해 계측기로 접근하는 것은 운전원에 의해서 통제된다.

2

#### “5.10 정비”

고장난 채널은 계통상태 지시등을 확인하거나 혹은 7.3.1.1.8절에서 기술한 것처럼 시험에 의해서 구별된다. 기기(감지기 그리고/또는 비교논리트리프채널)의 교체 및 보수는 영향을 받는 해당 채널을 우회시키고 수행한다. 이러한 경우 영향을 받은 기능은 2/3 동시논리

Intentionally  
Blank

가 되어 작동을 위한 두 채널 동시 조건은 여전히 유지된다. 공학적안전설비작동계통의 1/2 논리인 경우에는 영향을 받은 트립기능은 단일 능동채널트립논리로 동작한다.

#### “5.11 식별”

패널, 모듈, 전선을 포함한 작동계통과 관련 있는 모든 기기는 식별이 용이하도록 표시된다. 내부 배선은 8.3.1.3절에서 기술한 것처럼 색으로 구별한다.

공학적안전설비작동계통에 대한 KEPIC ENB-2000(해외구매 품목은 IEEE 384-1992)과 규제지침서 1.75, “전기계통의 물리적 독립성” 요건에 관해서는 7.1.2.9절에 기술되어 있다.

#### “5.12 보조설비”

보조특성(우회, 시험 및 교정 기능)은 보호기능을 수행하는 계통기능을 저해하지 않음을 확신할 수 있도록 요구하는 KEPIC ENB-1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998)의 설계 기준을 만족하도록 설계된다.

#### “5.14 인적 고려사항”

공학적안전설비작동계통은 다양한 운전모드에서 운전원과 보수요원에게 할당된 기능이 성공적으로 수행될 수 있도록 설계된다. 인적 고려사항에 대한 상세한 내용은 18장에 기술된다.

#### “5.15 신뢰도”

안전기능을 수행하는 계통 구성에 대한 신뢰도는 표 7.2-5, 표 7.3-8, 표 7.3-9, 표 7.3-10, 표 7.3-11 및 표 7.3-13에 보여진 것처럼 고장유형 및 영향분석에서 설명된다. 소프트웨어 신뢰도는 소프트웨어프로그램매뉴얼의 수행에 의해 보증된다.

#### “5.16 공통원인 고장기준”

공학적안전설비 기기제어계통의 공통원인고장에 대비한 보호기능의 유지를 위해 다양성 수동 공학적안전설비 작동스위치에 의한 수동 공학적안전설비 작동수단이 마련되며, 다양성보호계통을 이용하여 필요한 공학적안전설비 작동 기능을 제공한다. 다양성계측제어계통에 관하여는 7.8절에서 상세히 기술한다.

#### “6.1 자동제어”

공학적안전설비작동계통 설계는 요구되는 보호조치를 개시하기 위하여 그림 7.2-12 및 7.3-2에서 보여지는 것처럼 각 채널에 자동제어(비교 논리, 동시논리 및 회로)를 포함한

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

다. 자동개시 동안에는 운전원의 어떠한 조치도 요구되지 않는다. 공학적안전설비계통은 공학적안전설비 기기제어계통을 경유한 공학적안전설비작동신호에 의해 자동으로 작동된다.

### “6.2 수동제어”

모든 공학적안전설비 작동은 운전원이 절차서에 따라 주제어실에서 수동으로 개시할 수 있다. 수동조작에 대한 상세한 내용은 7.3.1.1.2.1절에서 설명된다.

어떠한 단일고장도 계통 수준의 수동작동을 방해하지 않는다.

사건 발생 후 보호계통의 작동설정치 이전까지는 원칙적으로 수동 제어가 허용되지 않는다. 단, 보호계통의 개시 후 사고 완화를 위하여 수동제어가 필요한 경우 수동제어는 발전소 상태에 따라 수립된 비상운전절차에 따라 수행된다.

공학적안전설비작동계통에 의해 자동으로 취해진 보호조치가 완료된 후에 안전조건을 유지하는데 필요한 수동조치를 수행하기 위해 1E급 제어수단이 제공되며 수동조치 구현에 대한 상세한 설명은 7.4절에서 제공된다.

### “6.3 감지 및 명령설비와 다른 계통과의 상호작용”

제어채널과 보호채널은 공유되지 않으므로 적절한 보호조치를 방해하는 제어계통과 보호계통의 상호작용을 일으키는 단일고장사고는 존재하지 않는다.

공학적안전설비작동계통으로부터 정보처리계통으로 보내지는 신호들은 격리되어 있어서 이들에 대한 고장이 공학적안전설비작동계통의 보호동작에 영향을 주지 않는다.

우발성 단일고장기준은 적용되지 않는다.

### “6.4 계통 신호입력의 유도”

#### 핵증기공급계통

가능한 입력들은 원하는 변수의 직접 측정된 신호들로부터 구해진다. 직접적인 측정변수는 가압기, 원자로건물, 증기발생기 압력들을 포함한다. 증기발생기 수위는 차압신호로부터 입력된다.

#### 보조설비계통

가능한 한 보조설비계통을 위한 입력들은 원하는 변수의 직접 측정된 신호로부터 구해진다.

#### “6.5 시험 및 교정 능력”

시험 및 교정 능력은 5.7을 참조.

#### “6.6 및 7.4 운전중 우회”

##### 핵증기공급계통

표 7.3-1a에서 기술한 것처럼 운전우회기능이 제공된다. 운전우회는 허용조건이 만족하지 않을 때는 자동적으로 제거된다. 이 우회기능을 제거시키는 회로 및 기기는 KEPIC ENB-1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998)의 요건에 일치하도록 설계된다.

##### 보조설비계통

공학적안전설비작동계통의 1/2 논리에는 운전우회기능이 존재하지 않는다.

#### “6.7 및 7.5 보수중 우회”

##### 핵증기공급계통

보수를 위한 우회기능이 제공되며, 보수우회 동안 공학적안전설비 기기제어계통의 보호기능은 유지된다.

##### 보조설비계통

표 7.3-1b에서 기술한 것처럼 보수우회기능이 제공된다.

| 1

#### “6.8 설정치”

##### 핵증기공급계통

공학적안전설비작동계통의 설정치는 7.1.2.26절(규제지침서 1.105)에 따라 결정된다. 운전제한치와 설정치 간에는 충분한 여유가 있으므로 부적합한 계통작동의 가능성이 낮다. 안전제한치와 설정치 간에는 충분한 여유가 있으므로 안전제한치를 초과하기 전에 보호조치가 개시된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

가압기 저압력과 증기발생기 저압력에 대한 설정치의 수동감소는 7.2.1.1.1.6절과 7.2.1.1.1.8절에 기술된 것처럼 압력의 통제된 감소를 위해 사용된다. 설정치 감소는 주 제어실에서 각 채널별로 누름버튼에 의해서 개시되며 한 채널 내에는 가압기 압력을 위한 한 개의 누름버튼과 양쪽 증기발생기 압력을 위한 한 개의 누름버튼이 있다. 누름버튼을 조작하여 작동압력 설정치를 현재의 계통압력 이하로 미리 정해진 양만큼 감소시킨다. 가압기와 증기발생기의 압력이 증가할 때, 작동 설정치는 설정치가 가압기와 증기발생기의 정상작동 설정치에 도달할 때까지 정해진 증분을 유지하면서 압력에 따라 자동적으로 증가한다.

### 보조설비계통

공학적안전설비작동계통의 설정치는 7.1.2.26절에 따라 결정된다. 운전제한치와 설정치 간에는 충분한 여유가 있으므로 부적합한 계통 동작의 가능성이 낮다. 안전제한치와 설정치 간에는 충분한 여유가 있으므로 안전제한치를 초과하기 전에 보호조치가 개시된다.

#### “7.1 자동제어”

공학적안전설비계통은 공학적안전설비 기기제어계통에 의해 발생한 공학적안전설비작동 신호에 의해 자동으로 동작된다.

#### “7.2 수동제어”

공학적안전설비계통은 주제어실 및 원격정지반에 위치한 원격수동스위치에 의해 발생한 공학적안전설비작동신호 및 기기제어신호에 의해 동작된다.

### 7.3.2.3.3 시험기준

KEPIC ENF-3100(해외구매 품목은 IEEE 338-1987) 및 규제지침서 1.22의 요건에 대한 공학적안전설비작동계통의 적합성은 7.1.2.15절에서 기술된다. 시험주기 및 근거는 운영 기술지침서에 기술된다.

공학적안전설비작동계통은 계통의 운전성을 확인하기 위하여 자동 또는 수동으로 주기적으로 계속해서 시험되어야 한다. 전 채널이 계통 작동을 유발하지 않고 계통의 운전성과 유용성에 영향을 미치지 않고 시험된다. 전체 계통기능을 확신하기 위하여 중첩시험이 제공된다. 시험 방법이 7.3.1.1.8절에서 상세하게 기술된다.

7.3.1.1.8절에 기술된 공학적안전설비계통의 시험에 대한 부분은 만일 실제 작동설정치에 도달하면 계통이 작동되도록 한다. 동시논리를 시험하는 동안의 차이는 단지 한 채널이 작동되고 시험을 위하여 우회될 수 있다는 것이다. 만일 실제 입력신호가 시험 동안 전

송되면 나머지 채널로 전송되어 작동을 일으킨다.

이러한 내용은 7.3.1.1.8절에 설명되며 위에서 기술된 공학적안전설비작동계통의 시험은 계통 건전성 및 유용성에 영향을 미치지 않는다. 발전소보호계통의 어떤 한 채널이 시험 중일 때 나머지 세 채널이 공학적안전설비 기기제어계통을 통하여 계속적으로 동시논리를 제공한다.

응답시간은 발전소 기동시험시 측정에 의하여 확인된다. 감지기의 응답시간은 공장 또는 실험실 인수시험 동안에 측정되어 발전소 운전원이 시험시 사용할 수 있도록 제공된다.

#### 7.3.2.4 고장유형 및 영향분석

공학적안전설비작동계통에 대한 고장유형 및 영향분석은 표 7.2-5, 표 7.3-8~11 및 표 7.3-13에 기술되며, 이는 컴퓨터의 모든 가능한 출력(예, 통신고장 등)을 포함한다.

| 2

모든 컴퓨터에 대한 하드웨어 연계에서 고장유형 및 영향분석은 컴퓨터 출력에 미치는 가장 취약한 영향을 고려한 모든 경우를 포함한다. 이진 출력의 경우 열림 및 닫힘의 상태가 설명된다. 디지털화된 데이터의 경우 데이터 전송, 데이터 수신에 대한 실패 및 잘못된 데이터 통신에 대하여 분석된다.

공학적안전설비 기기제어계통의 경우, 루프제어기 출력모듈과 데이터 통신의 상실은 고장시 안전한 방향으로의 출력상태를 유지한다. 고장시 안전한 방향은 특정 기기(즉, 솔레노이드 밸브 고장시 열림 또는 닫힘, 모터구동밸브 고장상태유지 등)를 작동시키는 최종 작동기기의 전기적 고장유형에 상응하는 상태로 정의된다. 루프제어기 입력모듈과의 데이터 통신의 상실 또는 데이터링크 입력의 상실은 마지막으로 입력된 유효 데이터로 제어계통을 계속 운전할 수 있다. 이에 대한 예외사항으로 발전소보호계통으로부터 오는 공학적안전설비작동신호 입력과 기기 보호를 위한 신호 입력이다. 모든 데이터통신 고장에 대해서는 정보가 제공된다.

#### 7.3.2.5 설정치 설정 방법

##### 핵심기공급계통

##### 7.2.2.5절 참조

##### 보조설비계통

안전성관련 보조기기계통 계측기의 설정치는 규제지침서 1.105와 KEPIC ENB-6350(해외 구매 품목은 ISA S67.04)에 따라 설정된다.

### 7.3.2.6 공학적안전설비 밸브운전성

공학적안전설비계통의 밸브는 NUREG-0737 II.K.1.5절에서 요구하는 사고시 운전의 적절성을 유지하도록 설계 및 시험된다. 이러한 방안은 몇 가지 방법으로 구현된다.

- 가. 공학적안전설비계통의 밸브는 공학적안전설비의 작동 후 자동으로 연동되어 요구되는 운전절차를 제공한다.
- 나. 구동기운전 밸브들은 필요한 지점의 제어 및 연동신호를 통해 출력운전중 밸브들의 의도하지 않는 오정렬이 발생되지 않도록 제어된다. 또한, 정보처리계통에는 사고 후 밸브정렬의 적절성을 확인할 수 있는 성공경로 감시화면이 구현된다(7.7절 및 18장 참고).
- 다. 안전주입 유체경로 상에서 운전이 요구되지 않는 모든 수동밸브들은 사고 후에는 고정된다. 해당 밸브들은 절차운전을 통해 적정위치에 고정된다.
- 라. 7.3.1.1.8절에 따라 주기적으로 펌프나 밸브그룹에 대해 안전주입계통의 작동기들이 적절하게 운전되는지 확인하기 위한 시험과 검사가 수행된다.

### 7.3.2.7 피동수소재결합기계통

피동수소재결합기계통은 냉각재상실사고로 인해 원자로건물 내의 수소농도가 연소한계치에 이르는 것을 방지한다. 피동수소재결합기계통은 연소최소한계 이하의 수소농도에서 자동으로 작동되게 설계된 공학적안전설비이다. 피동수소재결합기는 자체적으로 작동되기 때문에 제어 및 계측장치가 필요하지 않으며, 따라서 피동축매형 수소재결합기를 작동하기 위한 운전원 조치가 요구되지 않는다.

### 7.3.2.8 예상되는 고장에 대한 해석

#### 7.3.2.8.1 계기용 공기 상실

안전계통은 그 기능을 수행함에 있어 계기용 공기에 의존하지 않는다. 또한 공기식 장치들은 공급공기 상실시 안전위치로 가도록 설계되고 있어 계기용 공기상실이 안전계통 기능수행에 영향을 미치지 않는다.

#### 7.3.2.8.2 냉각수계통 상실

필수장비냉각수계통은 2개의 독립된 다중 펌프로 구성되며, 이들 다중 펌프는 공학적안전설비 기기제어계통으로 제어한다. 따라서, 한 개의 단일루프에서 냉각수가 상실되더라도 안전계통 기능수행에 영향을 미치지 않는다.

### 7.3.3 참고문헌

1. 10 CFR 50, 부록 A, "General Design Criteria Nuclear Power Plant."
2. Letter from the USNRC to GE Nuclear Energy, Subject : Staff Position on Minimum Inventory of Fixed Position Controls, Display and Alarms for the Advanced Boiling Water Reactor(ABWR) Docket No. 52-001, dated May 13, 1993.
3. SECY-93-087, "Policy, Technical, and Licensing Issues Preparing to Evolutionary and ALWR Designs."
4. IEEE Std 323-2003, "Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations."
5. IEEE Std 338-1987, "Standard Criteria for the Periodic Surveillance Testing of Nuclear Power Generation Station Safety Systems."
6. IEEE Std 344-1987, "Recommended Practice for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations." | 2
7. IEEE Std 379-2000, "Standard Application of the Single-Failure Criterion to Nuclear Power Generating Station Safety 1E System."
8. IEEE Std 384-1992, "Standard Criteria for Independence of Class 1E Equipment and Circuits."
9. IEEE Std 603-1998, "Standard Criteria for Safety Systems for Nuclear Power Generating Stations."
10. IEEE Std 7-4.3.2-2003, "Standard Criteria for Digital Computers in Safety Systems of Nuclear Power Generating Stations."
11. R.G 1.53-2003, "Application of the Single-Failure Criterion to Nuclear Power Plant Protection Systems."
12. R.G 1.75-2005, "Physical Independence of Electrical System."
13. R.G 1.89-1984, "Environmental Qualification of Certain electrical Equipment Important to Safety for Nuclear Power Plants."

14. R.G 1.100-1988, "Seismic Qualification of Electric and Mechanical Equipment for Nuclear Power Plants."
15. R.G 1.118-1995, "Periodic Testing of Electrical Power and Protection System."
16. 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제13조

| 1

신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 7.3-1a

공학적인안전설비작동계통 우회

제 목	기 능	개 시	해 제	비 고
트립채널 우회	해당트립채널을 불가능하게 함.	통제받는 수동 스 위치에 의해 수동 개시	동일한 스위치	어떤 종류의 트립 에 대해서도 한번 에 한 채널만 우 회되도록 허용하 는 연동장치가 있 음
가압기 압력 우회	안전주입작동/ 원자로건물격리 작동계통 <sup>1)</sup> 의 가 압기저압력 신호 에 의한 트립기능 을 불가능하게 함	<div> </div> <div> </div> <div> </div> <div> </div> <div> </div>	<div> </div> <div> </div> <div> </div> <div> </div> <div> </div>	

1) 원자로건물 고압력에 의한 안전주입작동계통/원자로건물격리작동계통 작동은 영향받지 않는다.

신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 7.3-1b

1/2 공학적안전설비작동계통 우회

제 목	기 능	개 시	해 제
트립채널 우회 <sup>1)</sup>	해당트립채널을 불가능 하게 함.	통제받는 수동 스위치 에 의해 수동개시	동일한 스위치

---

1) 한 번에 한 채널만 우회하도록 제한한다.

표 7.3-2

공학적안전설비계통 작동을 요구하는 설계기준사고

사 고	원자로 건물 격리	원자로 건물 살수	주증기 격리	안전 주입	보조 급수	주제어실 비상환기	핵연료 취급지역 비상환기	원자로 건물 퍼지격리	2
대형내각재 상실사고	O	O		O		O		O	2
소형냉각재 상실사고 <sup>1)</sup>	O	O		O	O	O		O	2
증기배관파손 (원자로건물 내부)	O	O	O	O	O	O		O	
증기배관파손 (원자로건물 외부)			O	O	O	O			
급수배관파손	O	O	O		O			O	2
증기발생기 전열관 파열	O		O	O	O	O			
핵연료취급사고 (원자로건물 내부)								O	
핵연료취급사고 (보조건물 내부)							O		2

1) 제어봉이탈사고 및 가압기안전밸브 개방 포함

# 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 7.3-3

공학적안전설비작동계통 보호신호를 요구하는 감시변수

	원자로 건물 격리작동 신호 (CIAS)	원자로 건물 살수작동 신호 (CSAS)	주증기 격리 신호 (MSIS)	안전주입 작동신호 (SIAS)	보조급수 작동신호 (AFAS)	제어실 비상환기작 동신호 (CREVAS)	핵연료 취급지역 비상환기 작동신호 (FHEVAS)	원자로 건물 퍼지격리 작동신호 (CPIAS)
가압기 압력	저			저		저		
원자로건물 압력	고	고-고	고	고		고		
증기발생기 압력			저					
증기발생기 수위			고		저			
원자로건물 지역 방사능 준위								고
핵연료 취급지역 방사능준위							고	
주제어실 외기흡입구 방사능 준위						고		

신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 7.3-4

공학적인안전설비작동계통 감지기

감시 변수	감지기 종류	감지기 수량	위치
가압기 압력	압력 전송기(광역)	4 <sup>1)</sup>	가압기
원자로건물 압력(고-고)	압력 전송기(광역)	4	원자로건물 외부
원자로건물 압력(고)	압력 전송기(협역)	4 <sup>1)</sup>	원자로건물 외부
증기발생기 압력	압력 전송기	4/증기발생기 <sup>1)</sup>	증기발생기
증기발생기 수위	차압 전송기 (광, 협역)	8/증기발생기 <sup>1)</sup>	증기발생기
원자로건물 상부운전지역	이온전리함	2	원자로건물 내부
방사능 준위			
원자로건물 운전지역	이온전리함	2	원자로건물 내부
방사능 준위			
사용후연료저장조지역	이온전리함	2	핵연료 취급지역
방사능 준위			
주제어실 외기 흡입구 방사능 준위	베타-섬광	4	주제어실외기흡입구

1) 원자로보호계통과 공유함

표 7.3-5a

핵증기공급계통 공학적안전설비작동계통 설정치와 작동여유도

작동신호	공칭전출력	정상운전범위	공칭작동설정치	공칭작동여유도
안전주입작동신호 및 원자로건물격리작동신호				
가압기 저압력	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>
원자로건물 고압력	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>
원자로건물살수작동신호				
원자로건물 고-고압력	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>
주증기격리신호				
증기발생기 저압력	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>
원자로건물 고압력	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>
증기발생기 고수위	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>
보조급수작동신호				
증기발생기 저수위	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>

1) 설정치는 압력이 감소할 때는 수동으로 감소시킬 수 있으며, 압력이 증가시는 자동으로 증가시킴.

표 7.3-5b

보조설비계통 공학적안전설비작동계통 설정치와 작동여유도

동작신호	정상범위	정상운전 제한치	동작설정치	동작여유도
원자로건물폐지격리작 동신호				
원자로건물 상부운전 지역 방사선량률	1 mSv/hr	14 mSv/hr	28 mSv/hr	14 mSv/hr
원자로건물 운전지역 방사선량률 (정상운전시)	0.02 mSv/hr	0.5 mSv/hr	2.5 mSv/hr	2.0 mSv/hr
원자로건물 운전지역 방사선량률 (핵연료 취급시)	0.02 mSv/hr	0.025 mSv/hr	0.125 mSv/hr	0.1 mSv/hr
핵연료취급지역 비상환기작동신호				
사용후연료저장조지역 방사선량률	0.02 mSv/hr	0.025 mSv/hr	0.125 mSv/hr	0.1 mSv/hr
제어실 비상환기 작동신호				
주제어실 외기흡입구 방사선량률	Negligible	0.0536 Bq/cc	0.0536 Bq/cc	0.482 Bq/cc

2

2

2

표 7.3-6

공학적안전설비작동계통 발전소 변수 영역

감시변수	최소	공칭 전출력	최대
가압기 압력 (광역)	0 kg/cm <sup>2</sup> A (0 psia)	158.2 kg/cm <sup>2</sup> A (2,250 psia)	210.9 kg/cm <sup>2</sup> A (3,000 psia)
원자로건물 압력 (광역)	-400 cmH <sub>2</sub> O (-5.7 psig)	0 cmH <sub>2</sub> O (0 psig)	5,600 cmH <sub>2</sub> O (79.5 psig)
원자로건물 압력 (협역)	-300 cmH <sub>2</sub> O (-4.3 psig)	0 cmH <sub>2</sub> O (0 psig)	1,200 cmH <sub>2</sub> O (17.0 psig)
증기발생기 압력	0 kg/cm <sup>2</sup> A (0 psia)	70.3 kg/cm <sup>2</sup> A (1,000 psia)	105.0 kg/cm <sup>2</sup> A (1,494 psia)
증기발생기 수위 (광역)	0 %	77 %	100 %
증기발생기 수위 (협역)	0 %	50 %	100 %
원자로건물 상부 운전지역 방사선준위	10 mSv/hr		10 <sup>8</sup> mSv/hr
원자로건물 운전지역 방사선준위	10 <sup>-3</sup> mSv/hr		10 <sup>2</sup> mSv/hr
사용후연료저장조지역 방사선준위	10 <sup>-3</sup> mSv/hr		10 <sup>2</sup> mSv/hr
주제어실 외기흡입구 방사선준위	3.7×10 <sup>-3</sup> Bq/cc		3.7×10 <sup>3</sup> Bq/cc

| 2

| 2

| 2

표 7.3-7 (3 중 1)

공학적인안전설비 응답시간

작동신호 및 기능	총 응답시간(초) <sup>1)</sup>
1. 수동	
가. 안전주입작동신호	
- 안전주입	해당없음
- 원자로건물 격리	해당없음
- 원자로건물 퍼지밸브	해당없음
나. 원자로건물살수작동신호	
- 원자로건물 살수	해당없음
다. 원자로건물격리작동신호	
- 원자로건물 격리	해당없음
라. 주증기격리신호	
- 주증기 격리	해당없음
마. 보조급수작동신호	
- 보조급수 펌프	해당없음
바. 주제어실 비상환기작동신호	해당없음
사. 핵연료취급지역 비상환기작동신호	해당없음
아. 원자로건물 퍼지격리신호	해당없음
2. 가압기 저압력	
가. 안전주입	40
나. 원자로건물 격리	
1) 원자로건물격리신호 작동 소형퍼지밸브	5
2) 기타 원자로건물격리신호 작동밸브	83.5 <sup>2)</sup> /62 <sup>3)</sup>

표 7.3-7 (3 중 2)

작동신호 및 기능	총 응답시간(초) <sup>1)</sup>
3. 원자로건물 고압력	
가. 안전주입	40
나. 원자로건물 격리	
1) 원자로건물격리신호 작동 소형퍼지밸브	5
2) 기타 원자로건물격리신호 작동밸브	83.5 <sup>2)</sup> /62 <sup>3)</sup>
다. 증기격리	
1) 증기격리신호 작동 증기격리밸브	6.5
2) 증기격리신호 작동 주급수격리밸브	11.5
4. 원자로건물 고-고압력	
가. 원자로건물 살수 펌프	50 <sup>4), 6)</sup> /28.5 <sup>5), 6)</sup>
나. 원자로건물 살수작동신호시 원자로건물격리밸브 잠김	73.5 <sup>2)</sup> /52 <sup>3)</sup>
5. 증기발생기 저압력	
가. 증기격리	
1) 증기격리신호 작동 증기격리밸브	6.5
2) 증기격리신호 작동 주급수격리밸브	11.5
6. 증기발생기 저수위	
가. 보조급수펌프(전동기 구동)	61.45 <sup>4)</sup>
나. 보조급수펌프(터빈 구동)	61.45
7. 증기발생기 고수위	
가. 증기격리	
1) 증기격리신호 작동 증기격리밸브	6.5
2) 증기격리신호 작동 주급수격리밸브	11.5
8. 주 제어실 비상환기신호(CREVAS)	
가. 주 제어실 외기흡입구 고방사능	
1) CREVAS 작동 격리댐퍼	8.4 <sup>7), 8)</sup>
2) 비상보충 공기정화기 팬	5 <sup>7), 8), 9)</sup>
나. 안전주입작동신호(가압기 저압력, 원자로건물 고압력)	
1) CREVAS 작동 격리댐퍼	6.52 <sup>7)</sup>
2) 비상보충 정화기 팬	1.56 <sup>7), 9)</sup>

2

2

2

2

2

표 7.3-7 (3 중 3)

작동신호 및 기능	총 응답시간(초) <sup>1)</sup>
9. 핵연료취급지역 비상환기신호(FHEVAS)	
핵연료 취급지역 사용후연료저장조지역 고방사능	
가. FHEVAS 작동 격리댐퍼	< 8.4 <sup>7), 8)</sup>
나. 비상보충 공기정화기 팬	< 5 <sup>7), 8), 9)</sup>
다. 정상 공기정화기 팬	해당없음
10. 원자로건물 퍼지격리신호(CPIAS)	
원자로건물 상부 운전지역/운전지역 고방사능	
가. CPIAS 작동 격리 밸브	< 9.9 <sup>7), 8)</sup>
나. 고용적 퍼지 팬	해당없음
11. 4.16 kV 비상모션 저전압(전압 저하)	
계통전압의 90 %로 전압 저하	< 5분 <sup>7), 10)</sup>
12. 4.16 kV 비상모션 저전압(전압 상실)	
전원 상실	< 2 <sup>7), 10)</sup>

- 1) 발전소보호계통의 지연시간을 포함한 값임.
- 2) 소외전원상실 경우임. 비상디젤발전기의 기동 지연시간이 포함된다. 응답시간에는 밸브의 개폐작동과 펌프나 송풍기의 출구압력 도달시간을 포함한다.
- 3) 소외전원이 상실되지 않은 경우임. 비상디젤발전기 기동 지연시간을 포함하지 않는다. 응답시간에는 밸브의 개폐작동과 펌프나 송풍기의 출구압력 도달시간을 포함한다.
- 4) 주2)와 동일함. 추가적으로, 순차부하연결 지연시간이 포함된다.
- 5) 주3)과 동일함. 추가적으로, 순차부하연결 지연시간이 포함된다.
- 6) 살수배관 충수시간은 포함되지 않는다.
- 7) 비상디젤발전기 기동 지연시간을 포함하지 않는다.
- 8) 방사선감지기는 응답시간 시험에 포함되지 않는다. 채널의 방사선 신호에 대한 응답시간은 감지기 출력 또는 채널 내 최초 전자기기로의 입력 시점부터 댐퍼의 닫힘 또는 팬의 기동 시점까지 측정되어야 한다.
- 9) 건물 체적이 너무 크므로 격리기능에 비해 압력에 큰 변화가 없기 때문에 팬 전동기의 정상가동시간(run-up time)은 포함되지 않는다.
- 10) 총 응답시간은 저전압계전기 작동시간, 제어논리내 설정시간, 부하순차투입기 신호처리시간 및 비상디젤발전기 차단기 닫힘시간으로 구성된다. 전압저하와 전압상실 신호를 발생시키는 비상모션 계전기에 대한 내용은 8.3.1.1.5절에 기술되어 있다.

표 7.3-8 (4 중 1)

핵연료취급지역 비상환기작동신호 고장유형 및 영향분석


신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 7.3-8 (4 중 2)

							2
							2

신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 7.3-8 (4 중 3)



신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 7.3-8 (4 중 4)

구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분

표 7.3-9 (4 중 1)

원자로건물 퍼지격리작동신호 고장유형 및 영향분석


신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

2

2

표 7.3-9 (4 중 2)



신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

2

2

표 7.3-9 (4 중 3)

표 7.3-9 (4 중 4)

구분	항목	내용	비고	평가	대책	결과	비고
1	항목	항목	항목	항목	항목	항목	
2	항목	항목	항목	항목	항목	항목	
3	항목	항목	항목	항목	항목	항목	

표 7.3-10 (4 중 1)

주제어실 비상환기작동신호 고장유형 및 영향분석

신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

2

2


표 7.3-10 (4 중 2)


신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 7.3-10 (4 중 3)

표 7.3-10 (4 중 4)

표 7.3-11

원자로건물 가연성기체제어계통 고장유형 및 영향분석

2  
신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상	감지방법	공학적안전설비 작동계통의 영향	비고
1	교류전원	한 계열의 교류전원 상실	전원상실	해당 계열의 계통 동작 불가	즉시 경보	다중성 상실. 다른 계열의 기기 작동가능	
2	제어스위치 및 배선	개방	물리적 고장	주제어실에서 기기제어불능	주기점검	다중성 상실. 다른 계열의 기기 작동가능	
3	제어스위치 및 배선	단락	물리적 고장	주제어실에서 기기제어불능	주기점검, 주제어실에 시각적 지시 제공	의도하지 않은 기기 작동. 다른 계열의 기기 작동가능	

표 7.3-12

공학적안전설비작동계통 측정채널의 감지기 응답시간 및 정확도

감지기	감지기 응답시간	공학적안전설비작동계통 응답시간 (그룹제어기 → 루프제어기)	공학적안전설비작동계통 측정채널의 정확도
원자로건물 상부 운전지역 방사선	< 3 초	< 0.24 초	± 20 %
원자로건물 운전지역 방사선	< 3 초	< 0.24 초	± 20 %
사용후연료저장조지역 방사선	< 3 초	< 0.24 초	± 20 %
주제어실 공기 흡입구 방사선	< 3 초	< 0.24 초	± 20 %

2

표 7.3-13 (101 중 1)

## ESF-CCS에 대한 FMEA표

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
12P	서지제거기	회로개방	내부 고장	주(Primary) DC전원 공급장치, PLC들의 주(Primary) 전원 모듈, 각 캐비닛의 팬들에 대한 주(Primary) AC전원 정지.	주기시험, PLC의 자기 진단 정보, 주(Primary) DC전원 공급의 전원 상태, fan fail 상태, ITP 감시 기능, 보수시험 반/운전원모듈의 화면	독립적인 다중 전원 공급(접지 전원)	다중 전원 공급으로 인해 채널 내 계통 기능 유지됨
		입력 및 출력단자간 단락	내부 고장	서지 제거기가 그 기능을 수행하지 못할 수 있기에 정상 조건에서는 영향이 없음. 서지전압이 존재 시, 이는 차단될 수 없음.	주기시험	하부 부하를 위한 별도의 보호 장치 마련	다중 전원 공급으로 인해 채널 내 계통 기능 유지됨
		입력단자간 단락 또는 출력단자간 단락	내부 고장	주(Primary) DC전원 공급장치, PLC들의 주(Primary) 전원 모듈, 각 캐비닛의 팬들에 대한 주(Primary) AC전원 정지.	주기시험, PLC의 자기 진단 정보, 주(Primary) DC전원 공급의 전원 상태, fan fail 상태, ITP 감시 기능, 보수시험 반/운전원모듈의 화면	독립적인 다중 전원 공급(접지 전원)	다중 전원 공급으로 인해 채널 내 계통 기능 유지됨
13P	노이즈필터	개방회로	내부 고장	주(Primary) DC전원 공급장치, PLC들의 주(Primary) 전원 모듈, 각 캐비닛의 팬들에 대한 주(Primary) AC전원 정지.	주기시험, PLC의 자기 진단 정보, 주(Primary) DC전원 공급의 전원 상태, fan fail 상태, ITP 감시 기능, 보수시험 반/운전원모듈의 화면	독립적인 다중 전원 공급(접지 전원)	없음
		입력 및 출력단자간 단락	내부 고장	노이즈 필터가 그 기능을 수행하지 못할 수 있기에 정상 조건에서는 영향이 없음. 필수 모선을 통해 유도된 노이즈가 존재 시 시스템이 비정상적으로 동작가능.	주기시험, 가능한 유사 알람	관련된 캐비닛을 제외한 캐비닛들과 다중 채널들은 영향을 받지 않음.	관련된 캐비닛이 비정상적으로 동작 가능.

표 7.3-13 (101 중 2)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
10P	필수 모선 전원	꺼짐 또는 저출력	인버터 고장, 회로 차단기 트립, 퓨즈 개방 등	주(Primary) 120VAC전원 고장. 주(Primary) DC전원공급 장치, PLC들의 주(Primary) 전원 모듈, 각 캐비닛의 팬들에 대한 주(Primary) AC전원 정지.	PLC의 자기 진단 정보, 주(Primary) DC전원 공급의 전원 상태, fan fail 상태, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원 모듈의 화면	독립적인 다중 전원 공급(접지 전원)	다중 전원 공급으로 인해 채널 내 계통기능 유지됨
		고출력	인버터 고장	주(Primary) 120VAC전원 고장. 주(Primary) DC전원공급 장치, PLC들의 주(Primary) 전원 모듈, 각 캐비닛의 팬들에 대한 주(Primary) AC전원 정지.	PLC의 자기 진단 정보, 주(Primary) DC전원 공급의 전원 상태, fan fail 상태, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원 모듈의 화면	독립적인 다중 전원 공급(접지 전원)	다중 전원 공급으로 인해 채널 내 계통기능 유지됨
		EMI/RFI	외부 장치에 의해 발생	주(Primary) 120VAC전원이 고장 가능. 주(Primary) DC전원공급 장치, PLC들의 주(Primary) 전원 모듈, 각 캐비닛의 팬들에 대한 주(Primary) AC전원이 정지 가능.	가능한 유사 알람	노이즈 필터, 서지 제거기, 독립적인 다중 전원 공급(접지 전원)	다중 전원 공급으로 인해 채널 내 계통기능 유지됨
11P	주 회로 차단기	영구적인 On 고장	내부의 기계적 고장	정상 조건에서는 영향이 없음. 서지전압이 존재 시, 이는 차단될 수 없음.	주기시험	하부 부하를 위한 별도의 보호 장치 마련	없음
		영구적인 Off 고장	내부의 기계적 고장	주(Primary) DC전원공급 장치, PLC들의 주(Primary) 전원 모듈, 각 캐비닛의 팬들에 대한 주(Primary) AC전원 정지.	주기시험, PLC의 자기 진단 정보, 주(Primary) DC전원 공급의 전원 상태, fan fail 상태, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	독립적인 다중 전원 공급(접지 전원)	다중 전원 공급으로 인해 채널 내 계통기능 유지됨

표 7.3-13 (101 중 3)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		입력단자간 단락 또는 출력단자간 단락	내부고장	주(Primary) DC전원 공급장치, PLC들의 주(Primary) 전원 모듈, 각 캐비닛의 팬들에 대한 주(Primary) AC전원 정지.	주기시험, PLC의 자기 진단 정보, 주(Primary) DC전원 공급의 전원 상태, fan fail 상태, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	독립적인 다중 전원 공급(접지 전원)	없음
14P 15P 16P 17P 18P 19P 20P	회로 차단기	영구적인 On 고장	내부의 기계적 고장	정상 조건에서는 없음. 서지 전압이 존재 시, 이는 차단될 수 없음.	주기시험	하부 부하를 위한 별도의 보호 장치 마련	없음
		영구적인 Off 고장	내부의 기계적 고장	주(Primary) DC전원 공급장치, PLC들의 주(Primary) 전원 모듈, 각 캐비닛의 팬들에 대한 주(Primary) AC전원 정지.	주기시험, PLC의 자기 진단 정보, 주(Primary) DC전원 공급의 전원 상태, fan fail 상태, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	독립적인 다중 전원 공급(접지 전원)	없음
21P	주(Primary) DC전원 공급장치	DC 전원 출력 상실	기기 고장, 출력이 단락됨, 전원 경로가 개방됨.	주(Primary) DC전원 공급장치는 DC전원을 공급불가.	주(Primary) DC전원 공급의 전원 상태, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	이중화(Secondary) DC 전원 공급장치	없음
10S	필수 모선 전원	차단 또는 저출력	인버터 고장, 회로 차단기 트립, 퓨즈 개방 등	이중화(Secondary) 120VAC 전원 고장. 이중화(Secondary) DC전원 공급장치, PLC들의 이중화(Secondary) 전원 모듈, 각 캐비닛의 팬들에 대한 이중화(Secondary) AC전원 정지.	PLC의 자기 진단 정보, 이중화(Secondary) DC전원 공급의 전원 상태, fan fail 상태, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	독립적인 다중 전원 공급(비접지 전원)	없음

표 7.3-13 (101 중 4)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		고출력	인버터 고장	이중화(Secondary) 주 회로 차단기가 트립. 이중화(Secondary) DC전원 공급장치, PLC들의 이중화(Secondary) 전원 모듈, 각 캐비닛의 팬들에 대한 이중화(Secondary) AC전원 정지.	PLC의 자기 진단 정보, 이중화(Secondary) DC전원 공급의 전원 상태, fan fail 상태, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	독립적인 다중 전원 공급(비접지 전원)	없음
		EMI/RFI	외 부 장 치 에 의해 발생	이중화(Secondary) 120VAC 전원이 고장 가능. 이중화(Secondary) DC전원 공급장치, PLC들의 이중화(Secondary) 전원 모듈, 각 캐비닛의 팬들에 대한 이중화(Secondary) AC전원이 정지 가능.	가능한 유사 알람	노이즈 필터, 서지 제거기, 독립적인 다중 전원 공급(접지 전원)	없음
11S	주회로차단기	영구적인 On 고장	내부의 기계적 고장	정상 조건에서는 영향이 없음. 서지전압이 존재 시, 이는 차단될 수 없음.	주기시험	하부 부하를 위한 별도의 보호 장치 마련	없음
		영구적인 Off 고장	내부의 기계적 고장	이중화(Secondary) DC전원 공급장치, PLC들의 이중화(Secondary) 전원 모듈, 각 캐비닛의 팬들에 대한 이중화(Secondary) AC전원 정지.	주기시험, PLC의 자기 진단 정보, 이중화(Secondary) DC전원 공급의 전원 상태, fan fail 상태, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	독립적인 다중 전원 공급(비접지 전원)	없음
12S	서지제거기	회로개방	내부 고장	이중화(Secondary) DC전원 공급장치, PLC들의 이중화(Secondary) 전원 모듈, 각 캐비닛의 팬들에 대한 이중화(Secondary) AC전원 정지.	주기시험, PLC의 자기 진단 정보, 이중화(Secondary) DC전원 공급의 전원 상태, fan fail 상태, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	독립적인 다중 전원 공급(비접지 전원)	없음

표 7.3-13 (101 중 5)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		입력 및 출력단자간 단락	내부 고장	서지 제거기가 그 기능을 수행하지 못할 수 있기에 정상 조건에서는 영향이 없음. 서지전압이 존재 시, 이는 차단될 수 없음.	주기시험	하부 부하를 위한 별도의 보호장치 마련	없음
		입력단자간 단락 또는 출력단자간 단락	내부 고장	이중화(Secondary) DC전원 공급장치, PLC들의 이중화(Secondary) 전원 모듈, 각 캐비닛의 팬들에 대한 이중화(Secondary) AC전원 정지.	주기시험, PLC의 자기 진단 정보, 이중화(Secondary) DC 전원 공급의 전원 상태, fan fail 상태, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	독립적인 다중 전원 공급(비접지 전원)	없음
13S	노이즈필터	회로개방	내부 고장	이중화(Secondary) DC전원 공급장치, PLC들의 이중화(Secondary) 전원 모듈, 각 캐비닛의 팬들에 대한 이중화(Secondary) AC전원 정지.	주기시험, PLC의 자기 진단 정보, 이중화(Secondary) DC 전원 공급의 전원 상태, fan fail 상태, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	독립적인 다중 전원 공급(비접지 전원)	없음
		입력 및 출력단자간 단락	내부 고장	노이즈 필터가 그 기능을 수행하지 못할 수 있기에 정상 조건에서는 영향이 없음. 필수 모선을 통해 유도된 노이즈가 존재 시 시스템이 비정상적으로 동작가능.	주기시험, 가능한 유사 알람	관련된 캐비닛을 제외한 캐비닛들과 다중 채널들은 영향을 받지 않음.	관련된 캐비닛이 비정상적으로 동작 가능

표 7.3-13 (101 중 6)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		입력단자간 단락 또는 출력단자간 단락	내부 고장	이중화(Secondary) DC전원 공급장치, PLC들의 이중화(Secondary) 전원 모듈, 각 캐비닛의 팬들에 대한 이중화(Secondary) AC전원 정지.	주기시험, PLC의 자기 진단 정보, 이중화(Secondary) DC 전원 공급의 전원 상태, fan fail 상태, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	독립적인 다중 전원 공급(비접지 전원)	없음
14S 15S 16S 17S 18S 19S 20S	회로 차단기	영구적인 On 고장	내부의 기계적 고장	정상 조건에서는 영향이 없음. 서지전압이 존재 시, 이는 차단될 수 없음.	주기시험	하부 부하를 위한 별도의 보호장치 마련	없음
		영구적인 Off 고장	내부의 기계적 고장	이중화(Secondary) DC전원 공급장치, PLC들의 이중화(Secondary) 전원 모듈, 각 캐비닛의 팬들에 대한 이중화(Secondary) AC전원 정지.	주기시험, PLC의 자기 진단 정보, 이중화(Secondary) DC 전원 공급의 전원 상태, fan fail 상태, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	독립적인 다중 전원 공급(비접지 전원)	없음
21S	이 중 화 (Secondary) DC전원 공급 장치	DC 전원 출력 상실	기기 고장, 출력이 단락됨, 전원 경로가 개방됨.	이중화(Secondary) DC전원 공급장치는 DC전원을 공급불가.	이중화(Secondary) DC전원 공급의 전원 상태, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주(Primary) DC전원 공급장치	없음

표 7.3-13 (101 중 7)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
10 30 50 90 110 130 150 170 190 200 220	이 중 화 (Secondary) 전 원 모듈[GC1, GC2, GC3, LC1, LC2, LC18, CCG1, CCG2, CPM, RCPM, ITP]	D C 전 원 출력 상실	기기 고장, 출력이 단락 됨, 전원 경로 가 개방됨.	이중화(Secondary) 전원 모듈 이 PLC 모듈에 DC전원을 공 급불가.	PLC의 자기 진단 정보, ITP 감시 기 능, 보수시험반/운 전원모듈의 화면	주(Primary) 전원 모듈	없음
11 31 51 91 111 131 151 171 191 201 221	주(Primary) 전 원 모듈[GC1, GC2, GC3, LC1, LC2, LC18, CCG1, CCG2, CPM, RCPM, ITP]	D C 전 원 출력 상실	기기 고장, 출력이 단락 됨, 전원 경로 가 개방됨.	주(Primary) 전원 모듈이 PLC 모듈에 DC전원을 공급불가.	PLC의 자기 진단 정보, ITP 감시 기 능, 보수시험반/운 전원모듈의 화면	이중화(Secondary) 전원 모듈	없음
12	프로세서 모듈 [GC1]	프 로 세 서 고장/정지	기기 고장	GC1의 S/W 동작 불능. 채널C의 GC1이 채널A로부터 CREVAS 공학적안전설비 개시 신호를 수신불가.	GC간 공학적안전 설비 개시신호의 비교 결과와 Heartbeat 신호 고 장으로 인한 운전 원모듈 및 보수시 험반 화면에 Trouble 지시/경보	채널별로 삼중화된 GC 구성	없 음 ( 삼 중 화 된 GC 구성을 통한 계통기능 유지)

표 7.3-13 (101 중 8)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		S/W고장	기기 고장	GC1의 S/W 동작 불능. 또는 GC1은 적절한 공학적안전설비 개시신호 발생불가. 채널C의 GC1이 채널A로부터 CREVAS 공학적안전설비 개시신호를 수신불가.	GC간 공학적안전설비 개시신호의 비교 결과와 Heartbeat 신호 고장으로 인한 운전원모듈 및 보수시험반 화면에 Trouble 지시/경보	채널별로 삼중화된 GC 구성.	없음 (삼중화된 GC 구성을 통한 계통기능 유지)
		S/W고장	감지 불가능한 S/W고장	부정확한 공학적안전설비 개시신호의 발생, fail-safe 실패, S/W의 현장 시험 탈락, 기타 S/W 실패. 채널C의 GC1이 채널A로부터 CREVAS 공학적안전설비 개시신호를 수신불가.	주기시험. GC간 공학적안전설비 개시신호의 비교 결과와 Heartbeat 신호 고장으로 인한 운전원모듈 및 보수시험반 화면에 Trouble 지시/경보	채널별로 삼중화된 GC 구성. 시험 기능은 안전기능과 관련없으며, 삼중화된 GC로 구성.	없음 (삼중화된 GC 구성을 통한 계통기능 유지)

표 7.3-13 (101 중 9)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
13	HR-SDN 모듈[GC1]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC1은 이 통신 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가	GC1의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	다중 통신 모듈	없음
		잘못된 데이터 연계	기기 고장, 편개방, 편단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	GC1은 이 통신 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가, 또는 잘못된 데이터 연계가능	주기시험, GC1의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	다중 통신 모듈	없음

표 7.3-13 (101 중 10)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
14	HR-SDN 모듈[GC1]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC1은 이 통신 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가	GC1의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음
		잘못된 데이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	GC1은 이 통신 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가, 또는 잘못된 데이터 연계가능	주기시험, GC1의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음

표 7.3-13 (101 중 11)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
15	HR-SDL 모듈[GC1]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC1은 이 모듈을 통해 PPS 채널 A의 CP1으로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가. GC1은 이 모듈을 통해 CCG1 으로 부터 ESCM의 개별기기 제어신호를 수신불가. GC1은 PPS 채널 A의 CP1으 로 부터 개시신호를 "작동"으 로 설정하고, CCG2로부터 ESCM의 개별기기 제어신호를 사용함.	GC1의 자기 진단 정보, GC1의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/ 운전원모듈의 화면	GC1의 2/4 작동논리는 PPS 채널 A의 CP1으로 부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호 의 영향을 차단함. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음
		잘못된 데 이터 수신	기기 고장, 핀 개방, 핀 단 락, 연결 불 량, 커넥터 손 상, 비정상적 입력 전원	GC1은 이 모듈을 통해 PPS 채널 A의 CP1으로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가, 또 는 잘못된 데이터를 수신가능. GC1은 이 모듈을 통해 CCG1 으로 부터 ESCM의 개별기기 제어신호를 수신불가, 또는 잘 못된 데이터를 수신가능.	주기시험, GC1의 자기 진단 정보, GC1의 SQCL, ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	GC1의 2/4 작동논리는 PPS 채널 A의 CP1으로 부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호 의 영향을 차단함. ESCM의 개별기기제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 12)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
				GC1은 PPS 채널 A의 CP1으로 부터 개시신호를 "작동"으로 설정하고, CCG2로부터 수신된 ESCM의 개별기기 제어 신호를 사용함.			
16	HR-SDN 모듈[GC1]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC1은 이 모듈을 통해 PPS 채널B의 CP1으로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가. GC1은 이 모듈을 통해 CCG2로부터 ESCM의 개별기기 제어 신호를 수신불가. GC1은 PPS 채널B의 CP1으로부터의 공학적안전설비 개시신호를 "작동"으로 설정하고, CCG1으로부터 ESCM의 개별기기 제어 신호를 사용함.	GC1의 자기 진단 정보, GC1의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	GC1의 2/4 작동논리는 PPS 채널B의 CP1으로부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호의 영향을 차단함. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음
		잘못된 데이터 수신	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	GC1은 이 모듈을 통해 PPS 채널B의 CP1으로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능. GC1은 이 모듈을 통해 CCG2로부터 ESCM의 개별기기 제어 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능.	주기시험, GC1의 자기 진단 정보, GC1의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	GC1의 2/4 작동논리는 PPS 채널B의 CP1으로부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호의 영향을 차단함. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 13)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
				GC1은 PPS 채널B의 CP1으로부터의 공학적안전설비 개시신호를 "작동" 으로 설정하고, CCG1으로부터 ESCM의 개별기기 제어 신호를 사용함.			
17	HR-SDL 모듈[GC1]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC1은 공학적안전설비 작동계통, 개별기기 제어신호, heartbeat 신호를 동일 채널 내 LC에 전송불가. 채널 A GC1은 채널 C GC1에 CREVAS 개시신호를 전송불가.	LC의 자기 진단 정보, LC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL을 통해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어신호를 결정함. 채널별로 삼중화된 GC 구성	없음
		잘못된 데이터전송	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	GC1은 공학적안전설비 작동계통, 개별기기 제어신호, heartbeat 신호를 동일 채널 내 LC에 전송불가, 또는 잘못된 데이터를 전송가능. 채널 A GC1은 채널 C GC1에 CREVAS 개시신호를 전송불가.	주기시험, LC의 자기 진단 정보, LC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL을 통해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어신호를 결정함. 채널별로 삼중화된 GC 구성	없음

표 7.3-13 (101 중 14)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
18	HR-SDL 모듈[GC1]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC1은 이 모듈을 통해 PPS 채널 C의 CP1으로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가. GC1은 이 모듈을 통해 CPM으로 부터 최소재고스위치 의 개별기기 제어신호 및 RMA 스위치 신호를 수신불가. GC1은 PPS 채널 C의 CP1으 로 부터 개시신호를 "작동"으 로 설정하고, HR-SDL모듈로 부터 최소재고스위치의 개별기 기 제어신호 및 RMA 스위치 신호를 수신함.	GC1의 자기 진단 정보, GC1의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/ 운전원모듈의 화면	GC1의 2/4 작동논리는 PPS 채널 C의 CP1으로 부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호 의 영향을 차단함. 최소재고스위치의 개별기 기제어 신호 및 RMA 스 위치 신호를 위한 래 기 반의 다중 통신 시스템은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	
		잘못된 데 이터 수신	기기 고장, 편 개방, 편 단 락, 연결 불 량, 커넥터 손 상, 비정상적 입력 전원	GC1은 이 모듈을 통해 PPS 채널 C의 CP1으로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가, 또 는 잘못된 데이터를 수신함. GC1은 이 모듈을 통해 CPM으로 부터 최소재고스위치 의 개별기기 제어신호 및 RMA 스위치 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가 능.	주기시험, GC1의 자기 진단 정보, GC1의 SQCL, ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	GC1의 2/4 작동논리는 PPS 채널 C의 CP1으로 부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호 의 영향을 차단함. 최소재고스위치의 개별기 기제어 신호 및 RMA 스 위치 신호를 위한 래 기 반의 다중 통신 시스템은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 15)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
				GC1은 PPS 채널 C의 CP1으로 부터 개시신호를 "작동"으로 설정하고, HR-SDL모듈로부터 최소제고스위치의 개별기 제어신호 및 RMA 스위치신호를 수신함.			
19	HR-SDL 모듈[GC1]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC1은 이 모듈을 통해 PPS 채널D의 CP1으로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가. GC1은 이 모듈을 통해 RSR CPM으로부터 RMA 스위치 신호를 수신불가. GC1은 PPS 채널D의 CP1으로부터 개시신호를 "작동"으로 설정하고, HR-SDL모듈로부터 RMA스위치 신호를 수신함. 채널C의 GC1는 채널A의 GC1으로부터 CREVAS 공학적안전설비 개시신호를 수신불가.	GC1의 자기 진단 정보, GC1의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	GC1의 2/4 작동논리는 PPS 채널D의 CP1으로부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호의 영향을 차단함. RSR CPM으로부터의 RMA 스위치 신호를 위한 래 기반의 다중 통신 시스템은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함. 채널별로 삼중화된 GC 구성.	없음
		잘못된 데이터 수신	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	GC1은 이 모듈을 통해 PPS 채널D의 CP1으로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능. GC1은 이 모듈을 통해 RSR CPM로부터 RMA 스위치 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능.	주기시험, GC1의 자기 진단 정보, GC1의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	GC1의 2/4 작동논리는 PPS 채널D의 CP1으로부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호의 영향을 차단함.	없음

표 7.3-13 (101 중 16)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
				GC1은 PPS 채널D의 CP1으로부터의 공학적안전설비 개시신호를 "작동" 으로 설정하고, HR-SDL모듈로부터 RMA스위치 신호를 사용함. 채널 C GC1은 채널 A GC1으로부터 CREVAS 공학적안전설비 개시신호를 수신불가.		RMA 스위치 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 모듈은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함. 채널별로 삼중화된 GC 구성.	
20	HR-SDL 모듈[GC1]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC1은 이 모듈을 통해 CPM으로부터 최소재고스위치의 개별기기 제어신호 및 RMA 스위치 신호를 수신불가. GC1은 이 모듈을 통해 RSR CPM으로부터 RMA 스위치 신호를 수신불가. GC1은 주(Primary) HR-SDL 모듈로부터 최소재고스위치의 개별기기 제어신호 및 RMA 스위치 신호를 수신함.	GC1의 자기 진단 정보, GC1의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	개별기기 제어신호 및 RMA 스위치 신호를 위한 주(Primary) 통신 모듈은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음
		잘못된 데이터 수신	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	GC1은 이 모듈을 통해 CPM으로부터 최소재고스위치의 개별기기 제어신호 및 RMA 스위치 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능.	주기시험, GC1의 자기 진단 정보, GC1의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	개별기기 제어신호 및 RMA 스위치 신호를 위한 주(Primary) 통신 모듈은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 17)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
				GC1은 이 모듈을 통해 RSR CPM으로부터 RMA 스위치 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능. GC1은 주(Primary) HR-SDL 모듈로부터 MI 스위치의 개별 기기 제어신호 및 RMA 스위치 신호를 수신함.			
21	디지털 입력 모듈[GC1]	전체 모듈 고장	기기 고장	GC1은 RMS 채널 A 및 LMA 스위치 1로부터 BOP 공학적인 전설비 개시신호를 수신불가. GC1은 RMS 채널 A 및 LMA 스위치 1로 부터의 BOP 공학적인전설비 개시신호를 "비작동"으로 설정함.	GC1의 자기 진단 정보, GC1의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL을 통해 공학적인전설비 작동계통과 개별기기 제어신호를 결정함.	없음
		단일 지점 On고장	기기 고장	GC1은 RMS 채널 A 및 LMA 스위치 1로부터 BOP 공학적인 전설비 개시신호를 수신불가. GC1은 RMS 채널 A 및 LMA 스위치 1로 부터의 BOP 공학적인전설비 개시신호를 "비작동"으로 설정함.	GC1의 자기 진단 정보, GC1의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL을 통해 공학적인전설비 작동계통과 개별기기 제어신호를 결정함.	없음

표 7.3-13 (101 중 18)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		단일 지점 Off고장	기기 고장	GC1은 RMS 채널 A 및 LMA 스위치 1로부터 BOP 공학적안전설비 개시신호를 수신불가. GC1은 RMS 채널 A 및 LMA 스위치 1로 부터의 BOP 공학적안전설비 개시신호를 "비작동"으로 설정함.	GC1의 자기 진단 정보, GC1의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL을 통해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어신호를 결정함.	없음
22	디지털 입력 모듈[GC1]	전체 모듈 고장	기기 고장	GC1은 RMS 채널B 및 LMA 스위치 2로부터 BOP 공학적안전설비 개시 신호를 수신불가. GC1은 RMS 채널B 및 LMA스위치 2로부터의 BOP 공학적안전설비 개시 신호를 "비작동"으로 설정함.	GC1의 자기 진단 정보, GC1의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL을 통해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결정함.	없음
		단일 지점 On고장	기기 고장	GC1은 RMS 채널B 및 LMA 스위치 2로부터 BOP 공학적안전설비 개시 신호를 수신불가. GC1은 RMS 채널B 및 LMA스위치 2로부터의 BOP 공학적안전설비 개시 신호를 "비작동"으로 설정함.	GC1의 자기 진단 정보, GC1의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL을 통해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결정함.	없음

표 7.3-13 (101 중 19)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		단일 지점 Off고장	기기 고장	GC1은 RMS 채널 B 및 LMA 스위치 2로부터 BOP 공학적인 안전설비 개시 신호를 수신할 수 없음. GC1은 RMS 채널 B 및 LMA 스위치 2로부터의 BOP 공학적인 안전설비 개시신호를 "비작동"으로 설정함.	GC1의 자기 진단 정보, GC1의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL에 의해 공학적인 안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결정함.	없음
23	릴레이 모듈 [GC1]	전체 모듈 고장	기기 고장	GC1은 SOE 신호를 전송불가	GC1의 자기 진단 정보	채널별로 삼중화된 GC 구성	없음
		단일 지점 On고장	기기 고장	GC1은 SOE 신호를 "True"로 유지	GC1의 자기 진단 정보	채널별로 삼중화된 GC 구성	없음
		단일 지점 Off고장	기기 고장	GC1은 SOE 신호를 "False"로 유지	GC1의 자기 진단 정보	채널별로 삼중화된 GC 구성	없음

표 7.3-13 (101 중 20)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
32	프로세서 모듈 [GC2]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC2는 자신의 S/W를 수행불가. 채널C GC2는 채널A GC2로부터 CREVAS 공학적안전설비 개시신호를 수신불가.	GC간 공학적안전설비 개시신호의 비교결과와 Heartbeat 신호 고장으로 인한 운전원 모듈 및 보수시험반 화면에 Trouble 지시/경보	채널별로 삼중화된 GC 구성.	없음 (삼중화된 GC구성을 통한 계통기능 유지)
		S/W고장	기기 고장	GC2는 자신의 S/W를 수행불가. 또는 GC2는 유효한 공학적안전설비 작동 신호를 발생불가. 채널C GC2는 채널A GC2로부터 CREVAS 공학적안전설비 개시신호를 수신불가.	GC간 공학적안전설비 개시신호의 비교결과와 Heartbeat 신호 고장으로 인한 운전원 모듈 및 보수시험반 화면에 Trouble 지시/경보	채널별로 삼중화된 GC 구성.	없음 (삼중화된 GC구성을 통한 계통기능 유지)
		감지 불가능한 S/W고장		부정확한 공학적안전설비 개시신호의 발생, fail-safe 실패, S/W의 현장 시험 탈락, 기타 S/W 실패. 채널C의 GC2는 채널A로부터 CREVAS 공학적안전설비 개시신호를 수신불가.	주기시험 GC간 공학적안전설비 개시신호로 인한 운전원 모듈 및 보수시험반 화면에 Trouble 지시/경보. 시험 기능 고장 상태로 인한 운전원 모듈 및 보수시험반 화면에 Trouble 지시/경보.	시험 기능은 안전 기능과 관련이 없으며, 채널별로 삼중화된 GC 구성.	없음 (삼중화된 GC구성을 통한 계통기능 유지)

표 7.3-13 (101 중 21)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
33	HR-SDN 모듈[GC2]	프로세서 고장/정지	기기고장	GC2는 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가 .	GC2의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험만/운전원모듈의 화면	다중 통신 모듈	없음
		잘못된 데이터 연계	기기 고장, 편개방, 편 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	GC2는 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태정보 연계 불가 또는 잘못된 데이터 연계 가능.	GC2의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험만/운전원모듈의 화면	다중 통신 모듈	없음

표 7.3-13 (101 중 22)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
34	HR-SDN 모듈[GC2]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC2는 이 통신 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가	GC2의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음
		잘못된 데이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	GC2는 이 통신 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가, 또는 잘못된 데이터 연계가능	주기시험 GC2의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음

표 7.3-13 (101 중 23)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
35	HR-SDN 모듈[GC2]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC2는 이 모듈을 통해 PPS 채널 A의 CP2로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가. GC2는 이 모듈을 통해 CCG1 으로부터 ESCM의 개별기기 제어 신호를 수신불가. GC2는 PPS 채널 A의 CP2으 로부터의 공학적안전설비 개시 신호를 "작동" 으로 설정하고, CCG2로부터 ESCM의 개별기 기 제어 신호를 사용함.	GC2의 자기 진단 정보, GC2의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/ 운전원모듈의 화면	GC2의 2/4 작동논리는 PPS 채널 A의 CP2으로 부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호 의 영향을 차단함. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 락 기반의 다중 통신 시스템은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음
		잘못된 데 이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단 락, 연결 불 량, 커넥터 손 상, 비정상적 입력 전원	GC2는 이 모듈을 통해 PPS 채널 A의 CP2으로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가, 또 는 잘못된 데이터를 수신가능. GC2는 CCG1으로부터 ESCM 의 개별기기 제어 신호를 수신 불가, 또는 이 모듈로부터 잘 못된 데이터를 수신가능. GC2는 PPS 채널 A의 CP2으 로부터 공학적안전설비 개시신 호를 "작동" 으로 설정하고, CCG2로부터 ESCM의 개별기 기 제어 신호를 사용함.	주기시험, GC2의 자기 진단 정보, GC2의 SQCL, ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	GC2의 2/4 작동논리는 PPS 채널 A의 CP2으로 부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호 의 영향을 차단함. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 락 기반의 다중 통신 시스템은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 24)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
36	HR-SDN 모듈[GC2]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC2는 이 모듈을 통해 PPS 채널B의 CP2으로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가. GC2는 이 모듈을 통해 CCG2 으로부터 ESCM의 개별기기 제어 신호를 수신불가. GC2는 PPS 채널B의 CP2으로 부터의 공학적안전설비 개시신 호를 "작동" 으로 설정하고, CCG1로부터 ESCM의 개별기 기 제어 신호를 사용함.	GC2의 자기 진단 정보, GC2의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/ 운전원모듈의 화면	GC2의 2/4 작동논리는 PPS 채널B의 CP2으로부 터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호 의 영향을 차단함. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 락 기반의 다중 통신 시스템은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음
		잘못된 데 이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단 락, 연결 불 량, 커넥터 손 상, 비정상적 입력 전원	GC2는 이 모듈을 통해 PPS 채널B의 CP2으로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가, 또 는 잘못된 데이터를 수신가능. GC2는 CCG2으로부터 ESCM 의 개별기기 제어 신호를 수신 불가, 또는 이 모듈로부터 잘못 된 데이터를 수신가능.	주기시험, GC2의 자기 진단 정보, GC2의 SQCL, ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	GC2의 2/4 작동논리는 PPS 채널B의 CP2으로부 터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호 의 영향을 차단함. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 락 기반의 다중 통신 시스템은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 25)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
				GC2는 PPS 채널B의 CP2으로부터 공학적안전설비 개시신호를 "작동" 으로 설정하고, CCG1로부터 ESCM의 개별기 제어 신호를 사용함.			
37	HR-SDN 모듈[GC2]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC2는 공학적안전설비 작동계통, 개별기기 제어 신호, heartbeat 신호를 인채널 LC에 전송불가. 채널 A GC2는 채널 C GC2에 CREVAS 공학적안전설비 개시 신호를 전송할 수 없음.	LC의 자기 진단 정보, LC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL에 의해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결정함. 채널별로 삼중화된 GC 구성.	없음
		잘못된 데이터 전송	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	GC2는 공학적안전설비 작동계통, 개별기기 제어 신호, heartbeat 신호를 인채널 LC에 전송불가, 또는 잘못된 데이터를 전송가능. 채널 A GC2는 채널 C GC2에 CREVAS 공학적안전설비 개시 신호를 전송할 수 없음.	주기시험, LC의 자기 진단 정보, LC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL에 의해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결정함. 채널별로 삼중화된 GC 구성.	없음

표 7.3-13 (101 중 26)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
38	HR-SDN 모듈[GC2]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC2는 이 모듈을 통해 PPS 채널 C의 CP2으로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가. GC2는 이 모듈을 통해 CPM으 로부터 최소재고스위치와 RMA스위치의 개별기기 제어 신호를 수신불가. GC2는 PPS 채널 C의 CP2으 로부터의 공학적안전설비 개시 신호를 "작동" 으로 설정하고, HR-SDL모듈로부터 MIs위치 와 RMA스위치의 개별기기 제 어 신호를 수신함.	GC2의 자기 진단 정보, GC2의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/ 운전원모듈의 화면	GC2의 2/4 작동논리는 PPS 채널 C의 CP2으로 부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호 의 영향을 차단함. MIs위치와 RMA스위치 의 개별기기 제어 신호를 위한 다중 통신 모듈은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 27)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		잘못된 데이터 수신	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	GC2는 이 모듈을 통해 PPS 채널 C의 CP2으로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능. GC2는 이 모듈을 통해 CPM으로부터 최소재고스위치와 RMA스위치의 개별기기 제어 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능. GC2는 PPS 채널 C의 CP2으로부터의 공학적안전설비 개시신호를 "작동" 으로 설정하고, HR-SDL모듈로부터 최소재고 스위치와 RMA스위치의 개별기기 제어 신호를 사용함.	주기시험, GC2의 자기 진단 정보, GC2의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	GC2의 2/4 작동논리는 PPS 채널 C의 CP2으로부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호의 영향을 차단함. 최소재고스위치와 RMA스위치의 개별기기 제어 신호를 위한 다중 통신 모듈은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음
39	HR-SDN 모듈[GC2]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC2는 이 모듈을 통해 PPS 채널D의 CP2으로부터 공학적안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능. GC2는 이 모듈을 통해 RSR CPM으로부터 RMA스위치 신호를 수신불가. GC2는 PPS 채널D의 CP2으로부터의 공학적안전설비 개시신호를 "작동" 으로 설정하고, HR-SDL모듈로부터 RMA 스위치신호를 수신함. 채널 C GC2는 채널 A GC2로부터 CREVAS 공학적안전설비 개시신호를 수신불가.	GC2의 자기 진단 정보, GC2의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	GC2의 2/4 작동논리는 PPS 채널D의 CP2으로부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호의 영향을 차단함. RSR CPM으로부터의 RMA 스위치 신호에 대한 다중 통신 모듈은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함. 채널별로 삼중화된 GC구성.	없음

표 7.3-13 (101 중 28)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		잘못된 데이터 수신	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	GC2는 이 모듈을 통해 PPS 채널D의 CP2로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능. GC2는 이 모듈을 통해 RSR CPM으로부터 RMA스위치 신호를 수신불가. GC2는 PPS 채널D의 CP2로부터의 공학적안전설비 개시신호를 "작동" 으로 설정하고, HR-SDL모듈로부터 RMA 스위치신호를 사용함. 채널 C GC2는 채널 A GC2로부터 CREVAS 공학적안전설비 개시신호를 수신불가.	주기시험, GC2의 자기 진단 정보, GC2의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	GC2의 2/4 작동논리는 PPS 채널D의 CP2로부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호의 영향을 차단함. RSR CPM으로부터의 RMA 스위치 신호에 대한 다중 통신 모듈은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함. GC2의 2/4 작동논리는 CREVAS 작동 개시신호의 "비작동" 상태의 영향을 차단함.	없음
40	HR-SDN 모듈[GC2]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC2는 이 모듈을 통해 CPM으로부터 최소재고스위치와 RMA스위치의 개별기기 제어 신호를 수신불가. GC2는 이 모듈을 통해 RSR CPM으로부터 RMA 스위치 신호를 수신불가. GC2는 주(Primary) HR-SDL 모듈로부터 RMA스위치 신호와 최소재고스위치의 개별기기 제어 신호를 수신불가.	GC2의 자기 진단 정보, GC2의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	RMA 스위치신호와 개별기기 제어 신호의 주 (Primary) 통신 모듈은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 29)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		잘못된 데이터 수신	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	GC2는 이 모듈을 통해 CPM으로부터 최소재고스위치와 RMA스위치의 개별기기 제어 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능. GC2는 이 모듈을 통해 RSR CPM으로부터 RMA 스위치 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능. GC2는 주(Primary) HR-SDL 모듈로부터 RMA스위치 신호와 최소재고스위치의 개별기기 제어 신호를 수신함.	주기시험, GC2의 자기 진단 정보, GC2의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	개별기기 제어 신호와 RMA 스위치 신호에 대한 주(Primary) 통신 모듈은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 30)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
41	디지털 입력 모듈[GC2]	전체 모듈 고장	기기 고장	GC2는 RMS 채널 A로부터의 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 LMA스위치 1 신호를 수신불가. GC2는 RMS 채널 A로부터의 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 LMA스위치 1 신호를 "비작동"으로 설정함.	GC2의 자기 진단 정보, GC2의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL에 의해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결정함.	없음
		단일 지점 On고장	기기 고장	GC2는 RMS 채널 A로부터의 구체적인 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 구체적인 LMA스위치 1 신호를 수신불가. GC2는 RMS 채널 A로부터의 구체적인 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 LMA스위치 1 신호를 "비작동"으로 유지함.	GC2의 자기 진단 정보, GC2의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL에 의해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결정함.	없음
		단일 지점 Off고장	기기 고장	GC2는 RMS 채널 A로부터의 구체적인 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 구체적인 LMA스위치 1 신호를 수신불가. GC2는 RMS 채널 A로부터의 구체적인 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 LMA스위치 1 신호를 "비작동"으로 유지함.	GC2의 자기 진단 정보, GC2의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL에 의해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결정함.	없음

표 7.3-13 (101 중 31)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
42	디지털 입력 모듈[GC2]	전체 모듈 고장	기기 고장	GC2는 RMS 채널 B로부터의 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 LMA스위치 2 신호를 수신불가. GC2는 RMS 채널B로부터의 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 LMA스위치 2 신호를 "비작동"으로 설정함.	GC2의 자기 진단 정보, GC2의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL에 의해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결정함.	없음
		단일 지점 On고장	기기 고장	GC2는 RMS 채널 B로부터의 구체적인 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 구체적인 LMA스위치 2 신호를 수신불가. GC2는 RMS 채널B로부터의 구체적인 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 LMA스위치 2 신호를 "비작동"으로 유지함.	GC2의 자기 진단 정보, GC2의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL에 의해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결정함.	없음
		단일 지점 Off고장	기기 고장	GC2는 RMS 채널 B로부터의 구체적인 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 구체적인 LMA스위치 2 신호를 수신불가. GC2는 RMS 채널B로부터의 구체적인 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 LMA스위치 2 신호를 "비작동"으로 유지함.	GC2의 자기 진단 정보, GC2의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL에 의해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결정함.	없음

표 7.3-13 (101 중 32)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
43	릴레이 모듈 [GC2]	전체 모듈 고장	기기 고장	GC2는 SOE 신호를 전송불가	GC2의 자기 진단 정보	채널별로 삼중화된 GC 구성	없음
		단일 지점 On고장	기기 고장	GC2는 SOE 신호를 “Ture”로 유지	GC2의 자기 진단 정보	채널별로 삼중화된 GC 구성	없음
		단일 지점 Off고장	기기 고장	GC2는 SOE 신호를 “False”로 유지	GC2의 자기 진단 정보	채널별로 삼중화된 GC 구성	없음
52	프로세서 모듈 [GC3]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC3는 자신의 S/W를 실행불 가. 채널 C GC3는 채널 A GC3로 부터 CREVAS 공학적안전설비 개시신호를 수신불가.	GC간 공학적안전 설비 개시신호의 비교 결과와 Heartbeat 신호 고 장으로 인한 운전 원 모듈 및 보수시 험반 화면에 Trouble 지시/경보	채널별로 삼중화된 GC 구성	없음 (삼 중 화 된 GC구성을 통한 계통기능 유지)

표 7.3-13 (101 중 33)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		S/W고장	기기 고장	GC3는 자신의 S/W를 실행불가. 또는 GC3는 유효한 공학적안전설비 개시신호를 발생불가. 채널 C GC3는 채널 A GC3로부터 CREVAS 공학적안전설비 개시신호를 수신불가.	GC간 공학적안전설비 개시신호의 비교 결과와 Heartbeat 신호 고장으로 인한 운전원 모듈 및 보수시험반 화면에 Trouble 지시/경보	채널별로 삼중화된 GC 구성.	없음 (삼중화된 GC구성을 통한 계통기능 유지)
			감지 불가능한 S/W고장	부정확한 공학적안전설비 개시신호의 발생, fail-safe 실패, S/W의 현장 시험 탈락, 기타 S/W 실패. 채널 C GC3는 채널 A GC3로부터 CREVAS 공학적안전설비 개시신호를 수신불가.	주기시험 GC간 공학적안전설비 개시신호로 인한 운전원 모듈 및 보수시험반 화면에 Trouble 지시/경보. 시험 기능 고장 상태로 인한 운전원 모듈 및 보수시험반 화면에 Trouble 지시/경보.	시험 기능은 안전 기능과 관련이 없으며, 채널별로 삼중화된 GC 구성.	없음 (삼중화된 GC구성을 통한 계통기능 유지)

표 7.3-13 (101 중 34)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
53	HR-SDN 모듈[GC3]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC3는 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가	GC3의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	다중 통신 모듈	없음
		잘못된 데이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	GC3는 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태정보 연계 불가 또는 잘못된 데이터 연계 가능	주기시험, GC3의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	다중 통신 모듈	없음

표 7.3-13 (101 중 35)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
54	HR-SDN 모듈[GC3]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC3는 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가	GC3의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음
		잘못된 데이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	GC3는 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태정보 연계 불가 또는 잘못된 데이터 연계 가능	주기시험, GC3의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음

표 7.3-13 (101 중 36)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
55	HR-SDN 모듈[GC3]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC3은 이 모듈을 통해 PPS 채널 A의 CP3으로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가. GC3은 이 모듈을 통해 CCG1 으로부터 ESCM의 개별기기 제어 신호를 수신불가. GC3은 PPS 채널 A의 CP3으 로부터의 공학적안전설비 개시 신호를 "작동" 으로 설정하고, CCG2로부터 ESCM의 개별기 기 제어 신호를 사용함.	GC3의 자기 진단 정보, GC3의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/ 운전원모듈의 화면	GC3의 2/4 작동논리는 PPS 채널 A의 CP3으로 부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호 의 영향을 차단함. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 락 기반의 다중 통신 시스템은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음
		잘못된 데 이터 수신	기기 고장, 편 개방, 편 단 락, 연결 불 량, 커넥터 손 상, 비정상적 입력 전원	GC3은 이 모듈을 통해 PPS 채널 A의 CP3으로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가. GC3은 이 모듈을 통해 CCG1 으로부터 ESCM의 개별기기 제어 신호를 수신불가. GC3은 PPS 채널 A의 CP3으 로부터의 공학적안전설비 개시 신호를 "작동" 으로 설정하고, CCG2로부터 ESCM의 개별기 기 제어 신호를 사용함.	주기시험, GC3의 자기 진단 정보, GC3의 SQCL, ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	GC3의 2/4 작동논리는 PPS 채널 A의 CP3으로 부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호 의 영향을 차단함. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 락 기반의 다중 통신 시스템은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 37)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
56	HR-SDN 모듈[GC3]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC3은 이 모듈을 통해 PPS 채널B의 CP3으로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가. GC3은 이 모듈을 통해 CCG2 으로부터 ESCM의 개별기기 제어 신호를 수신불가. GC3은 PPS 채널B의 CP3으로 부터의 공학적안전설비 개시신 호를 "작동" 으로 설정하고, CCG1로부터 ESCM의 개별기 기 제어 신호를 사용함.	GC3의 자기 진단 정보, GC3의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/ 운전원모듈의 화면	GC3의 2/4 작동논리는 PPS 채널B의 CP3으로부 터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호 의 영향을 차단함. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 락 기반의 다중 통신 시스템은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음
		잘못된 데 이터 수신	기기 고장, 편 개방, 편 단 락, 연결 불 량, 커넥터 손 상, 비정상적 입력 전원	GC3은 이 모듈을 통해 PPS 채널B의 CP3으로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가. GC3은 이 모듈을 통해 CCG2 으로부터 ESCM의 개별기기 제어 신호를 수신불가. GC3은 PPS 채널B의 CP3으로 부터의 공학적안전설비 개시신 호를 "작동" 으로 설정하고, CCG1로부터 ESCM의 개별기 기 제어 신호를 사용함.	주기시험, GC3의 자기 진단 정보, GC3의 SQCL, ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	GC3의 2/4 작동논리는 PPS 채널B의 CP3으로부 터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호 의 영향을 차단함. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 락 기반의 다중 통신 시스템은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 38)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
57	HR-SDL 모듈[GC3]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC3는 공학적안전설비 작동계 통, 개별기기 제어 신호, heartbeat 신호를 인채널 LC에 전송불가. 채널 A GC3는 채널 C GC3에 CREVAS 공학적안전설비 개시 신호를 전송할 수 없음.	GC3의 자기 진단 정보, GC3의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/ 운전원모듈의 화면	GC3의 2/4 작동논리는 PPS 채널B의 CP3으로부 터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호 의 영향을 차단함. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 락 기반의 다중 통신 시스템은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음
		잘못된 데 이터 수신	기기 고장, 편 개방, 편 단 락, 연결 불 량, 커넥터 손 상, 비정상적 입력 전원	GC3는 공학적안전설비 작동계 통, 개별기기 제어 신호, heartbeat 신호를 인채널 LC에 전송불가, 또는 잘못된 데이터 를 전송가능. 채널 A GC3는 채널 C GC3에 CREVAS 공학적안전설비 개시 신호를 전송할 수 없음.	주기시험, GC3의 자기 진단 정보, GC3의 SQCL, ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	GC3의 2/4 작동논리는 PPS 채널B의 CP3으로부 터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호 의 영향을 차단함. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 락 기반의 다중 통신 시스템은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 39)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
58	HR-SDN 모듈[GC3]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC3은 이 모듈을 통해 PPS 채널 C의 CP3으로부터 공학적 안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가. GC3은 이 모듈을 통해 CPM으 로부터 최소재고스위치와 RMA스위치의 개별기기 제어 신호를 수신불가. GC3은 PPS 채널 C의 CP3으 로부터의 공학적안전설비 개시 신호를 "작동" 으로 설정하고, HR-SDL모듈로부터 최소재고 스위치와 RMA스위치의 개별 기기 제어 신호를 수신함.	GC3의 자기 진단 정보, GC3의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/ 운전원모듈의 화면	GC3의 2/4 작동논리는 PPS 채널 C의 CP3으로 부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호 의 영향을 차단함. 최소재고스위치와 RMA 스위치의 개별기기 제어 신호를 위한 다중 통신 모듈은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음
		잘못된 데 이터 수신	기기 고장, 핀 개방, 핀 단 락, 연결 불 량, 커넥터 손 상, 비정상적 입력 전원	GC3은 이 모듈을 통해 PPS 채널 C의 CP3으로부터 공학적 안전설비 개시신호, heartbeat 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능. GC3은 이 모듈을 통해 CPM으로부터 최 소재고스위치와 RMA스위치의 개별기기 제어 신호를 수신불 가, 또는 잘못된 데이터를 수신 가능. GC3은 PPS 채널 C의 CP3으 로부터의 공학적안전설비 개시 신호를 "작동" 으로 설정하고, GC3은 PPS 채널 C의 CP3으 로부터의 공학적안전설비 개시 신호를 "작동" 으로 설정하고, HR-SDL모듈로부터 최소재고 스위치와 RMA스위치의 개별 기기 제어 신호를 사용함.	주기시험, GC3의 자기 진단 정보, GC3의 SQCL, ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	GC3의 2/4 작동논리는 PPS 채널 C의 CP3으로 부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호 의 영향을 차단함. 최소재고스위치와 RMA 스위치의 개별기기 제어 신호를 위한 다중 통신 모듈은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 40)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
59	HR-SDN 모듈[GC3]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC3은 이 모듈을 통해 PPS 채널D의 CP3으로부터 공학적안전설비 개시신호 및 heartbeat 신호를 수신불가. GC3은 이 모듈을 통해 RSR CPM으로부터 RMA스위치 신호를 수신불가. GC3은 PPS 채널D의 CP3으로부터의 공학적안전설비 개시신호를 "작동" 으로 설정하고, HR-SDL모듈로부터 RMA 스위치신호를 사용함. 채널 C GC3는 채널 A GC3로부터 CREVAS 공학적안전설비 개시신호를 수신불가.	GC3의 자기 진단 정보, GC3의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	GC3의 2/4 작동논리는 PPS 채널D의 CP3으로부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호의 영향을 차단함. 최소재고스위치와 RMA 스위치의 개별기기 제어 신호를 위한 다중 통신 모듈은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함. 채널별로 삼중화된 GC 구성.	없음
		잘못된 데이터 수신	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	GC3은 이 모듈을 통해 PPS 채널D의 CP3으로부터 공학적 안전설비 개시신호, heartbeat 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능. GC3은 이 모듈 통해 RSR CPM으로부터 RMA스위치 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능. GC3은 PPS 채널D의 CP3으로부터의 공학적안전설비 개시신호를 "작동" 으로 설정하고, HR-SDL모듈로부터 RMA 스위치신호를 사용함. 채널 C GC3는 채널 A GC3로부터 CREVAS 공학적안전설비 개시신호를 수신불가.	주기시험, GC3의 자기 진단 정보, GC3의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	GC3의 2/4 작동논리는 PPS 채널D의 CP3으로부터 신호품질이 "Bad"인 공학적안전설비 개시신호의 영향을 차단함. 최소재고스위치와 RMA 스위치의 개별기기 제어 신호를 위한 다중화 통신 모듈은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함. 채널별로 삼중화된 GC 구성.	없음

표 7.3-13 (101 중 41)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
60	HR-SDN 모듈[GC3]	프로세서 고장/정지	기기 고장	GC3은 이 모듈을 통해 CPM으로부터 최소재고스위치와 RMA스위치의 개별기기 제어 신호를 수신불가. GC3은 이 모듈을 통해 RSR CPM으로부터 RMA 스위치 신호를 수신불가. GC3은 주(Primary) HR-SDL 모듈로부터 RMA스위치 신호와 최소재고스위치의 개별기기 제어 신호를 수신함.	GC3의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	개별기기 제어 신호와 RMA 스위치 신호에 대한 주(Primary) 통신 모듈은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음
		잘못된 데이터 수신	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	GC3은 이 모듈을 통해 CPM으로부터 최소재고스위치와 RMA스위치의 개별기기 제어 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능. GC3은 이 모듈을 통해 RSR CPM으로부터 RMA 스위치 신호를 수신불가. GC3은 주(Primary) HR-SDL 모듈로부터 RMA스위치 신호와 최소재고스위치의 개별기기 제어 신호를 수신함.	주기시험, GC3의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	개별기기 제어 신호와 RMA 스위치 신호에 대한 주(Primary) 통신 모듈은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 42)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
61	디지털 입력 모듈[GC3]	전체 모듈 고장	기기 고장	GC3은 RMS 채널 A로부터의 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 LMA스위치 1 신호를 수신불가. GC3은 RMS 채널 A로부터의 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 LMA스위치 1 신호를 "비작동"으로 설정함.	GC3의 자기 진단 정보, GC3의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/ 운전원모듈의 화면	LC는 SQCL에 의해 공학 적안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결 정함.	없음
		단일 지점 On고장	기기 고장	GC3은 RMS 채널 A로부터의 구체적인 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 구체적인 LMA 스위치 1 신호를 수신불가. GC3은 RMS 채널 A로부터의 구체적인 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 LMA스위치 1 신호를 "비작동"으로 유지함.	주기시험, GC3의 자기 진단 정보, GC3의 SQCL, ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	LC는 SQCL에 의해 공학 적안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결 정함.	없음

표 7.3-13 (101 중 43)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		단일 지점 Off고장	기기 고장	GC3은 RMS 채널 A로부터의 구체적인 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 구체적인 LMA 스위치 1 신호를 수신불가. GC3은 RMS 채널 A로부터의 구체적인 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 LMA스위치 1 신호를 "비작동"으로 유지함.	GC3의 자기 진단 정보, GC3의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL에 의해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결정함.	없음
62	디지털 입력 모듈[GC3]	전체 모듈 고장	기기 고장	GC3은 RMS 채널B로부터의 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 LMA스위치 2 신호를 수신불가. GC3은 RMS 채널 A로부터의 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 LMA스위치 2 신호를 "비작동"으로 설정함.	GC3의 자기 진단 정보, GC3의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL에 의해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결정함.	없음
		단일 지점 On고장	기기 고장	GC3은 RMS 채널B로부터의 구체적인 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 구체적인 LMA 스위치 2 신호를 수신불가. GC3은 RMS 채널B로부터의 구체적인 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 LMA스위치 2 신호를 "비작동"으로 유지함.	GC3의 자기 진단 정보, GC3의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL에 의해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결정함.	없음

표 7.3-13 (101 중 44)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		단일 지점 Off고장	기기 고장	GC3은 RMS 채널B로부터의 구체적인 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 구체적인 LMA 스위치 2 신호를 수신불가. GC3은 RMS 채널B로부터의 구체적인 BOP 공학적안전설비 개시 신호와 LMA스위치 2 신호를 "비작동"으로 유지함.	GC3의 자기 진단 정보, GC3의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL에 의해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결정함.	없음
63	릴레이 모듈 [GC3]	전체 모듈 고장	기기 고장	GC3는 SOE 신호를 전송불가	GC3의 자기 진단 정보, 부하 연속 제어 모듈, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	채널별로 삼중화된 GC 구성	없음
		단일 지점 On고장	기기 고장	GC3는 SOE 신호를 "Ture"로 유지	GC3의 자기 진단 정보, 부하 연속 제어 모듈, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	채널별로 삼중화된 GC 구성	없음
		단일 지점 Off고장	기기 고장	GC3는 SOE 신호를 "False"로 유지	GC3의 자기 진단 정보, 부하 연속 제어 모듈, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	채널별로 삼중화된 GC 구성	없음

표 7.3-13 (101 중 45)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	7계통 영향
70 71 72 73 74	광 분배기[GC1]	잘못된 데이터 전송	기기 고장	비정상적인 광 분배기로부터 신호를 수신하는 LC는 GC1로부터 공학적안전설비 작동계통, 개별기기 제어 신호, heartbeat 신호를 수신불가. 채널 C GC1은 채널 A GC1로부터 CREVAS 공학적안전설비 개시신호를 수신불가.	GC3의 자기 진단 정보, 부하 연속 제어 모듈, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL에 의해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결정함.	없음
75 76 77 78 79	광 분배기[GC2]	잘못된 데이터 전송	기기 고장	비정상적인 광 분배기로부터 신호를 수신하는 LC는 GC2로부터 공학적안전설비 작동계통, 개별기기 제어 신호, heartbeat 신호를 수신불가. 채널 C GC2는 채널 A GC2로부터 CREVAS 공학적안전설비 개시신호를 수신불가.	GC3의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL에 의해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결정함.	없음
80 81 82 83 84	광 분배기[GC3]	잘못된 데이터 전송	기기 고장	비정상적인 광 분배기로부터 신호를 수신하는 LC는 GC3로부터 공학적안전설비 작동계통, 개별기기 제어 신호, heartbeat 신호를 수신불가. 채널 C GC3은 채널 A GC3로부터 CREVAS 공학적안전설비 개시신호를 수신불가.	GC3의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	LC는 SQCL에 의해 공학적안전설비 작동계통과 개별기기 제어 신호를 결정함.	없음

7.3-135

표 7.3-13 (101 중 46)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
92 112 132	주(Primary) 프로세서 [LC1, LC2, LC18]	프로세서 고장/정지	기기 고장	관련된 각 프로세서 모듈의 S/W 동작 불능.	ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모 들의 화면	Hot-standby 방식의 다중 화된 프로세서 모듈. 공학적인 안전설비 기기들은 한 개의 LC station 고장 으로 인해 공학적인 안전설 비 트레인의 전체 안전 기능이 상실되지 않도록 분할되어 있으므로, 안전 기능은 유지됨.	없음(비록 비정상 적인 LC station 에 의해 제어되는 공학적인 안전설비 기기들이 동작하 지 않더라도 전체 안전 기능은 유지 됨)
		S/W고장	기기 고장	관련된 각 프로세서 모듈의 S/W 동작 불능. 또는 관련된 각 LC는 유효한 개별기기 제 어신호를 발생불가.	ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모 들의 화면	Hot-standby 방식의 다중 화된 프로세서 모듈. 공학적인 안전설비 기기들은 한 개의 LC station 고장 으로 인해 공학적인 안전설 비 트레인의 전체 안전 기능이 상실되지 않도록 분할되어 있으므로, 안전 기능은 유지됨.	없음(비록 비정상 적인 LC station 에 의해 제어되는 공학적인 안전설비 기기들이 제대로 동작하지 않더라도 전체 안전 기 능은 유지될 것 임)

표 7.3-13 (101 중 47)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
			감지 불가한 S/W고장	부정확한 개별기기 제어신호 발생. SQCL 고장으로 인한 배정된 공학적안전설비 기기의 오작동. 고장 상태 유지 작동의 실패. S/W가 가동중 시험 불합격	주기시험, 가능한 알람, 개별 공학적 안전설비 기기의 spurious 작동, 시험기능 고장 상태는 운전원모듈 및 보수시험반 화면에 Trouble 지시/경보	Hot-standby 방식의 다중화된 프로세서 모듈. 공학적안전설비 기기들은 한 개의 LC station 고장으로 인해 공학적안전설비 트레인의 전체 안전 기능이 상실되지 않도록 분할되어 있으므로, 안전 기능은 유지됨. 공학적안전설비 기기들은 한 개의 LC station의 spurious 작동으로 인해 공학적안전설비 트레인의 전체 안전 기능이 작동되지 않도록 분할되어 있음. 시험 기능은 안전 기능과 관련이 없음.	없음(비록 비정상적인 LC station에 의해 제어되는 공학적 안전 설비 기기들이 제대로 동작하지 않더라도 전체 안전 기능은 유지될 것임)

표 7.3-13 (101 중 48)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
93 113 133	Hot-standby 방 식다중화 프로 세서 모듈 [LC1, LC2, LC18]	프로세서 고장/정지	기기 고장	관련된 각 프로세서 모듈의 S/W 동작 불능.	ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	주(Primary) 프로세서 모 듈, 공학적안전설비 기기 들은 한 개의 LC station 고장으로 인해 공학적안 전설비 트레인의 전체 안 전 기능이 상실되지 않도 록 분할되어 있으므로, 안 전 기능은 유지됨.	없음(비록 비정상 적인 LC station 에 의해 제어되는 공학적안전설비 기기들이 제대로 동작하지 않더라 도 전체 안전 기 능은 유지될 것 임)
		S/W고장	기기 고장	관련된 각 프로세서 모듈의 S/W 동작 불능. 또는 관련된 각 LC는 유효한 개별기기 제 어 신호를 발생불가.	ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	주(Primary) 프로세서 모 듈, 공학적안전설비 기기 들은 한 개의 LC station 고장으로 인해 공학적안 전설비 트레인의 전체 안 전 기능이 상실되지 않도 록 분할되어 있으므로, 안 전 기능은 유지됨.	없음(비록 비정상 적인 LC station 에 의해 제어되는 공학적안전설비 기기들이 제대로 동작하지 않더라 도 전체 안전 기 능은 유지될 것 임)

표 7.3-13 (101 중 49)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
			감지 불가한 S/W고장	부정확한 개별기기 제어 신호 발생. SQCL 고장은 배정된 공학적안전설비 기기를 거짓으로 작동시킬 수 있음. 고장 상태 유지 작동의 실패. S/W 가동 시험 불합격	주기시험, 가능한 알람, 개별 공학적안전설비 기기의 spurious 작동, 시험기능 고장 상태로 인한 운전원모듈 및 보수시험반 화면에 Trouble 지시/경보	Hot-standby 방식의 다중화된 프로세서 모듈. 공학적안전설비 기기들은 한 개의 LC station 고장으로 인해 공학적안전설비 트레인의 전체 안전기능이 상실되지 않도록 분할되어 있으므로, 안전기능은 유지됨. 공학적안전설비 기기들은 한 개의 LC station의 거짓된 작동때문에 공학적안전설비 트레인의 전체 안전기능이 작동되지 않도록 분할되어 있음. 시험기능은 안전기능과 관련이 없음.	없음(비록 비정상적인 LC station에 의해 제어되는 공학적안전설비 기기들이 제대로 동작하지 않더라도 전체 안전기능은 유지될 것임)

표 7.3-13 (101 중 50)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
94 114 134	HR-SDN 모듈 [LC1, LC2, LC18]	프로세서 고장/정지	기기 고장	관련된 각 LC는 이 모듈을 통 해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상 태 정보 연계 불가 .	관련된 각 LC의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	다중 통신 모듈	없음
		잘못된 데 이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단 락, 연결 불 량, 커넥터 손 상, 비정상적 입력 전원	관련된 각 LC는 이 모듈을 통 해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상 태정보 연계 불가 또는 잘못된 데이터 연계가능	주기시험, 관련된 각 LC의 자기 진 단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/ 운전원모듈의 화면	다중 통신 모듈	없음

표 7.3-13 (101 중 51)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
95 115 135	HR-SDN 모듈 [LC1, LC2, LC18]	프로세서 고장/정지	기기 고장	관련된 각 LC는 이 모듈을 통 해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상 태 정보 연계 불가.	관련된 각 LC의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음
		잘못된 데 이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단 락, 연결 불 량, 커넥터 손 상, 비정상적 입력 전원	관련된 각 LC는 이 모듈을 통 해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상 태정보 연계 불가 또는 잘못된 데이터 연계가능	주기시험, 관련된 각 LC의 자기 진 단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/ 운전원모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음

표 7.3-13 (101 중 52)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
96 116 136	HR-SDL 모듈 [LC1, LC2, LC18]	프로세서 고장/정지	기기 고장	관련된 각 LC는 이 모듈을 통 해 공학적안전설비 개시신호, 개별기기 제어 신호, heartbeat 신호를 GC1으로부터 수신불가. 관련된 각 LC의 SQCL은 이 모듈을 통해 신호의 품질을 "Bad"로 정함.	관련된 각 LC의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	기기 제어 논리에 대한 신호는 SQCL를 통해 결 정됨.	없음
		잘못된 데 이터 수신	기기 고장, 핀 개방, 핀 단 락, 연결 불 량, 커넥터 손 상, 비정상적 입력 전원	관련된 각 LC는 이 모듈을 통 해 공학적안전설비 개시신호, 개별기기 제어 신호, heartbeat 신호를 GC1으로부터 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가 능. 관련된 각 LC의 SQCL은 이 모듈을 통해 신호의 품질을 "Bad"로 정함.	주기시험, 관련된 각 LC의 자기 진 단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/ 운전원모듈의 화면	기기 제어 논리에 대한 신호는 SQCL를 통해 결 정됨.	없음
97 117 137	HR-SDL 모듈 [LC1, LC2, LC18]	프로세서 고장/정지	기기 고장	관련된 각 LC는 이 모듈을 통 해 공학적안전설비 개시신호, 개별기기 제어 신호, heartbeat 신호를 GC2으로부터 수신불가. 관련된 각 LC의 SQCL은 이 모듈을 통해 신호의 품질을 "Bad"로 정함.	관련된 각 LC의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	기기 제어 논리에 대한 신호는 SQCL를 통해 결 정됨.	없음

표 7.3-13 (101 중 53)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	7계통 영향
		잘못된 데이터 수신	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	관련된 각 LC는 이 모듈을 통해 공학적안전설비 개시신호, 개별기기 제어 신호, heartbeat 신호를 GC2으로부터 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능. 관련된 각 LC의 SQCL은 이 모듈을 통해 신호의 품질을 "Bad"로 정함.	주기시험, 관련된 각 LC의 자기 진단 정보, 관련된 각 LC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	기기 제어 논리에 대한 신호는 SQCL를 통해 결정됨.	없음
98 118 138	HR-SDL 모듈 [LC1, LC2, LC18]	프로세서 고장/정지	기기 고장	관련된 각 LC는 이 모듈을 통해 공학적안전설비 개시신호, 개별기기 제어 신호, heartbeat 신호를 GC3으로부터 수신불가. 관련된 각 LC의 SQCL은 이 모듈을 통해 신호의 품질을 "Bad"로 정함.	관련된 각 LC의 자기 진단 정보, 관련된 각 LC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	기기 제어 논리에 대한 신호는 SQCL를 통해 결정됨.	없음

표 7.3-13 (101 중 54)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		잘못된 데이터 수신	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	관련된 각 LC는 이 모듈을 통해 공학적안전설비 개시신호, 개별기기 제어 신호, heartbeat 신호를 GC3으로부터 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능. 관련된 각 LC의 SQCL은 이 모듈을 통해 신호의 품질을 "Bad"로 정함.	관련된 각 LC의 자기 진단 정보, 관련된 각 LC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	기기 제어 논리에 대한 신호는 SQCL를 통해 결정됨.	없음
99 119 139	디지털 출력 모듈 [LC1, LC2, LC18]	전체 모듈 고장	기기 고장	관련된 각 LC는 이 모듈을 통해 개별기기 제어 신호를 수신불가.	관련된 각 LC의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	공학적안전설비 기기들은 한 개의 LC station 고장으로 인해 공학적안전설비 트레인의 전체 안전 기능이 상실되지 않도록 분할되어 있으므로, 안전 기능은 유지됨.	없음
		단일 지점 On고장	기기 고장	관련된 각 LC는 구체적인 기기 제어 신호를 "작동"으로 유지함.	관련된 각 LC의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	공학적안전설비 기기들은 한 개의 공학적안전설비 기기의 spurious 작동으로 인해 공학적안전설비 트레인의 전체 안전 기능이 작동되지 않도록 분할되어 있음.	없음

표 7.3-13 (101 중 55)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		단일 지점 Off고장	기기 고장	관련된 각 LC는 구체적인 기기 제어 신호를 "비작동"으로 유지함.	관련된 각 LC의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모들의 화면	공학적안전설비 기기들은 한 개의 LC station 고장으로 인해 공학적안전설비 트레인의 전체 안전 기능이 상실되지 않도록 분할되어 있으므로, 안전 기능은 유지됨.	없음
100 120 140	디지털 입력 모듈 [LC1, LC2, LC18]	전체 모듈 고장	기기 고장	관련된 각 LC는 이 모듈을 통해 유효한 기기 상태, 공정 값 등을 현장으로부터 수신불가. 관련된 기기 데이터는 운전원에게 제공될 수 없음.	관련된 각 LC의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모들의 화면	비록 한 운전원이 특정한 공학적안전설비 기기들을 적절히 작동시킬 수 없다고 할지라도, 공학적안전설비 기기 분할로 인해 전체 안전 기능은 유지됨.	없음
		단일 지점 On고장	기기 고장	관련된 각 LC는 이 지점을 통해 유효한 기기 상태, 공정 값 등을 현장으로부터 수신불가. 관련된 세부적 기기 데이터는 운전원에게 제공될 수 없음.	관련된 각 LC의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모들의 화면	비록 한 운전원이 특정한 공학적안전설비 기기들을 적절히 작동시킬 수 없다고 할지라도, 공학적안전설비 기기 분할로 인해 전체 안전 기능은 유지됨.	없음
		단일 지점 Off고장	기기 고장	관련된 각 LC는 이 지점을 통해 유효한 기기 상태, 공정 값 등을 현장으로부터 수신불가. 관련된 세부적 기기 데이터는 운전원에게 제공될 수 없음.	관련된 각 LC의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모들의 화면	비록 한 운전원이 특정한 공학적안전설비 기기들을 적절히 작동시킬 수 없다고 할지라도, 공학적안전설비 기기 분할로 인해 전체 안전 기능은 유지됨.	없음

표 7.3-13 (101 중 56)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
152	프로세서 모듈 [CCG1]	프로세서 고장/정지	기기 고장	관련된 각 프로세서 모듈의 S/W 동작 불능.	ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	Hot-standby 방식의 다 중화된 프로세서 모듈. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG2) 은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음
		S/W고장	기기 고장	CCG1의 S/W 동작 불능. 또는 CCG1은 개별기기 제어 신호, GC와 ESCM사이에 상태 정보 를 연계불가.	ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	Hot-standby 방식의 다 중화된 프로세서 모듈. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG2) 은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음
		감지 불가한 S/W고장		CCG1의 S/W 동작 불능. 또는 CCG1은 개별기기 제어 신호, GC와 ESCM사이에 상태 정보 를 연계불가.	주기시험, 가능한 알람	Hot-standby 방식의 다 중화된 프로세서 모듈. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG2) 은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함. 비록 한 운전원이 특정한 공학적인안전설비 기기들을 적절히 작동시킬 수 없다 고 할지라도, 공학적인안전 설비 기기 분할로 인해 전체 안전 기능은 유지됨.	없음

표 7.3-13 (101 중 57)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
153	Hot-standby 방식다중화 프로세서 모듈 [CCG1]	프로세서 고장/정지	기기 고장	관련된 각 프로세서 모듈의 S/W 동작 불능.	ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	Hot-standby 방식의 다중화된 프로세서 모듈, ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG2)은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 58)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		S/W고장	기기 고장	관련된 각각의 프로세서 모듈의 S/W 동작 불능. 또는 CCG1은 개별기기 제어 신호, GC와 ESCM사이에 상태 정보를 연계불가.	ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주(Primary) 프로세서 모듈. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG2)은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 59)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
			감지 불가한 S/W고장	관련된 각각의 프로세서 모듈은 개별기기 제어 신호, 상태 정보를 연계불가, 또는 GC와 ESCM사이 잘못된 데이터를 연계가능.	주기시험, 가능한 알람, 개별 공학적 안전설비 기기의 spurious 작동, 시험기능 고장 상태로 인한 운전원모듈 및 보수시험반 화면에 Trouble 지시/경보	Hot-standby 방식의 다중화된 프로세서 모듈. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG2)은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함. 비록 한 운전원이 특정한 공학적안전설비 기기들을 적절히 작동시킬 수 없다고 할지라도, 공학적안전설비 기기 분할로 인해 전체 안전 기능은 유지됨.	없음

표 7.3-13 (101 중 60)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
154	HR-SDN 모듈 [CCG1]	프로세서 고장/정지	기기 고장	CCG1은 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가	CCG1의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	다중 통신 모듈	없음
		잘못된 데이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	CCG1은 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가, 또는 잘못된 데이터를 연계가능	주기시험, CCG1의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	다중 통신 모듈	없음
155	HR-SDN 모듈 [CCG1]	프로세서 고장/정지	기기 고장	CCG1은 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가	CCG1의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음

표 7.3-13 (101 중 61)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		잘못된 데이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	CCG1은 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가, 또는 잘못된 데이터를 연계가능	주기시험, CCG1의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음
156	HR-SDN 모듈 [CCG1]	프로세서 고장/정지	기기 고장	CCG1은 이 모듈을 통해 DCN-M1 네트워크에 연결된 ESCM으로부터 개별기기 제어 신호를 수신불가.	CCG1의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG2)은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 62)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		잘못된 데이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	CCG1은 이 모듈을 통해 DCN-M1 네트워크에 연결된 ESCM으로부터 개별기기 제어 신호를 수신불가.	주기시험, CCG1의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG2)은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음
157	HR-SDN 모듈 [CCG1]	프로세서 고장/정지	기기 고장	CCG1은 이 모듈을 통해 DCN-M1 네트워크에 연결된 ESCM에 상태 정보를 전송불가.	CCG1의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	상태 정보에 대한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG2)은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음
		잘못된 데이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	CCG1은 이 모듈을 통해 DCN-M1 네트워크에 연결된 ESCM에 상태 정보를 전송불가, 또는 잘못된 데이터를 전송함.	주기시험, CCG1의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	상태 정보에 대한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG2)은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 63)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
158	HR-SDL 모듈 [CCG1]	프로세서 고장/정지	기기 고장	CCG1은 GC에 개별기기 제어 신호를 전송불가. CCG1은 CPM에 채널 확인 요청 신호를 전송불가.	CCG1의 자기 진단 정보, GC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/ 운전원모듈의 화면	GC는 SQCL에 의해서 CCG2로부터 개별기기 제 어 신호를 수신함. CPM 은 CCG2로부터 채널 확 인 요청 신호를 수신함.	없음
		잘못된 데 이터 전송	기기 고장, 핀 개방, 핀 단 락, 연결 불 량, 커넥터 손 상, 비정상적 입력 전원	CCG1은 GC에 개별기기 제어 신호를 전송하지 못 가능. CCG1은 CPM에 채널 확인 요 청 신호를 전송불가, 또는 잘못 된 데이터를 CPM에 전송가능.	주기기시험, CCG1의 자기 진단 정보, GC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시 험반/운전원모듈의 화면	GC는 SQCL에 의해서 CCG2로부터 개별기기 제 어 신호를 수신함. CPM 은 CCG2로부터 채널 확 인 요청 신호를 수신함.	없음
159	HR-SDL 모듈 [CCG1]	프로세서 고장/정지	기기 고장	CCG1은 이 모듈을 통해 CPM 로부터 채널 확인 신호를 수신 불가. CCG1은 이 모듈을 통해 RSR CPM로부터 채널 확인 신호와 전환 스위치 신호를 수 신불가.	CCG1의 자기 진단 정보, ITP 감시 기 능, 보수시험반/운 전원모듈의 화면	이 신호들에 대한 다중 통신모듈은 관련 통신 모 듈 고장의 영향을 제거함.	없음
		잘못된 데 이터 수신	기기 고장, 핀 개방, 핀 단 락, 연결 불 량, 커넥터 손 상, 비정상적 입력전원	CCG1은 이 모듈을 통해 CPM 로부터 채널 확인 신호를 수신 불가, 또는 잘못된 데이터를 수 신가능. CCG1은 이 모듈을 통 해 RSR CPM로부터 채널 확 인 신호와 전환 스위치 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이 터를 수신가능.	주기기시험, CCG1의 자기진단정보, ITP 감시 기능, 보수시 험반/운전원모듈의 화면	이 신호들에 대한 다중 통신모듈은 관련 통신 모 듈 고장의 영향을 제거함.	없음
160	HR-SDL 모듈 [CCG1]	프로세서 고장/정지	기기 고장	CCG1은 이 모듈을 통해 CPM 로부터 채널 확인 신호를 수신 불가. CCG1은 이 모듈을 통해 RSR CPM로부터 채널 확인 신호와 전환 스위치 신호를 수신불가.	CCG1의 자기 진단 정보, ITP 감시 기 능, 보수시험반/운 전원모듈의 화면	이 신호들에 대한 주 (Primary) 통신 모듈은 관련통신 모듈 고장의 영 향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 64)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		잘못된 데이터 수신	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	CCG1은 이 모듈을 통해 CPM로부터 채널 확인 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능. CCG1은 이 모듈을 통해 RSR CPM로부터 채널 확인 신호와 전환 스위치 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능.	주기시험, CCG1의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	이 신호들에 대한 다중통신 모듈은 관련 통신 모듈 고장의 영향을 제거함.	없음
161	디지털 입력 모듈[CCG1]	전체 모듈 고장	기기 고장	CCG1은 계측제어기기실에 위치한 전환 스위치 신호를 수신불가.	CCG1의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주 전환 기능은 RSR에 위치한 전환 스위치에 의해 수행되고, 계측제어기기실에 위치한 전환 스위치는 부수적인 수단임. 그래서 주 전환 기능은 RSR에 위치한 전환 스위치에 의해 수행될 수 있음.	없음
		단일 지점 On고장	기기 고장	CCG1은 계측제어기기실에 위치한 구체적인 전환 스위치 신호를 "On"으로 부적절하게 유지함. 타 station은 자기 진단을 통해 이 신호를 무효로 결정함.	CCG1의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주 전환 기능은 RSR에 위치한 전환 스위치에 의해 수행되고, 계측제어기기실에 위치한 전환 스위치는 부수적인 수단임. 그래서 주 전환 기능은 RSR에 위치한 전환 스위치에 의해 수행될 수 있음.	없음

표 7.3-13 (101 중 65)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		단일 지점 Off고장	기기 고장	CCG1은 계측제어기기실에 위치한 구체적인 전환 스위치 신호를 "Off"로 부적절하게 유지함. 타 station은 자기 진단을 통해 이 신호를 무효로 결정함.	CCG1의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주 전환 기능은 RSR에 위치한 전환 스위치에 의해 수행되고, 계측제어기기실에 위치한 전환 스위치는 부수적인 수단임. 그래서 주 전환 기능은 RSR에 위치한 전환 스위치에 의해 수행될 수 있음.	없음
172	프로세서 모듈 [CCG2]	프로세서 고장/정지	기기 고장	관련된 각각의 프로세서 모듈의 S/W 동작 불능.	ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	Hot-standby 방식의 다중화된 프로세서 모듈. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG1)은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 66)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		S/W고장	기기 고장	CCG2의 S/W 동작 불능. 또는 CCG2은 개별기기 제어 신호, GC와 ESCM사이의 상태 정보를 연계불가.	ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모들의 화면	Hot-standby 방식의 다중화된 프로세서 모듈, ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG1)은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음
			감지 불가능한 S/W고장	CCG2의 S/W 동작 불능. 또는 GC와 ESCM사이의 잘못된 데이터를 연계가능.	주기시험, 가능한 알람	Hot-standby 방식의 다중화된 프로세서 모듈, ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG1)은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함. 비록 한 운전원이 특정한 공학적안전설비 기기들을 적절히 작동시킬 수 없다고 할지라도, 공학적안전설비 기기 분할로 인해 전체 안전 기능은 유지됨.	없음

표 7.3-13 (101 중 67)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
173	Hot-standby 방 식다중화 프로 세서 모듈 [CCG2]	프로세서 고장/정지	기기 고장	관련된 각각의 프로세서 모듈 의 S/W 동작 불능.	ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	주(Primary) 프로세서 모 듈. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG1) 은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음
		S/W고장	기기 고장	CCG2의 S/W 동작 불능. 또는 CCG2은 개별기기 제어 신호, GC와 ESCM사이에 상태 정보 를 연계불가.	ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	주(Primary) 프로세서 모 듈. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG1) 은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 68)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
			감지 불가한 S/W고장	관련된 각 프로세서 모듈은 개별기기 제어 신호, 상태 정보를 접속불가, 또는 GC와 ESCM사이의 잘못된 데이터를 연계불가.	주기시험, 가능한 알람, 개별 공학적 안전설비 기기의 spurious 작동, 시험기능 고장 상태로 인한 운전원모듈 및 보수시험반 화면에 Trouble 지시/경보	주(Primary) 프로세서 모듈. ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG1)은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함. 비록 한 운전원이 특정한 공학적안전설비 기기들을 적절히 작동시킬 수 없다고 할지라도, 공학적안전설비 기기 분할로 인해 전체 안전 기능은 유지됨.	없음

표 7.3-13 (101 중 69)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
174	HR-SDN 모듈 [CCG2]	프로세서 고장/정지	기기 고장	CCG2는 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가 .	CCG2의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	다중 통신 모듈	없음
		잘못된 데이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	CCG2는 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가 , 또는 잘못된 데이터를 연계가능.	주기시험, CCG2의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	다중 통신 모듈	없음
175	HR-SDN 모듈 [CCG2]	프로세서 고장/정지	기기 고장	CCG2는 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가 .	CCG2의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음

표 7.3-13 (101 중 70)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		잘못된 데이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	CCG2는 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가, 또는 잘못된 데이터를 연계가능.	주기시험, CCG2의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음
176	HR-SDN 모듈 [CCG2]	프로세서 고장	기기 고장	CCG2는 이 모듈을 통해 DCN-M2에 연결된 ESCM으로부터 개별기기 제어 신호를 수신불가.	CCG2의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG1)은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 71)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		잘못된 데이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	CCG2는 이 모듈을 통해 DCN-M2에 연결된 ESCM으로부터 개별기기 제어 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능.	주기시험, CCG2의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG1)은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음
177	HR-SDN 모듈 [CCG2]	프로세서 고장	기기 고장	CCG2는 이 모듈을 통해 DCN-M2에 연결된 ESCM에 상태 정보를 전송불가.	CCG2의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG1)은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음
		잘못된 데이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	CCG2는 이 모듈을 통해 DCN-M2에 연결된 ESCM에 상태 정보를 전송불가, 또는 잘못된 데이터를 전송가능.	주기시험, CCG2의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	ESCM의 개별기기 제어 신호를 위한 랙 기반의 다중 통신 시스템(CCG1)은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 72)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
178	HR-SDN 모듈 [CCG2]	프로세서 고장	기기 고장	CCG2는 개별기기 제어 신호를 GC에 전송할 수 없음. CCG2는 CPM에 채널 확인 요청 신호를 전송불가.	CCG2의 자기 진단 정보, GC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	GC는 SQCL에 의해서 CCG1로부터 개별기기 제어 신호를 수신함. CPM은 CCG1로부터 채널 확인 요청 신호를 수신함.	없음
		잘못된 데이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	CCG2는 개별기기 제어 신호를 GC에 전송할 수 없거나, 잘못된 데이터를 전송할 수 있음. CCG2는 CPM에 채널 확인 요청 신호를 전송불가, 또는 잘못된 데이터를 전송할 수 있음.	주기시험, CCG2의 자기 진단 정보, GC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	GC는 SQCL에 의해서 CCG1로부터 개별기기 제어 신호를 수신함. CPM은 CCG1로부터 채널 확인 요청 신호를 수신함.	없음
179	HR-SDL 모듈 [CCG2]	프로세서 고장	기기 고장	CCG2는 이 모듈을 통해 CPM으로부터 채널 확인 신호를 수신불가. CCG2는 이 모듈을 통해 RSR CPM으로부터 전환 스위치 신호와 채널 확인 신호를 수신불가.	CCG2의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	이 신호들에 대한 다중통신 모듈은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 73)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		잘못된 데이터 수신	기기 고장, 편 개방, 편 단 락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	CCG2는 이 모듈을 통해 CPM 으로부터 채널 확인 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능. CCG2는 이 모듈을 통해 RSR CPM으로부터 전환 스위치 신호와 채널 확인 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능.	주기시험, CCG2의 자기 진단 정보, GC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	이 신호들에 대한 다중 통신 모듈은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음
180	HR-SDL 모듈 [CCG2]	프로세서 고장	기기 고장	CCG2는 이 모듈을 통해 CPM 으로부터 채널 확인 신호를 수신불가. CCG2는 이 모듈을 통해 RSR CPM으로부터 전환 스위치 신호와 채널 확인 신호를 수신불가.	CCG2의 자기 진단 정보, GC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	이 신호들에 대한 다중 통신 모듈은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 74)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		잘못된 데이터 수신	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	CCG2은 이 모듈을 통해 CPM로부터 채널 확인 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능. CCG2은 이 모듈을 통해 RSR CPM로부터 채널 확인 신호와 전환 스위치 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능.	주기시험, CCG2의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	이 신호들에 대한 주 (Primary) 통신 모듈은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음
181	디지털 입력 모듈[CCG2]	전체 모듈 고장	기기 고장	CCG2은 계측제어기기실에 위치한 전환 스위치 신호를 수신불가.	CCG2의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주 전환 기능은 RSR에 위치한 전환 스위치에 의해 수행되고, 계측제어기기실에 위치한 전환 스위치는 부수적인 수단임. 그래서 주 전환 기능은 RSR에 위치한 전환 스위치에 의해 수행될 수 있음.	없음
		단일 지점 On고장	기기 고장	CCG2은 계측제어기기실에 위치한 구체적인 전환 스위치 신호를 "On"으로 부적절하게 유지함. 타 station은 자기 진단을 통해 이 신호를 무효로 결정함.	CCG2의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주 전환 기능은 RSR에 위치한 전환 스위치에 의해 수행되고, 계측제어기기실에 위치한 전환 스위치는 부수적인 수단임. 그래서 주 전환 기능은 RSR에 위치한 전환 스위치에 의해 수행될 수 있음.	없음

표 7.3-13 (101 중 75)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		단일 지점 Off고장	기기 고장	CCG2은 계측제어기기실에 위치한 구체적인 전환 스위치 신호를 "Off"로 부적절하게 유지함. 타 station은 자기 진단을 통해 이 신호를 무효로 결정함.	CCG2의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주 전환 기능은 RSR에 위치한 전환 스위치에 의해 수행되고, 계측제어기기실에 위치한 전환 스위치는 부수적인 수단임. 그래서 주 전환 기능은 RSR에 위치한 전환 스위치에 의해 수행될 수 있음.	없음
192	프로세서 모듈 [CPM]	프로세서 고장/정지	기기 고장	CPM의 S/W 동작 불능.	ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	Hot-standby 방식의 다중화 프로세서 모듈. 4개의 독립적인 공학적안전설비-기기제어계통 채널은 시스템 레벨 작동을 위한 다중성을 제공함. ESCM은 CPM 고장의 경우에 수동 조작의 대체 수단을 제공함.	없음(4개의 독립적인 공학적안전설비-기기제어계통채널과 대안이 되는 수동 조작수단(ESCM)에 의해 안전 기능을 유지하는 것이 가능함.)

표 7.3-13 (101 중 76)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		S/W고장	기기 고장	CPM의 S/W 동작 불능. 또는 CPM은 GC와 안전 제어반 사이에 상태 정보, 개별기기 제어 신호, RMA 스위치 신호를 연계불가.	ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모들의 화면	Hot-standby 방식의 프로세서 모듈. 4개의 독립적인 공학적안전설비-기기제어계통 채널은 시스템 레벨 작동을 위한 다중성을 제공함. ESCM은 CPM 고장의 경우에 수동 조작의 대체 수단을 제공함.	없음(4개의 독립적인 공학적안전설비-기기제어계통채널과 대안이 되는 수동 조작수단(ESCM)에 의해 안전 기능을 유지하는 것이 가능함.)
			감지 불가능한 S/W고장	CPM은 GC와 안전 제어반 사이에 상태 정보, 개별기기 제어 신호, RMA 스위치 신호를 연계불가, 또는 잘못된 데이터를 연계가능.	주기시험, 가능한 알람	Hot-standby 방식의 다중화 프로세서 모듈. 4개의 독립적인 공학적안전설비-기기제어계통 채널은 시스템 레벨 작동을 위한 다중성을 제공함. ESCM은 CPM 고장의 경우에 수동 조작의 대체 수단을 제공함.	없음(4개의 독립적인 공학적안전설비-기기제어계통채널과 대안이 되는 수동 조작수단(ESCM)에 의해 안전 기능을 유지하는 것이 가능함.)

표 7.3-13 (101 중 77)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
193	프로세서 모듈 [CPM]	프로세서 고장	기기 고장	관련된 각 프로세서 모듈의 S/W 동작 불능.	ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 들의 화면	Hot-standby 방식의 다 중화 프로세서 모듈. 4개의 독립적인 공학적안전 설비-기기제어계통 채 널은 시스템 레벨 작동을 위한 다중성을 제공함. ESCM은 CPM 고장의 경 우에 수동 조작의 대체 수단을 제공함.	없음(4개의 독립 적인 공학적안전 설비-기기제어계 통채널과 대안이 되는 수동 조작 수단(ESCM)에 의 해 안전 기능을 유지하는 것이 가 능함.)

표 7.3-13 (101 중 78)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		S/W고장	기기 고장	관련된 각각의 프로세서 모듈의 S/W 동작 불능. 또는 CPM은 GC와 안전 제어반 사이에 상태 정보, 개별기기 제어 신호, RMA 스위치 신호를 연계 불가.	ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주(Primary) 프로세서 모듈. 4개의 독립적인 공학적안전설비-기기제어계통 채널은 시스템 레벨 작동을 위한 다중성을 제공함. ESCM은 CPM 고장의 경우에 수동 조작의 대체 수단을 제공함.	없음(4개의 독립적인 공학적안전설비-기기제어계통채널과 대안이 되는 수동 조작수단(ESCM)에 의해 안전 기능을 유지하는 것이 가능함.)
			감지 불가능한 S/W고장	관련된 각각의 프로세서 모듈은 GC와 안전 제어반 사이에 상태 정보, 개별기기 제어 신호, RMA 스위치 신호를 연계 불가, 또는 잘못된 데이터를 연계 가능.	주기시험, 가능한 알람	주(Primary) 프로세서 모듈. 4개의 독립적인 공학적안전설비-기기제어계통 채널은 시스템 레벨 작동을 위한 다중성을 제공함. ESCM은 CPM 고장의 경우에 수동 조작의 대체 수단을 제공함.	없음(4개의 독립적인 공학적안전설비-기기제어계통채널과 대안이 되는 수동 조작수단(ESCM)에 의해 안전 기능을 유지하는 것이 가능함.)

표 7.3-13 (101 중 79)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
194	HR-SDN 모듈 [CPM]	프로세서 고장	기기 고장	CPM은 이 모듈을 통해 상태 정보, heartbeat 신호를 타 station과 연계불가.	CPM의 자기 진단 정보, ITP 감시 기 능, 보수시험반/운 전원모듈의 화면	다중 통신 모듈	없음
		잘못된 데 이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단 락, 연결 불 량, 커넥터 손 상, 비정상적 입력 전원	CPM은 이 모듈을 통해 상태 정보, heartbeat 신호를 타 station과 연계불가, 또는 잘못 된 데이터를 연계가능.	주기시험, CPM의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	다중 통신 모듈	없음

표 7.3-13 (101 중 80)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
195	HR-SDN 모듈 [CPM]	프로세서 고장	기기 고장	CPM은 이 모듈을 통해 상태 정보, heartbeat 신호를 타 station과 연계불가.	CPM의 자기 진단 정보, ITP 감시 기 능, 보수시험반/운 전원모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음
		잘못된 데 이터 연계	기기 고장, 편 개방, 편 단 락, 연결 불 량, 커넥터 손 상, 비정상적 입력 전원	CPM은 이 모듈을 통해 상태 정보, heartbeat 신호를 타 station과 연계불가, 또는 잘못 된 데이터를 연계가능.	주기시험, CPM의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음
196	HR-SDL 모듈 [CPM]	프로세서 고장	기기 고장	CPM은 이 모듈을 통해 RMA 스위치 신호와 개별기기 제어 신호를 GC에 전송불가. CPM 은 이 모듈을 통해 CCG1과 CCG2에 채널 확인 신호를 전 송할 수 없음.	CPM의 자기 진단 정보, GC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/ 운전원모듈의 화면	이 신호들에 대한 다중 통신 모듈은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거 함.	없음

표 7.3-13 (101 중 81)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		잘못된 데이터 전송	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	CPM은 이 모듈을 통해 RMA 스위치 신호와 개별기기 제어 신호를 GC에 전송불가, 또는 잘못된 데이터를 전송가능. CPM은 이 모듈을 통해 CCG1과 CCG2에 채널 확인 신호를 전송할 수 없거나, 잘못된 데이터를 전송가능.	주기시험, CPM의 자기 진단 정보, GC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	이 신호들에 대한 다중 통신 모듈은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음
197	HR-SDL 모듈 [CPM]	프로세서 고장	기기 고장	CPM은 이 모듈을 통해 RMA 스위치 신호와 개별기기 제어 신호를 GC에 전송불가. CPM은 이 모듈을 통해 CCG1과 CCG2에 채널 확인 신호를 전송할 수 없음.	CPM의 자기 진단 정보, GC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	이 신호들에 대한 주 (Primary) 통신 모듈은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 82)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		잘못된 데이터 전송	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	CPM은 이 모듈을 통해 RMA 스위치 신호와 개별기기 제어 신호를 GC에 전송불가, 또는 잘못된 데이터를 전송가능. CPM은 이 모듈을 통해 CCG1과 CCG2에 채널 확인 신호를 전송할 수 없거나, 잘못된 데이터를 전송가능.	주기시험, CPM의 자기 진단 정보, GC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	이 신호들에 대한 주 (Primary) 통신 모듈은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음
198	HR-SDL 모듈 [CPM]	프로세서 고장	기기 고장	CPM은 이 모듈을 통해 CCG1로부터 채널 확인 요청 신호를 수신할 수 없음.	CPM의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	CCG2를 위한 다중화 모듈	없음

표 7.3-13 (101 중 83)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		잘못된 데이터 수신	기기 고장, 편 개방, 편 단 락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	CPM은 이 모듈을 통해 CCG1로부터 채널 확인 요청 신호를 수신할 수 없거나, 잘못된 데이터를 수신가능.	주기시험, CPM의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모들의 화면	CCG2를 위한 다중화 모듈	없음
199	HR-SDL 모듈 [CPM]	프로세서 고장	기기 고장	CPM은 이 모듈을 통해 CCG2로부터 채널 확인 요청 신호를 수신할 수 없음.	CPM의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모들의 화면	CCG1를 위한 다중화 모듈	없음
		잘못된 데이터 수신	기기 고장, 편 개방, 편 단 락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	CPM은 이 모듈을 통해 CCG2로부터 채널 확인 요청 신호를 수신할 수 없거나, 잘못된 데이터를 수신가능.	주기시험, CPM의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모들의 화면	CCG1를 위한 다중화 모듈	없음

표 7.3-13 (101 중 84)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
202	프로세서 모듈 [RCPM]	프로세서 고장	기기 고장	RSR CPM의 S/W 동작 불능.	ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모 들의 화면	Hot-standby 방식의 다 중화 프로세서 모듈. 4개의 독립적인 공학적안전 설비-기기제어계통 채널 은 시스템 레벨 작동을 위한 다중성을 제공함. ESCM은 CPM 고장의 경 우에 수동 조작의 대체 수단을 제공함.	없음(4개의 독립 적인 공학적안전 설비-기기제어계 통채널과 대안이 되는 수동 조작 수단(ESCM)에 의 해 안전 기능을 유지하는 것이 가 능함.)
		S/W고장	기기 고장	RSR CPM의 S/W 동작 불능. 또는 RSR CPM은 GC에 RMA 스위치 신호를 전송불가. 또는 RSR CPM은 CCG1, CCG2로 채널 확인 신호와 전환 스위치 신호를 전송불가.	ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모 들의 화면	Hot-standby 방식의 다 중화 프로세서 모듈. 4개의 독립적인 공학적안전 설비-기기제어계통 채널 은 시스템 레벨 작동을 위한 다중성을 제공함. ESCM은 CPM 고장의 경 우에 수동 조작의 대체 수단을 제공함.	없음(4개의 독립 적인 공학적안전 설비-기기제어계 통채널과 대안이 되는 수동 조작 수단(ESCM)에 의 해 안전 기능을 유지하는 것이 가 능함.)

표 7.3-13 (101 중 85)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
			감지 불가한 S/W고장	RSR CPM은 GC에 RMA 스위치 신호를 전송불가, 또는 잘못된 데이터를 전송가능. RSR CPM은 CCG1, CCG2로 채널 확인 신호와 전환 스위치 신호를 전송불가, 또는 잘못된 데이터를 전송가능.	주기시험, 가능한 알람	Hot-standby 방식의 다중화 프로세서 모듈. 4개의 독립적인 공학적안전설비-기기제어계통 채널은 시스템 레벨 작동을 위한 다중성을 제공함. ESCM은 CPM 고장의 경우에 수동 조작의 대체수단을 제공함.	없음(4개의 독립적인 공학적안전설비-기기제어계통채널과 대안이 되는 수동 조작수단(ESCM)에 의해 안전 기능을 유지하는 것이 가능함.)

표 7.3-13 (101 중 86)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
203	프로세서 모듈 [RCPM]	프로세서 고장	기기 고장	관련된 각각의 프로세서 모듈 의 S/W 동작 불능.	ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 들의 화면	주(Primary) 프로세서 모 듈. 4개의 독립적인 공학적안전 설비-기기제어계통 채널 은 시스템 레벨 작동을 위한 다중성을 제공함. ESCM은 CPM 고장의 경 우에 수동 조작의 대체 수단을 제공함.	없음(4개의 독립 적인 공학적안전 설비-기기제어계 통채널과 대안이 되는 수동 조작 수단(ESCM)에 의 해 안전 기능을 유지하는 것이 가 능함.)
		S/W고장	기기 고장	관련된 각각의 프로세서 모듈 의 S/W 동작 불능. 또는 RSR CPM은 GC에 RMA 스위치 신 호를 전송불가. 또는 RSR CPM은 CCG1, CCG2로 채널 확인 신호와 전환 스위치 신호 를 전송불가.	ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 들의 화면	주(Primary) 프로세서 모 듈. 4개의 독립적인 공학적안전 설비-기기제어계통 채널 은 시스템 레벨 작동을 위한 다중성을 제공함. ESCM은 CPM 고장의 경 우에 수동 조작의 대체 수단을 제공함.	없음(4개의 독립 적인 공학적안전 설비-기기제어계 통채널과 대안이 되는 수동 조작 수단(ESCM)에 의 해 안전 기능을 유지하는 것이 가 능함.)

표 7.3-13 (101 중 87)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
			감지 불가한 S/W고장	관련된 각각의 프로세서 모듈은 GC에 RMA 스위치 신호를 전송불가, 또는 잘못된 데이터를 전송가능. RSR CPM은 CCG1, CCG2로 채널 확인 신호와 전환 스위치 신호를 전송불가, 또는 잘못된 데이터를 전송가능.	주기시험, 가능한 알람	주(Primary) 프로세서 모듈. 4개의 독립적인 공학적안전설비-기기제어계통 채널은 시스템 레벨 작동을 위한 다중성을 제공함. ESCM은 CPM 고장의 경우에 수동 조작의 대체수단을 제공함.	없음(4개의 독립적인 공학적안전설비-기기제어계통채널과 대안이 되는 수동 조작수단(ESCM)에 의해 안전 기능을 유지하는 것이 가능함.)

표 7.3-13 (101 중 88)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
204	HR-SDN 모듈 [RCPM]	프로세서 고장	기기 고장	RSR CPM은 이 모듈을 통해 상태 정보, heartbeat 신호를 타 station과 연계불가.	RSR CPM의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운 전원모듈의 화면	다중 통신 모듈	없음
		잘못된 데 이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단 락, 연결 불 량, 커넥터 손 상, 비정상적 입력 전원	RSR CPM은 이 모듈을 통해 상태 정보, heartbeat 신호를 타 station과 연계불가, 또는 잘 못된 데이터를 연계가능.	주기시험, RSR CPM의 자기 진단 정 보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원 모듈의 화면	다중 통신 모듈	없음
205	HR-SDN 모듈 [RCPM]	프로세서 고장	기기 고장	RSR CPM은 이 모듈을 통해 상태 정보, heartbeat 신호를 타 station과 연계불가.	RSR CPM의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운 전원모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음
		잘못된 데 이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단 락, 연결 불 량, 커넥터 손 상, 비정상적 입력 전원	RSR CPM은 이 모듈을 통해 상태 정보, heartbeat 신호를 타 station과 연계불가, 또는 잘 못된 데이터를 연계가능.	주기시험, RSR CPM의 자기 진단 정 보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원 모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음

표 7.3-13 (101 중 89)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
206	HR-SDL 모듈 [RCPM]	프로세서 고장	기기 고장	관련된 각각의 프로세서 모듈 은 GC에 RMA 스위치 신호를 전송불가. RSR CPM은 CCG1, CCG2로 채널 확인 신호와 전 환 스위치 신호를 전송불가.	RSR CPM의 자기 진단 정보, GC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/ 운전원모듈의 화면	이 신호들에 대한 다중 통신 모듈은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거 함.	없음
		잘못된 데 이터 전송	기기 고장, S/W고장	관련된 각각의 프로세서 모듈 은 GC에 RMA 스위치 신호를 전송불가, 또는 잘못된 데이터 를 전송가능. RSR CPM은 CCG1, CCG2로 채널 확인 신 호와 전환 스위치 신호를 전송 불가, 또는 잘못된 데이터를 전 송가능.	주기시험, RSR CPM의 자기 진단 정보, GC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/ 운전원모듈의 화면	이 신호들에 대한 다중 통신 모듈은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거 함.	없음

표 7.3-13 (101 중 90)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
207	HR-SDL 모듈 [RCPM]	프로세서 고장	기기 고장	관련된 각각의 프로세서 모듈은 GC에 RMA 스위치 신호를 전송불가. RSR CPM은 CCG1, CCG2로 채널 확인 신호와 전환 스위치 신호를 전송불가.	RSR CPM의 자기 진단 정보, GC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	이 신호들에 대한 주 (Primary) 통신 모듈은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음
		잘못된 데이터 전송	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	관련된 각각의 프로세서 모듈은 GC에 RMA 스위치 신호를 전송불가, 또는 잘못된 데이터를 전송가능. RSR CPM은 CCG1, CCG2로 채널 확인 신호와 전환 스위치 신호를 전송불가, 또는 잘못된 데이터를 전송가능.	주기시험, RSR CPM의 자기 진단 정보, GC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	이 신호들에 대한 주 (Primary) 통신 모듈은 관련된 통신 모듈의 고장 영향을 제거함.	없음

표 7.3-13 (101 중 91)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
208	HR-SDL 모듈 [RCPM]	프로세서 고장	기기 고장	RSR CPM은 이 모듈을 통해 CCG1로부터 채널 확인 요청 신호를 수신불가.	RSR CPM의 자기 진단 정보, ITP 감 시 기능, 보수시험 반/운전원 모듈의 화면	CCG2에 대한 다중화 모 듈	없음
		잘못된 데 이터 수신	기기 고장, 핀 개방, 핀 단 락, 연결 불 량, 커넥터 손 상, 비정상적 입력 전원	RSR CPM은 이 모듈을 통해 CCG1로부터 채널 확인 요청 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능.	주기시험, RSR CPM의 자기 진단 정보, ITP 감시 기 능, 보수시험반/운 전원모듈의 화면	CCG2에 대한 다중화 모 듈	없음

표 7.3-13 (101 중 92)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
209	HR-SDL 모듈 [RCPM]	프로세서 고장	기기 고장	RSR CPM은 이 모듈을 통해 CCG2로부터 채널 확인 요청 신호를 수신불가.	RSR CPM의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	CCG1에 대한 다중화 모듈	없음
		잘못된 데이터 수신	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	RSR CPM은 이 모듈을 통해 CCG2로부터 채널 확인 요청 신호를 수신불가, 또는 잘못된 데이터를 수신가능.	주기시험, RSR CPM의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	CCG1에 대한 다중화 모듈	없음
222	프로세서 모듈 [ITP]	프로세서 고장	기기 고장	ITP는 자신의 S/W를 수행불가.	보수시험반/운전원 모듈의 화면	ITP는 안전 기능을 수행 안함.	없음
		S/W고장	기기 고장	ITP는 자신의 S/W를 수행불가.	보수시험반/운전원 모듈의 화면	ITP는 안전 기능을 수행 안함.	없음
			감지 불가능한 S/W고장	ITP가 연속적으로 시험 관련 잘못된 데이터를 수신함. S/W 가동 시험 불합격	주기시험, 가능한 알람	안전기능을 수행하는 타 station들은 스스로 시험을 수행할지 아닐지를 결정함. 시험 타임아웃이 작동됨.	없음

표 7.3-13 (101 중 93)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
223	HR-SDN 모듈 [ITP]	프로세서 고장	기기 고장	ITP는 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가 .	ITP의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	다중 통신 모듈	없음
		잘못된 데이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	ITP는 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태정보 연계 불가 또는 잘못된 데이터 연계 가능.	주기시험, ITP의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	다중 통신 모듈	없음

표 7.3-13 (101 중 94)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
224	HR-SDN 모듈 [ITP]	프로세서 고장	기기 고장	ITP는 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가 .	ITP의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음
		잘못된 데이터 연계	기기 고장, 핀 개방, 핀 단락, 연결 불량, 커넥터 손상, 비정상적 입력 전원	ITP는 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태정보 연계 불가 또는 잘못된 데이터 연계 가능.	주기시험, ITP의 자기 진단 정보, ITP 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음

표 7.3-13 (101 중 95)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
230 231 232 233 234 240 241 242 243 244	ESCMs in ESCN-M1	Off 또는 부 정 확 한 화면	기기 고장	없거나 부정확한 화면	공학적안전설비-기 기제어계통 제어 상태 피드백으로부 터 Trouble 및 불 능 알람 신호, FPD에 대한 운전 원의 외관 검사	ESCM으로부터 발생된 제어 신호는 CCG내 채널 확인 스위치와 연동됨. MCR과 RSR의 각 제어 반에 다중화된 ESCM .	없음
		부 정 확 한 데이터 연 계 또는 데이터 손 실	기기 고장, 연 결 불량	ESCM은 information FPD로부 터 운전원이 선택한 기기ID를 수신 못 할 수 있음.	ESCM에 대한 운 전원의 외관 검사	ESCM은 기기를 선택하 는데 사용됨.	없음
250	보수시험반	Off 또는 부 정 확 한 화면	기기 고장	보수시험반 화면은 멈추게 되 고 기술자의 입력에 반응하지 않거나 갱신하지 않음.	FPD에 대한 운전 원의 외관 검사	보수시험반은 안전 기능 을 수행하지 않음.	없음
		전송 실패	기기 고장, 광 케이블 단선/ 터짐	이 경로를 통한 신호는 IPS에 전송될 수 없음.	FPD에 대한 운전 원의 외관 검사	각 채널의 보수시험반은 신호를 IPS로 보내는 것 에 대해서 다중화된 네트 워크로 구성됨.	없음
260	운전원모듈	Off 또는 부 정 확 한 화면	기기 고장	운전원모듈 화면은 멈추게 되 고 기술자의 입력에 반응하지 않거나 갱신하지 않음.	FPD에 대한 운전 원의 외관 검사	운전원모듈은 안전 기능 을 수행하지 않음.	없음
251	HR-SDN 모듈 [보수시험반]	프 로 세 서 고장	기기 고장	보수시험반은 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상 태 정보 연계 불가 .	보수시험반의 자기 진단 정보, 보수시 험반 감시 기능, 보수시험반/운전원 모듈의 화면	이중화(Secondary) 통신 모듈	없음

7.3-185

신한올 1,2호기 최종안전성분석보고서

2

표 7.3-13 (101 중 96)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
				ITP는 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태정보 연계 불가 또는 잘못된 데이터 연계 가능.	주기시험, 보수시험반의 자기 진단 정보, 보수시험반 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	이중화(Secondary) 통신 모듈	없음
252	HR-SDN 모듈 [보수시험반]	프로세서 고장	기기 고장	ITP는 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가 .	보수시험반의 자기 진단 정보, 보수시험반 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음
		잘못된 데이터 연계	기기 고장, 연결 불량	ITP는 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태정보 연계 불가 또는 잘못된 데이터 연계 가능.	주기시험, 보수시험반의 자기 진단 정보, 보수시험반 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음

표 7.3-13 (101 중 97)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
253	HR-SDN 모듈 [운전원모듈]	프로세서 고장	기기 고장	운전원모듈은 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가 .	운전원모듈의 자기 진단 정보, 운전원 모듈 감시 기능, 보수시험반/운전원 모듈의 화면	이중화(Secondary) 통신 모듈	없음
		잘못된 데이터 연계	기기 고장, 연결 불량	운전원모듈은 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태정보 연계 불가 또는 잘못된 데이터 연계가능.	주기시험, 보수시험반의 자기 진단 정보, 보수시험반 감시 기능, 보수시험반/운전원모듈의 화면	이중화(Secondary) 통신 모듈	없음
261	HR-SDN 모듈 [운전원모듈]	프로세서 고장	기기 고장	운전원모듈은 이 모듈을 통해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태 정보 연계 불가 .	운전원모듈의 자기 진단 정보, 운전원 모듈 감시 기능, 보수시험반/운전원 모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음

표 7.3-13 (101 중 98)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
		잘 못 된 데 이 터 연 계	기기 고장, 연결 불량	운전원모듈은 이 모듈을 통 해 타 station과의 시험 및 heartbeat 신호 관련 신호, 상태정보 연계 불가 또는 잘못된 데이터 연계가능.	주기시험, 운전원 모듈의 자기 진 단 정보, 보수시 험반 감시 기능, 보수시험반/운전 원모듈의 화면	주(Primary) 통신 모듈	없음
270 271 272 273 274 275 276 277	광 분배기 [CCG1, CCG2, CPM, RCPM]	잘 못 된 데 이 터 전 송	기기 고장	관련된 광 분배기를 통해 전송되는 데이터가 전송되 지 않음.	관련된 station의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반 /운전원 모듈의 화면	관련 station은 주 (Primary)/다중 경로로 부터 유효한 데이터를 사용함.	없음

표 7.3-13 (101 중 99)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 293 291 292 293 294 295 296 297	광 연결 모듈 [CCG1, CCG2, LC1, LC2, LC18, CPM, RCPM, ITP, 운 전원모듈]	잘못된 테 이터 전송	기기 고장	관련된 광 연결 모듈을 통해 전송되는 데이터가 전송되지 않음.	관련 station의 SQCL, ITP 감시 기능, 보수시험반/ 운전원모듈의 화면	관련 station은 주 (Primary)/다중 경로로부 터 유효한 데이터를 사용 함.	없음
310 311 312 313 314 315	CIM [LC1, LC2, LC18]	일반적 고 장	기기 고장	관련된 공학적안전설비 기기가 적절히 작동하지 않음.	CIM의 LED상태, 공학적안전설비 기 기 상태 피드백	공학적안전설비 기기들은 한 개의 CIM 고장으로 인해 공학적안전설비 트 레인의 전체 안전 기능이 상실되지 않도록 분할되 어 있으므로, 안전 기능은 유지됨.	없음

표 7.3-13 (101 중 100)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
410	RMA [안전 제어반]	일반적 고장	기기 고장	관련된 NSSS/BOP 공학적안전설비 작동계통 로직은 적절하게 RMA신호를 수신불가.	RMA 스위치의 상황이 보수시험반/운전원모듈에 보여짐.	LMA스위치는 NSSS 공학적안전설비 작동계통로직을 위해 제공됨. BOP 공학적안전설비 작동계통에 의해 작동되는 기기에 대해서, 별개의 CIM안의 각 현장 스위치는 운전원에 의해 사용됨.	없음
400	LMA [GC2]	일반적 고장	기기 고장	관련된 NSSS 공학적안전설비 작동계통 로직은 적절하게 LMA신호를 수신불가.	LMA 스위치의 상황이 보수시험반/운전원모듈에 보여짐.	NSSS 공학적안전설비 작동계통에 의해 작동되는 기기에 대해서, 별개의 CIM안의 각 현장 스위치는 운전원에 의해 사용됨.	없음
420	최소재고스위치 [안전 제어반]	일반적 고장	기기 고장	관련된 공학적안전설비 기기가 적절히 작동하지 않음.	CIM의 LED상태, 공학적안전설비 기기 상태 피드백	별개의 CIM안의 각 현장 스위치는 운전원에 의해 사용됨.	없음
430	DMA [안전 제어반]	일반적 고장	기기 고장	관련된 공학적안전설비 기기가 적절히 작동하지 않음.	CIM의 LED상태, 공학적안전설비 기기 상태 피드백	별개의 CIM안의 각 현장 스위치는 운전원에 의해 사용됨.	없음

표 7.3-13 (101 중 101)

번호	명칭	고장유형	고장원인	고장에 따른 증상 및 영향	감지방법	고유보상설비	계통 영향
440 441	RSR Transfer [GC2, RSR]	일반적 고 장	기기 고장	MCR(MI, RMA, DMA)로부터 의 신호는 무시될 수 없고 RSR로부터의 신호는 입력되거나 출력될 수 없음.	RSR 전환 스위치 의 LED상태	별개의 CIM안의 각 현장 스위치는 운전원에 의해 사용됨.	
350 351	SOE Rack [GC3, LC]	일반적 고 장	기기 고장	SOE 랙은 SOE 서버에 SOE 신호를 전송불가.	SOE 랙의 LED상 태, 보수시험반/운 전원모듈의 화면화 면	공학적안전설비 기기들은 한 개의 SOE 랙 고장에 로 인해 공학적안전설비- 기기제어계통 전체 SOE 가 상실되지 않도록 분할 되어있어, 적어도 한 트레 인의 SOE는 기록됨.	없음
450	아날로그 입력 모듈 [LC1, LC2, LC18]	Entire module fail	기기 고장	LC에서 유효한 공정값을 현장 기기로부터 받을 수 없음. 따라 서, 관련기기정보를 운전원에게 제공불 가능	LC의 자기 진단 정보, LC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	비록 한 운전원이 특정한 공학적안전설비 기기들을 적절히 작동시킬 수 없다 고 할지라도, 공학적안전 설비 기기 분할로 인해 전체 안전 기능은 유지됨.	없음
		Inaccuracy	기기 고장	LC에서 유효한 공정값을 현장 기기로부터 받을 수 없음. 따라 서, 관련기기정보를 운전원에게 제공불 가능	LC의 자기 진단 정보, LC의 SQCL, ITP 감시 기능, 보 수시험반/운전원모 듈의 화면	비록 한 운전원이 특정한 공학적안전설비 기기들을 적절히 작동시킬 수 없다 고 할지라도, 공학적안전 설비 기기 분할로 인해 전체 안전 기능은 유지됨.	없음

표 7.3-14 (3 중 1)

공학적인안전설비작동계통 계측설비 점검요구사항  
(출력운전 중 시험해서는 안되는 작동기기)

채널 A		채널 B	
공학적인안전설비기능	작동기기	공학적인안전설비기능	작동기기
SIAS A			
SIAS A			
SIAS A		SIAS B	
SIAS A		SIAS B	
SIAS A		SIAS B	
SIAS A		SIAS B	
SIAS A		SIAS B	
SIAS A		SIAS B	
		SIAS B	
SIAS A		SIAS B	
SIAS A			
SIAS A		SIAS B	
SIAS A		SIAS B	
		SIAS B	
		SIAS B	
CIAS A			
CIAS A		CIAS B	
CIAS A		CIAS B	
CIAS A		CIAS B	
CIAS A			
CIAS A			
CIAS A			

2

2

2

표 7.3-14 (3 중 2)

채널 A		채널 B	
공학적안전설비기능	작동기기	공학적안전설비기능	작동기기
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
MSIS A		MSIS B	
CSAS A		CSAS B	
CSAS A			
AFAS-1 A		AFAS-1 B	
AFAS-1 A		AFAS-1 B	
AFAS-1 A			
AFAS-1 A			
		AFAS-2 B	
		AFAS-2 B	
AFAS-2 A		AFAS-2 B	
AFAS-2 A		AFAS-2 B	

2

2

2

채널 C		채널 D	
공학적인 안전설비기능	작동기기	공학적인 안전설비기능	작동기기
SIAS C		SIAS D	
SIAS C		SIAS D	
CSAS C		CSAS D	
CSAS C			
AFAS-1 C		AFAS-2 D	
AFAS-1 C		AFAS-2 D	

표 7.3-15

안전등급과 비안전등급간의 연동신호

| 1

순번	신호종류(비안전-안전)	기능
1	원자로방출탱크 고압력	원자로방출탱크 격리밸브 닫힘
2	체적조절탱크 저수위	체적조절탱크 격리밸브 닫힘
3	직접붕소주입밸브	체적조절탱크 격리밸브 닫힘
4	체적방출열교환기 고온	체적방출원자로격리밸브 닫힘
5	체적조절탱크 저수위	붕산저장탱크 중력밸브 열림
6	다양성보호계통 동작신호	증기발생기 취출격리밸브 닫힘
7	다양선보호계통 동작신호	보조급수터빈증기공급밸브
8	다양선보호계통 동작신호	보조급수모터구동펌프
9	다양선보호계통 동작신호	보조급수격리밸브
10	다양선보호계통 동작신호	보조급수조절밸브
11	이산화탄소 개시	공기조화계통 비상환기기기 연계
12	연기감지기	공기조화계통 비상환기기기 연계

1

표 7.3-16

안전등급 채널간의 연동신호

| 1

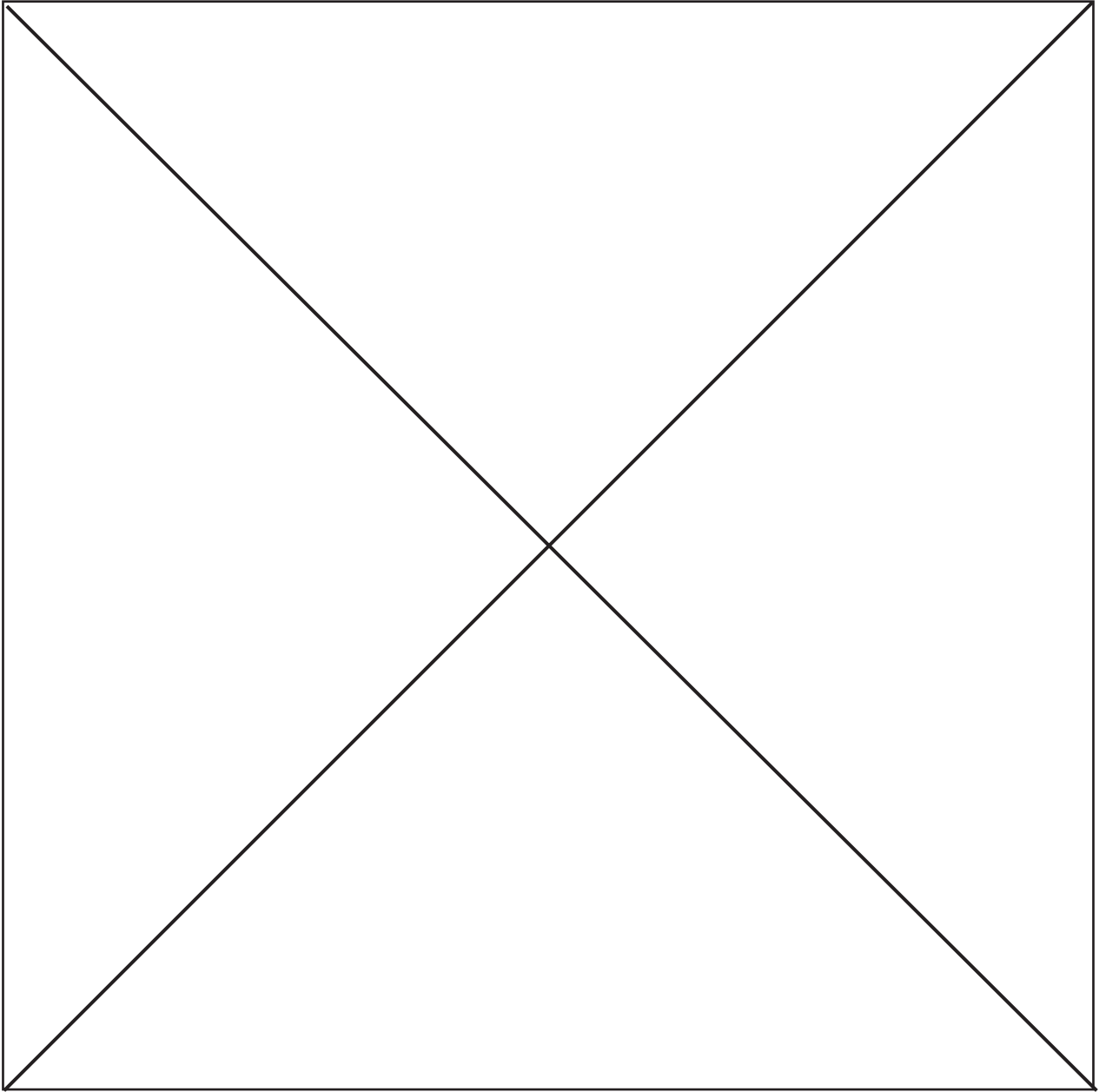
순번	신호종류(비안전-안전)	기능
1	가압기 고/저압력	안전주입탱크 격리밸브 열림/단힘
2	정지냉각흡입밸브	밸브간 연동 단힘
3	격납건물살수펌프고장	정지냉각펌프기동
4	기기냉각수펌프	펌프간 연동 기동
5	기기냉각수탱크 저수위	기기냉각수입구 격리밸브 단힘
6	기기냉각수탱크 저수위	기기냉각계통 연결 격리밸브
7	기기냉각수배수구 고수위	기기냉각수배수탱크 보충밸브 열림
8	주증기격리밸브	두채널 제어신호 논리연계
9	주증기격리우회밸브	두채널 제어신호 논리연계
10	주증기대기방출밸브	두채널 제어신호 논리연계
11	1차측기기냉각해수펌프	펌프간 연동기동

| 1

| 2

| 1

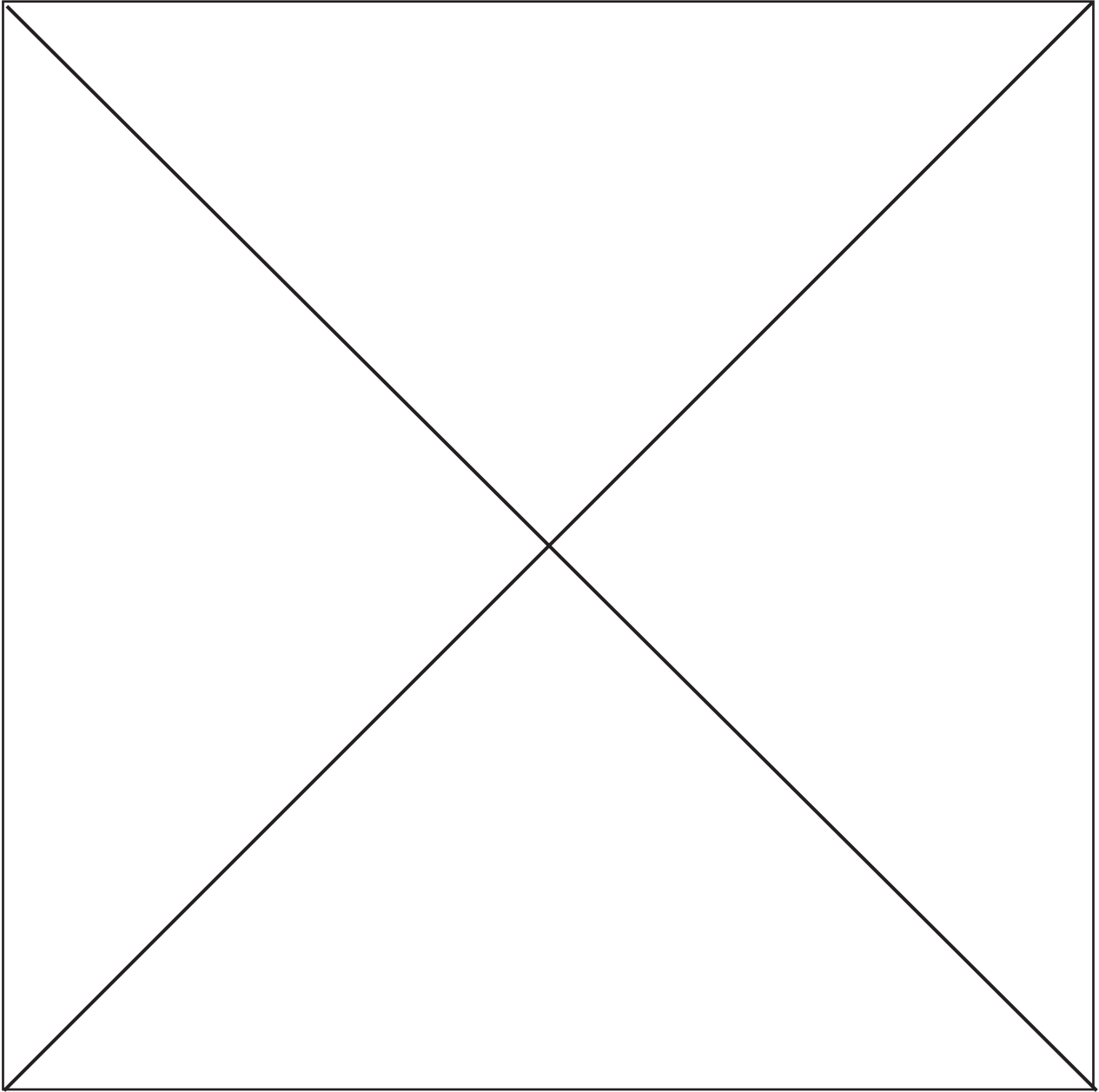
| 2



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

공학적안전설비계통 기능논리(SIAS)

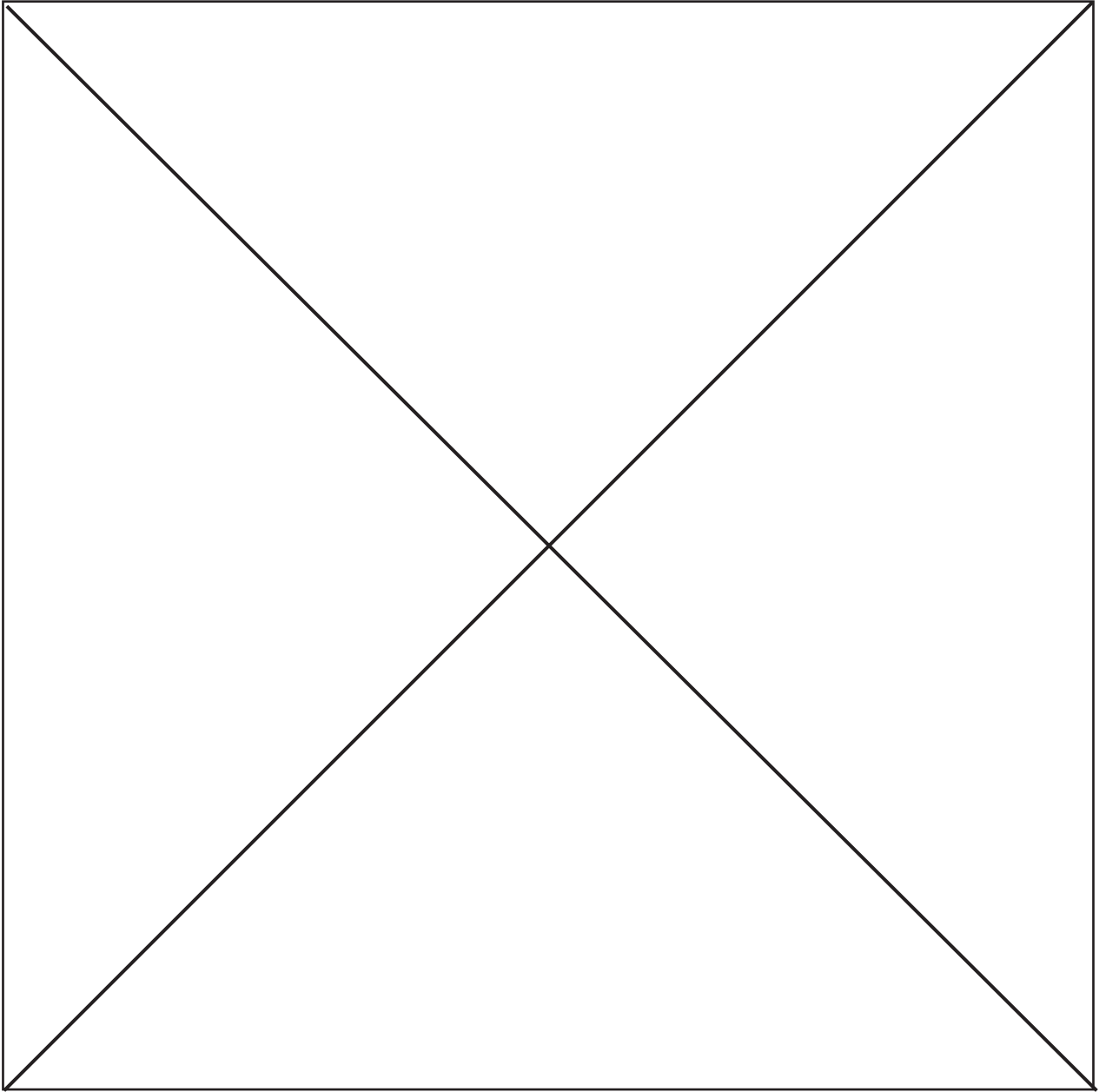
그림 7.3-1a



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

공학적안전설비계통 기능논리(CSAS, CIAS)

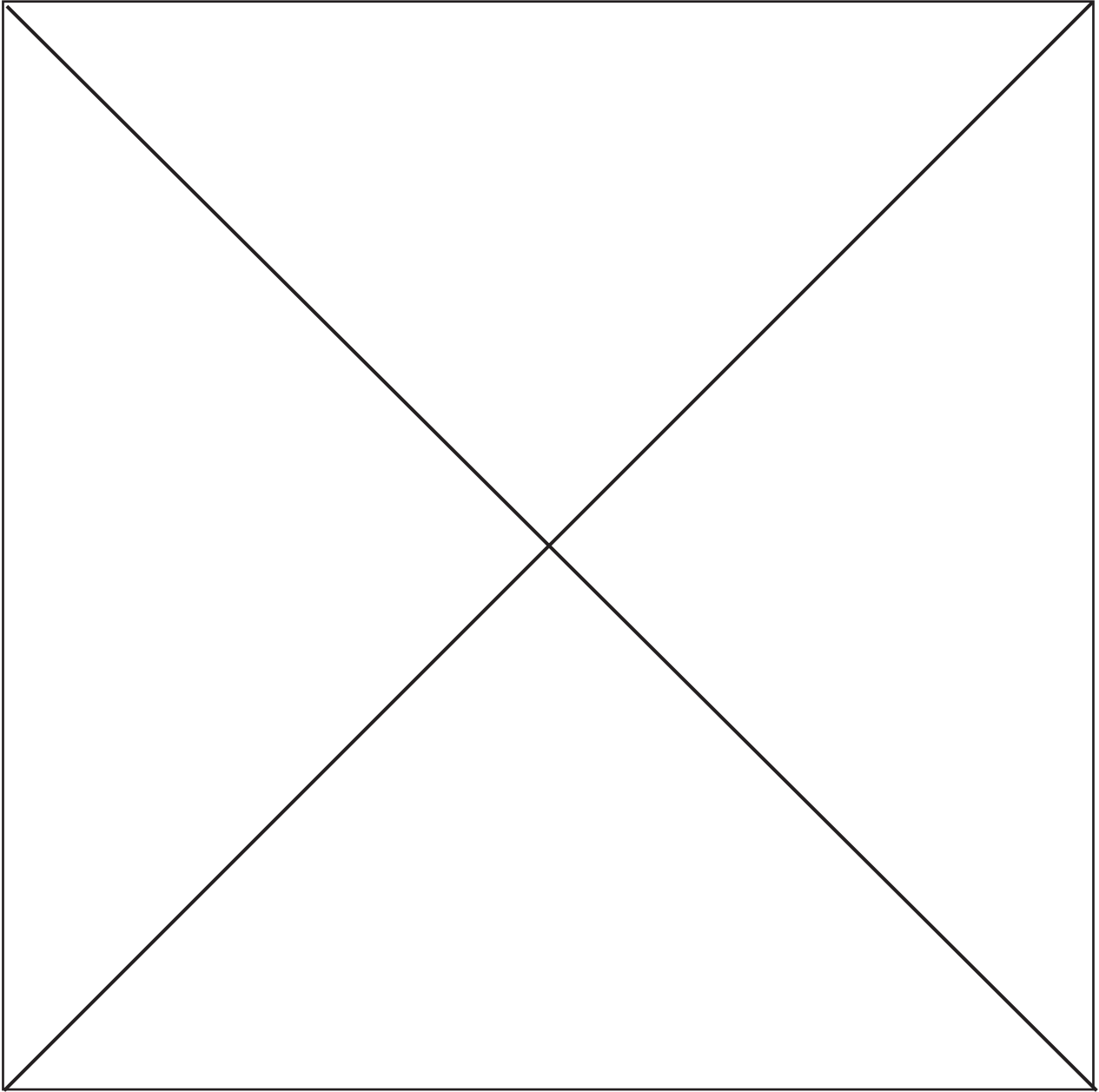
그림 7.3-1b



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

공학적안전설비계통 기능논리  
(AFAS1, AFAS2)

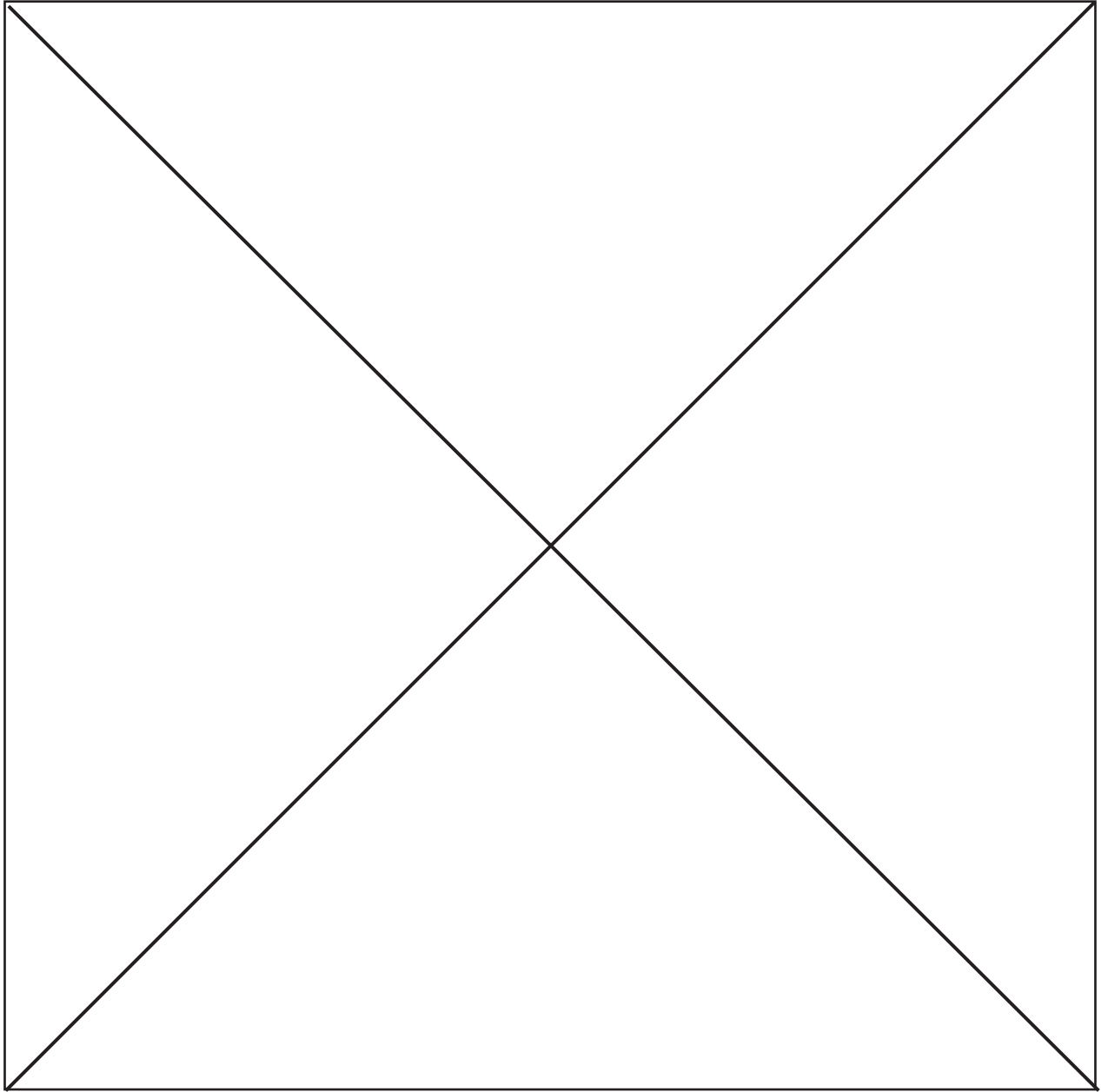
그림 7.3-1c



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

공학적인설비계통 기능논리(MSIS)

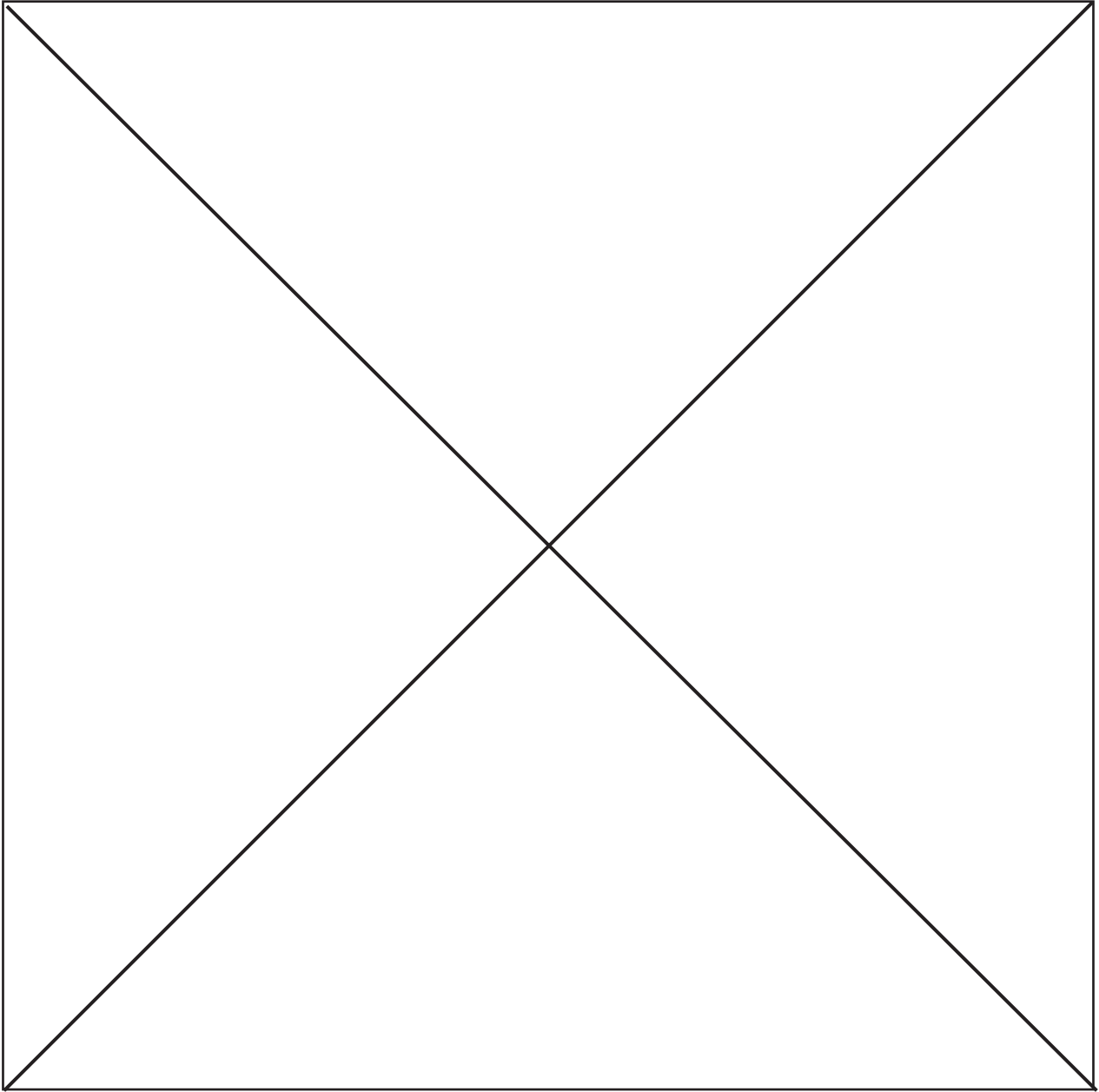
그림 7.3-1d



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

공학적인안전설비작동계통 제어논리(범례)

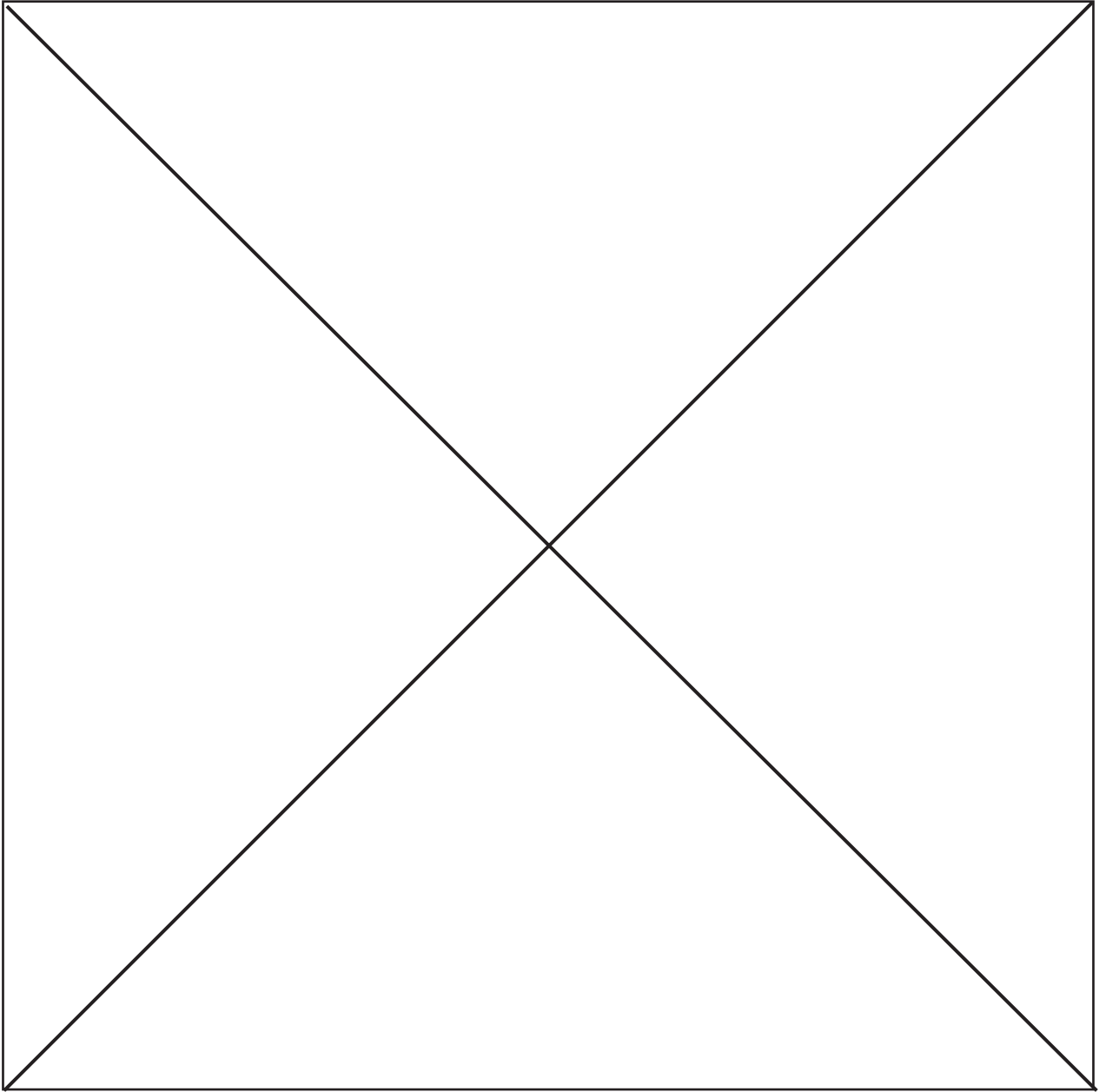
그림 7.3-1e



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

공학적안전설비작동계통 제어논리  
(핵연료취급지역 비상환기작동신호)

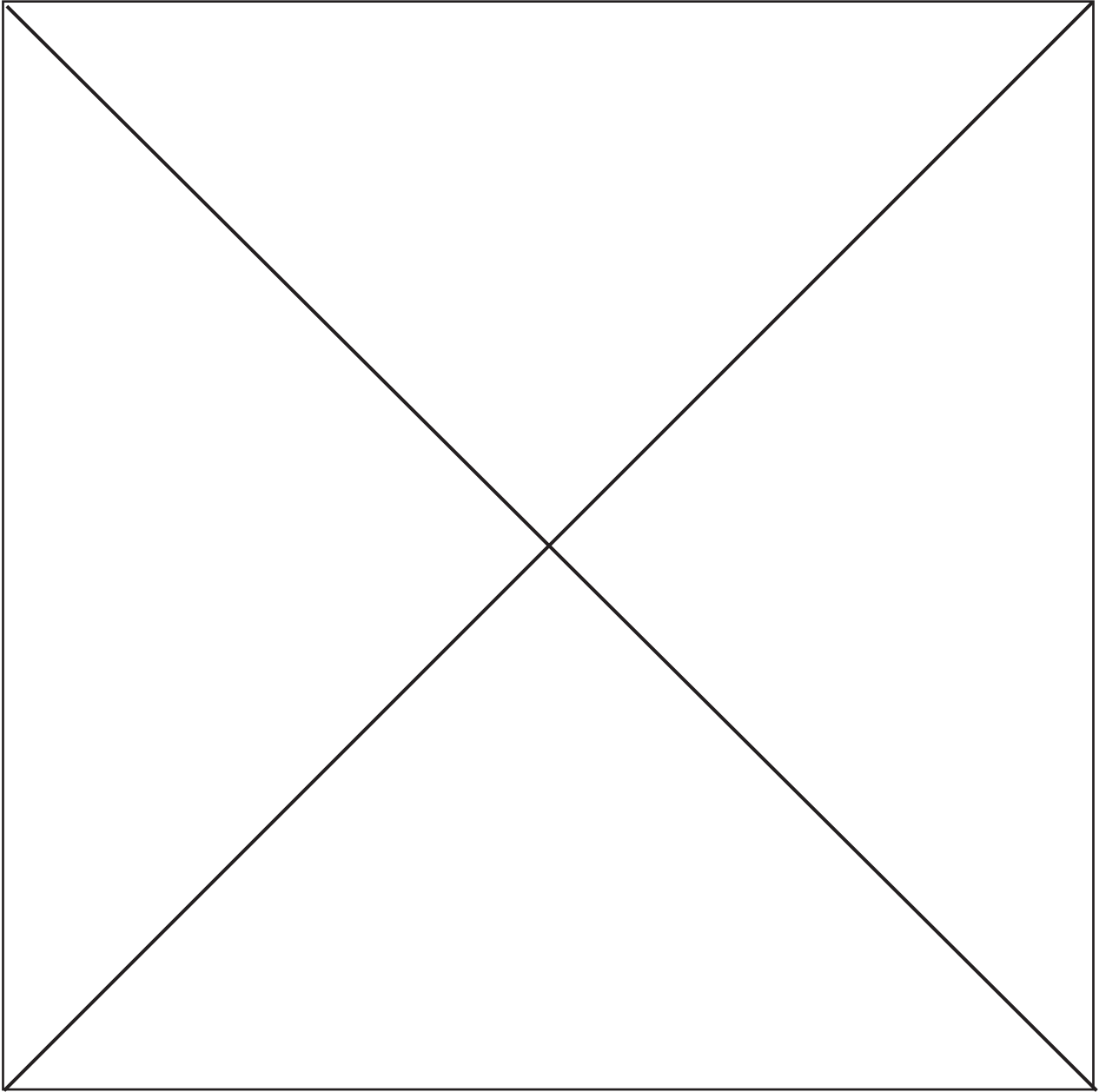
그림 7.3-1f (1 중 2)



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

공학적안전설비작동계통 제어논리  
(핵연료취급지역 비상환기작동신호)

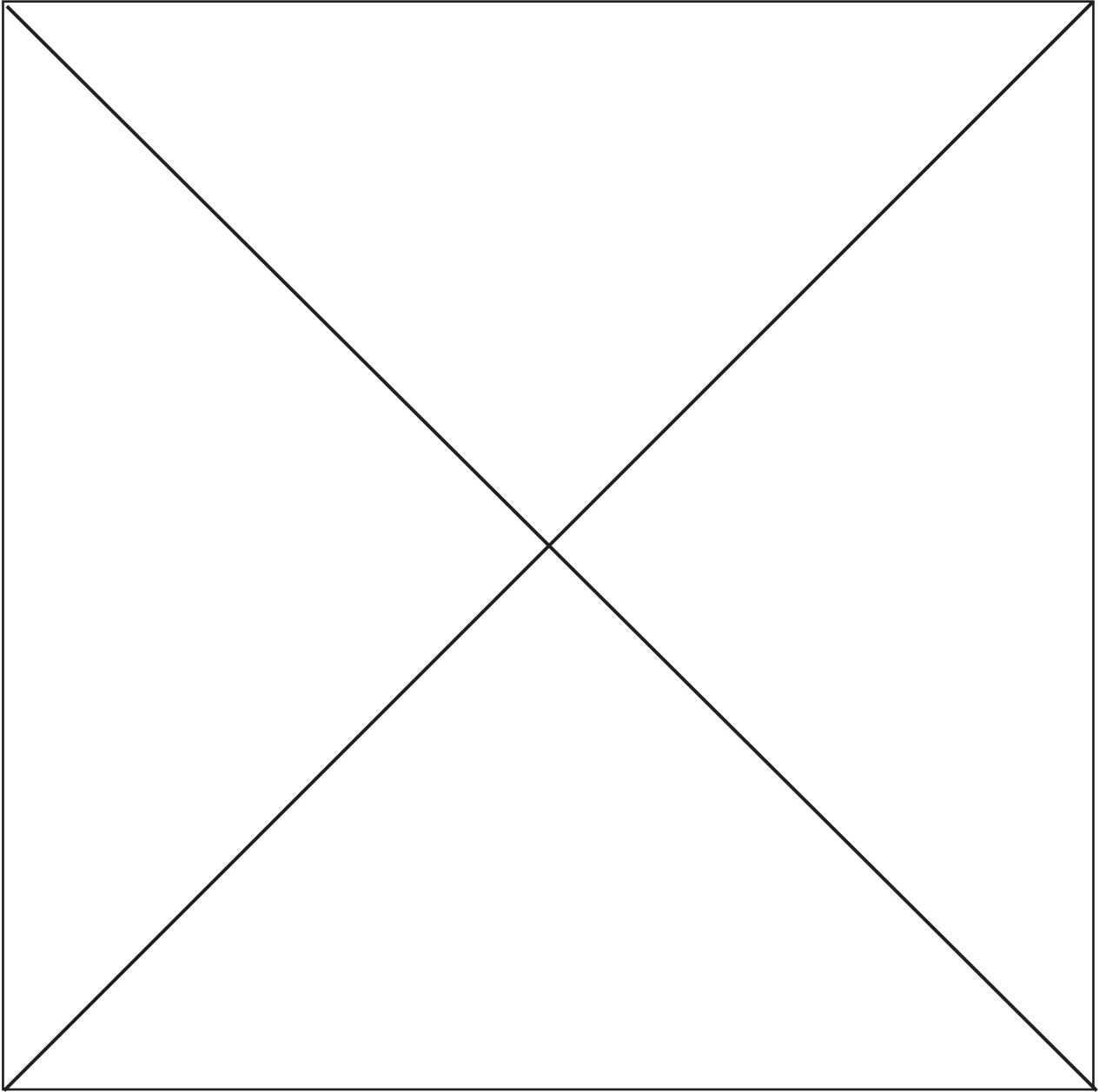
그림 7.3-1f (2 중 2)



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

공학적안전설비작동계통 제어논리  
(원자로건물 펌지격리작동신호)

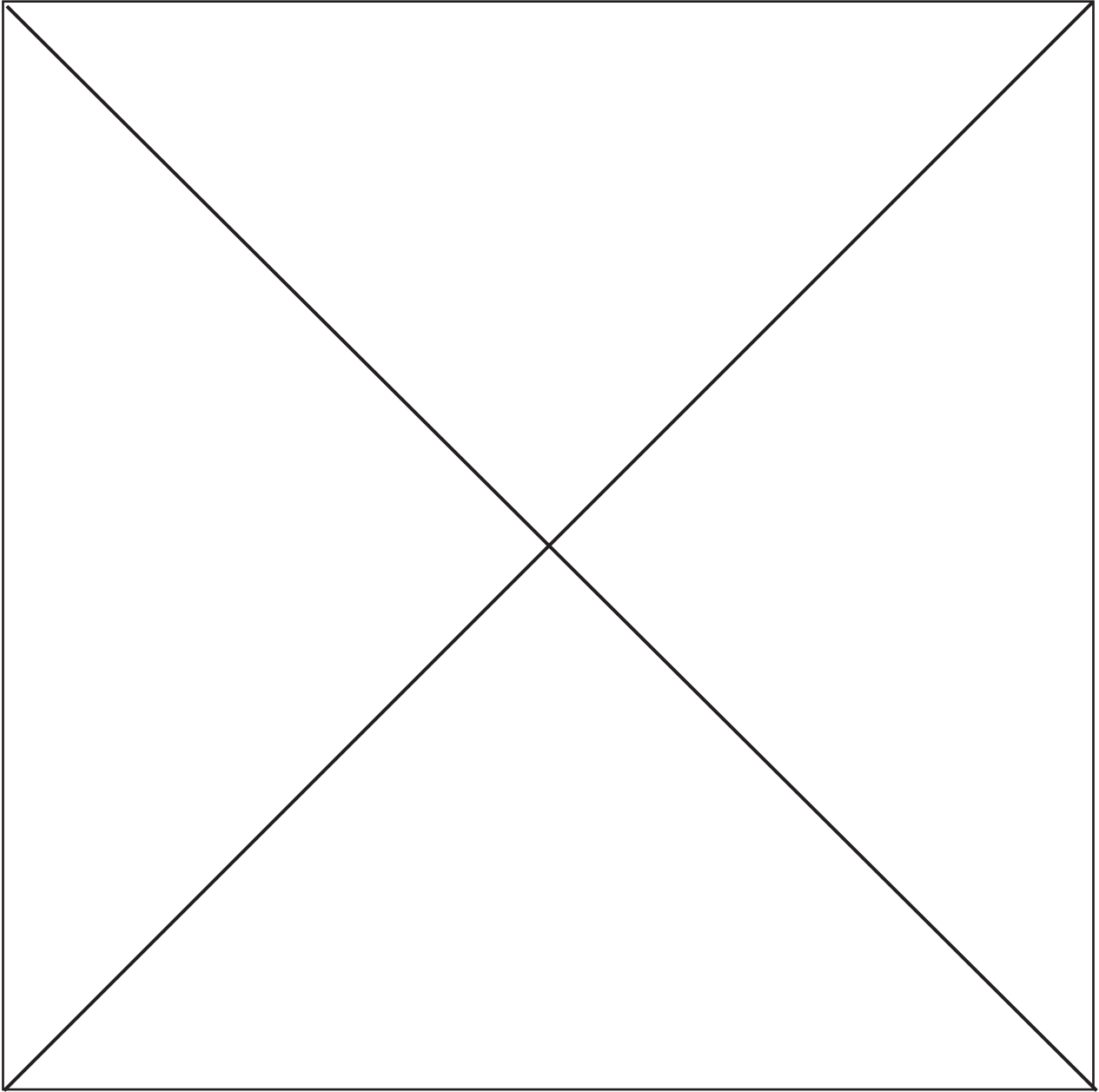
그림 7.3-1g (2 중 1)



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

공학적안전설비작동계통 제어논리  
(원자로건물 펄지격리작동신호)

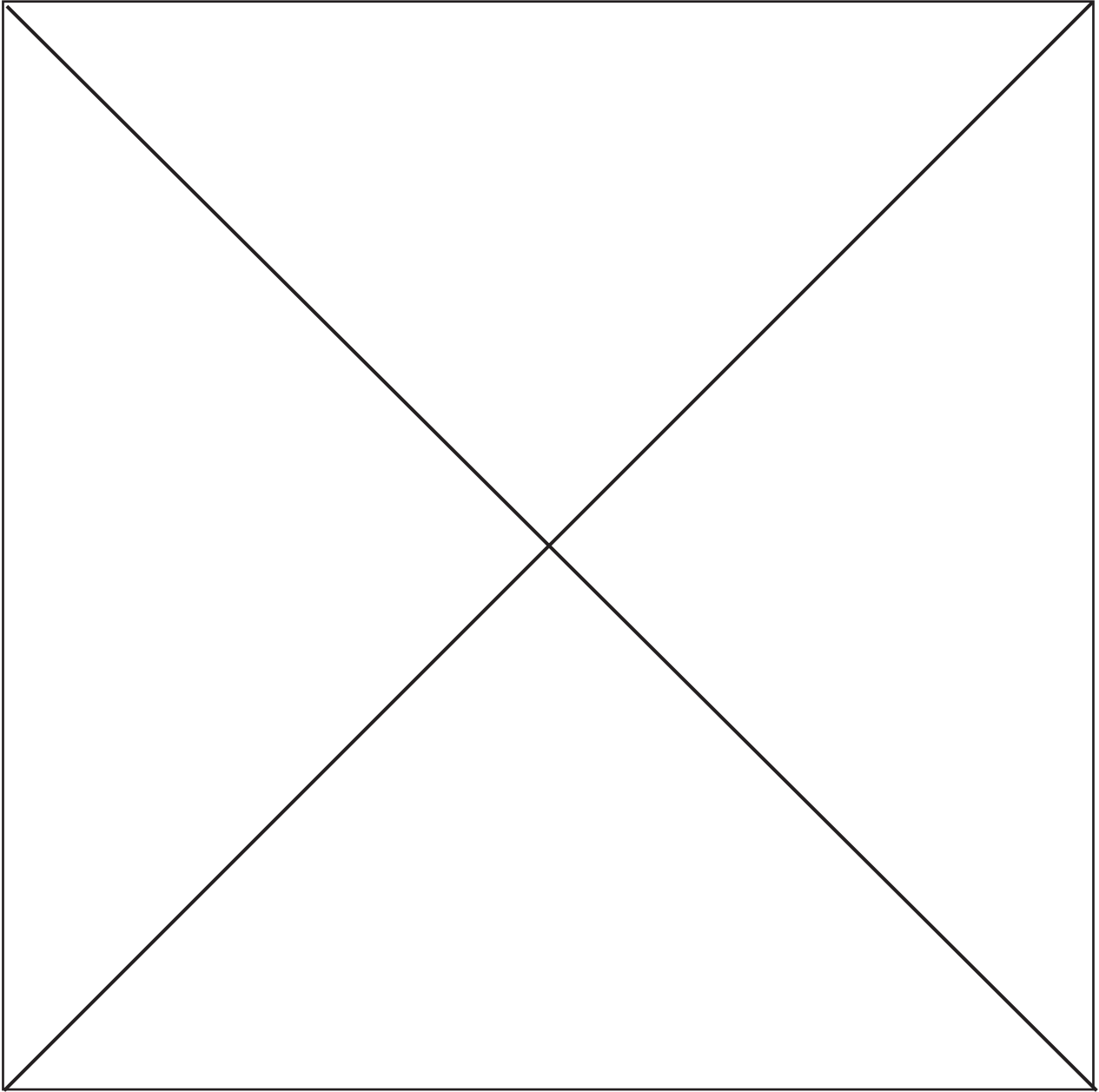
그림 7.3-1g (2 중 2)



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

공학적안전설비작동계통 제어논리  
(주제어실 비상환기작동신호)

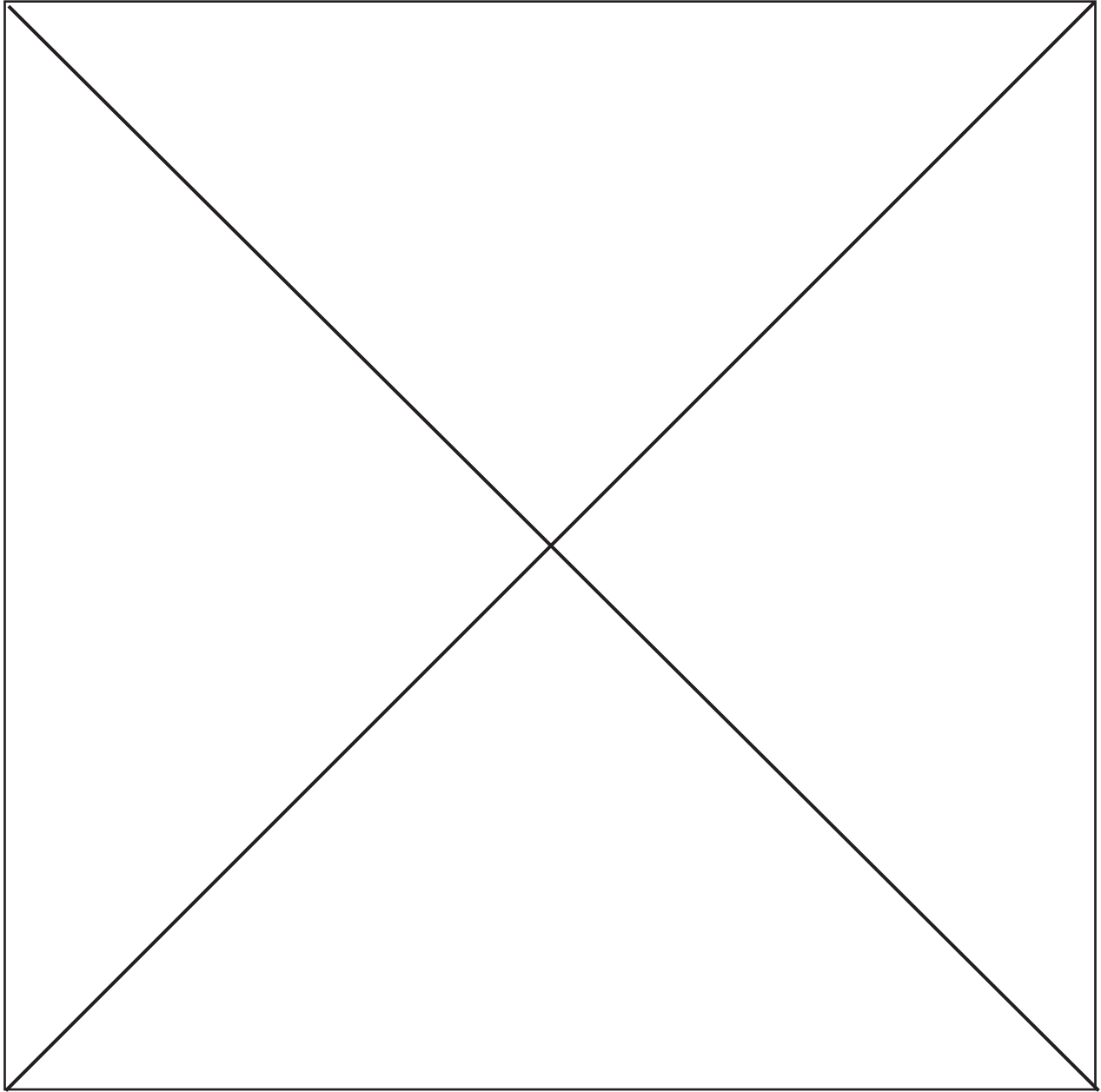
그림 7.3-1h (2 중 1)



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

공학적안전설비작동계통 제어논리  
(주제어실 비상환기작동신호)

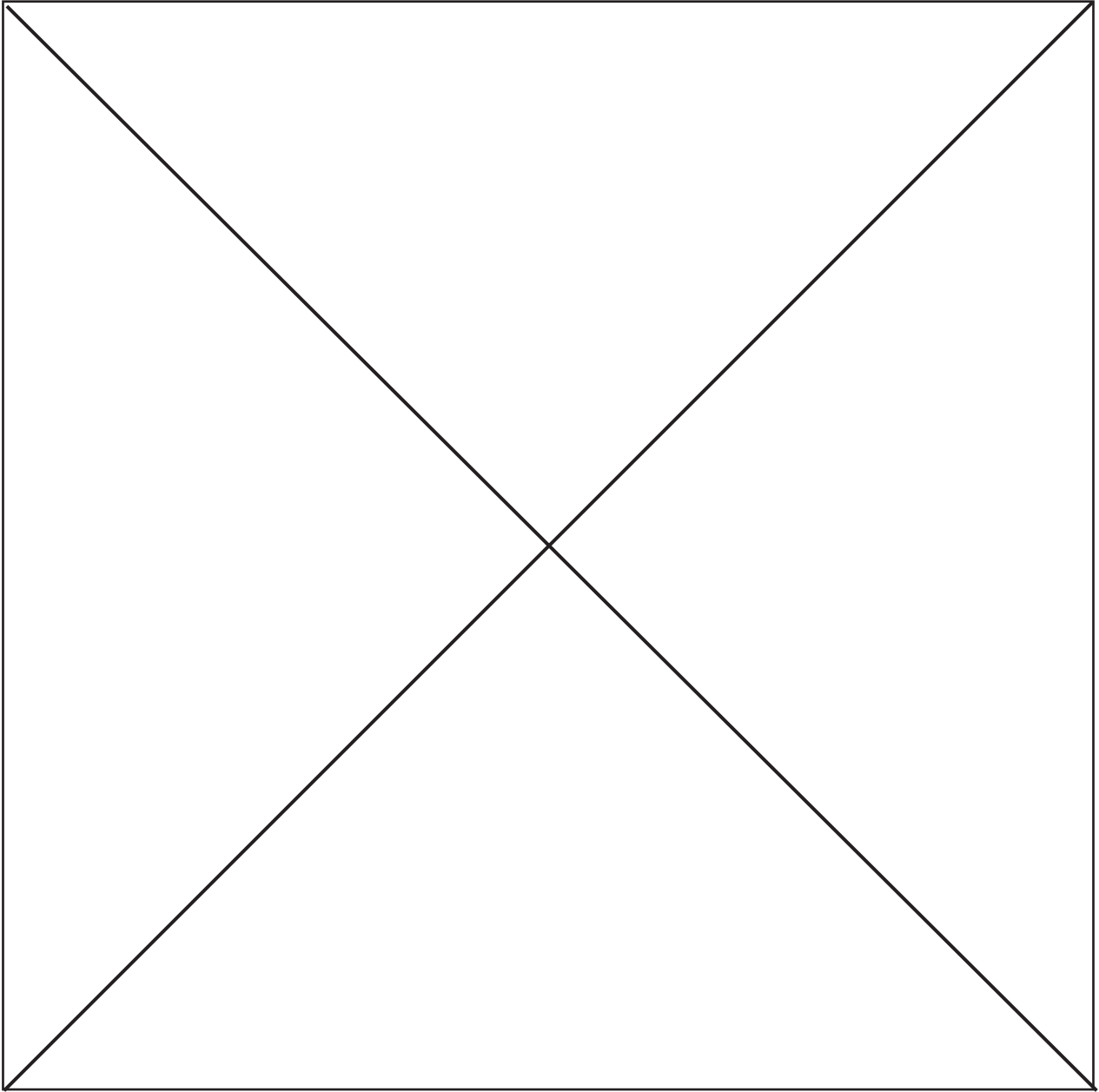
그림 7.3-1h (2 중 2)



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 공학적안전설비기기제어계통  
작동논리도

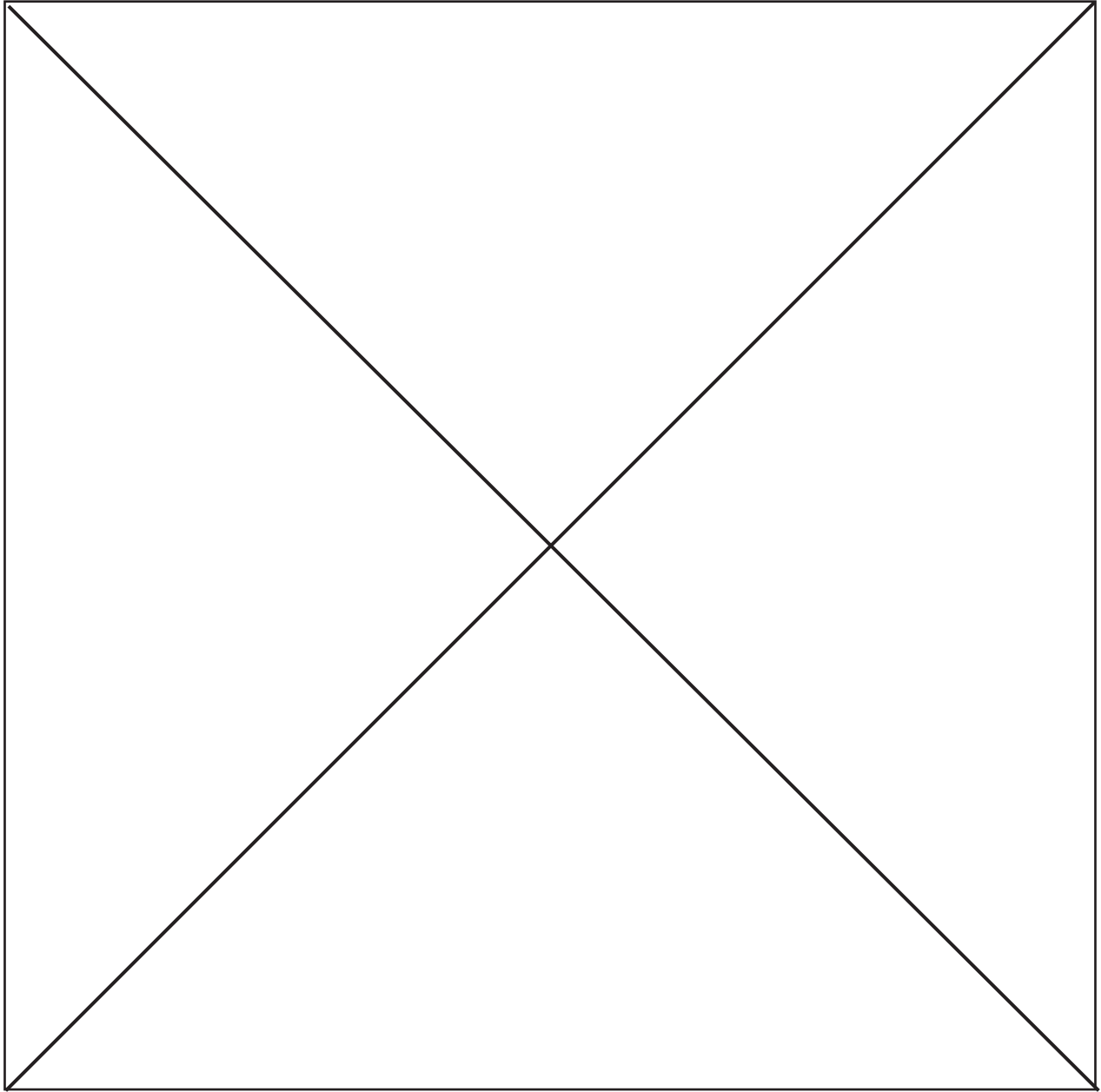
그림 7.3-2



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

공학적안전설비 기기제어계통 기능도

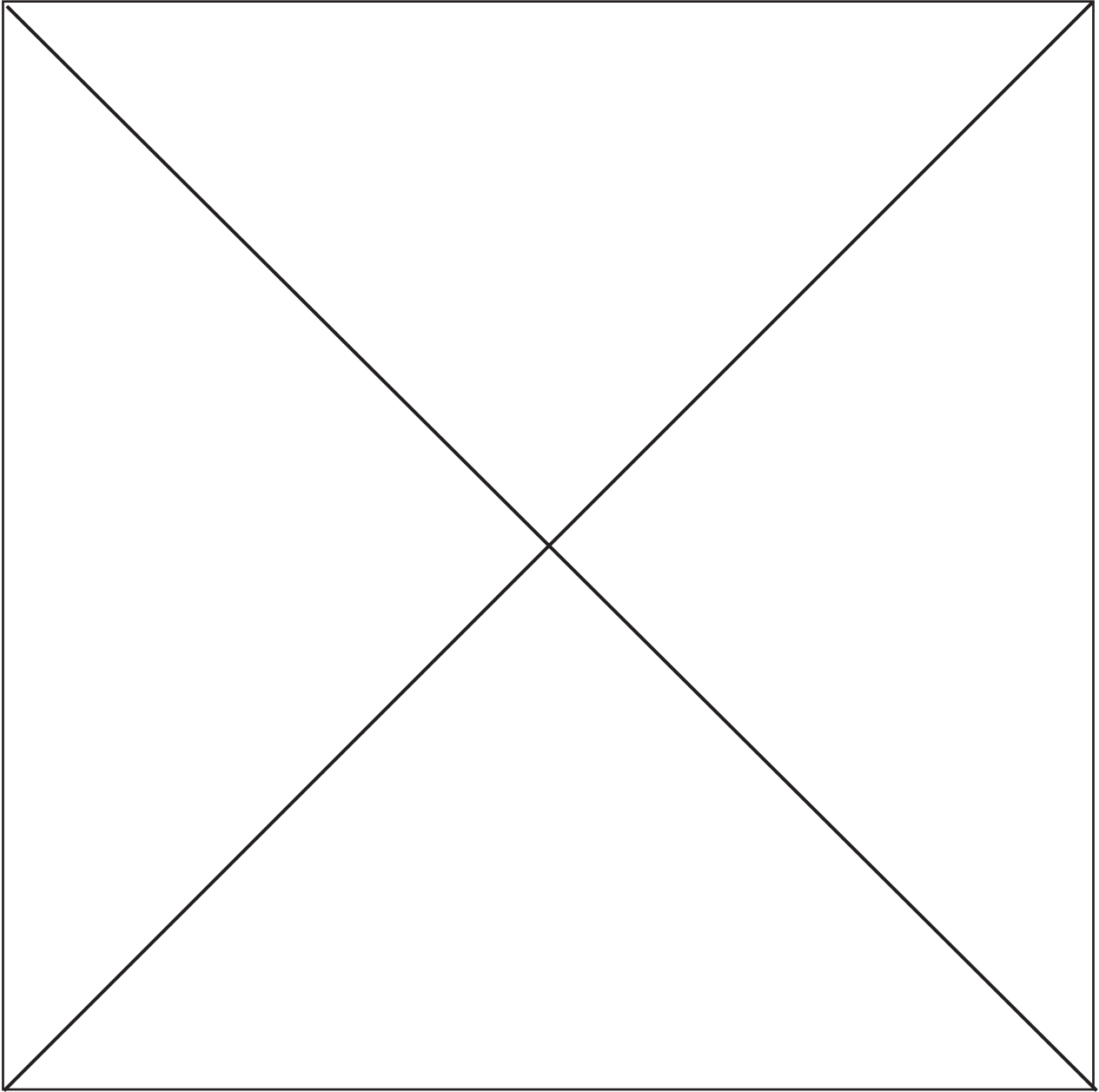
그림 7.3-3



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 배전반 스위치 및  
상태지시기의 전기적 연계

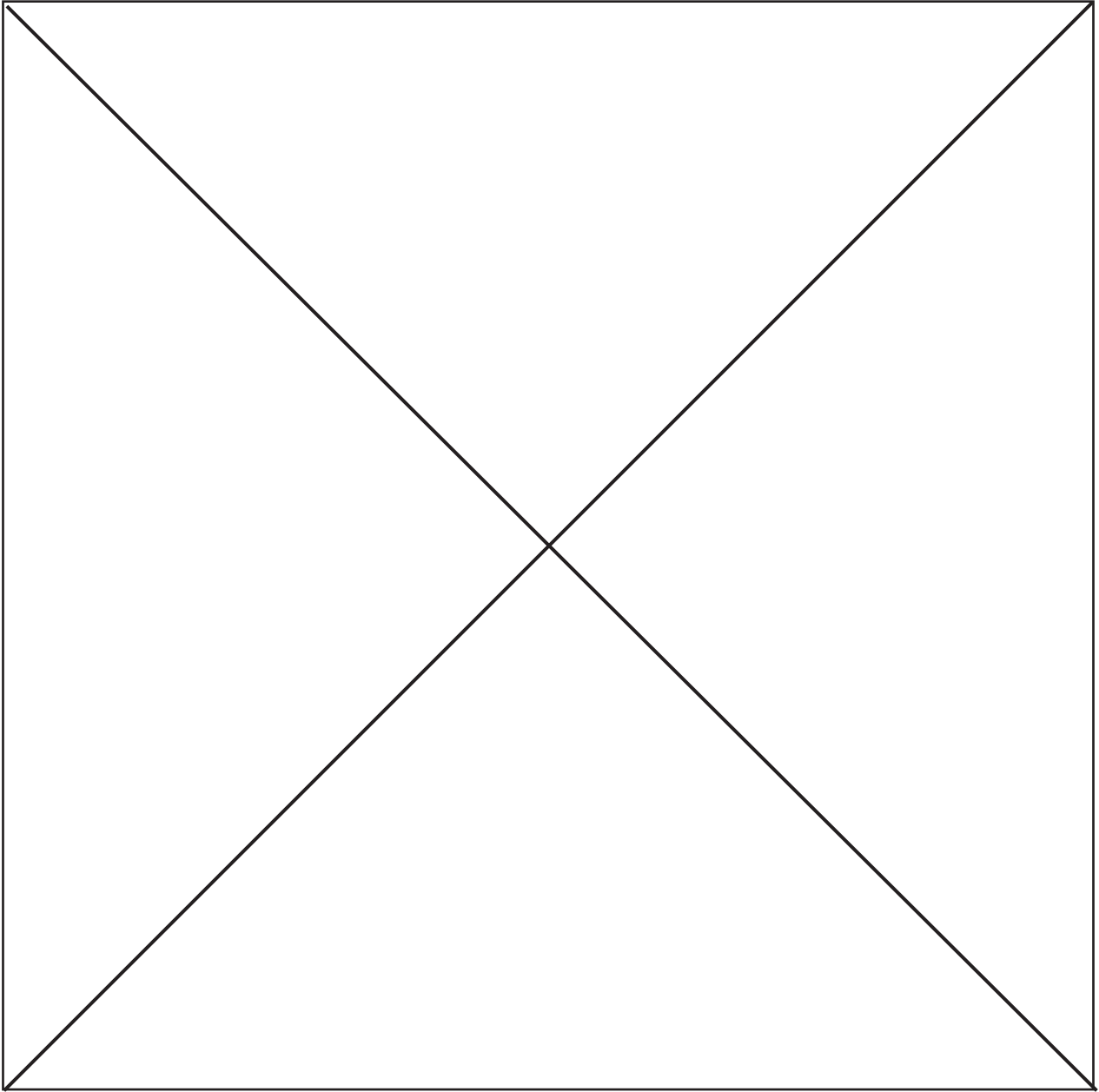
그림 7.3-4



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

소프트제어계통 구성

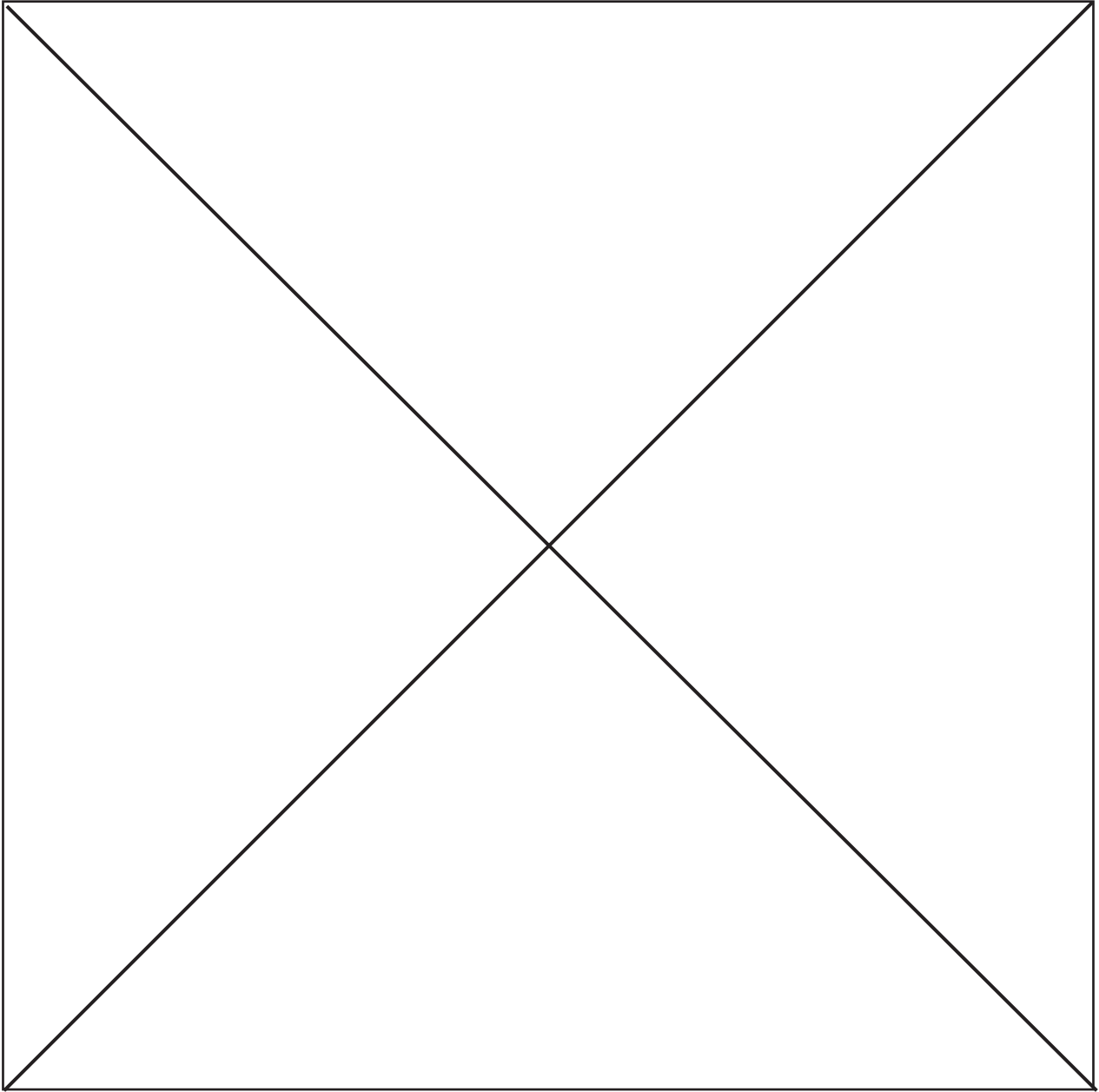
그림 7.3-5



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

부하순차제어기 - 제어논리도

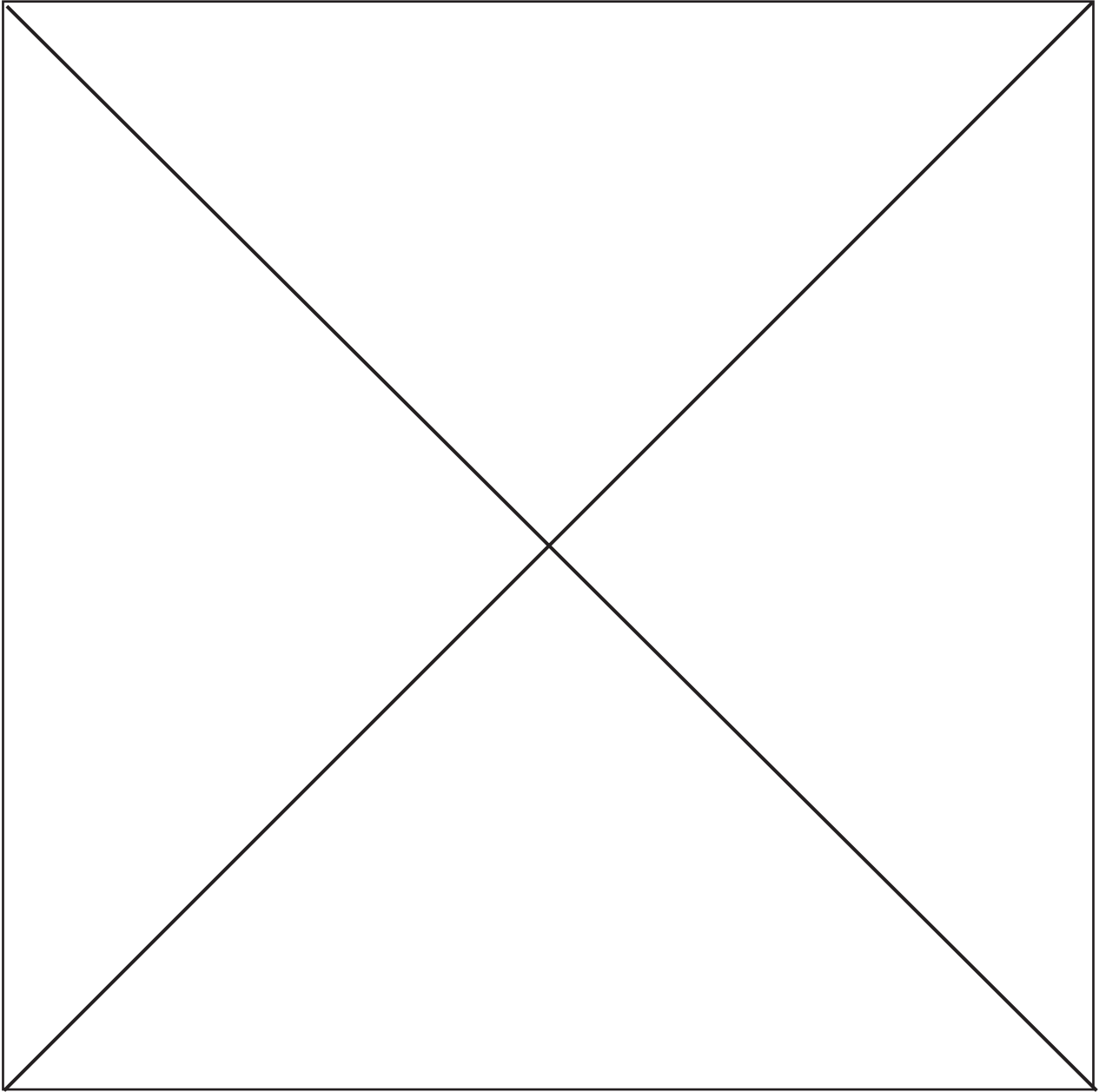
그림 7.3-6 (6 중 1)



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

부하순차제어기 - 제어논리도

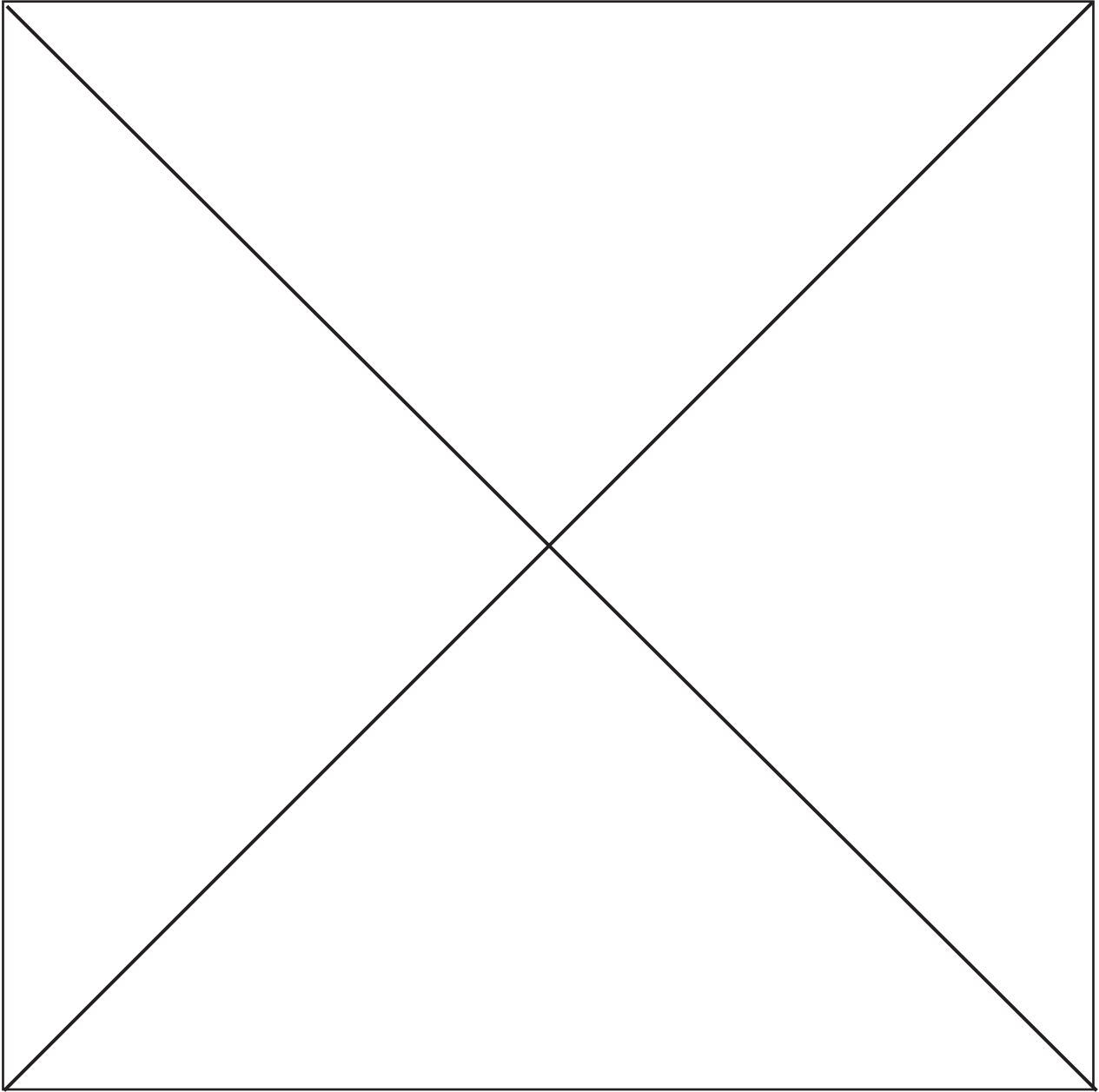
그림 7.3-6 (6 중 2)



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

부하순차제어기 - 제어논리도

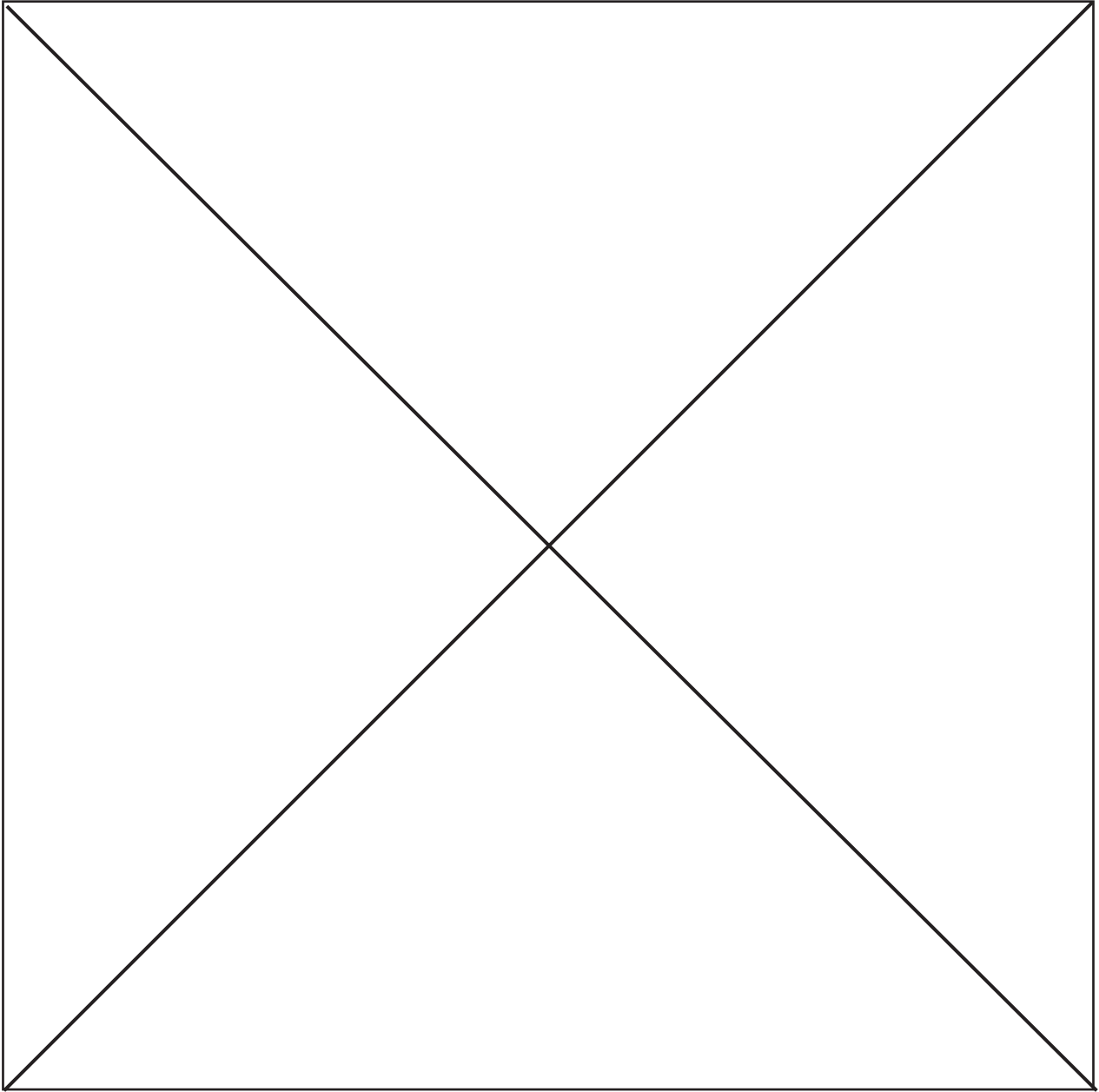
그림 7.3-6 (6 중 3)



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

부하순차제어기 - 제어논리도

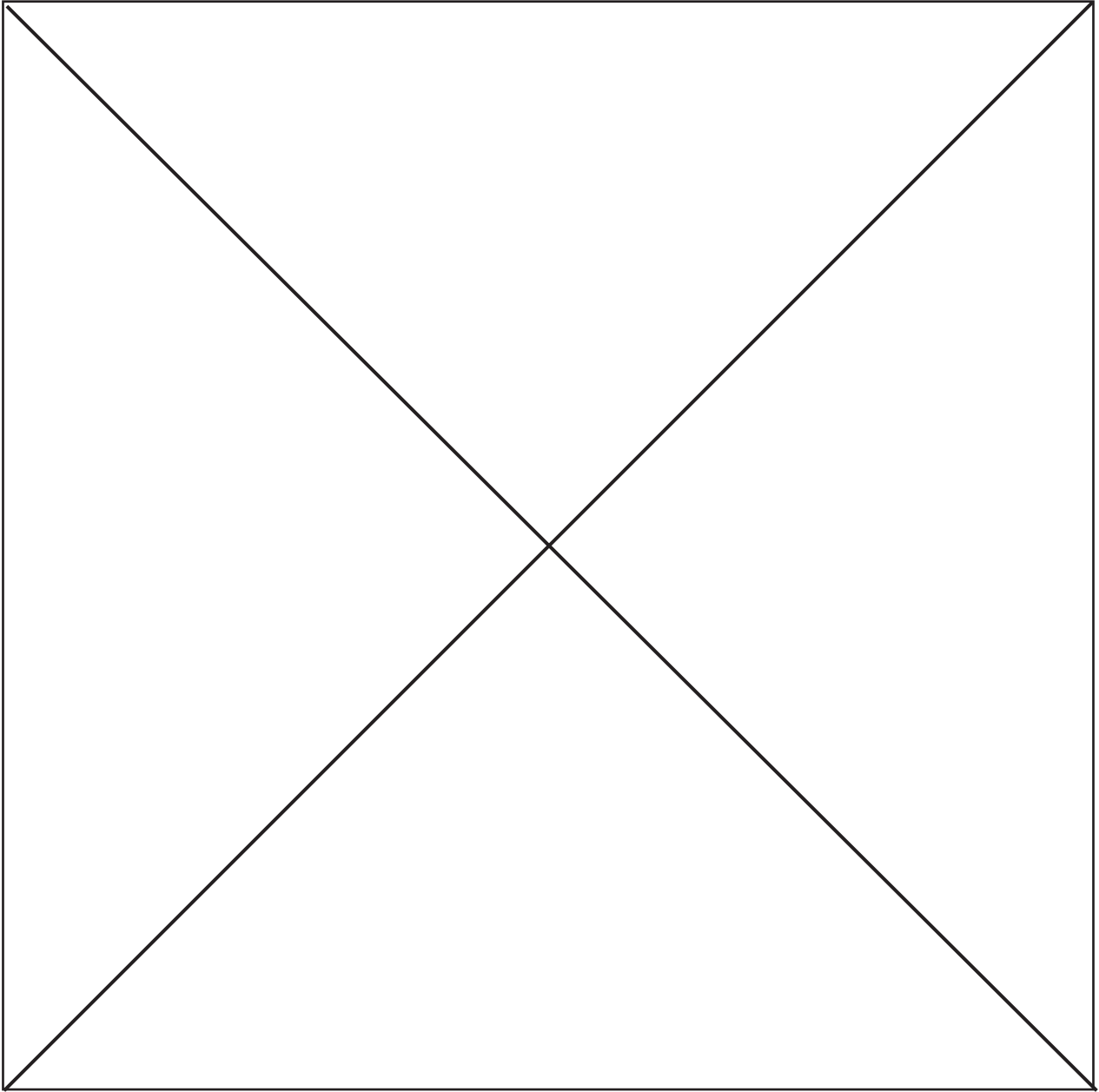
그림 7.3-6 (6 중 4)



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

부하순차제어기 - 제어논리도

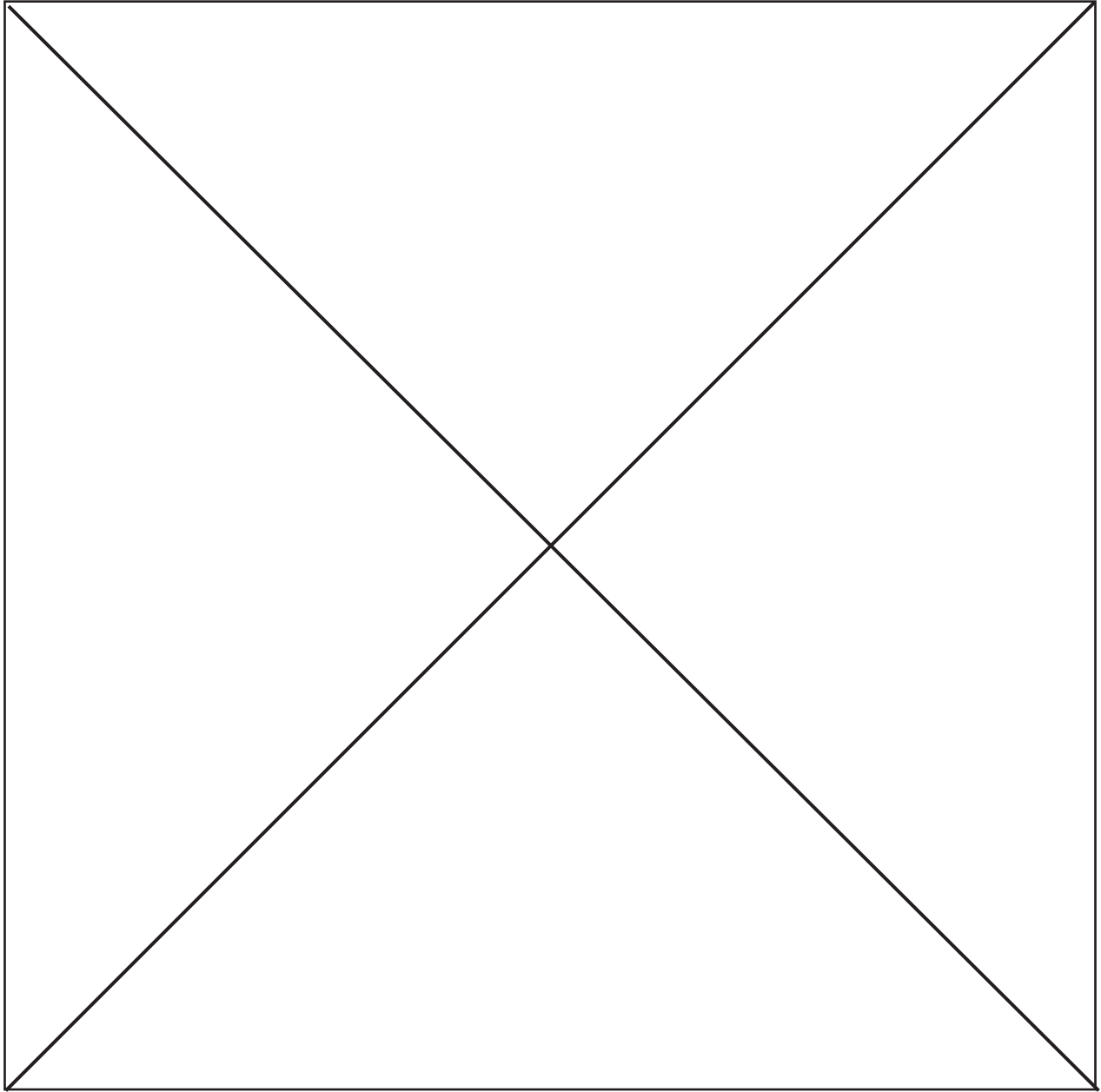
그림 7.3-6 (6 중 5)



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

부하순차제어기 - 제어논리도

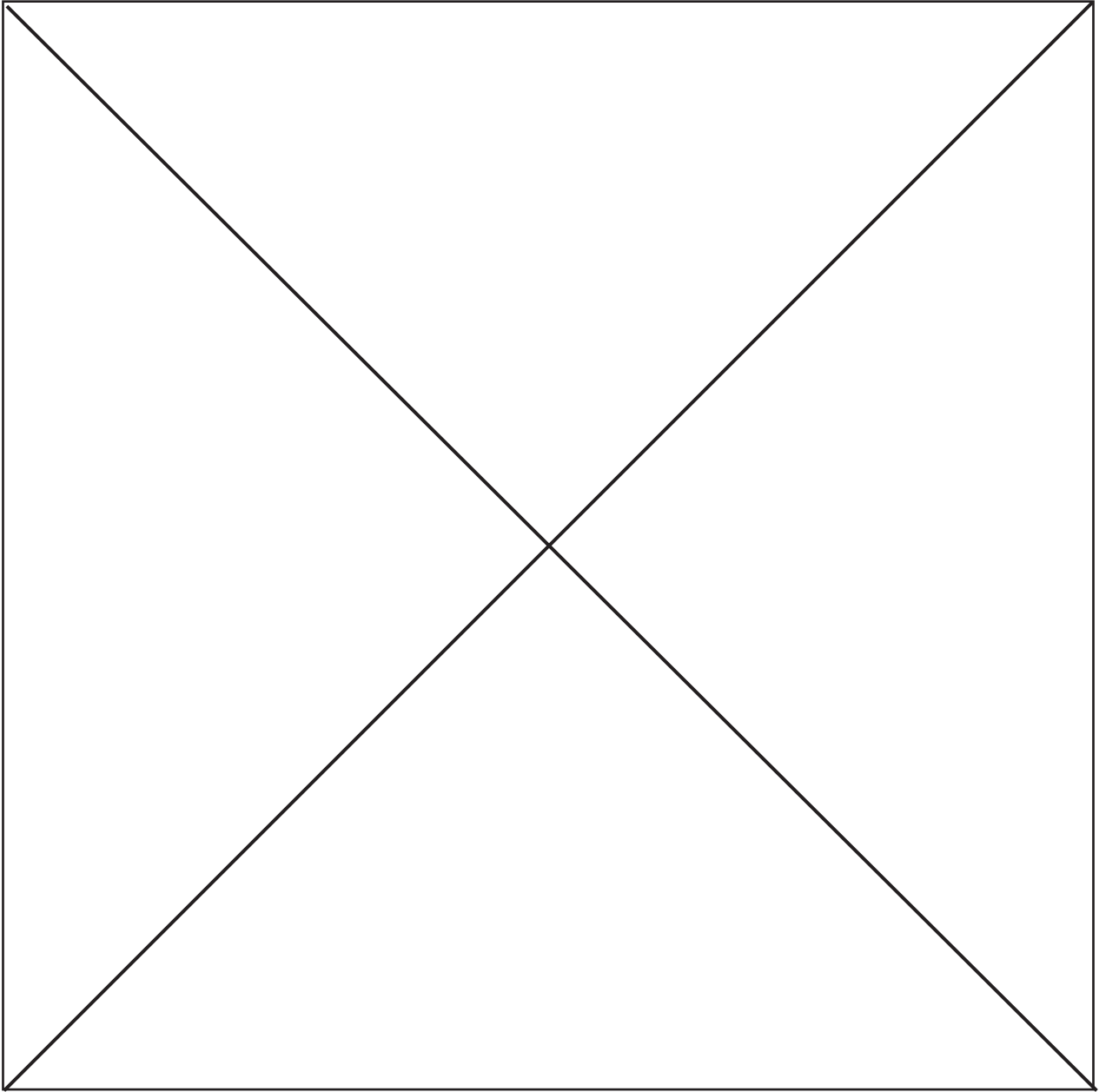
그림 7.3-6 (6 중 6)



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

공학적안전설비 기기제어계통 시험  
단순논리도

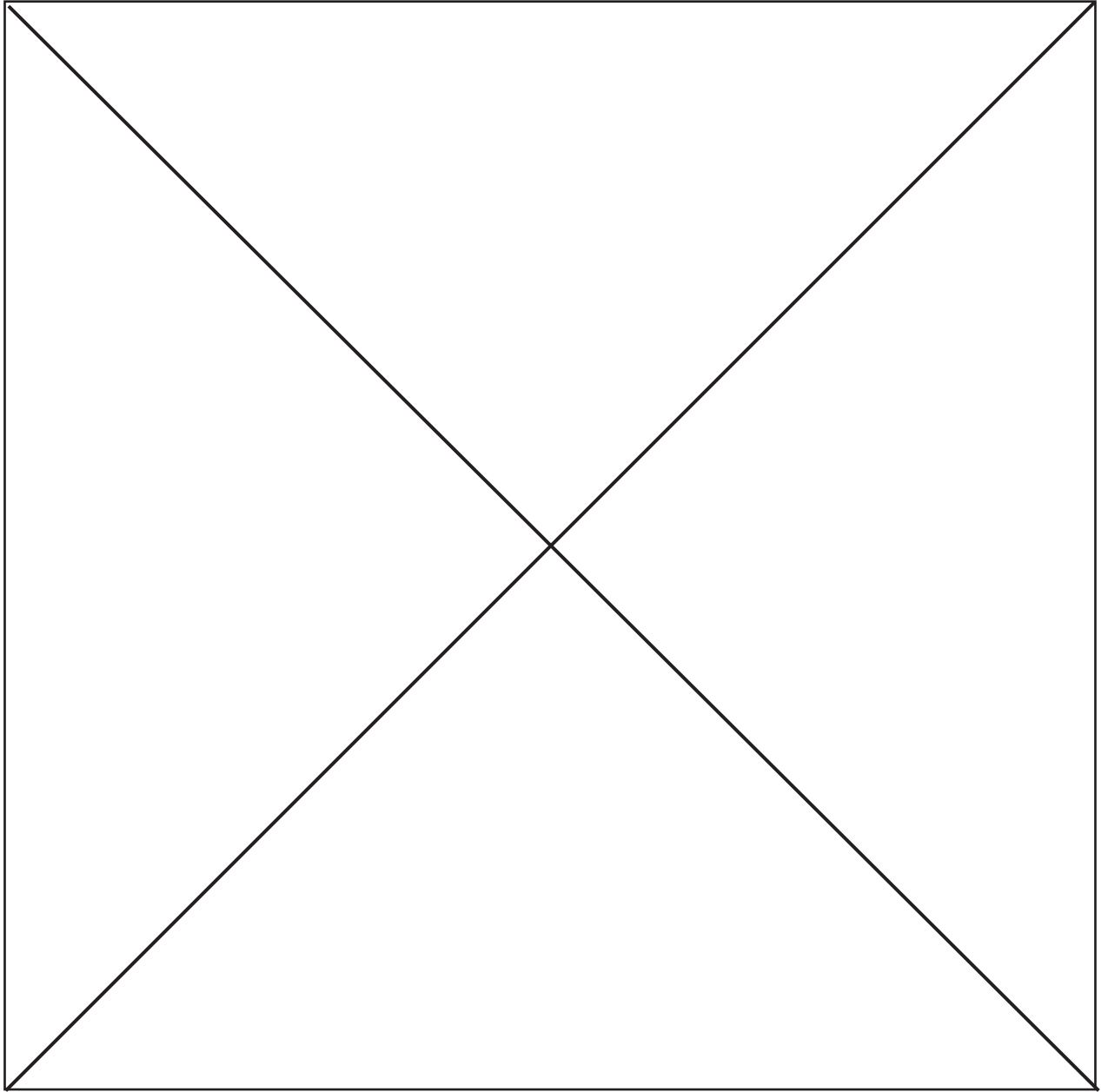
그림 7.3-7



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 솔레노이드구동밸브 제어논리도

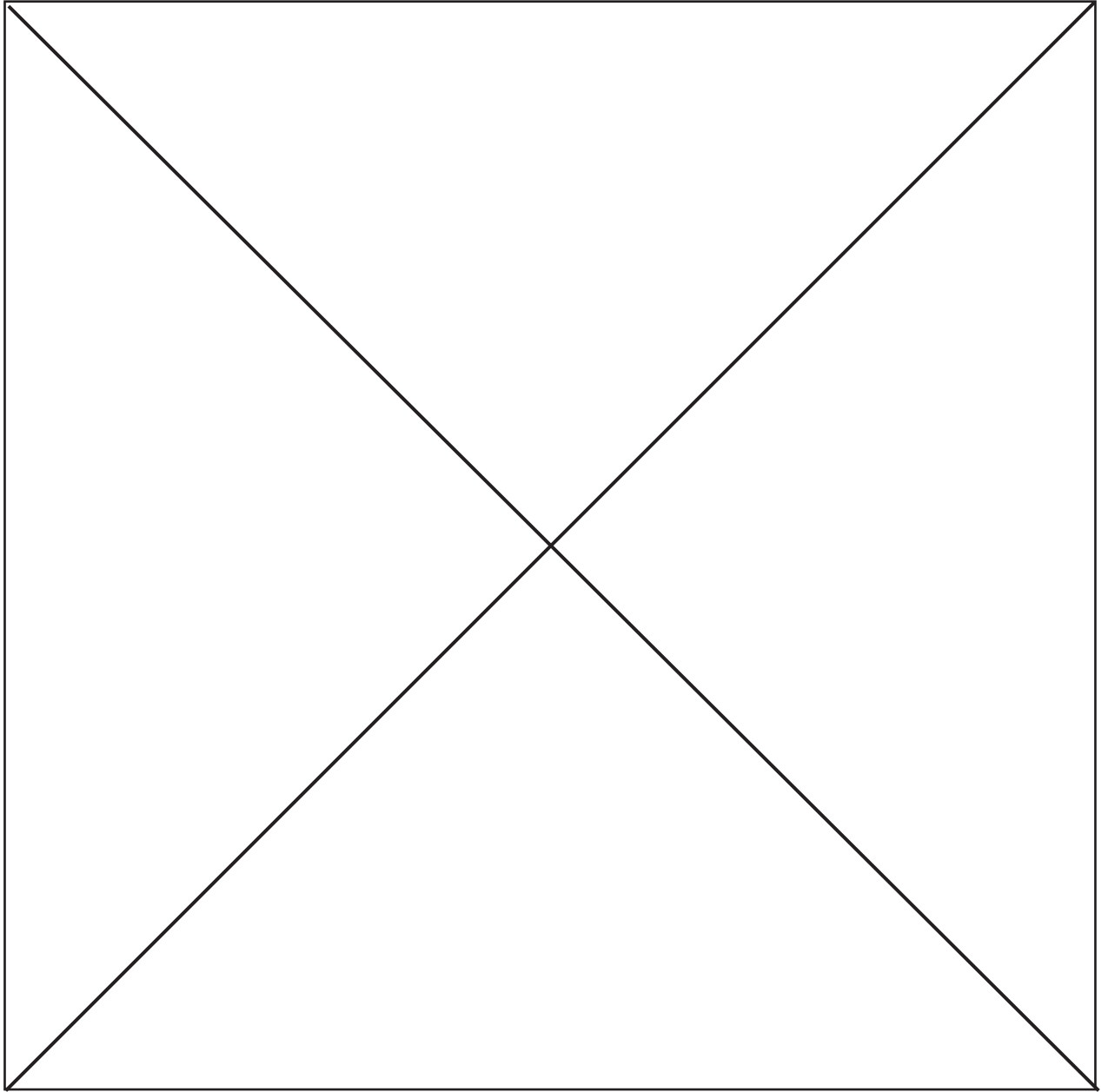
그림 7.3-8a



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 솔레노이드구동밸브 전기적 연계

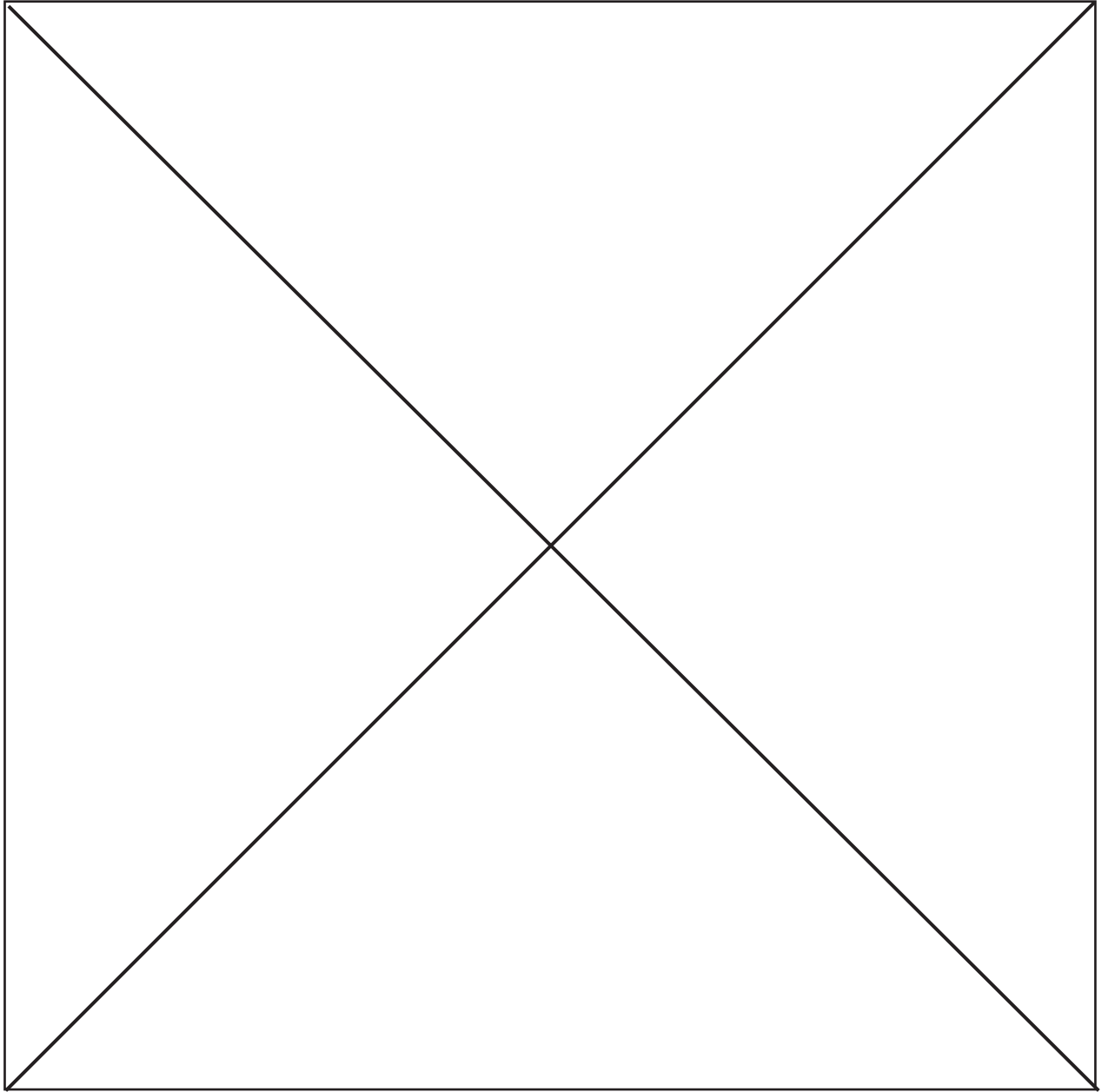
그림 7.3-8b



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 솔레노이드구동조절밸브 제어논리도

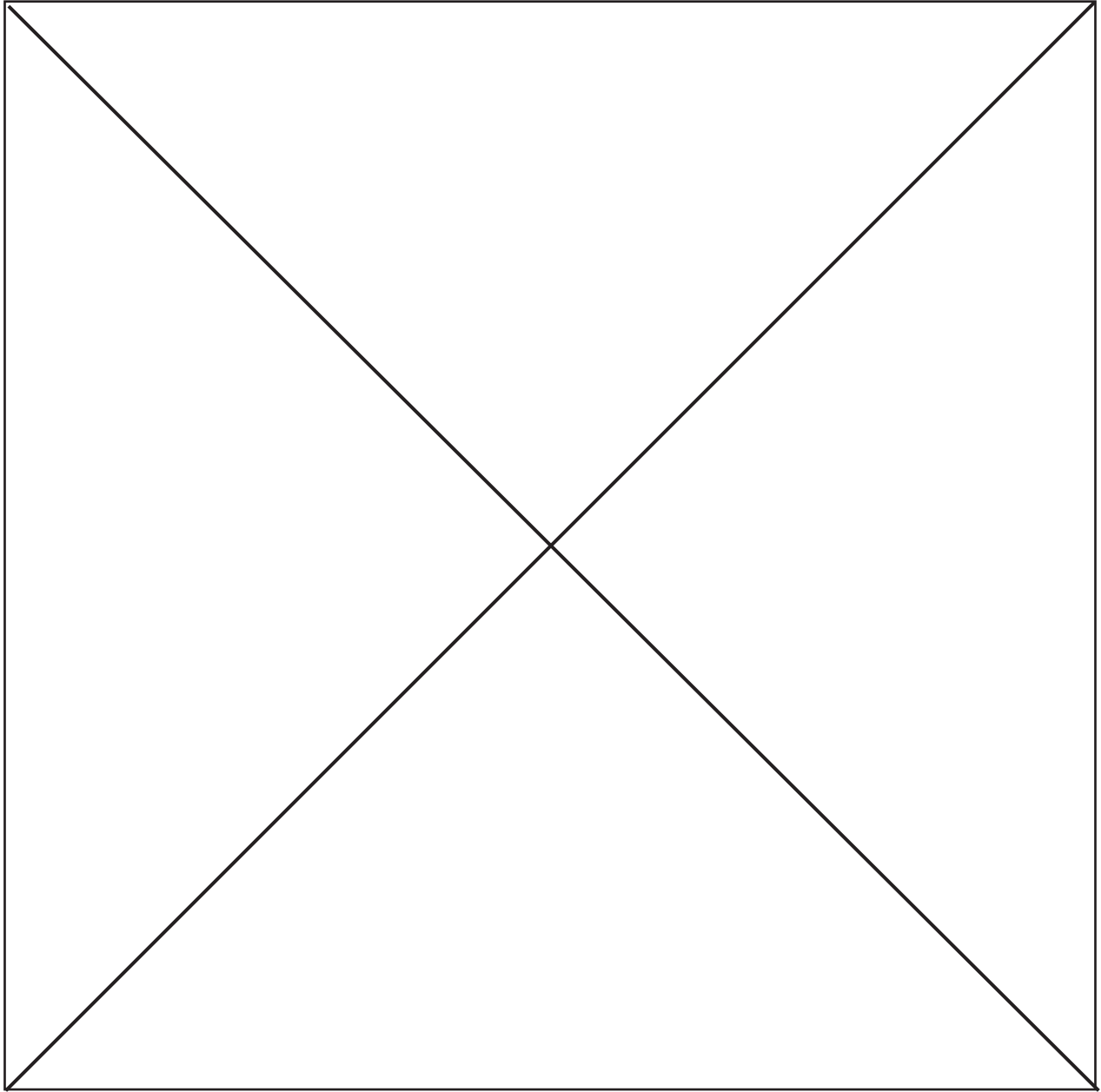
그림 7.3-9a



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 솔레노이드구동조절밸브 전기적 연계

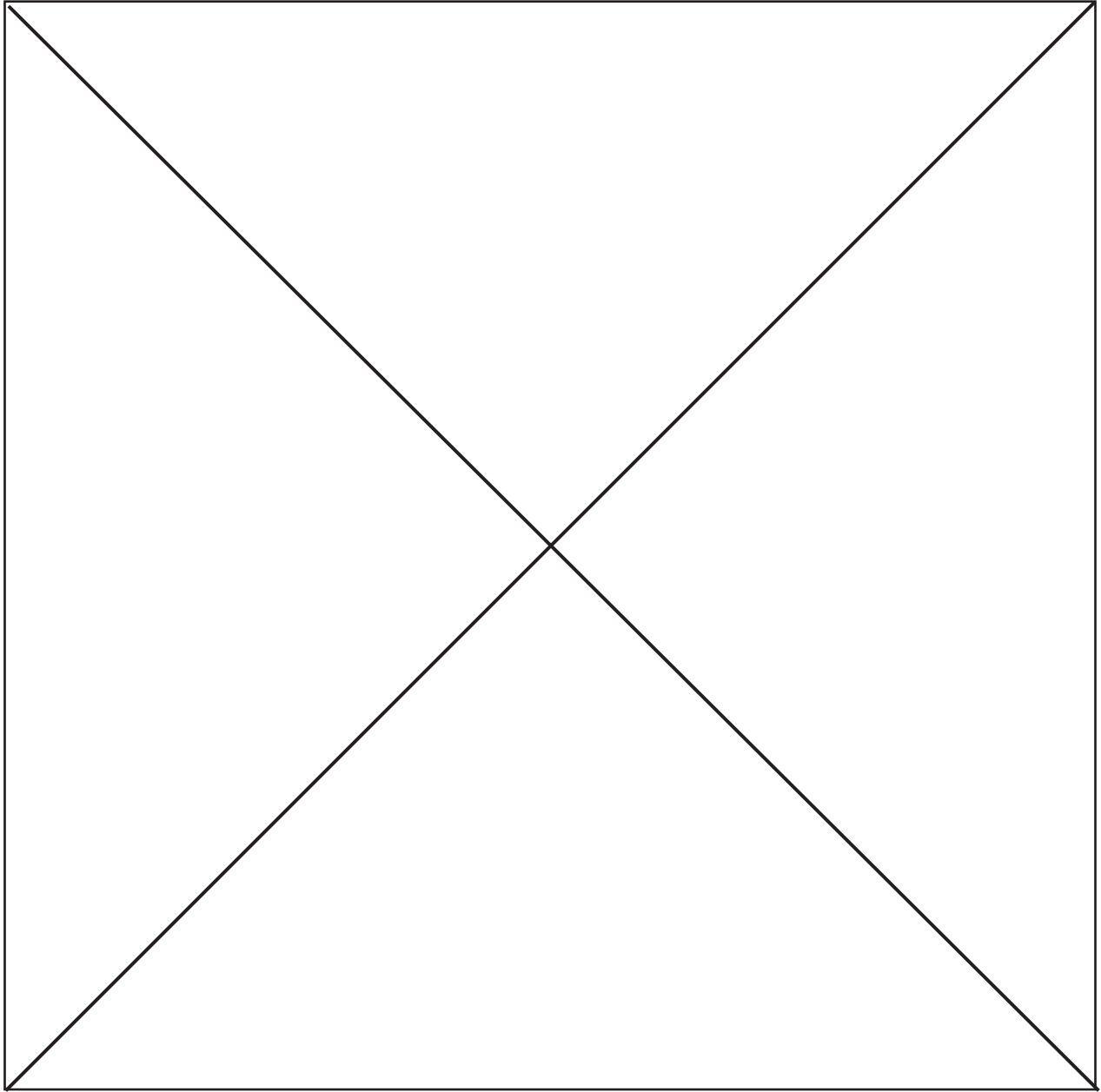
그림 7.3-9b



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 전동기구동밸브 기능적 연계도

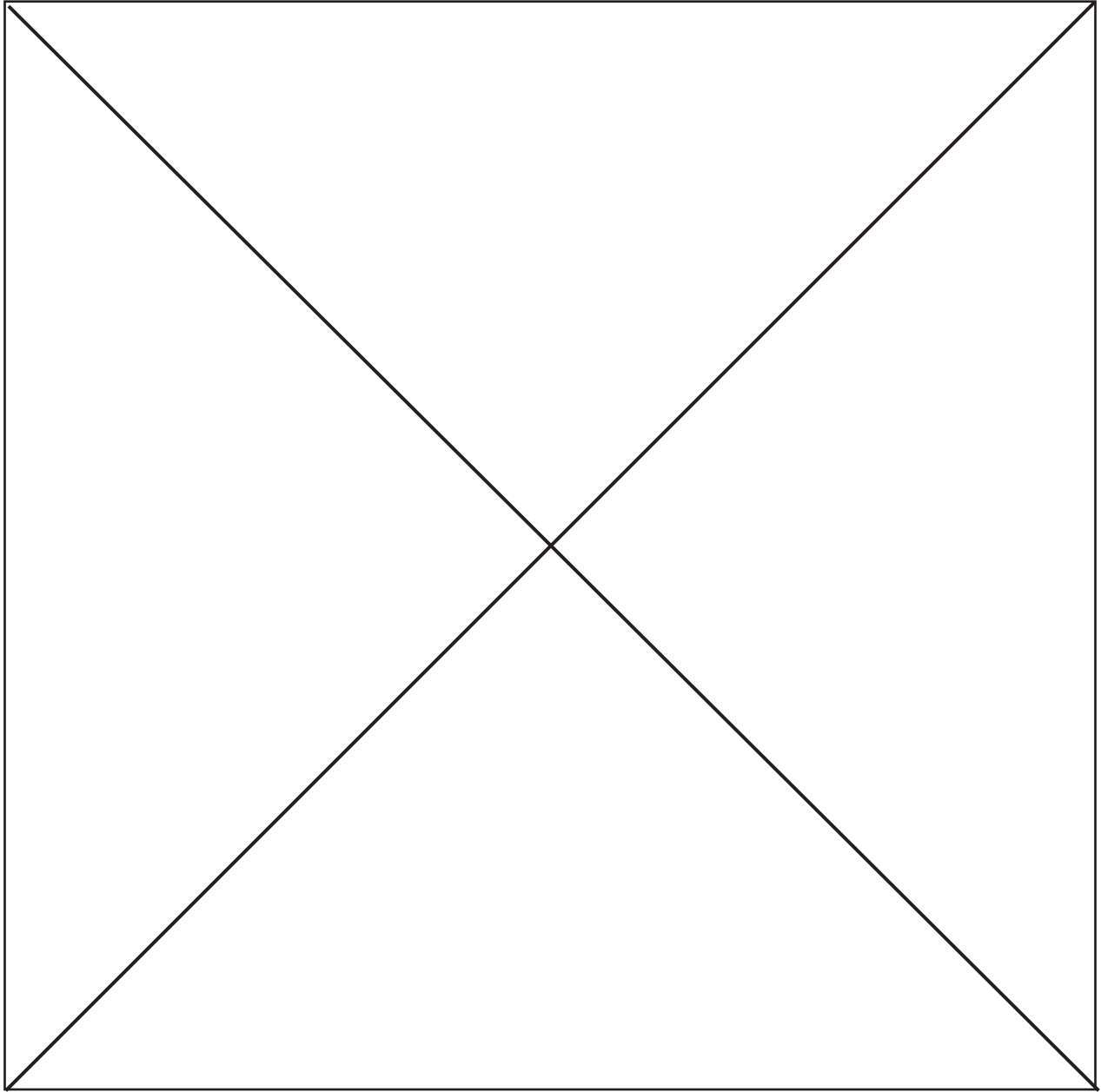
그림 7.3-10a



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 전동기구동밸브 전기적 연계

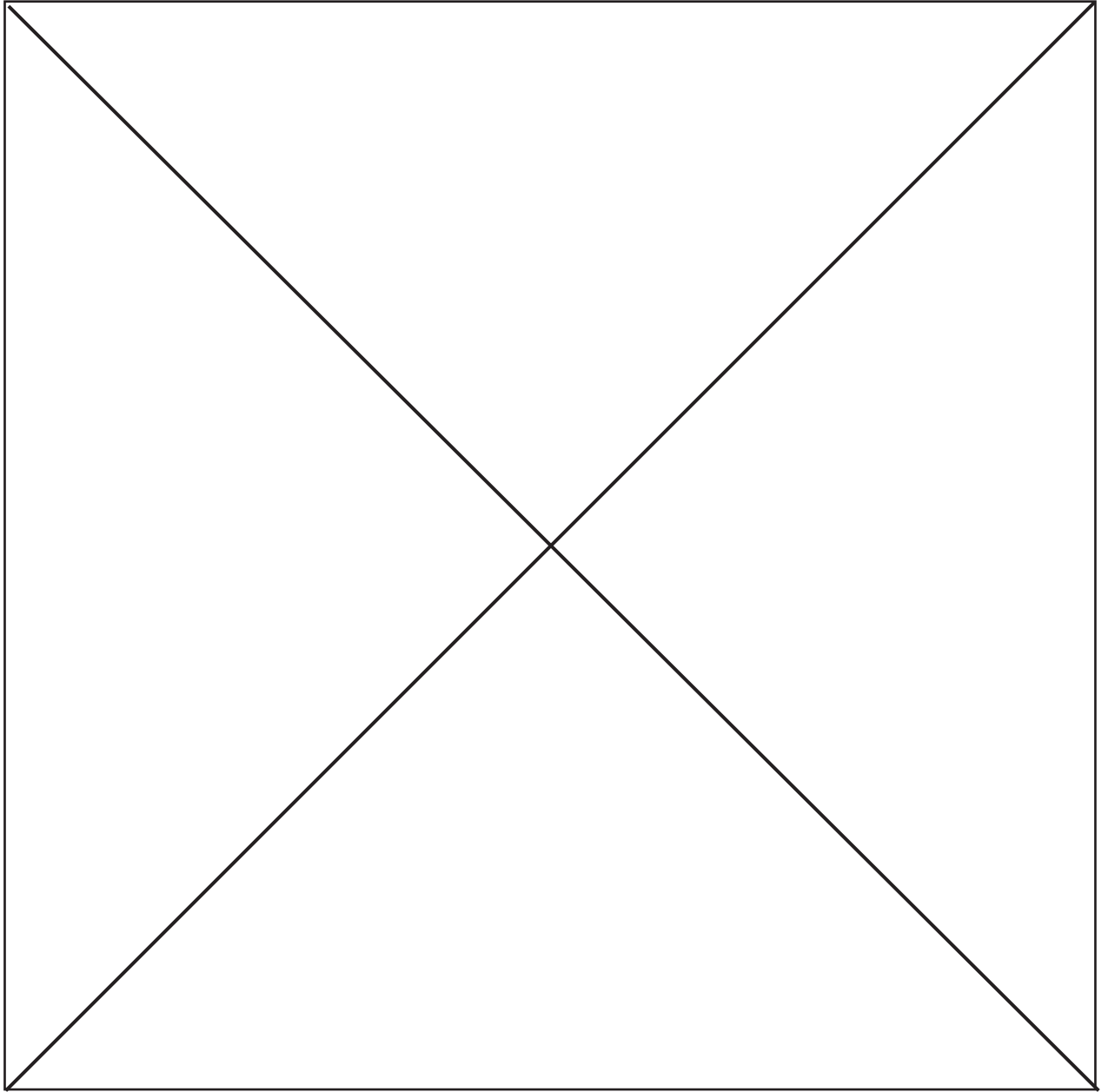
그림 7.3-10b



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 전범위 전동기구동밸브 제어논리도

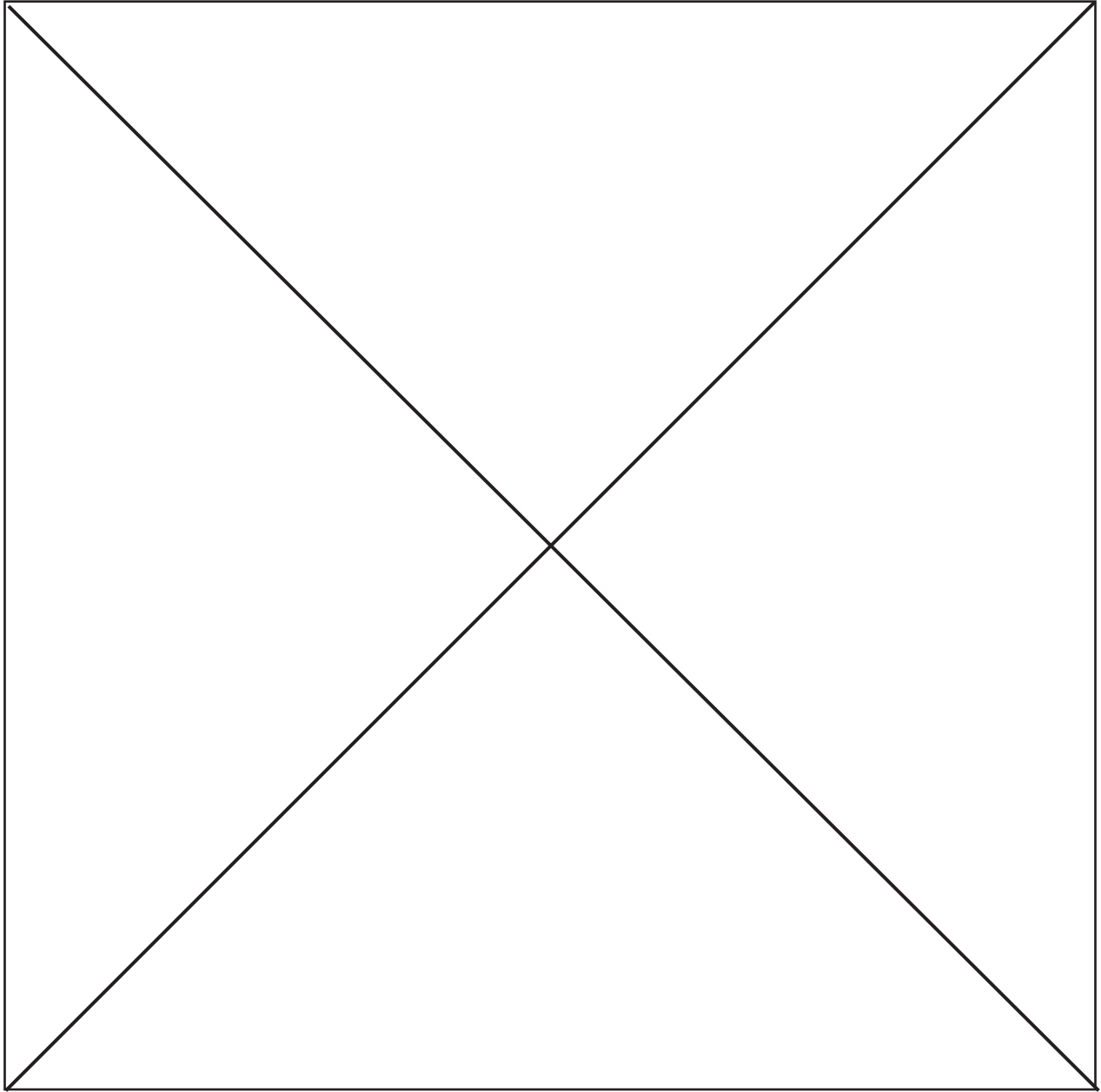
그림 7.3-11



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 조절전동기구동밸브 제어논리도

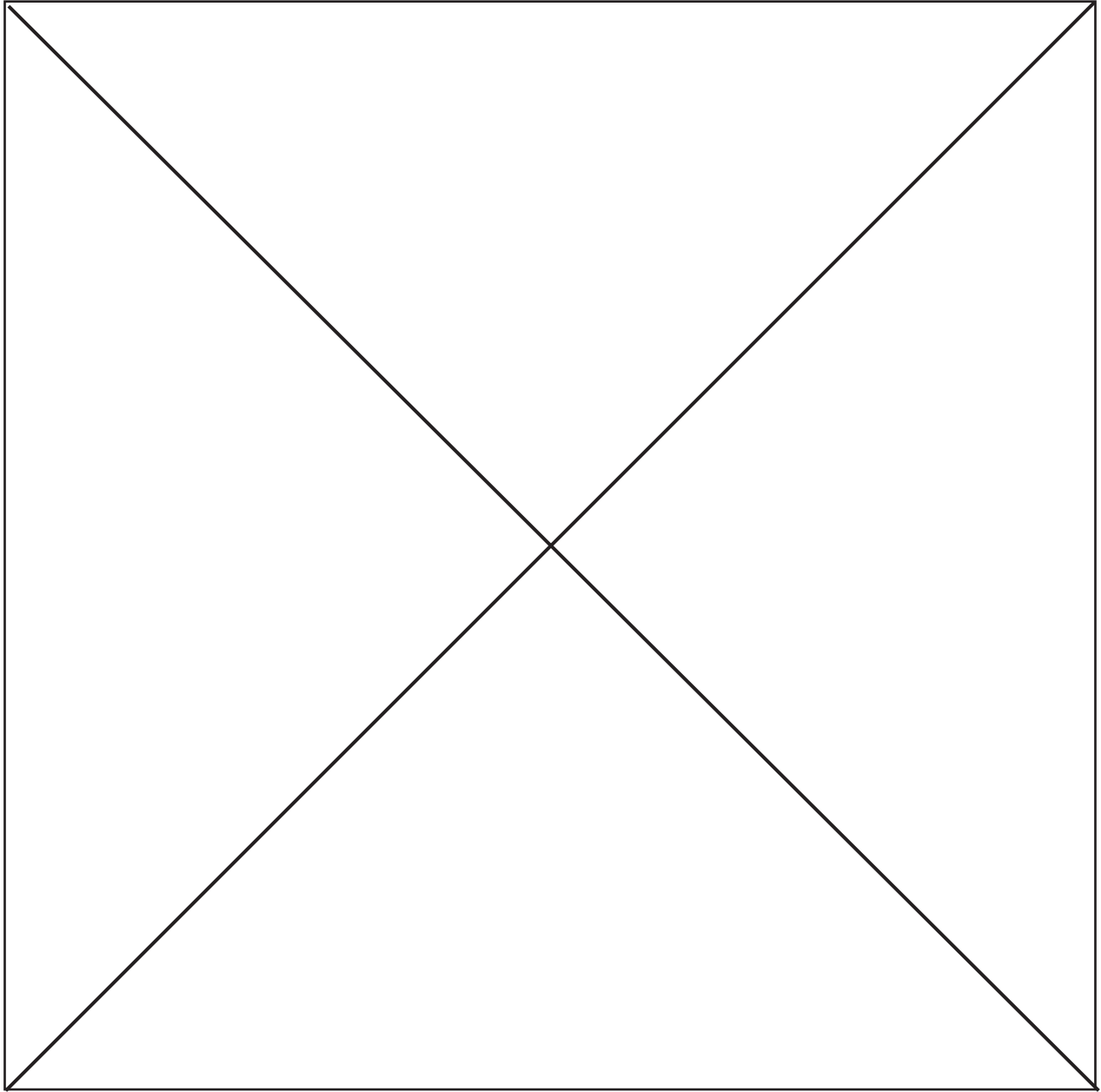
그림 7.3-12



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 비역회전 전동기 시동장치 구동기기  
제어논리도

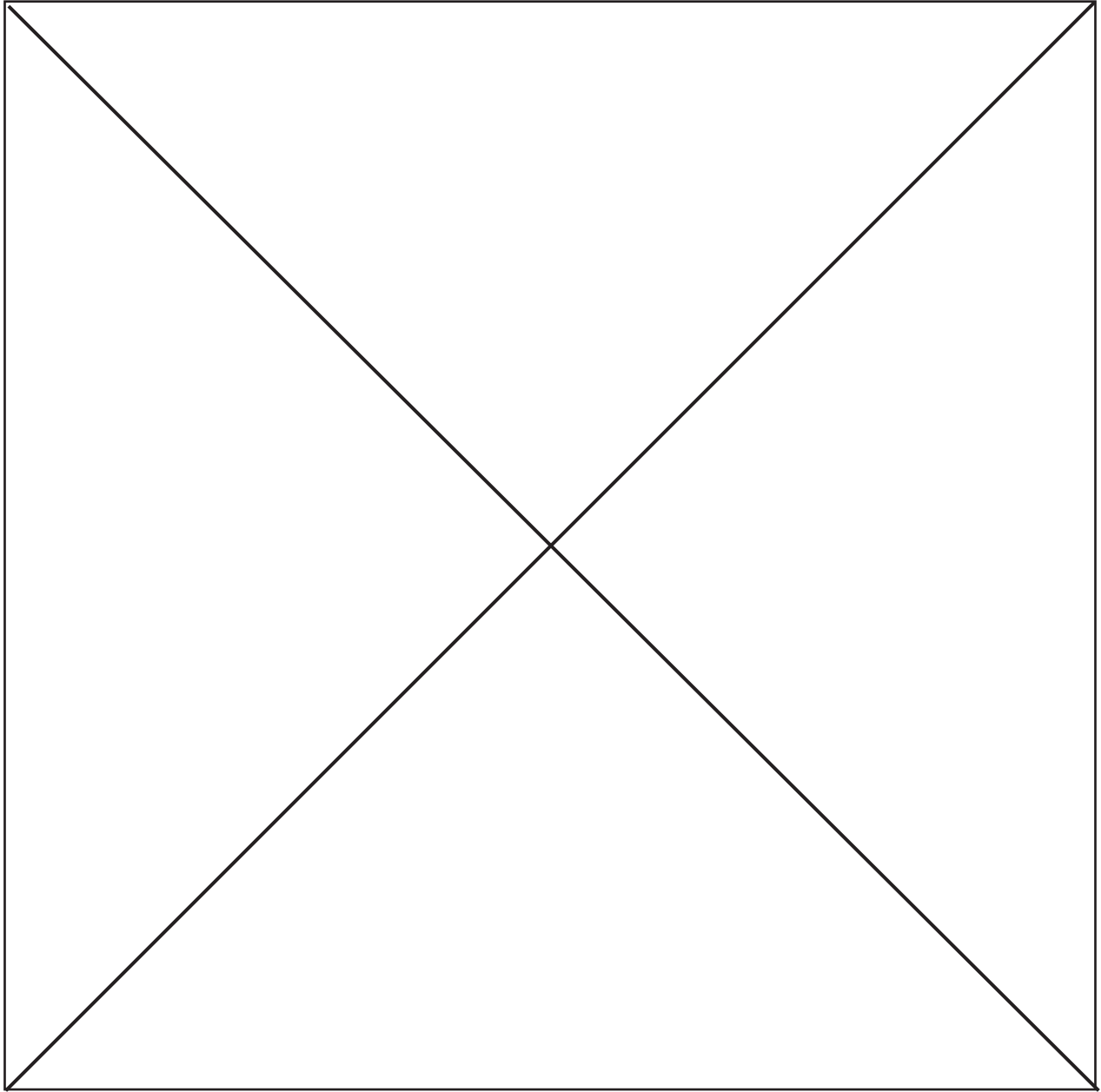
그림 7.3-13a



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 비역회전 전동기 시동장치 구동기기  
전기적 연계

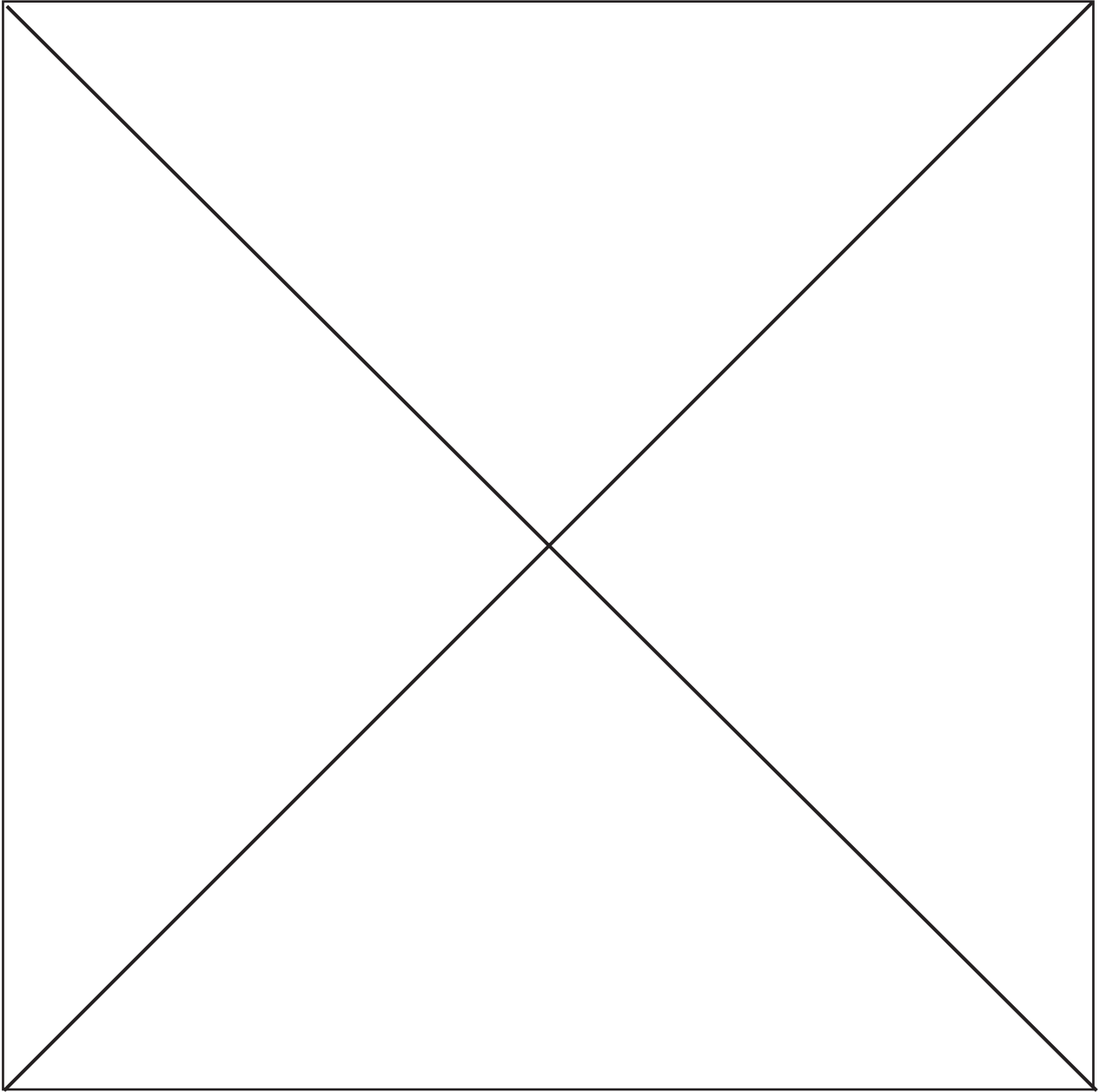
그림 7.3-13b



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 회로차단기 구동기기 제어논리도

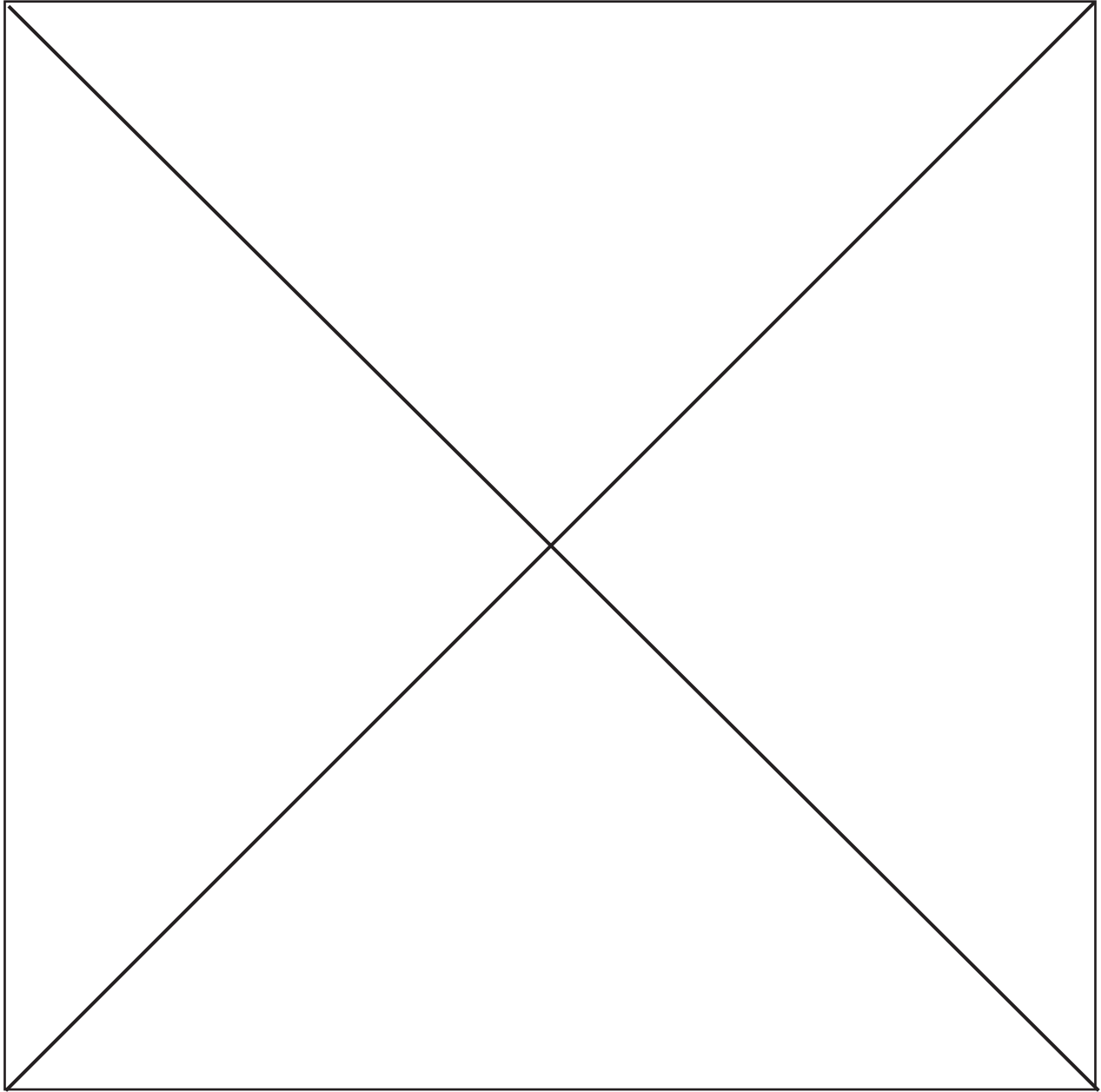
그림 7.3-14a



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 회로차단기 구동기기 전기적 연계

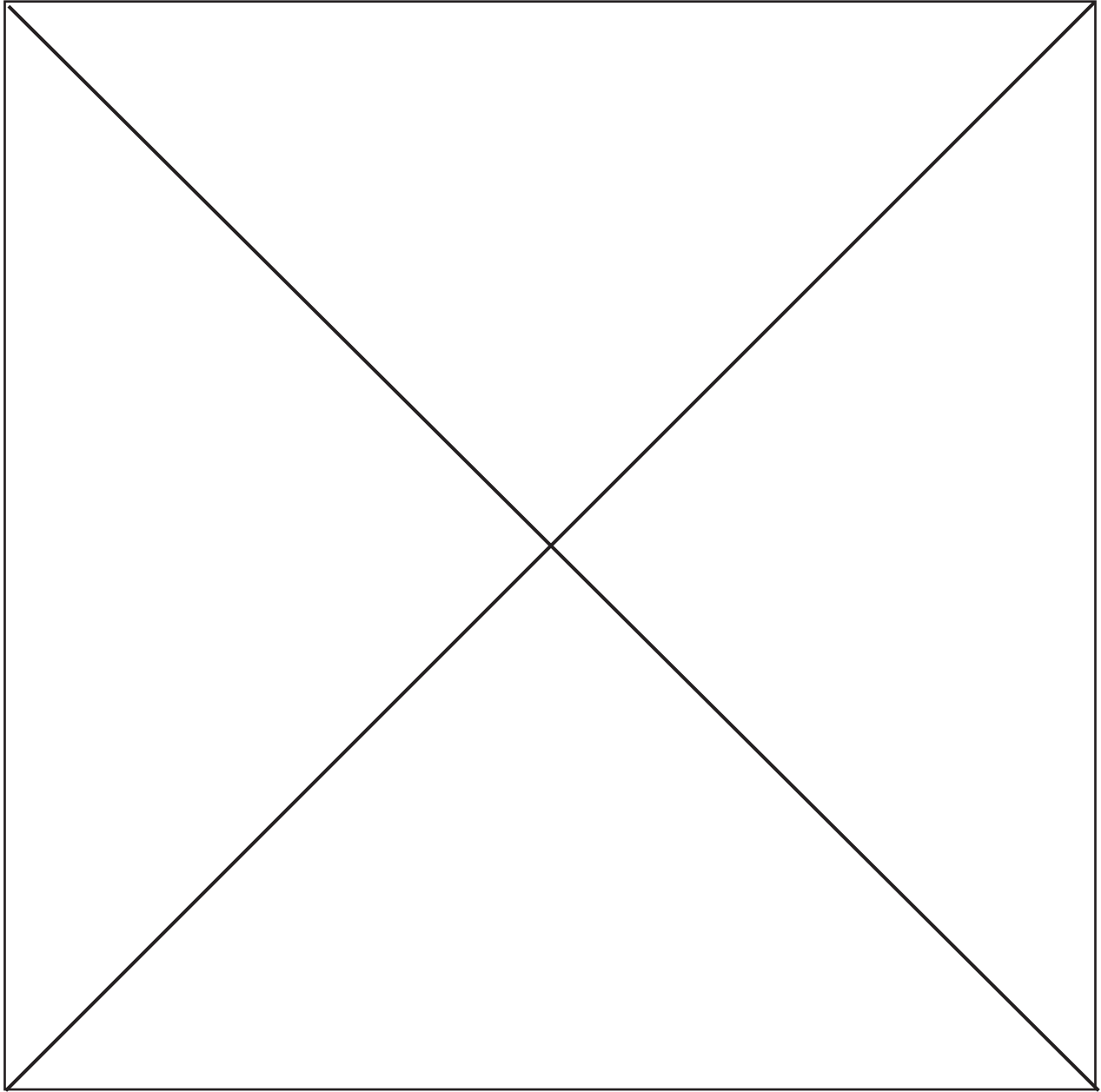
그림 7.3-14b



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 조절기기 제어논리도

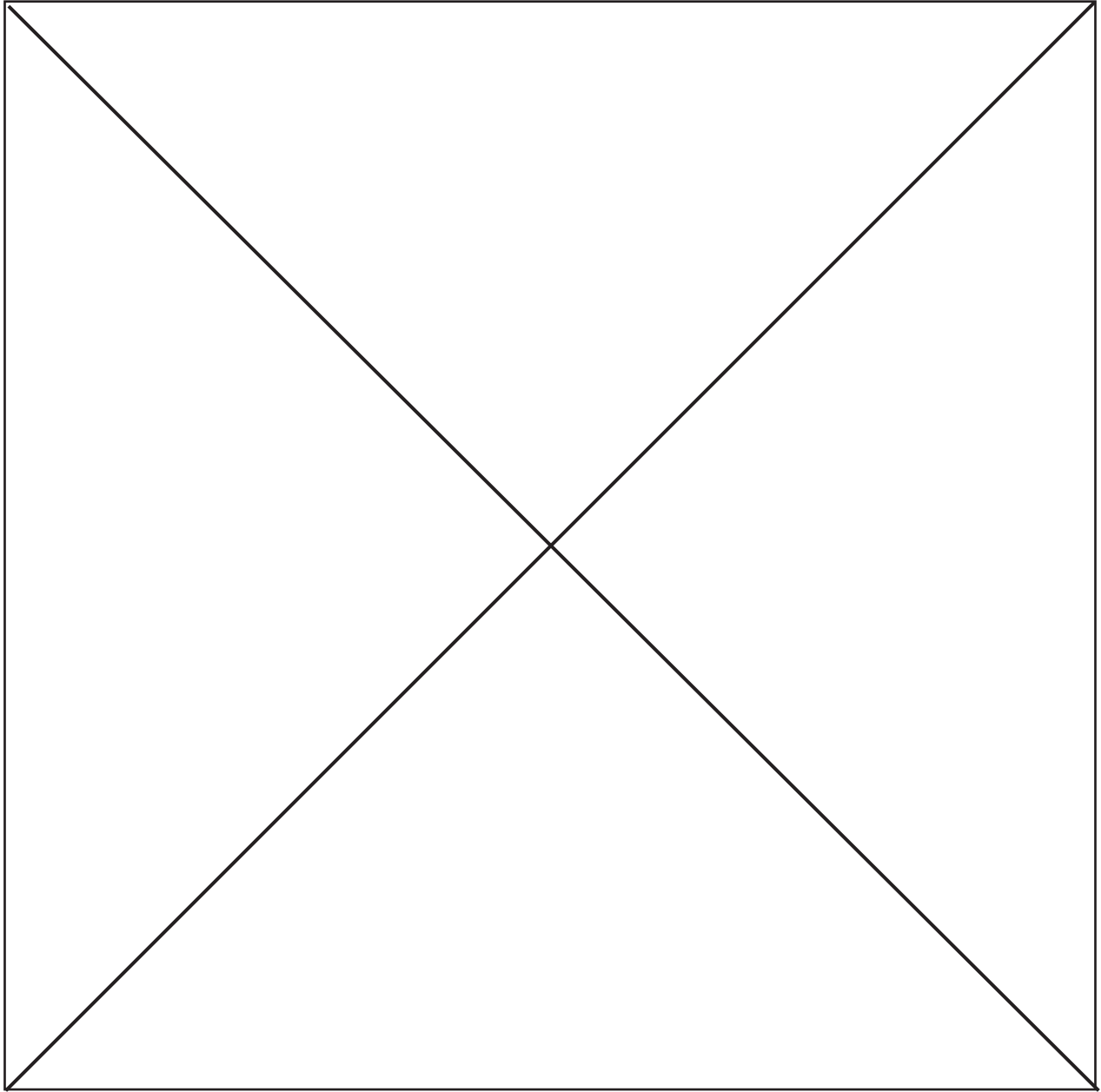
그림 7.3-15a



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 조절기기 전기적 연계

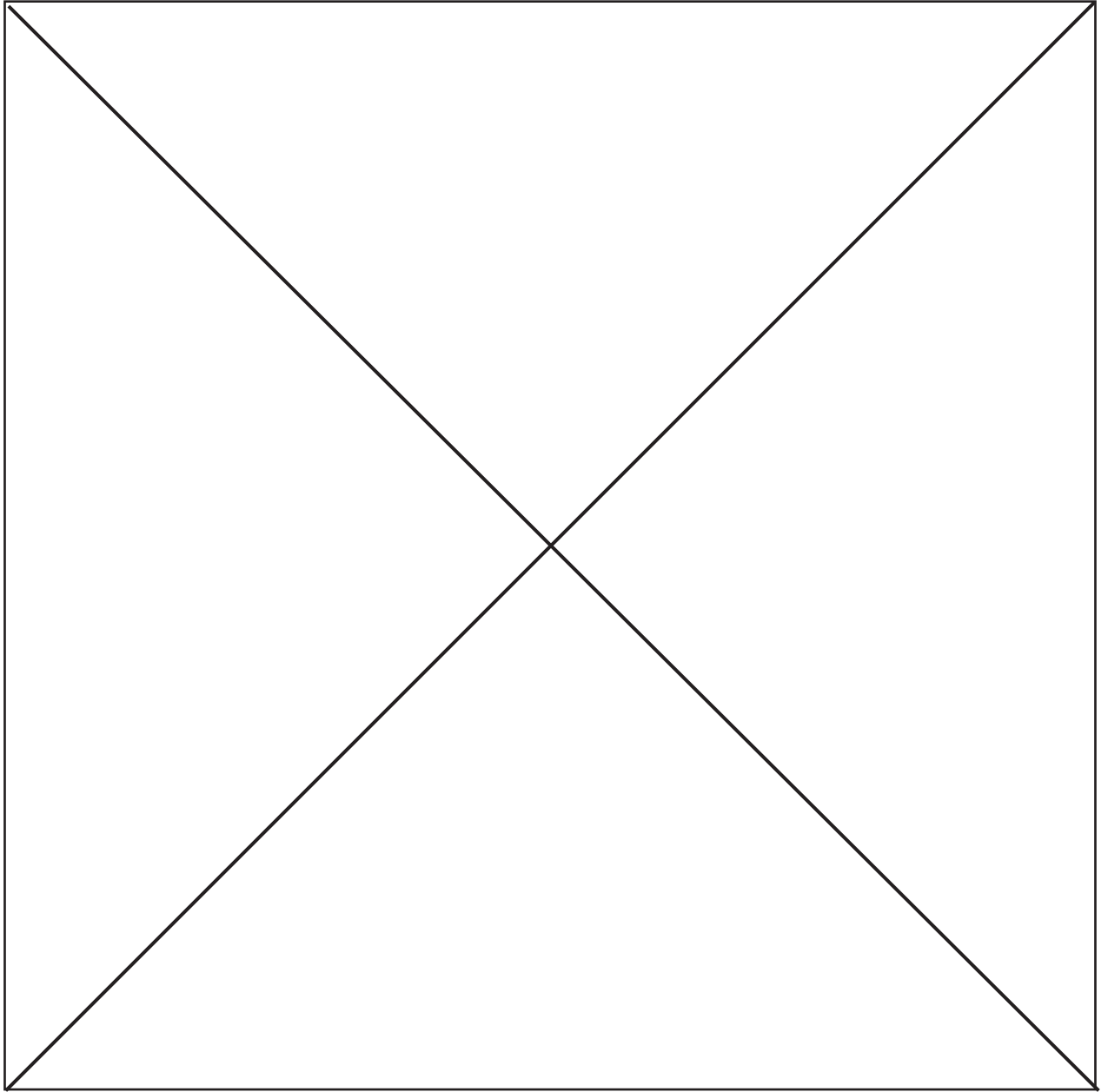
그림 7.3-15b



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 전기유압식 구동기댐퍼 제어논리도

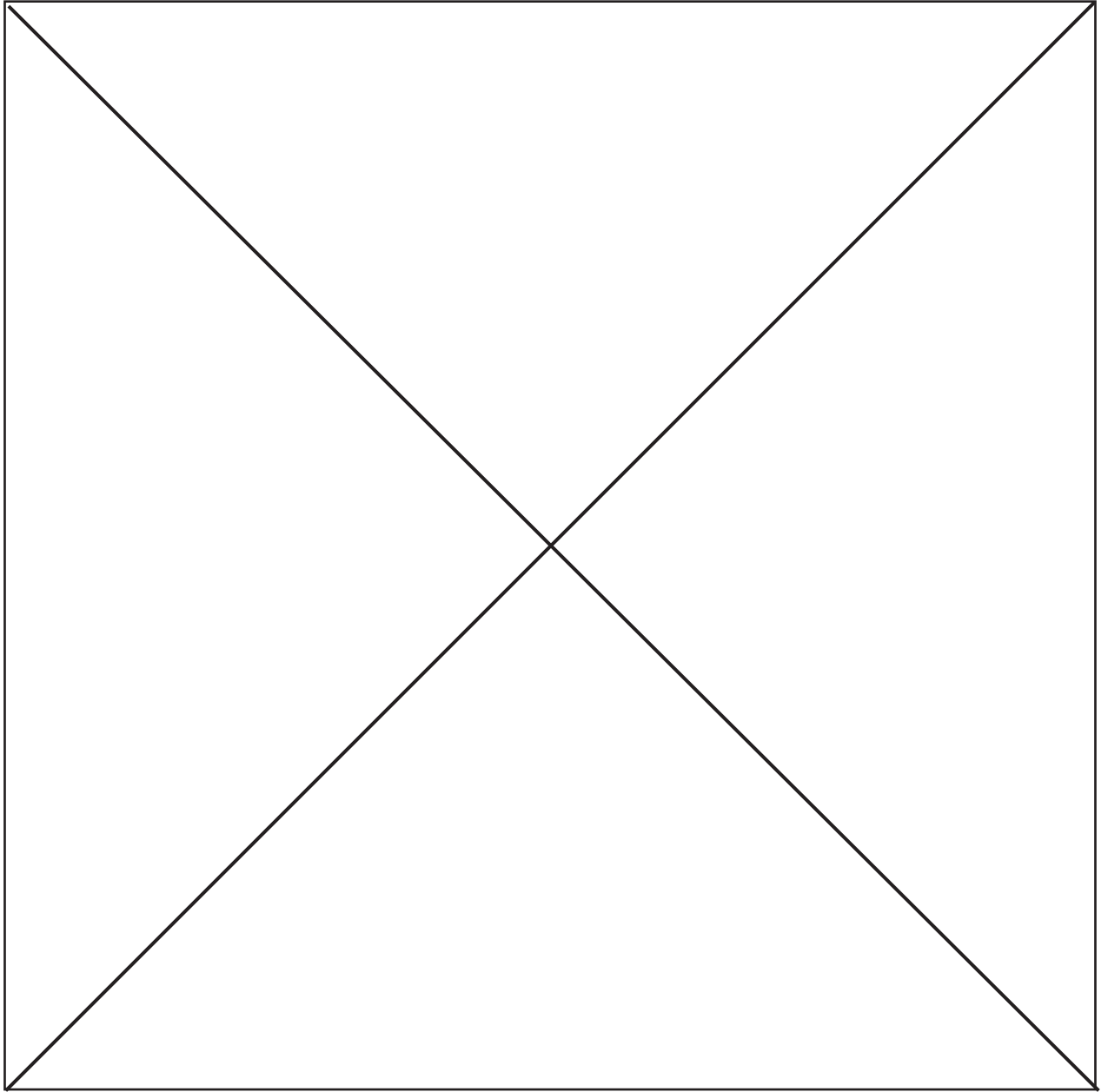
그림 7.3-15c



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

전형적인 전기유압식 구동기댐퍼 전기적 연계

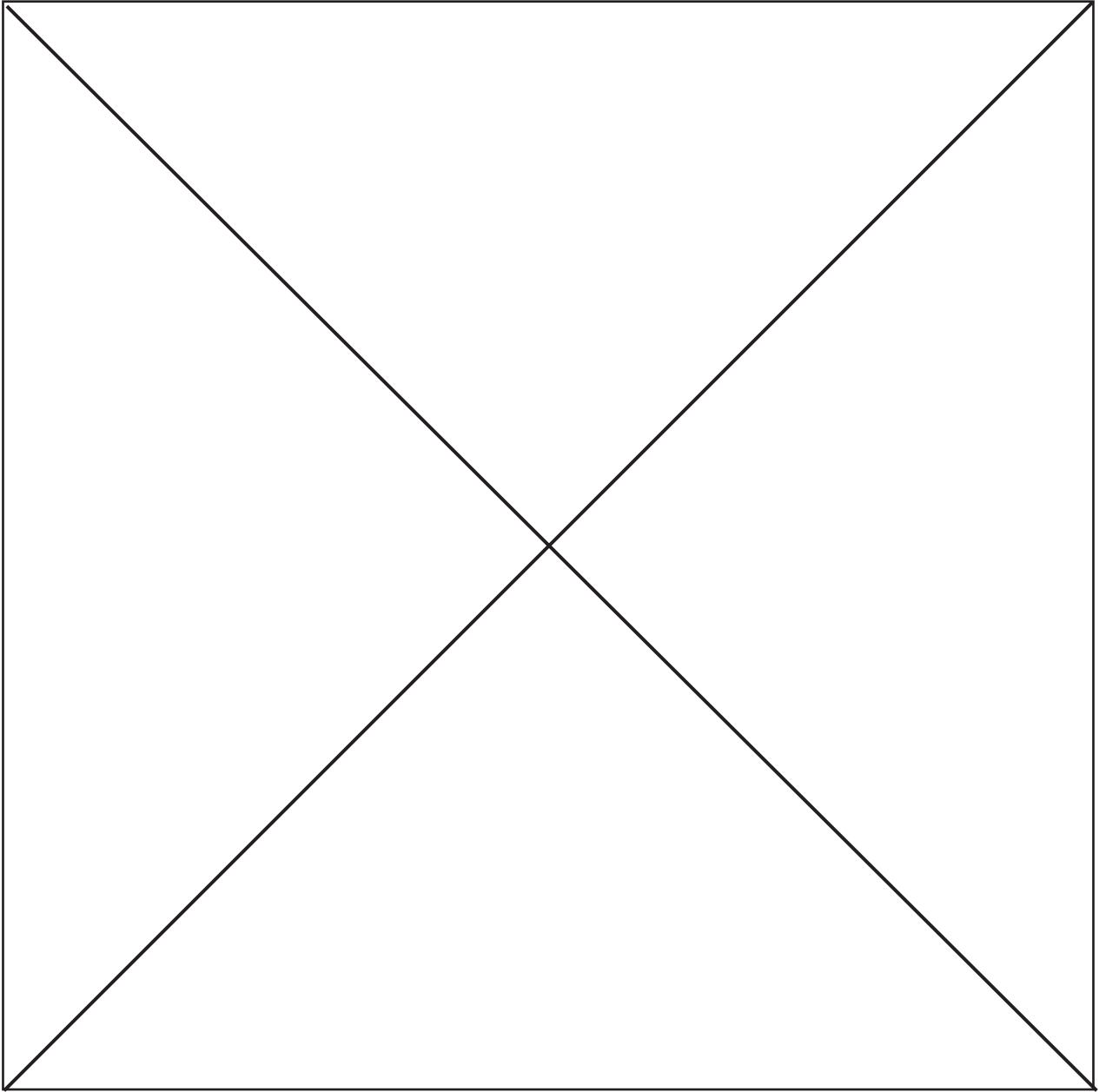
그림 7.3-15d



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

온도 과부하 단순 배선도

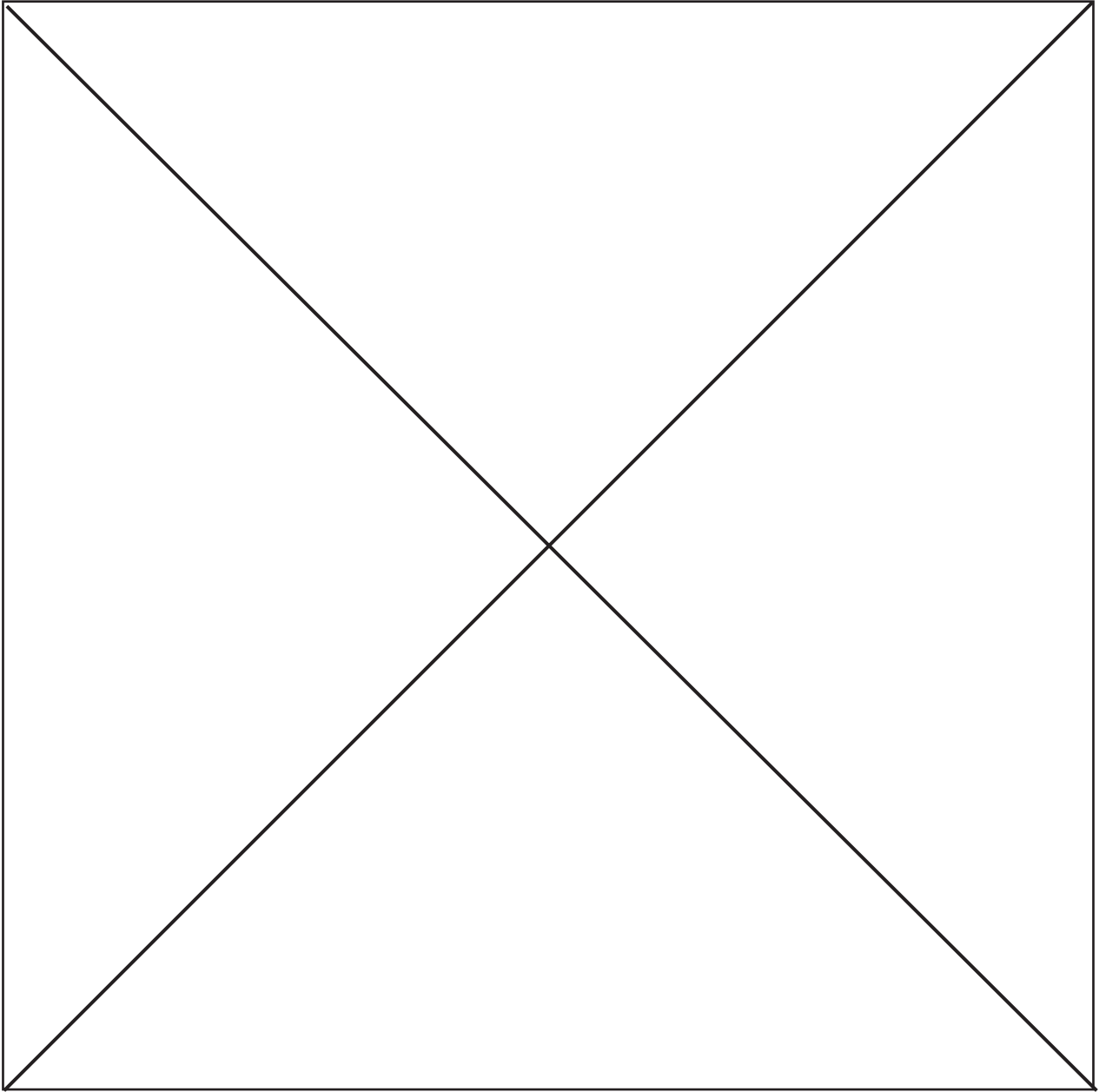
그림 7.3-16



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

원자로건물내재장전수저장계통  
제어 및 계장도

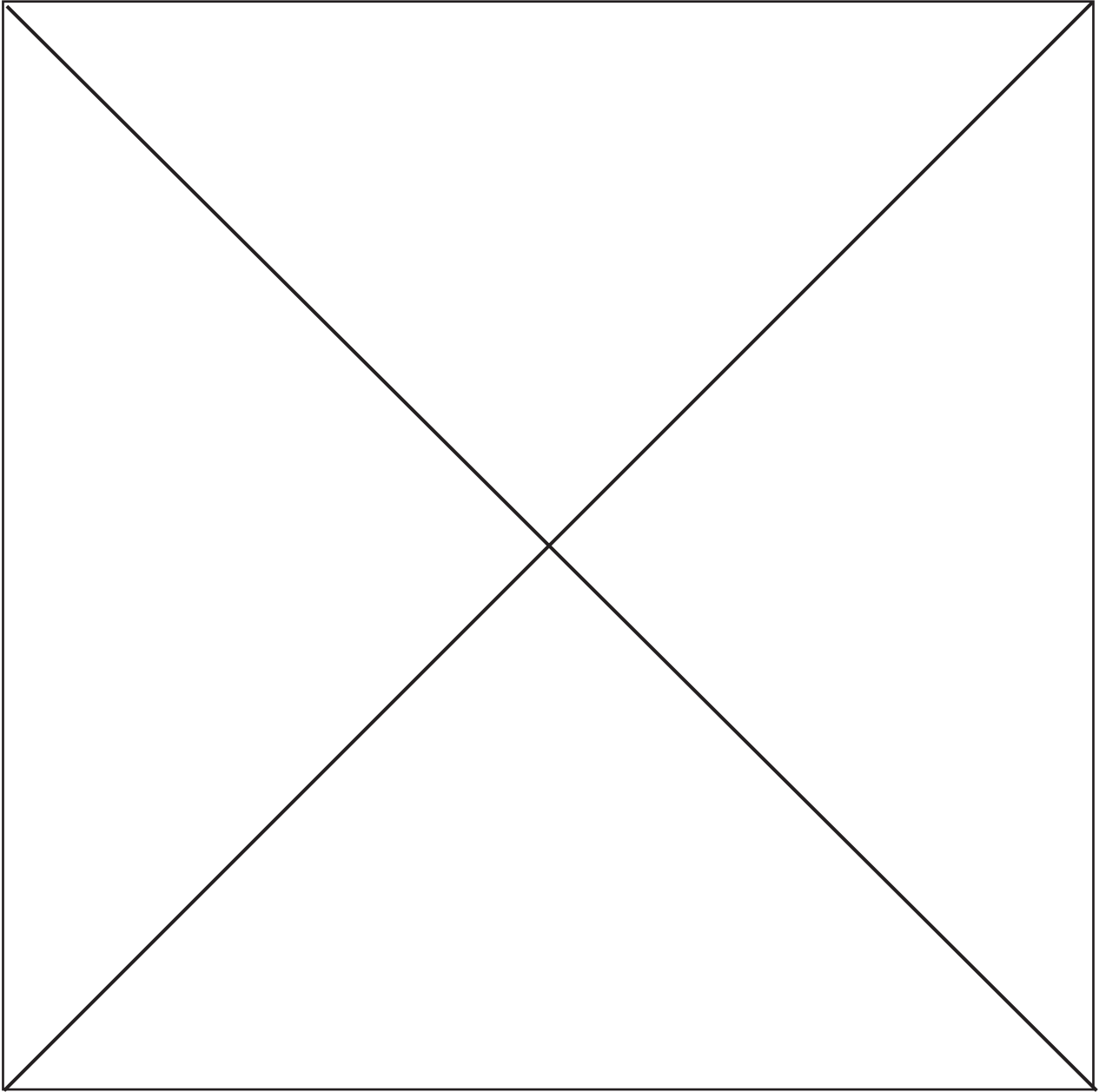
그림 7.3-17



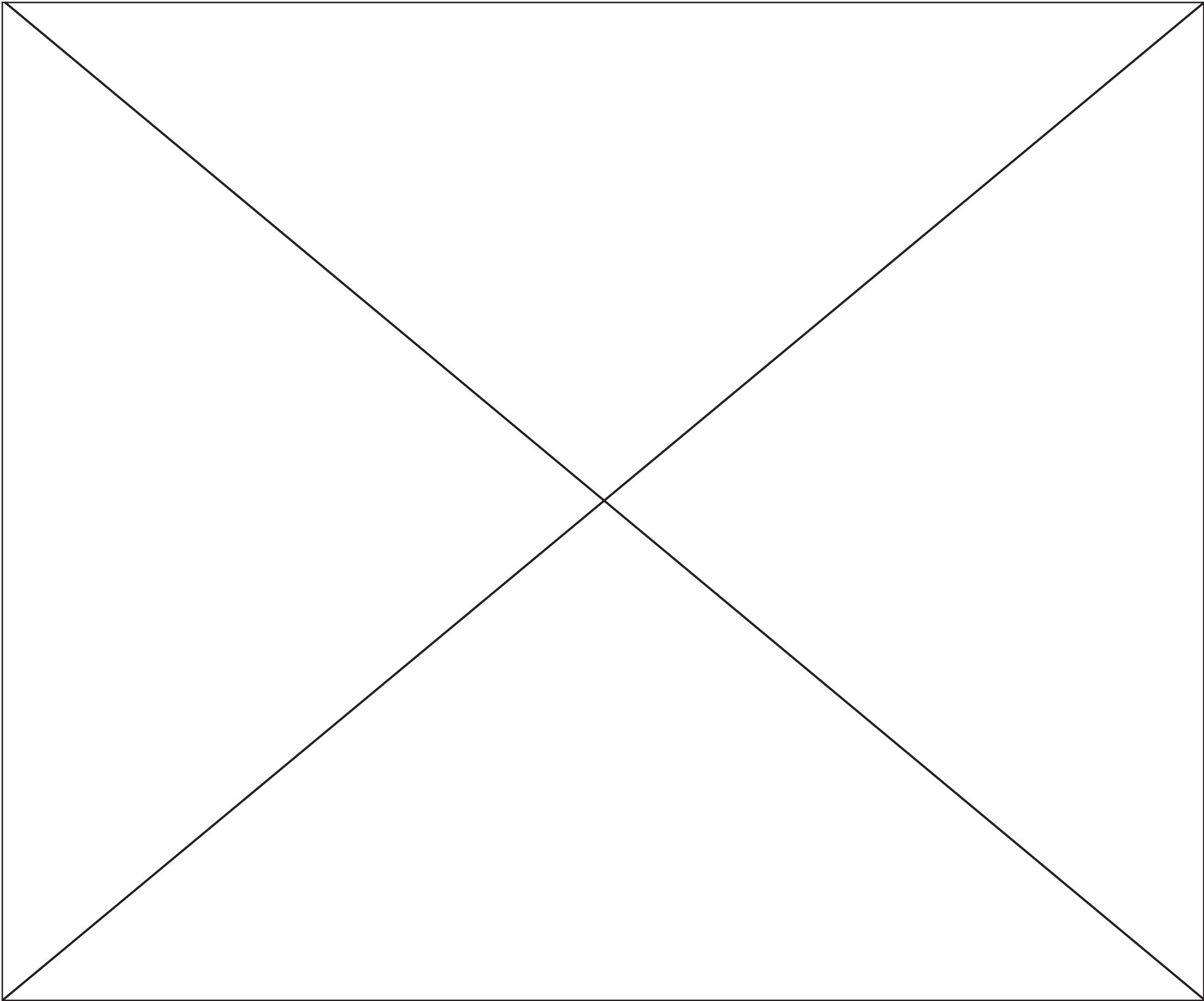
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

보조급수계통 제어 및 계장도

그림 7.3-18 (2 중 1)



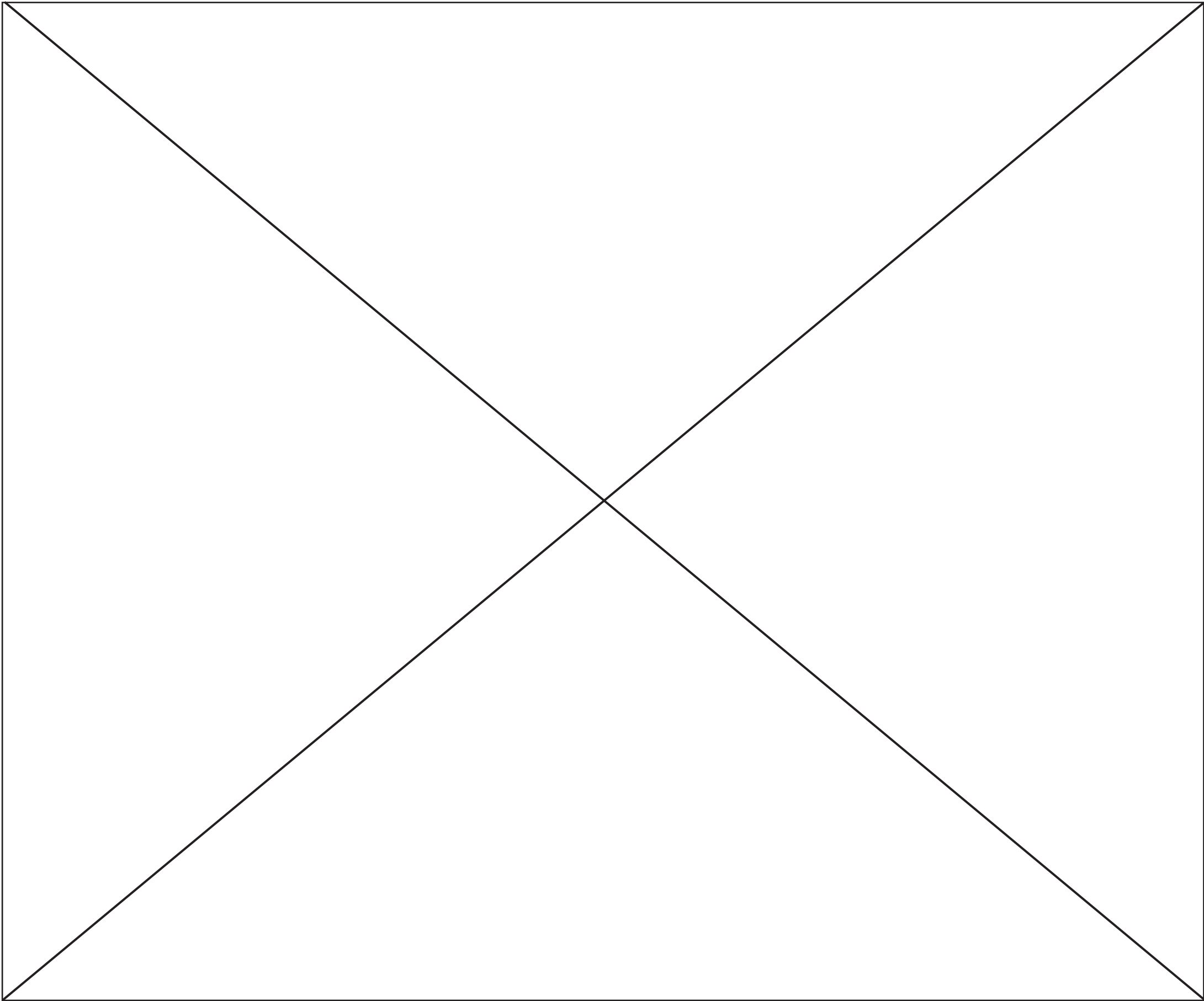
	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
보조급수계통 제어 및 계장도  그림 7.3-18 (2 중 2)	



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

안전주입탱크 1 측정채널 블록선도

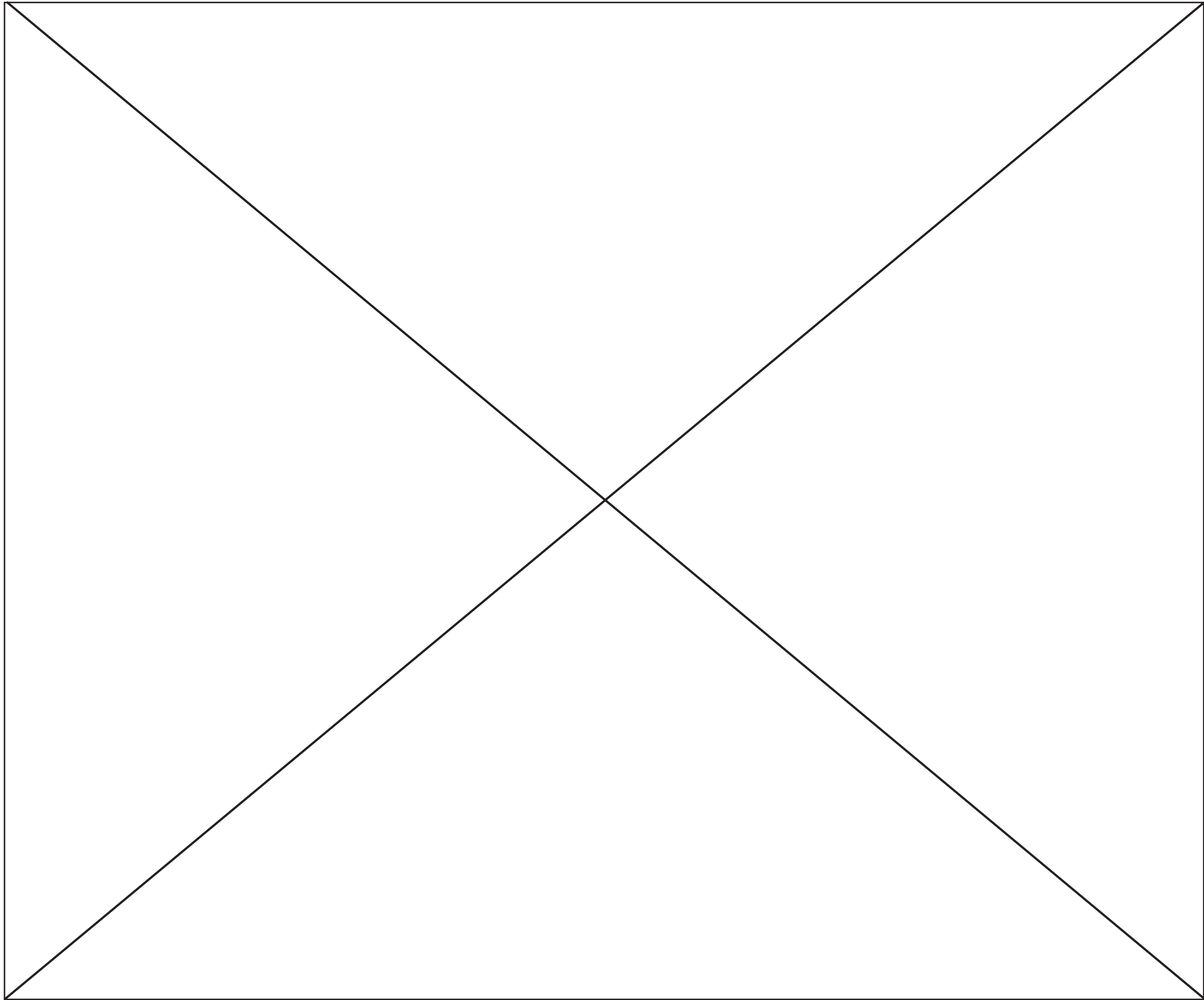
그림 7.3-19a



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

안전주입탱크 2 측정채널 블록선도

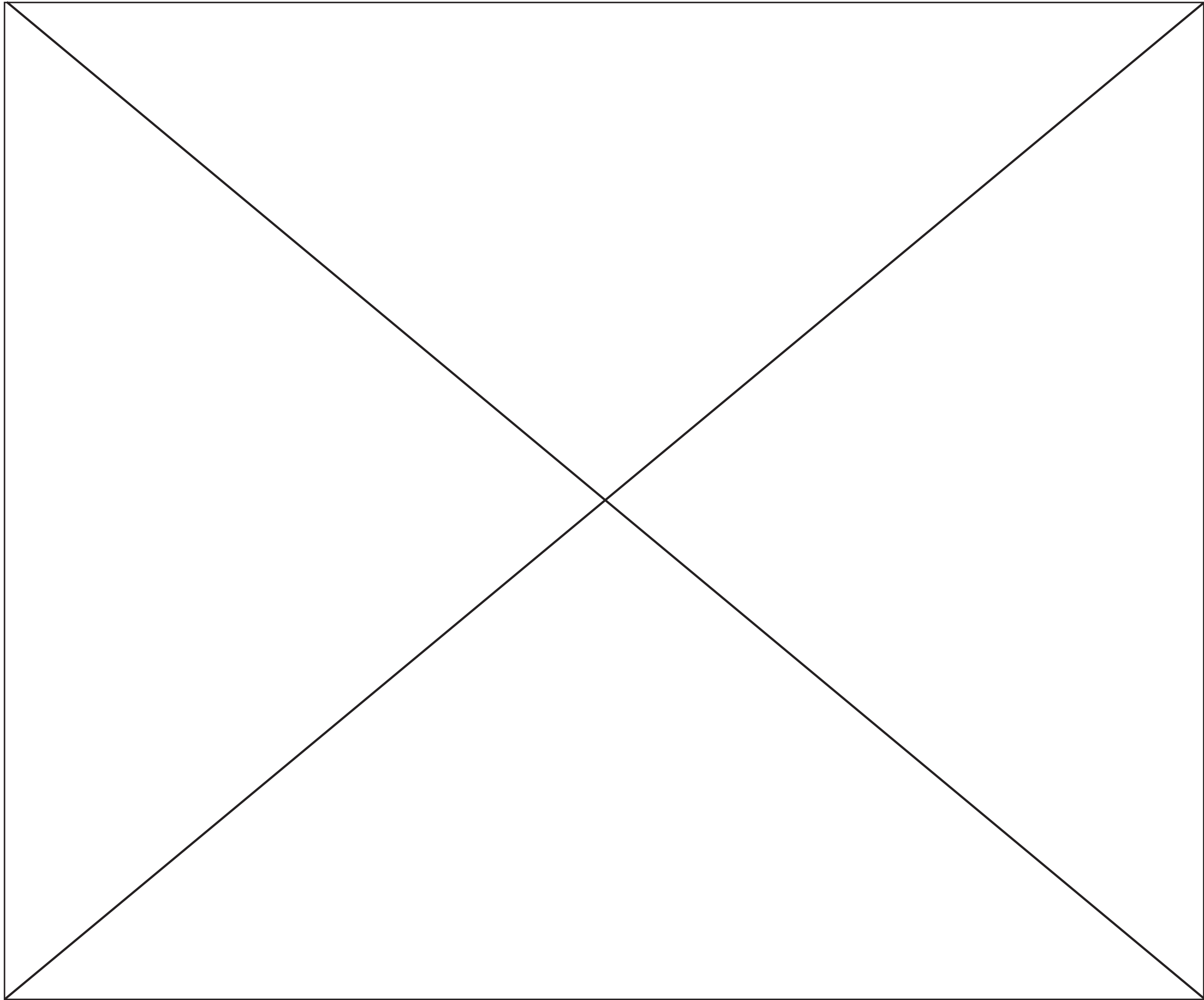
그림 7.3-19b



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

안전주입탱크 3 측정채널 블록선도

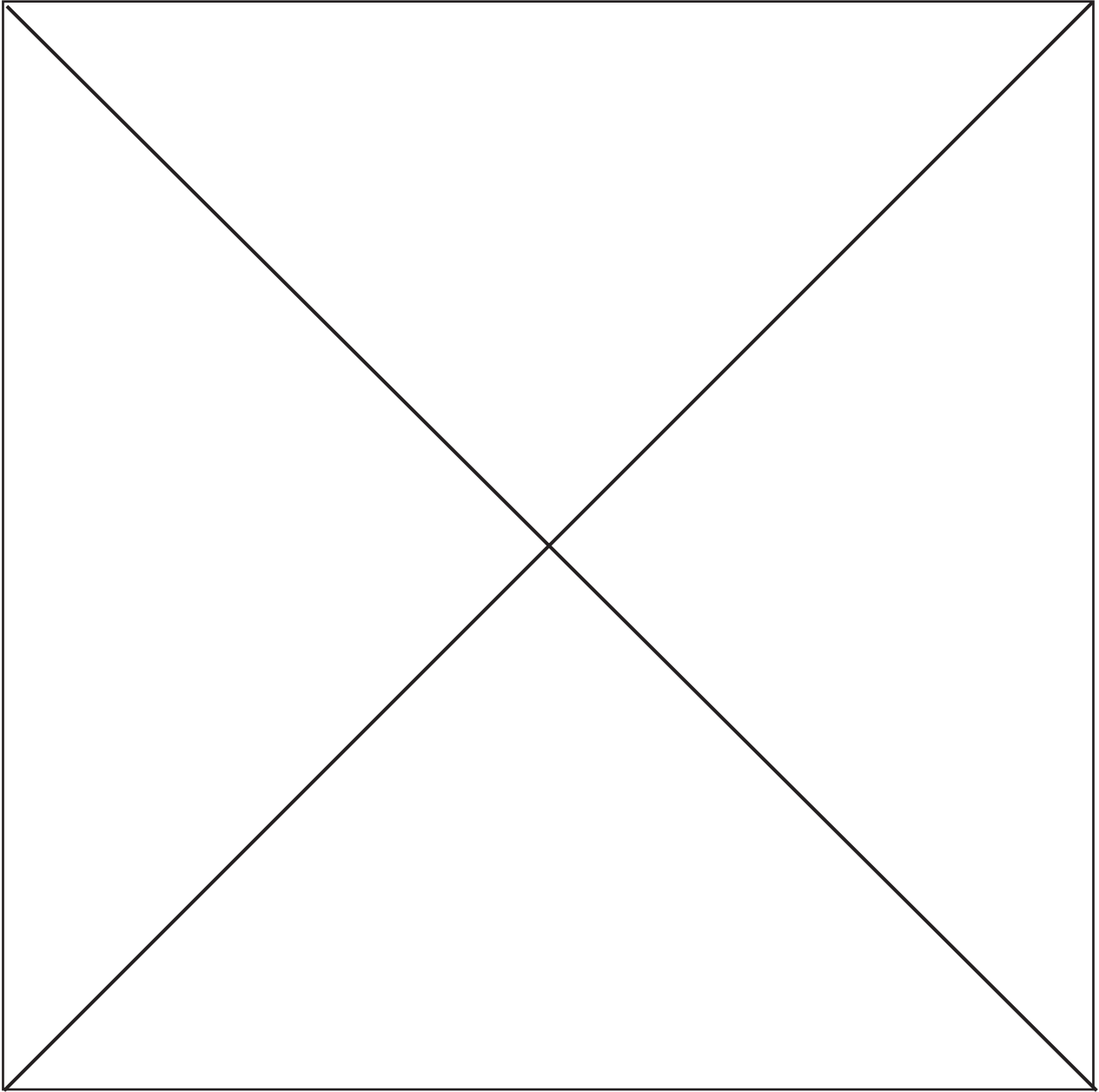
그림 7.3-19c



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

안전주입탱크 4 측정채널 블록선도

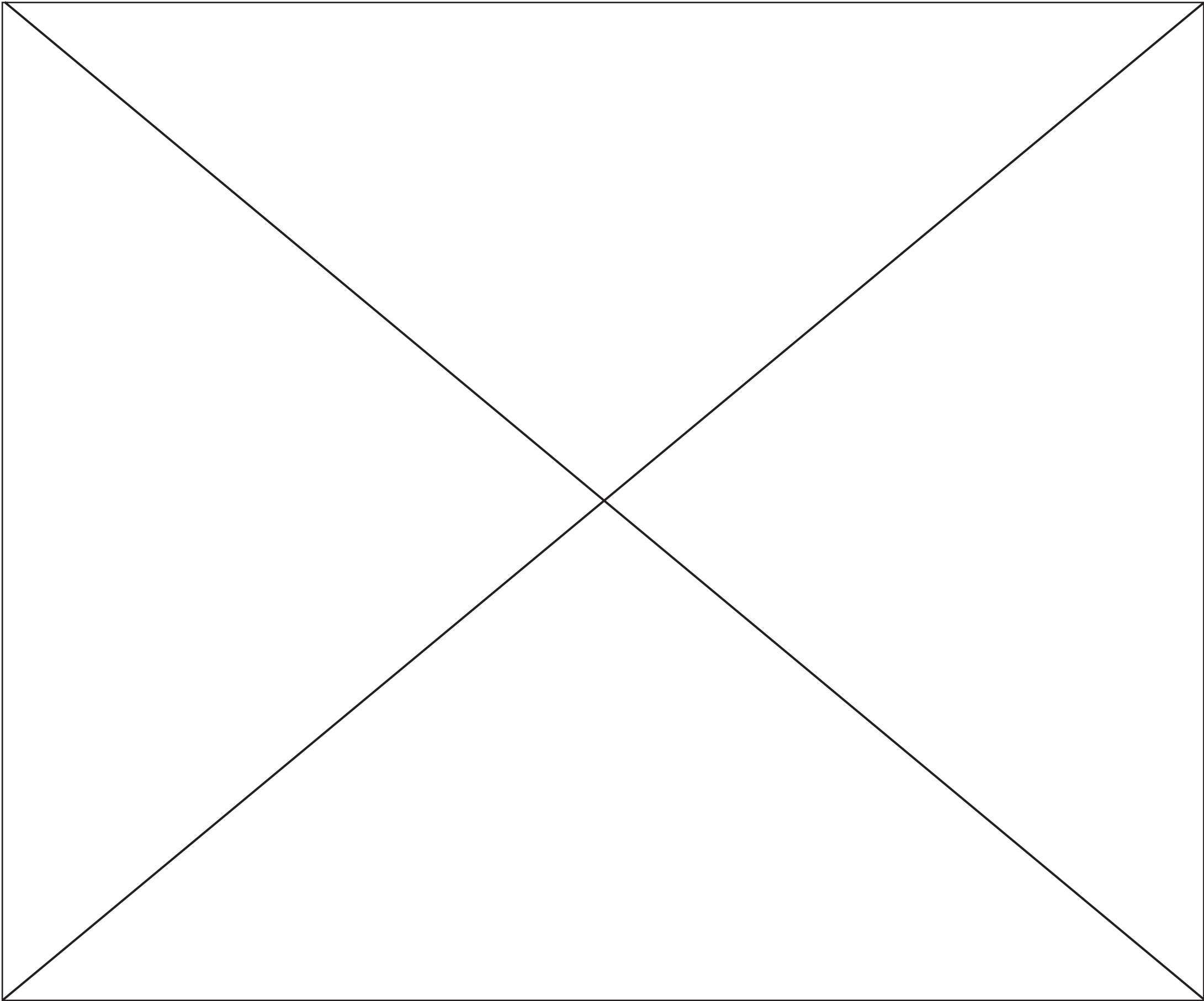
그림 7.3-19d



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

원자로건물 살수계통 제어 및 계장도

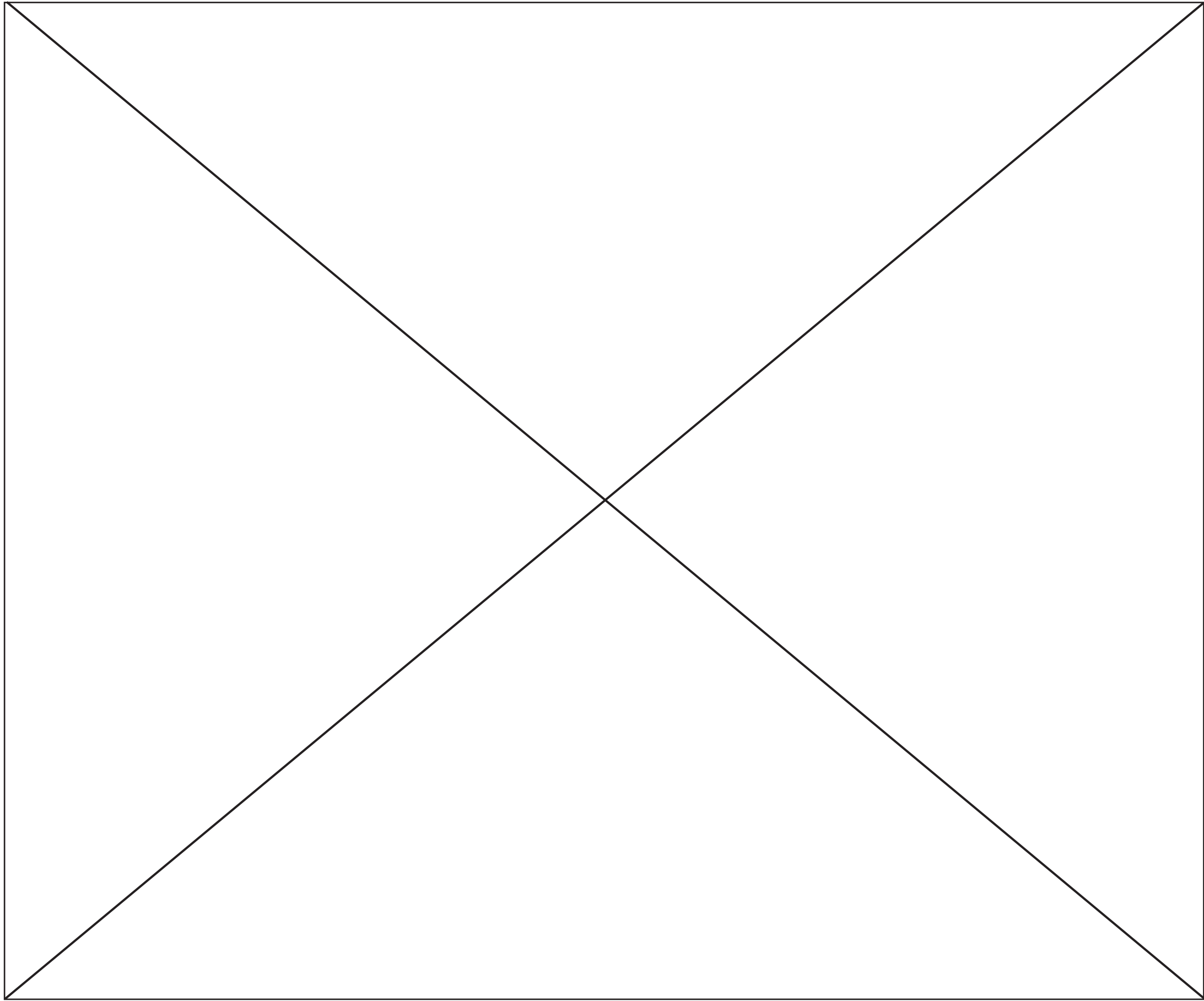
그림 7.3-20



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

정지냉각펌프 측정채널 블록선도

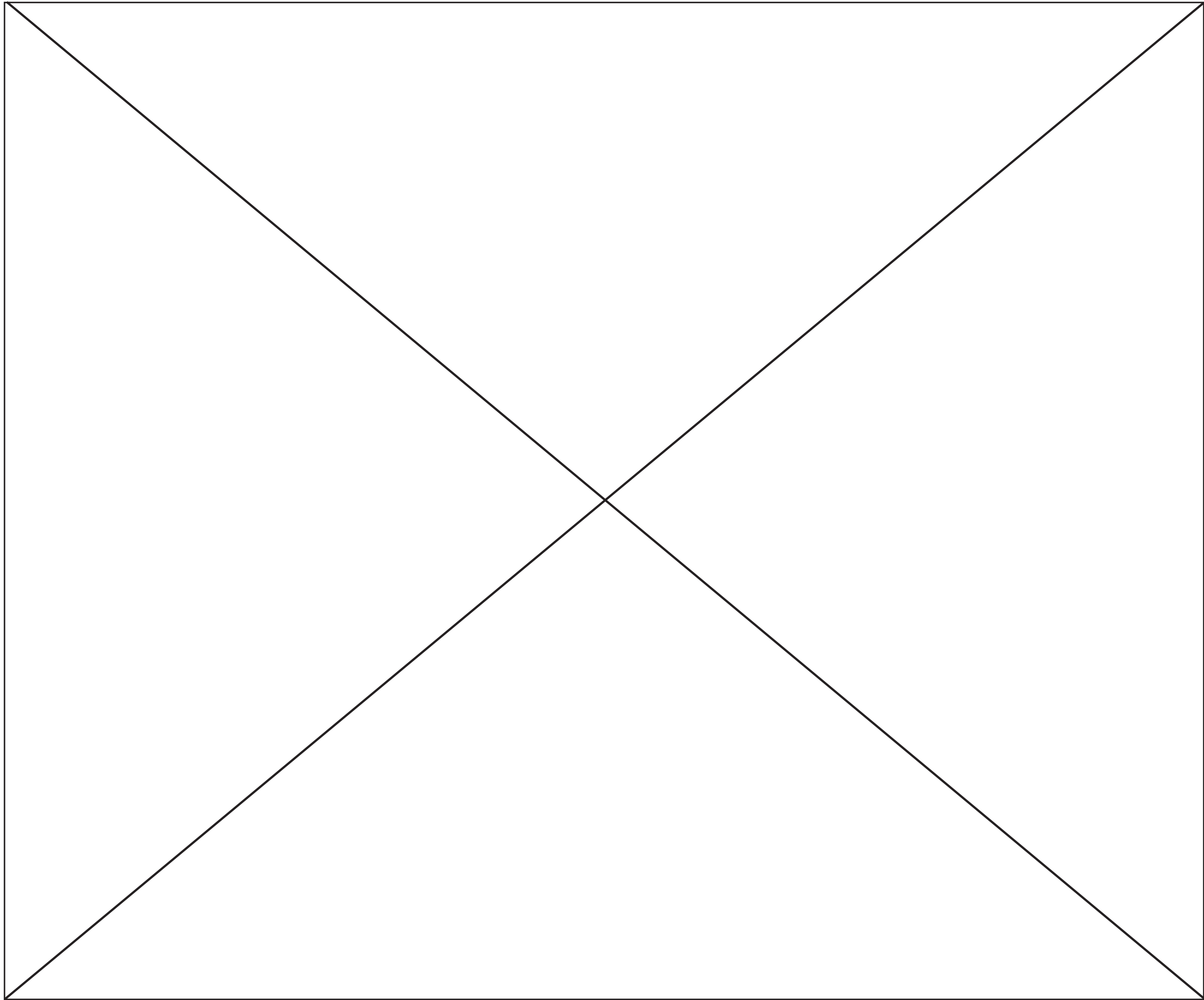
그림 7.3-21a



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

정지냉각밸브 측정채널 블록선도

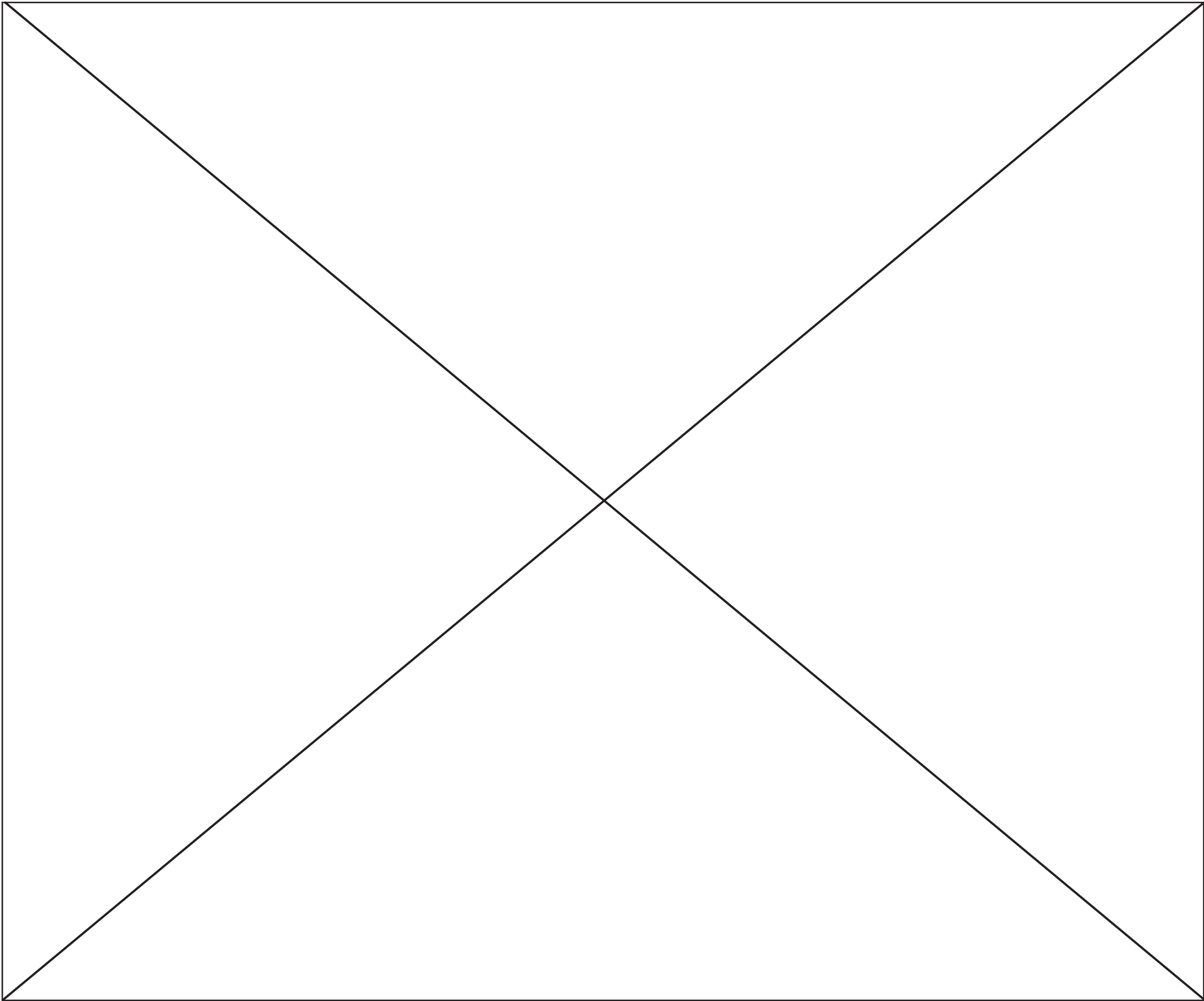
그림 7.3-21b



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

안전주입펌프 및 안전주입충수탱크  
측정채널 블록선도

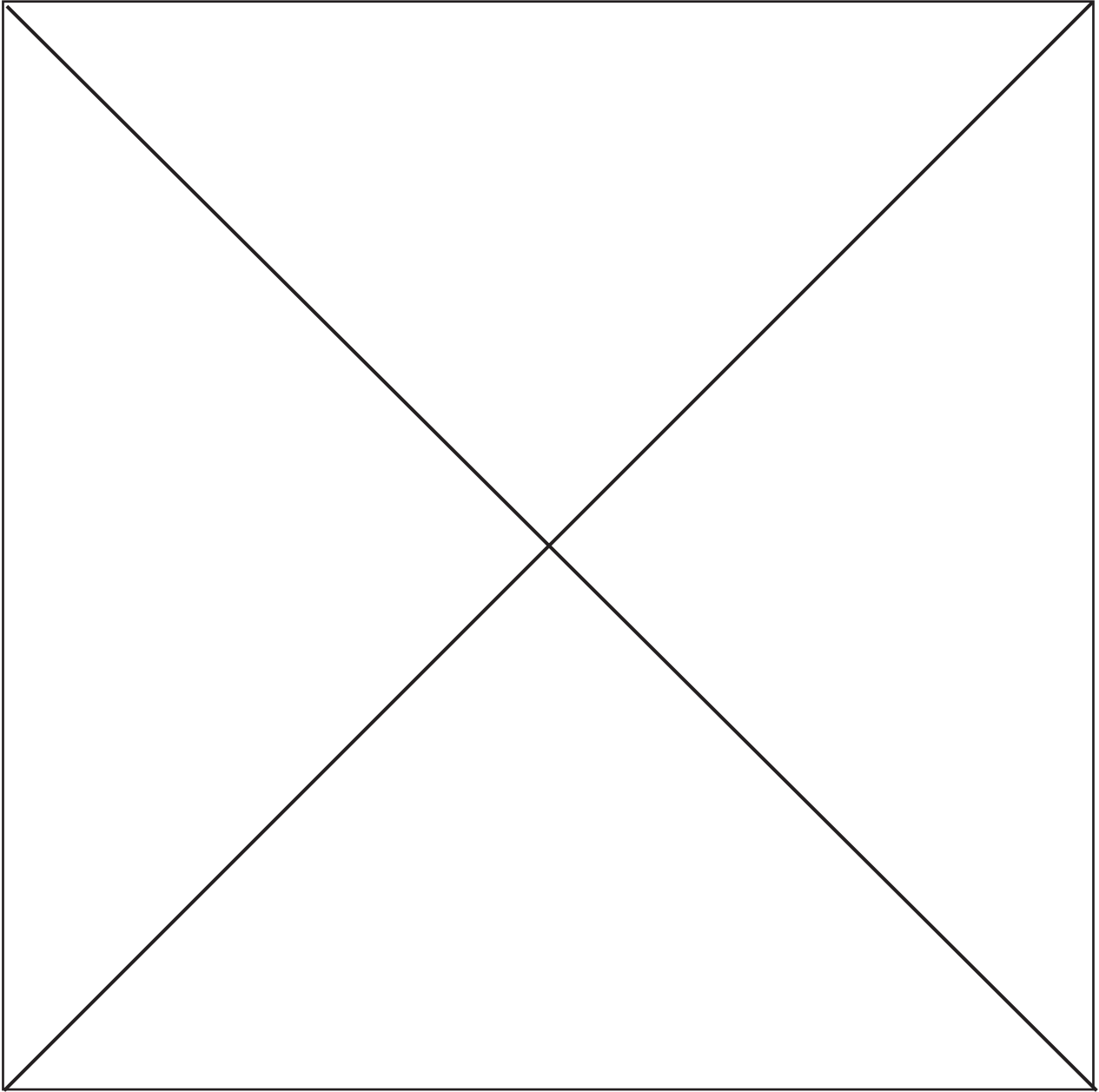
그림 7.3-22



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

안전감압 배기계통 측정채널 블록선도

그림 7.3-23

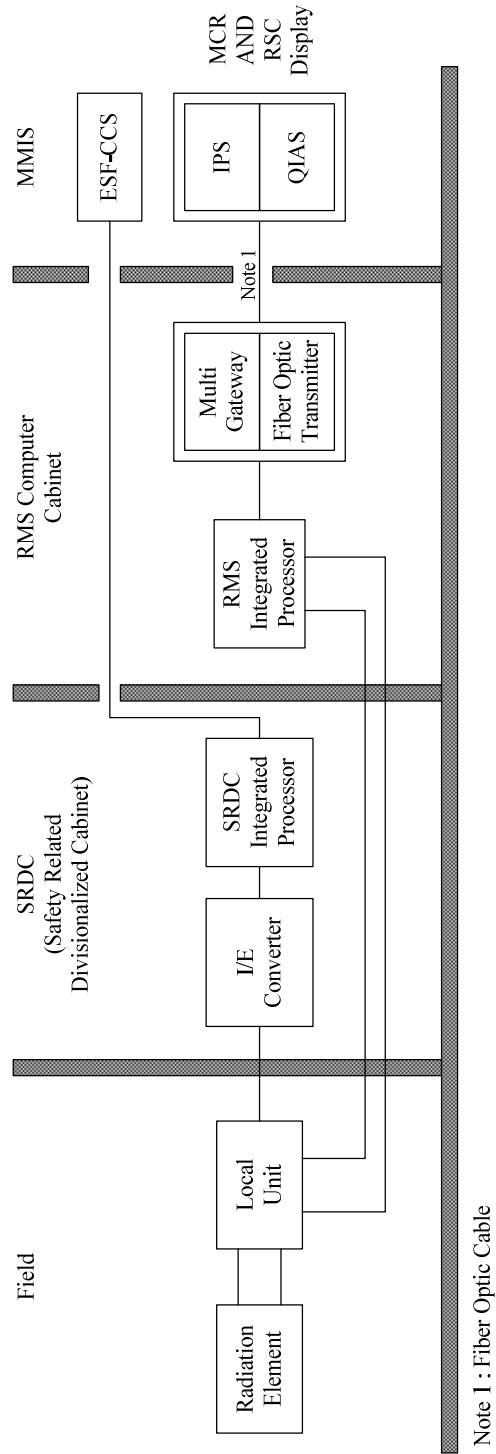



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

다양성 수동 공학적안전설비 작동연계

그림 7.3-24

Safety Related Channel “A” (B Similar)

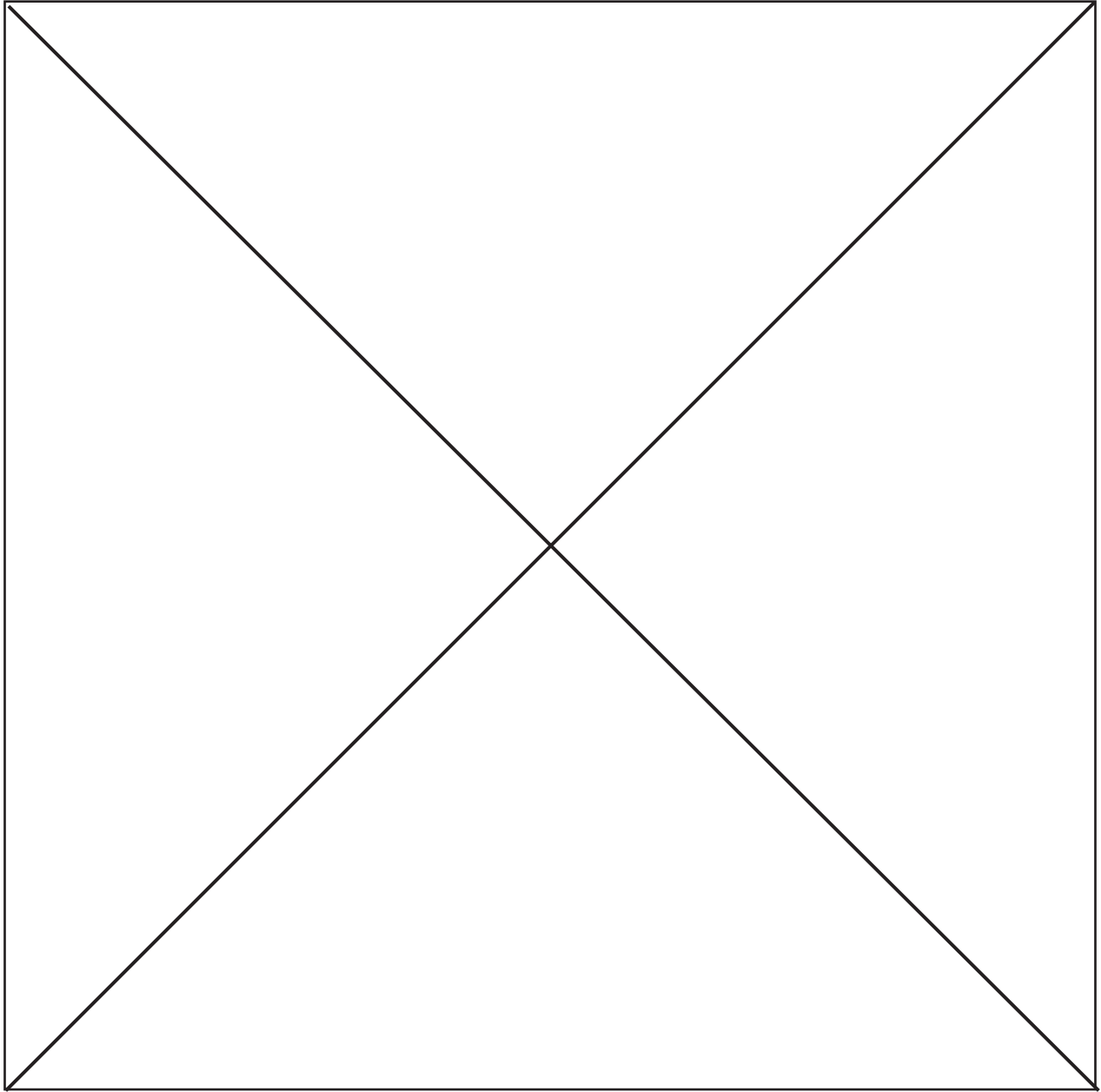




한국수력원자력주식회사  
 신한울 1,2호기  
 최종안전성분석보고서

방사선감시계통 측정채널기능도

그림 7.3-25



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

마스터 전환스위칭 개략도

그림 7.3-26

#### 7.4 안전정지계통

본 절에서는 원자로를 안전정지상태로 유지하기 위해 필요한 계측제어설비에 대하여 기술한다. 계측제어설비는 많은 경우 발전소 정상운전 성능 수행에만 이용되므로 안전 정지기능만을 위한 설비로 분류되지 않는다.

계통에 대한 설명과 관련 규격, 표준 및 지침은 다른 절에서 기술되어 있다. 또한, 가상 제한사고상태(Postulated limiting fault situation)하에서 요구되는 공학적안전설비와 관련 되는 안전정지기능에 대해서는 6장 및 7.3절에 기술되어 있다.

이 절에서는 원자로 안전정지를 유지하기 위해 요구되는 계측제어설비의 필요한 기능에 대해서 기술하였고 정상운전상태에서 필요한 기능에 대한 기술은 최소화하였다. 이런 안전정지기능은 아래와 같은 필수적인 운전을 가능토록 한다.

| 2

가. 운영기술지침서를 위반해서 원자로가 임계상태로 도달되지 않도록 한다.

나. 설계 및 안전 제한치를 초과하지 않도록 충분한 열제거원(heat sink)을 제공한다.

USNRC Branch Technical Position RSB 5-4에 포함된 안전정지를 수행하기 위한 상세 요건은 아래 사항을 충족한다.

| 2

가. 안전정지계통의 설계는 안전등급 계통만을 사용하여 원자로를 정상운전조건에서 상온정지로 전환할 수 있도록 허용한다. 안전정지계통은 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제12조에서 제16조 및 일반설계기준 1에서 5까지의 기준을 만족한다.

나. 안전정지계통은 구성품 및 기기 이중화, 상호연결, 누설 감지, 격리 기능을 갖추고 있어, 단일고장시 소내전원운전(소외전원상실로 가정) 또는 소외전원운전(소내전원상실로 가정)에서도 계통기능의 건전성을 보장한다.

다. 안전정지계통은 소내전원만 혹은 소외전원만으로도 제어실에서 운전가능하다.

라. 안전정지계통은 가장 제한적인 단일고장시 소외전원 혹은 소내전원만으로도 합당한 시간 내에 원자로를 상온정지시킬 수 있어야 한다.

##### 7.4.1 개요

아래의 계통은 원자로 안전정지를 위해 필요한 계통이다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

가. 보조급수계통

나. 주증기계통 - 대기 증기 방출 부분

다. 정지냉각계통

라. 안전주입계통

마. 안전감압배기계통(원자로냉각재배기계통)

아래의 보조지원계통도 원자로 안전정지를 위해 필요한 계통이다.

가. 1차측기기냉각해수계통

나. 1차측기기냉각수계통

다. 비상디젤발전기계통

라. 비상디젤발전기 연료유저장 및 운송계통

마. 1E급 직류전력계통

바. 1E급 교류전력계통

사. 공기조화계통

### 7.4.1.1 계통 개요

주제어실에 제공되는 안전정지계통 계기 및 정보화면은 안전성관련 지시계통의 일부분으로 7.5절의 표 7.5-1, 표 7.5-2 및 표 7.5-3에 포함되어 있다. 안전정지계통을 위해 제어실에 제공된 제어설비는 각각 해당하는 절에 기술되어 있다.

안전정지 보조지원계통의 계기, 정보화면 및 제어설비는 주제어실에 제공되며 각 계통에 대한 설명은 해당 절에 기술되어 있다.

배치도, 공정계측화면, 제어설비 및 안전정지운전을 위한 인간공학 직무분석과 관련한 추가 사항은 18장에 기술되어 있다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 7.4.1.1.1 1E급 비상디젤발전기

1대당 100 % 용량을 갖고 있는 독립된 2대의 1E급 비상디젤발전기는 소외전원상실 조건 하에서 발전소를 안전하게 운전 정지하여 안전정지 상태로 유지하기 위해 필요한 필수 부하를 기동 및 공급할 수 있는 신뢰성이 있는 소내전원을 제공한다. 1E급 비상디젤발전기가 순차적으로 부하를 부담하도록 부하순차제어기(load sequencer)가 제공되며, 이는 7.3절에 기술된 공학적안전설비 기기제어시스템의 한부분이다.

1E급 비상디젤발전기는 관련 4.16kV급 공학적안전설비 모선에 소외전원이 상실되거나, 보조급수작동신호, 안전주입작동신호 또는 원자로건물살수작동신호 등에 의해서 자동으로 기동된다.

비상전력공급(비상디젤발전기)에 대해서는 8.3.1절에서 기술되며, 비상디젤발전기엔진기동용공기시스템에 대해서는 9.5.6절에 기술된다. 1E급 비상디젤발전기를 지원하는 보조 기기에 대한 사항은 9.5.4절, 9.5.5절, 9.5.7절 및 9.5.8절에 기술되어 있다.

### 7.4.1.1.2 1E급 비상디젤발전기 연료유저장 및 이송시스템

이 시스템의 계측제어설비는 9.5.4절에 기술되어 있다.

### 7.4.1.1.3 1E급 전원시스템

1E급 전원시스템에 대해서는 8.3절에 기술된다.

### 7.4.1.1.4 기기냉각해수시스템

이 시스템의 계측제어 설비는 9.2.1절에 기술된다.

### 7.4.1.1.5 기기냉각수시스템

이 시스템의 계측제어설비에 대해서는 9.2.2절에 기술된다.

### 7.4.1.1.6 보조급수시스템과 보조급수저장 및 이송시스템

보조급수시스템과 보조급수 저장 및 이송시스템의 안전정지 설비에 대해서는 10.4.9절에서 기술되고, 보조급수시스템의 계측제어설비는 7.3.1.1.10.6절에 기술되어 있다.

### 7.4.1.1.7 주증기시스템 - 대기방출

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

주증기대기방출밸브는 주증기격리밸브의 상류에 있고 원자로건물 외부에 위치하며 상세 내용은 10.3절에 기술되어 있다.

이 밸브는 교류전원상실을 포함하여 어떤 이유로 주복수기를 사용할 수 없을 때 증기발생기로부터 잔열을 제거하는 데 사용한다. 증기를 대기 중으로 방출시켜 잔열을 제거한다. 이러한 방법으로 원자로냉각재계를 고온대기상태나 냉각상태로 유지할 수 있다.

주증기대기방출밸브 제어회로는 단일고장시에 각 증기발생기에 대해 적어도 하나의 밸브는 동작할 수 있도록 설계한다.

### 7.4.1.1.8 정지냉각계통

정지냉각계통은 5.4.7절에 기술된다. 상온정지에 도달하고 유지하는데 필요한 정지냉각계통의 계측제어설계는 다음과 같다. 배관은 그림 5.4.7-3 및 6.3.2-1에 표시되어 있다.

#### 7.4.1.1.8.1 개시회로와 논리

정지냉각계통은 필요한 원자로냉각재계통 조건이 되면 수동으로 개시되도록 설계된다. 정지냉각계통 밸브 연동은 7.6절에 기술되어 있으며, 원자로냉각재계통의 고압으로부터 계통의 저압부분을 보호한다. 공정변수 지시와 상태 정보가 주제어실에 제공되어 운전원이 계통 상태를 파악하고 계통 성능을 점검하며 오동작을 감지할 수 있게 설계된다. 격리밸브들과 열교환기 입구, 출구 및 우회밸브들에 대한 제어기능과 밸브위치 지시 등이 주제어실에 제공된다. 정지냉각펌프의 배출 압력, 온도, 열교환기 출구 온도, 정지냉각계통 유량과 압력이 주제어실에 제공된다. 정지냉각펌프의 운전상태 또한 주제어실에 지시된다.

#### 7.4.1.1.8.2 연동, 순서, 우회

정지냉각계통에는 7.6절에서 기술된 것처럼 과압방지 연동장치가 있다. 계통운전순서는 현장 운전원에게 제공되는 승인된 운전절차서에 명시된다. 정지냉각계통의 계기에는 연동장치가 제공하는 보호기능을 오버라이드하는 우회장치가 없다.

#### 7.4.1.1.8.3 다중성과 다양성

두 개의 정지냉각계통 계열은 각각 모든 운전 모드에서 감시기능수행에 필요한 충분한 계측기가 제공된다. 격리밸브들은 7.6절에서 기술된다.

#### 7.4.1.1.8.4 지원계통

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

정지냉각계통 계열 A와 B는 구동기기를 위한 독립된 1E급 전원이 제공된다. 정지냉각계통 격리밸브 연동은 다중의 채널을 사용하여 공학적안전설비 기기제어계통을 통하여 단일고장이 정지냉각의 상실이나 갑작스런 작동을 초래하지 않도록 수행된다.

### 7.4.1.1.9 안전주입계통

안전주입계통은 원자로를 고온정지, 저온정지 과정에서 필요한 봉산수를 원자로냉각재계통에 주입시킨다. 안전주입계통을 운전하기 위한 계측제어설비는 7.4.1.1.9.1절에 기술되어 있다. 안전주입계통 논리와 배관은 7.3절과 그림 6.3.2-1에 제시되어 있다.

#### 7.4.1.1.9.1 개시회로 및 논리

상온정지에 도달하기 위하여 요구되는 안전주입계통 기기작동 단계는 다음과 같다.

가. 정확한 가압기 수위 조절 및 유지를 위한 안전주입계통 펌프 및 출구측 밸브의 제어

나. 정지 봉산농도의 도달까지 온도 저하와 다른 변수들의 상태를 확인하기 위한 주기적인 시료채취와 봉소농도의 조절

가압기 수위는 정상상태시 7.7.1.1.2.2절에 기술된 것과 같이 가압기수위조절계통에 의해 자동적으로 제어된다. 원자로냉각재계통 체적제어를 위한 안전주입계통 운전은 6.3.2절에 자세하게 기술되어 있다. 원자로냉각재계통이 냉각됨에 따라 충분한 정지여유도를 확보하기 위하여 봉산수가 주입된다. 공정변수 지시와 상태 정보를 주제어실에 제공하여 운전원이 계통 성능을 평가하며 계통운전을 수동으로 조절할 수 있게 한다.

#### 7.4.1.1.9.2 연동, 순서 및 우회

안전주입계통의 연동, 운전순서 및 우회와 관련된 설계는 6.3.1절에 기술되어 있다.

#### 7.4.1.1.9.3 다중성 및 다양성

안전주입계통은 6.3절에 기술된 바와 같이 다중신호를 사용한다.

#### 7.4.1.1.9.4 지원 계통

계통 기기들은 2개의 분리된 1E급 전원 모선에서 전원을 받는다. 추가적인 지원계통은 6.3.1절에 기술되어 있다.

#### 7.4.1.1.10 주제어실 외부로부터의 비상정지

주제어실에 접근이 불가능한 사고가 발생한 경우, 주제어실 외부에 다음을 위하여 충분한 계측제어기기가 공급된다(원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제25조 및 10 CFR 50 부록 A, 일반설계기준 19).

가. 노심의 고온정지를 즉시 수행

나. 발전소를 고온정지 동안 안전한 상태로 유지

다. 적절한 절차에 따라 상온정지를 달성

원격정지실에서의 안전정지가 가능하도록 지시 및 제어정보가 원격정지실의 정보화면 평면표시기와 소프트웨어기에 제공된다. 원격정지실에 있는 정지운전표시반에는 운전원이 개괄적인 발전소 상태를 평가하는데 필요한 정보가 제공된다. 원격정지실의 정보화면과 소프트웨어기는 주제어실 운전원콘솔과 동일하다.

원격정지실은 주제어실에서의 운전원 거주 불능을 야기하는 가상사고를 고려하여 설계된다. 이러한 상황은 주제어실 내의 화재 발생으로 인한 기기의 파괴에 따른다고 가정할 수 있다.

주제어실과 원격정지실은 물리적으로 분리되도록 서로 다른 층에 배치되고, 분리된 환기계통과 다중통신계통이 설치되며, 두 곳 간의 접근로에는 조명시설이 설치되어 있다. 신호격리, 모든 주제어설비의 사용 불능 및 고온대기 제어설비의 원격정지콘솔로의 전환 등이 설계에 포함된다. 따라서 설계기준사고 중 어떤 단일 사고(또는 주제어실 내의 화재)가 주제어실의 운전 불능을 초래하게 되더라도 원격정지실에서의 운전이 가능하도록 설계된다.

원격정지실에는 공학적안전설비 기기제어계통(4채널) 및 공정 기기제어계통(2채널) 채널당 1개씩 총 6개의 실배선 전환스위치가 제공되며, 동일하게 안전등급 계측제어기기실(4개 채널)과 비안전등급 계측제어기기실(2개 채널)에도 채널당 1개씩 총 6개가 제공된다.

주제어실에서 원격정지실로의 제어 전환은 계측제어기기실에 설치된 전환스위치를 원격정지실로 전환하거나, 전환스위치에서 주제어실 운전 잠금 상태를 해제한 후 원격정지실에 설치된 전환스위치를 원격정지실로 전환하면, 공학적안전설비 기기제어계통과 공정 기기제어계통의 각 채널 제어연계가 주제어실에서 원격정지실로 전환된다.

원격정지실에서 주제어실로의 제어기능의 복귀는 계측제어기기실의 공학적안전설비 기기제어계통(4채널) 및 공정 기기제어계통(2채널) 채널당 1개씩 총 6개의 전환스위치를 주제어실

로 전환하거나, 원격정지실의 운전원콘솔에 설치된 전환스위치를 주제어실(MCR) 위치로 전환하면 공학적안전설비 기기제어계통과 공정기기제어계통의 각각의 채널 제어연계가 원격정지실에서 주제어실로 전환된다. 계측제어기기실의 전환스위치가 운전잠금상태 (PULL TO LOCK)에 선택되어 있는 경우에는 원격정지실에서의 제어전환은 차단된다. | 1 | 2

계측제어기기실 및 원격정지실에 설치된 원격정지 전환스위치에 의해 제어전환 위치에서 제어가 요구되는 기기를 제어할 수 있으며, 원격정지실에서 제어전환이 가능한 상태이거나, 원격정지실로 제어가 전환된 경우에는 주제어실과 원격정지실에 원격정지실 전환 및 원격정지실 전환가능 경보를 정보로 제공한다. | 2

전환스위치는 채널별로 각각 제공되므로 전환스위치에 의한 제어전환 신호는 채널별로 생성되어 한 채널 내에서만 연계되고 채널간 연계는 없다.

그림 7.4-1은 공학적안전설비 기기제어계통의 한 개 채널에 대한 전환스위치 적용 예이다. 채널 A 전환 논리에 대한 입력은 원격정지실과 채널 A 계측제어기기실에서 제공된다. 이 논리는 공학적안전설비 기기제어계통 채널 A에 의해 제어되는 공학적안전설비 기기에 대한 운전원 연계를 전환한다. 전환과 관계없이 원자로 정지는 주제어실과 원격정지실 어느 곳에서든 가능하다. | 2

전환된 위치에서 운전원이 수동으로 제어신호를 입력하는 것이 가능하며 다른 곳에서의 입력은 차단된다. 그러므로 제어전환이 일어나는 순간에 실제 연결이 끊기는 것은 아니고 단지 주제어실 운전원 콘솔 및 원격정지실로부터 오는 신호를 받아들이거나 차단하는 것이다. 이러한 전환기능은 충돌없이 수행되며 어떠한 제어와 보호계통의 출력에도 영향을 주지 않는다.

그림 7.4-2는 공정 기기제어계통의 한 개의 채널에 대한 전환스위치 적용 예이다.

원격정지실에 대한 인간공학적 설계는 18장에 기술하였다.

#### 7.4.1.1.10.1 고온정지 | 1

주제어실에 접근 불가능하게 되면 다음의 가. 항 및 나. 항의 가정하에서 원자로의 고온정지상태를 유지할 수 있도록 주제어실 외부에 충분한 계측제어기기가 공급되며, 원격정지실에 설치되는 계측제어기기의 목록은 표 7.4-1과 같다. | 1

- 가. 운전원이 주제어실 대피 이전에 주제어실에서 원자로를 정지시키거나, 또는 원격정지실에서 원자로를 정지시킴.

나. 주제어실 내 화재 또는 대피상황 이외에 다른 발전소 상황은 고려하지 않음  
(즉, 사고는 원자로 트립의 결과가 예상대로 진행됨).

#### 7.4.1.1.10.2 상온정지

| 1

상온정지는 원격정지콘솔 및 일부 현장제어기를 이용하여 적절한 절차에 따라 표 7.4-2에 나열된 기기와 일부 현장제어기기를 제어함으로써 주제어실 외부에서 수행될 수 있다.

| 2

#### 7.4.1.1.11 안전감압배기계통

안전감압배기계통은 6.7절에 기술된다. 안전감압배기계통의 급속감압기능은 필요할 경우에 정지냉각계통 진입조건에 이르기까지 주입 및 방출을 통하여 잔열을 제거하기 위해 사용된다.

안전감압배기계통의 원자로냉각재배기 기능은 사고 후 조건 동안 원자로용기상부헤드와 가압기 증기영역으로부터 비응축성기체를 원격으로 배출하는 수단을 제공하고 가압기 주살수 및 보조살수를 이용할 수 없을 때 원자로냉각재계통의 압력제어를 위해 가압기 증기영역 그리고/또는 원자로용기상부헤드로부터 증기를 원격으로 제거하는 수단을 제공하기 위해 사용될 수 있다.

#### 7.4.1.2 계통도면

정지냉각계통의 운전을 위한 논리도는 그림 7.6-1에 나타나 있으며 안전감압배기계통의 계장도는 그림 6.7-1에 나타나 있다. 1.7절은 안전정지계통을 위한 기능제어논리도, 전기 및 계장도, 배관 및 계장도의 목록을 포함하고 있다.

| 2

### 7.4.2 분석

#### 7.4.2.1 IEEE 603-1998에 대한 적합성

IEEE 603-1998, "Criteria for Safety Systems for Nuclear Power Generating Stations"는 안전계통의 안전성관련 기능적 성능 및 신뢰도에 대한 최소한의 요건을 설정하고 있다. IEEE 603-1998에 대한 요건들이 안전정지계통의 계측제어계통에 적용되는 내용은 다음과 같다.

가. 단일고장 기준(5.1절)

안전정지계통의 계측제어계통은 어떠한 단일고장으로 인하여 안전정지가 방해

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

받지 않도록 설계 및 배열한다. 고려된 단일고장사고는 전기적 결함이나 기계적 손상을 야기하는 물리적 사건들을 포함한다. 각각의 계통은 물리적으로 분리된 계측제어기기를 포함한 다중전력배선으로 구성되어 있다.

### 나. 보호 동작 완성(5.2절, 7.3절)

7.3.2.3.2절에 기술된 것과 같이 공학적안전설비 기기제어계통, 보조급수기동 신호, 안전주입기동신호가 완성되도록 설계된다. 그리고 이것은 발전소 정상 정지 동안에는 자동적으로 작동된다. 다른 모든 안전정지계통은 자동보호계통이 아니며 수동으로 동작되지 않으면 보호동작이 이루어지지 않는다.

### 다. 품질(5.3절)

감시와 표시에 사용되는 안전정지계통의 계측 채널에 대한 품질보증지침은 규제지침서 1.97의 범주 1, 2, 3에 정의되어 있다(7.5절 참조).

### 라. 기기 검증(5.4절)

안전정지계통에 사용되는 필수 계측제어설비는 설비가 위치하는 지역의 정상 환경조건에 따라 설계된다. 공기 냉각기능이 있는 곳에 위치한 기기들은 안전정지를 달성하는 데 필요한 시간 동안 공기냉각기를 정지한 조건에서 운전가능하도록 설계된다. 감시를 위해 사용되는 계측채널은 규제지침서 1.97 범주 1, 2, 3에 따라 검증된다(7.5절 참조).

### 마. 계통 건전성(5.5절)

필수 계측제어계통은 1E급 전원과 다음에 기술될 설계기준 지진사고시 그 기능을 유지할 수 있도록 내진범주 I급으로 설계된다. 발전소 운전원은 안전정지에 사용되는 모든 자동 및 수동제어설비 및 통합된 순차제어계통이 의도된 기능을 수행하는지 입증하기 위하여 가동전 운전시험과 검사를 할 책임이 있다. 가동전 운전시험 과정은 14.2절에 기술되어 있다.

### 바. 채널 독립성(5.6절)

안전정지계통의 계측제어계통 채널 독립성은 전기적, 물리적 분리에 의해 구현된다. 이러한 독립성은 단일사고가 다중채널로 파생되는 것을 방지해 준다.

### 사. 시험 및 교정 능력(5.7 및 6.5절)

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

정상운전에 사용하지 않는 안전정지를 위해 요구되는 계측제어설비는 주기적으로 점검 가능하다. 이 설비에는 정지냉각계통, 안전주입계통 및 안전감압배기계통의 고속감압기능 등이 포함된다. 모든 자동 및 수동동작 장치는 그들의 운전성을 검증하기 위하여 시험될 수 있다. 주기적인 점검에 대해서는 13.5절과 운영기술지침서에 좀 더 자세하게 기술되어 있다.

### 아. 정보 표시기(5.8절)

모든 안전정지계통의 감시, 제어 채널은 적절한 지시기들을 갖추고 있어 운전원들에게 충분하고 정확한 정보를 제공하여 운전원들이 계통의 성능을 평가하고 필요한 조치들을 취하도록 한다. 원격정지실 설계는 18장에 기술된 인간공학 설계기준과 적용방법을 충족한다.

### 자. 접근통제(5.9절)

7.2절과 7.3절에 기술된 것처럼 보조급수작동신호 및 안전주입작동신호 계기에 대하여 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통 내에 있는 설정치 조정, 교정 및 시험 포인트 등에 접근하기 위해서는 열쇠가 요구된다. 캐비닛이 열리면 경보가 발생한다. 설정치는 정보처리계통에 의해 연속적으로 감시된다.

### 차. 정비(5.10절)

안전정지계통은 수동으로 작동된다. 따라서 계통이 작동되지 않을 때는 계측제어계통 기기들의 교환이나 수리가 적정한 시간 내에 수행될 수 있다. 교환이나 수리를 위한 계측제어계통 기기들의 작동 정지는 운영기술지침서에 따라 제한된다.

### 카. 식별(5.11절)

다중 채널의 식별은 7.2.2.3.2절, 7.3.2.3.2절 및 8.3.1절에 기술된다.

### 타. 보조설비(5.12절)

보조설비는 IEEE 603-1998의 요건에 따라 설계된다. 보조설비가 안전정지계통의 안전기능 수행을 방해하지 않는다.

### 파. 복수호기 발전소(5.13절)

이 요건은 적용되지 않는다.

하. 인간공학적 고려(5.14절)

운전원과 유지보수원을 위한 인간-기계연계 설계는 규칙 제25조 및 10 CFR 50, 부록 A의 일반설계기준 19의 관련된 부분과 일치시켰다. 검증 및 실증은 인간공학 검증 및 실증 계획에 명시한 조건하에서 수행되었다. 상세설계에 대해서는 18장에 기술하였다.

거. 신뢰도(5.15절)

안전기능을 수행하는 신뢰도는 표 7.2-5에 제공된다. 소프트웨어 신뢰도는 소프트웨어프로그램매뉴얼(SPM)을 적용하여 보장하였다.

너. 공통원인고장 기준(5.16절)

공통원인고장시 발전소를 고온정지상태(Hot Standby)로 유지하기 위해 필수적인 안전정지계통의 설비를 작동하기 위한 수동스위치가 제공되며 그 외 필요한 기기의 제어는 현장기기연계모듈을 이용한다.

2

더. 자동제어(6.1절 및 7.1절)

안전정지계통의 설계는 각 채널 내에 요구된 보호동작을 시작하게 하는 자동제어에 관한 기능을 포함한다. 운전원은 자동제어기능이 동작중일 때는 어떤 조치도 할 필요가 없다.

러. 수동제어(6.2절 및 7.2절)

안전정지계통은 수동으로 동작시킬 수 있다. 안전정지계통을 위한 계측제어설비의 어떠한 단일사고의 경우에도 안전정지기능을 수행할 수 있다.

머. 감지기, 명령 및 다른 계통간의 상호작용(6.3절)

단일고장사고 발생 시 보호기능을 발생시키는 다른 계통을 작동시킬 수 있어야 하며, 이때 보호계통 각 채널의 감지기 및 명령이 이의 동작을 방해해선 안된다.

버. 계통입력의 유추(6.4절)

온도와 압력은 직접 측정되며 수위와 유량 신호는 차압에서 유추된다. 밸브위치신호는 리미트스위치 또는 가변저항장치에 의해 제공된다. 기타 다른 다양한 신호들의 유추는 안전정지계통이 기술된 해당 절에 기술되어 있다.

서. 우회(6.6절, 6.7절, 7.4절, 7.5절)

안전정지계통 운전에 적용되는 안전주입신호를 위한 계측제어설비 내에 발전소 보호계통 우회가 있다.(7.3.2.3.2절 참조)

어. 설정치(6.8절)

7.3.2.3.2절에 기술된 것처럼 원자로냉각재계통 압력강하를 조절할 수 있도록 안전주입신호와 관련된 발전소보호계통 변수 설정치가 있다.

#### 7.4.2.2 IEEE 308-2001에 대한 적합성

계측제어설비의 전기회로는 IEEE 308-2001, "IEEE Standard Criteria for Class 1E Electric System for Nuclear Power Generating Stations,"를 준수한다. 다른 계통 및 구성품과 관련된 계측제어설비는 8.3절에 기술되어 있다.

#### 7.4.2.3 규칙 제25조 및 일반설계기준 19의 준수

원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 및 일반설계기준 준수는 3.1.21절에 기술된다. 원  
격정지실의 계측제어설비는 주제어실의 거주성이 확보되지 못할 경우 고온정지를 수행할  
수 있다. 고온정지라 함은 원자로 냉각재 저온관온도가 99 ℃(210 ℉) 초과 177 ℃(350  
℉) 미만인 조건에서 원자로를 미임계상태로 유지시키는 것을 의미한다.

원자로는 주제어실 외부에서 즉, 원격정지실 및 현장제어기에서 적절한 절차를 사용하여  
상온정지상태로 유도될 수 있다.

#### 7.4.2.4 채택된 발전소 사고 가능성 고려

##### 7.4.2.4.1 계기용공기 상실

필수 제어 또는 감시용 밸브는 공기식이 아니므로 계기용공기 상실에 영향을 받지 않는다.  
다. 필요시 보충탱크가 제공되고 공기식 장치들은 공기 상실시 안전위치로 가도록 설계  
되었다. 따라서 계기용공기의 상실은 발전소 정지를 위해 요구되는 계통과 관련되는 계  
측제어계통에 영향을 미치지 않는다.

##### 7.4.2.4.2 필수장비의 냉각수 상실

계측제어기기의 운전을 위해서 냉각수가 요구되지 않는다.

#### 7.4.2.4.3 발전소 부하감발, 터빈정지 및 소외전력 상실

발전소 부하감발이나 터빈정지와 함께 소외전력이 상실된 사고시 안전 정지를 위한 전원은 비상디젤발전기에 의해 공급된다.

비상디젤발전기는 펌프와 밸브의 구동전원을 공급하며, 필수 기기를 구동시키고 제어하기 위해 요구되는 계측제어계통용 전원은 축전지 및 축전지 충전기를 경유한 비상디젤발전기에서 공급된다.

#### 7.4.2.5 주제어실 외부로부터의 비상 정지

7.4.1절에서 기술된 기기 및 배열은 주제어실 외부에서 특정 기능 수행 능력을 요구하는 규칙 제25조 및 일반설계기준 19를 만족시키기 위한 것이며 아래와 같이 그 요건을 만족시킨다.

##### 7.4.2.5.1 순간 고온대기 및 고온대기 유지, 고온정지를 위한 설계 능력

| 1

주제어실이 접근 가능하지 않는 경우, 주제어실 철수시에 주제어실, 원격정지실 혹은 원자로트립스위치기어계통(RTSS)으로부터 원자로를 수동으로 트립시킬 수 있다.

고온대기상태는 가압기 압력 및 수위, 보조급수 유량, 대기중 증기 덤프에 의해서 주제어실 외부로부터 유지할 수 있다. 고온대기라 함은 원자로 냉각재 저온관 온도가 177 °C (350 °F) 이상인 조건에서 원자로를 미임계상태로 유지시키는 것을 의미한다.

| 1

고온정지는 주제어실에 접근하지 않고, 7.4.1.1.10.1절에서 기술된 계측제어설비와 적절한 절차서의 사용에 의해 가능하다.

| 1

##### 7.4.2.5.2 상온정지

| 1

원자로의 상온정지는 주제어실에 접근하지 않고 7.4.1.1.10.2절에서 기술된 계측제어 설비와 적절한 절차서의 사용에 의해 가능하다.

| 1

## 고온정지를 위한 원격정지실 계측제어

The diagram illustrates the hierarchical structure of a 2D grid, showing how it is divided into four quadrants, each labeled with a number (1, 2, 1, 2) and a corresponding color (red, blue, green, yellow). The quadrants are further subdivided into smaller regions, with some regions containing a small black square. The diagram illustrates the recursive nature of the grid structure.

표 7.4-1 (3 중 2)

		2
		1
		2
		1
		2
		1
		2
		2
		1
		2
		1
		2
		1
		2
		1
		2
		1
		2
		1
		2
		1
		2
		1
		2
		1
		2
		1
		2
		1
		2
		1
		1
		2
		1
		2
		1

표 7.4-1 (3 중 3)

		2
		1
		2
		1
		2
		1
		2
		1
		2
		1

1

12



Government	Percentage
Current government	75%
Previous government	25%

2

The image consists of a 2x2 grid of abstract, pixelated shapes. Each shape is composed of small, square blocks of varying shades of gray, creating a mosaic-like effect. The shapes are arranged in a way that they appear to be parts of a larger, stylized face or mask. The top-left shape has a more defined, angular structure, while the top-right shape is more elongated and horizontal. The bottom-left shape is more compact and rounded, and the bottom-right shape is more complex, with many small, irregular blocks. The overall effect is a digital, pixelated representation of a face, possibly a mask or a stylized portrait.

12

As a result, the *Journal of Management* has been able to publish a wide range of research, including work on the following topics:

12

1

The diagram illustrates a hierarchical classification tree for 1000 samples, categorized into two main groups, 1 and 2, based on 1000 features. The features are represented by horizontal bars of varying lengths, indicating the number of samples that possess that feature. The features are grouped into two main categories, 1 and 2, which are further subdivided into smaller groups. The diagram is a complex tree structure, with the root node at the top and branches leading down to the leaf nodes. The features are listed on the left side of the diagram, and the sample counts are listed on the right side. The features are grouped into two main categories, 1 and 2, which are further subdivided into smaller groups.

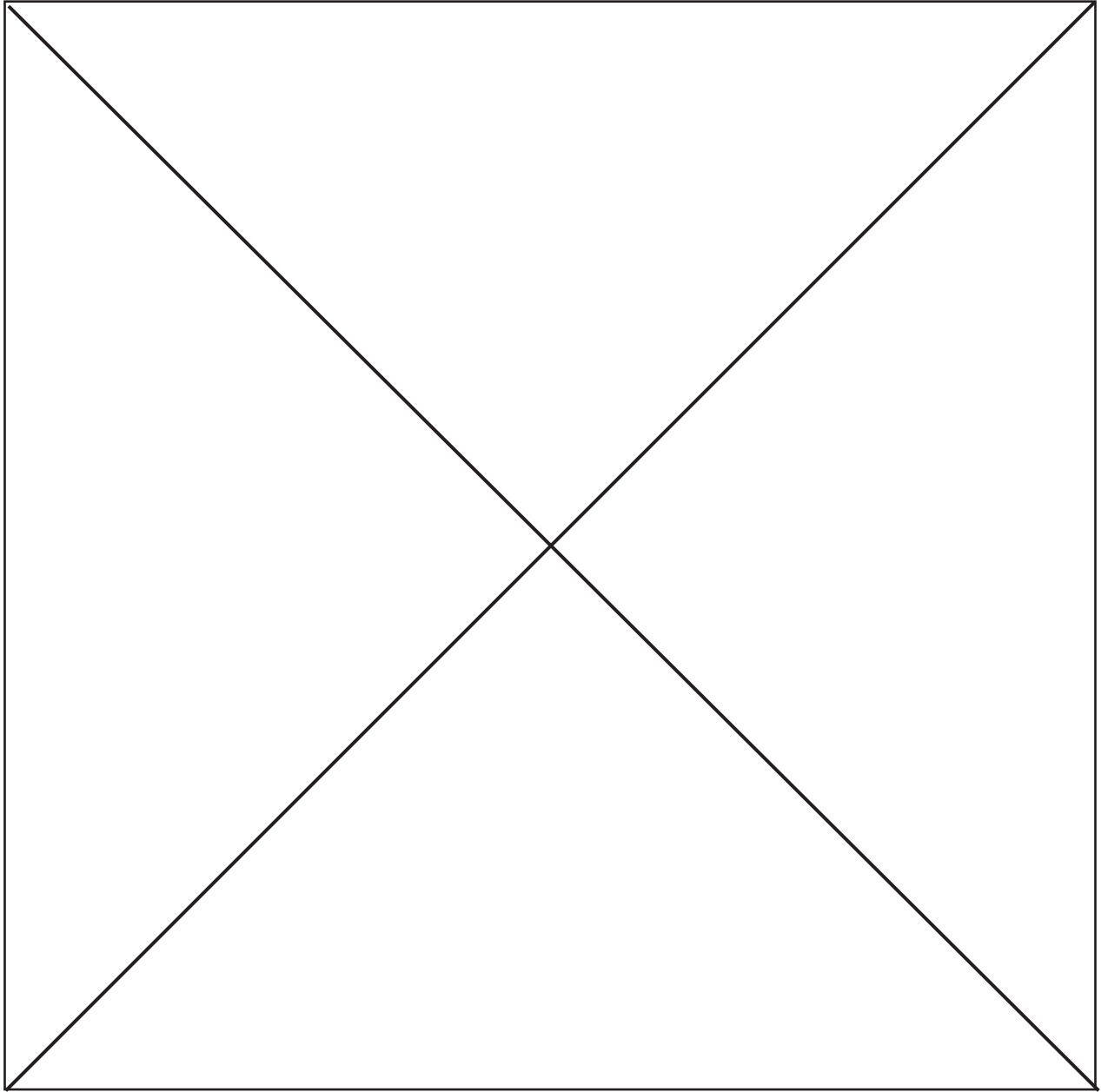
Category	Feature Group	Feature	Sample Count
1	1	1	1000
		2	1000
		3	1000
		4	1000
		5	1000
	2	6	1000
		7	1000
		8	1000
		9	1000
		10	1000
2	1	11	1000
		12	1000
		13	1000
		14	1000
		15	1000
	2	16	1000
		17	1000
		18	1000
		19	1000
		20	1000

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

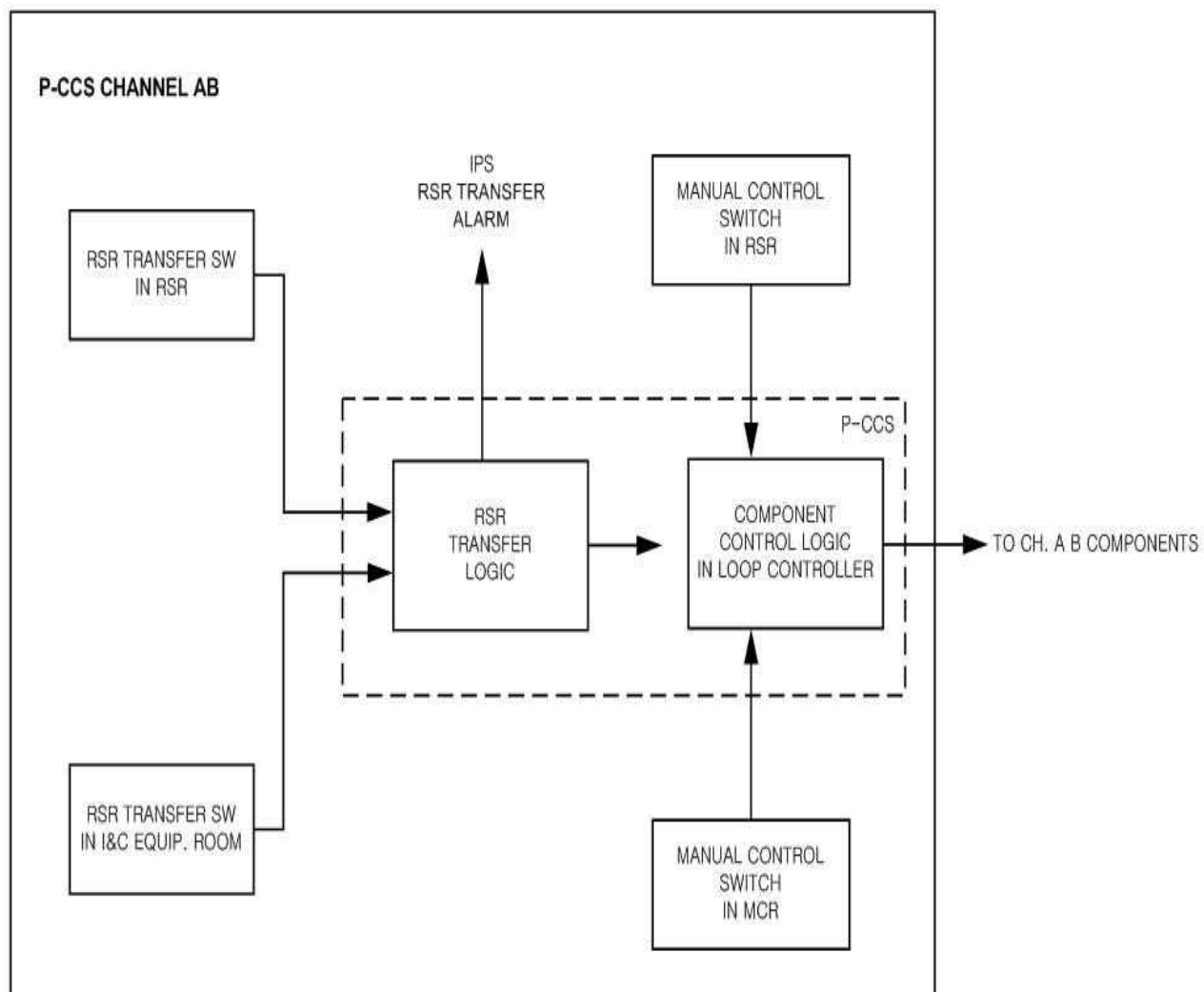




한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

A 채널 주 전환 스위치 연계도

그림 7.4-1



한국수력원자력주식회사  
 신한울 1,2호기  
 최종안전성분석보고서

AB 채널 주 전환 스위치 연계도

그림 7.4-2

## 7.5 안전성관련 변수지시

### 7.5.1 설명

이 절은 운전원이 발전소 안전에 중요한 수동조작을 수행하기 위하여 발전소의 모든 운전조건하에서 원자로, 원자로냉각재계통, 원자로건물 및 안전성관련 공정계통을 감시할 수 있는 안전성관련 변수지시에 대해 기술하고 있다.

설계기준사고기간 및 그 이후 공정변수들의 원격감시를 위해 원자로냉각재계통, 증기발생계통 및 원자로건물 내부에 대한 정보는 표 7.5-1부터 표 7.5-3에 정의되어 있다.

NUREG-0696 및 NUREG-0737 Supplement 1에 기술된 안전변수지시계통의 요구사항은 비안전계통인 정보처리계통(IPS)내의 안전변수지시평가계통(Safety Parameter Display and Evaluation System+, SPADES+)에 구현된다. 안전변수지시평가계통(SPADES+) 프로그램은 안전기능을 포함한 발전소 필수기능 및 성공경로를 연속적으로 감시하는 기능을 수행한다. 7.5.3절에서는 IEEE 603에 따라 보호계통과의 격리에 대한 사항이 기술된다. 안전변수지시평가계통 프로그램의 상세한 설명은 7.7.1.7.7절과 18.2.8절에 기술되어 있다.

1

안전성관련 표시설비는 다음과 같은 분류에 따라 설계된다.

1

#### 가. 안전성관련 발전소 공정표시설비

운전원이 원자로 및 관련 계통들의 상태를 감시하기 위한 정보이다.

#### 나. 원자로정지계통 감시

운전원이 원자로정지계통의 상태를 감시하기 위한 정보이다.

#### 다. 공학적안전설비 감시

운전원이 각각의 공학적안전설비의 상태를 감시하기 위한 정보이다.

#### 라. 제어봉집합체 위치 지시

운전원이 제어봉집합체들의 위치를 감시하기 위한 정보이다.

#### 마. 사고 후 감시

사고기간 및 그 이후의 발전소 상태를 감시하기 위해 운전원에게 제공되는 정보이며, 규제지침서 1.97 요건의 범주 1, 2 및 3 변수에 해당하는 사고 후 감시설비가 TMI 조치항목 II.F.3에 따라 사고기간 및 그 이후에 발전소 변수 및 계통들을 감시하기 위해 제공된다.

바. 자동우회 지시

운전원이 안전에 중요한 계통들에 대한 우회 및 작동불능 상태를 감시하기 위한 정보이다.

사. 부적절한 노심냉각상태 감시

TMI 조치항목 II.F.2에 따라서 운전원이 사고기간 및 그 이후의 부적절한 노심냉각상태를 감시하기 위해 이용 가능한 정보이다.

1

자. 중대사고계통

중대사고계통인 수소완화계통은 10 CFR 50.34(f) 요건에 따라 사고 후 감시설비기능을 보완하기 위한 계통으로 수소농도를 효과적으로 제어하기 위해 제공된다.

7.5.1.1 계통설명

7.5.1.1.1 안전성관련 발전소 공정변수 표시 계측

표 7.5-1은 발전소 및 원자로 상태를 운전원에게 알리기 위해 제공되는 중요한 공정계측 목록이다. 발전소의 기동, 출력운전, 정지 등을 위해 사용되는 이 정보는 주제어실에 제공된다. 정보는 운전원에게 이용 가능한 형태로 제공되고, 각각의 정보는 제어기능과 병행하여 지시, 기록 또는 표시된다. 주제어실에서 운전이 불가능한 경우 원자로를 정지(고온정지)시키고, 이 기간중 원자로를 안전한 정지상태로 유지하기 위하여 주제어실과 떨어진 현장제어반이나 원격정지반에 주제어실과는 별도의 지시 및 제어용 계측설비가 갖추어져 있다(7.4.1.1.10절 참고).

7.5.1.1.2 원자로정지계통 감시

수동 트립기능을 제외하면 원자로정지계통은 자동 작동되며 운전원의 조치가 필요하지 않지만, 입력변수가 안전계통제한설정치에 도달할 때 트립이 일어나는 것을 운전원이 확

인할 수 있도록 충분한 정보를 주제어실의 운전원에게 제공한다. 이 정보는 다음과 같다.

- 가. 원자로정지를 유발하는 공정변수
- 나. 트립, 예비트립 및 우회신호
- 다. 청각 및 시각경보
- 라. 제어봉집합체 “제어봉낙하” 정보
- 마. 원자로정지차단기 상태

7.1.2.19절에서 설명한 운전우회지시를 주제어실에 위치한 발전소보호계통 운전원모듈에 제공한다. 개별 트립채널우회지시는 주제어실의 발전소보호계통 운전원모듈에서 뿐만 아니라 발전소보호계통의 캐비닛에서도 제공한다(7.1.2.19절, 7.2절, 7.5.1.1.1절 및 7.5.1.1.6절 참조).

#### 7.5.1.1.3 공학적안전설비 감시

공학적안전설비작동계통은 계통입력변수들을 연속적으로 감시하며 해당 입력들이 트립설정에 도달할 경우 공학적안전설비계통을 작동시키는 작동논리를 갖고 있다.

자동작동 후 공학적안전설비계통은 운전원의 조치 없이 30분까지 해당 기능이 적절히 지속된다. 자동작동 후 요구되는 후속조치와 관련한 각 공학적안전설비계통의 수동운전은 6장에 기술되어 있으며, 관련 상세 절은 다음과 같다.

- 가. 원자로건물격리계통: 6.2.4.2절
- 나. 안전주입계통: 6.3.2.7절
- 다. 안전감압배기계통: 6.7.2.6절
- 라. 원자로건물살수계통: 6.5.2.2.6.2절

또한, 공학적안전설비작동계통 개시 후 수동 제어는 발전소 상태에 따른 비상운전 절차에 따라 수행되며, 운전원은 정지냉각계통과 같은 다른 계통에 대해 작동조치를 수행한다.


사고 후에 공학적안전설비 및 관련 계통의 운전상태를 감시할 수 있도록 주제어실 내 운전원에게 정보가 제공된다. 7.7.1.7절에 기술된 바와 같이 정보처리계통을 통해 표시되는 정보에는 공학적안전설비계통을(표 7.5-2 참조) 작동시키는 공정변수와 계통의 성능, 유량지시, 탱크수위지시, 펌프운전상태 및 밸브위치지시등이 해당된다. 또한, 네 개의 운

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

전원 모듈은 관련 작동계통의 입력신호에 대한 예비트립, 트립, 우회 및 운전우회조건이 표시된다. 개별 트립채널우회지시는 주제어실의 발전소보호계통 운전원모듈 뿐만 아니라 발전소보호계통 캐비닛에서도 제공된다.

### 7.5.1.1.4 제어봉집합체 위치지시

펄스-카운팅과 리드스위치를 이용한 다양하고 독립적인 두 종류의 제어봉집합체 위치지시는 운전원에게 제어봉집합체 위치정보를 제공한다. 펄스-카운팅을 이용한 위치지시 관련 내용은 7.7.1.1.1절에서 설명하고, 리드스위치 위치지시 기능은 아래에서 설명한다. 제어봉집합체 위치지시 기능들은 주제어실의 정보처리계통에서 제공된다.

제어봉집합체의 위치를 지시하기 위해서는 일련의 자기구동 리드스위치(리드스위치위치전송기)를 이용한다. 2개의 독립적인 리드스위치위치전송기(RSPT: Reed Switch Position Transmitter)들을 각각의 제어봉집합체를 위해 제공한다. 리드스위치전송기는 하나의 아날로그 위치지시신호와 3개의 점점 위치신호를 제공한다. 아날로그 위치지시계통은 리드스위치위치전송기집합체를 따라  거리간격으로 배열된 일련의 자기구동 리드스위치들과 정밀저항으로 구성된 전압분배회로를 이용한다. 리드스위치위치전송기들은 제어봉연장축과 구동자석을 포함하는 제어봉구동장치 압력하우징(pressure housing)에 인접하여 고정된다. 아날로그 출력신호의 크기는 원자로 노심 속의 제어봉집합체 위치에 비례한다. 3개의 점점 위치신호들은 3개의 지점에 위치한 리드스위치들로부터 입력되는 신호들이다. 이 신호들은 전기적 상부한계점점, 하부한계점점 그리고 제어봉 낙하점점들이다.

아날로그 리드스위치 제어봉집합체 위치신호들은 채널통신프로세서와 제어봉집합체프로세서를 거쳐 노심보호프로세서로 입력된다(7.2절 참조). 제어봉집합체 위치정보는 채널통신프로세서를 통하여 노심보호프로세서에 제공하고 또한 제어봉집합체프로세서들에 제공한다. 제어봉집합체 위치는 운전원을 위해 주제어실의 정보처리계통 인간-기계 연계 화면에 막대그래프 형태로 조절, 정지, 부분강 제어봉집합체별로 표시한다. 운전원은 제어봉집합체의 위치지시를 위해 4개의 원자로노심보호계통 채널 중 하나를 선택할 수 있다. 또한, 운전원이 원자로노심보호계통 운전원모듈에서 원하는 제어봉집합체를 지정하여 각각의 위치를 읽을 수 있다. 이 외에도, 제어봉집합체 편차정보는 제어봉집합체프로세서가 계산하여 노심보호프로세서에 전달하며 제어봉집합체 편차경보를 발생시키는 데 사용한다. 제어봉집합체프로세서가 서브그룹에 있는 가장 높은 제어봉집합체 위치와 가장 낮은 제어봉집합체 위치 사이의 차이가 미리 결정된 허용 가능한 편차를 초과하면 제어봉집합체 편차경보가 전달된다. 제어봉집합체 편차정보는 노심보호프로세서의 출력분포 결정에 사용되고, 출력분포는 저 핵비등이탈률과 고 국부출력밀도 안전정지기능에 입력으로 사용된다.

예비안전정지정보는 저 핵비등이탈률 또는 고 국부출력밀도가 예비설정치를 초과하면 발

생하게 되며, 운전원모듈에 제공된다. 또한, 예비트립정보는 원자로보호계통을 통하여 정보처리계통과 주요변수 지시 및 경보계통-N으로 제공된다. 3개의 접점 제어봉집합체 위치신호는 출력제어계통 내의 디지털제어봉제어계통에 제공된다. 이 신호는 주제어실의 정보처리계통 인간-기계 연계 화면에서 제어봉집합체 한계지시를 제공하는데 이용되고, 또한 제어봉집합체 제어연동에 입력신호를 제공하는데 사용된다. 3개의 리드스위치 접점들은 디지털제어봉제어계통 내에 위치한 연계계전기를 작동시킨다. 이 계전기들은 지시와 제어를 위해 접점신호들을 제공한다. 상부와 하부의 전기적 한계점 지시 및 제어봉집합체 낙하 지시는 주제어실의 정보처리계통 인간-기계 연계 화면에 나타난다.

#### 7.5.1.1.5 사고 후 감시 설비

안전성관련 사고 후 감시계측기는 설계기준사건 동안 및 그 이후 운전원이 발전소의 상태를 평가할 수 있도록 규제지침서 1.97(NUREG-0718(개정2)의 TMI 조치항목 II.F.3에 따름)의 적용 가능한 범주 1,2,3변수들을 감시하기 위해 제공된다.

| 1

| 1

#### 7.5.1.1.6 계통수준의 자동우회지시

규제지침서 1.47에 규정된 계통등급에 대한 자동우회지시는 7.1.2.19절에서 설명한다.

#### 7.5.1.1.7 부적절한 노심냉각 감시

##### 7.5.1.1.7.1 개요

##### 7.5.1.1.7.1.1 설계배경

주요변수지시 및 경보계통-P(QIAS-P, Qualified Indication and Alarm System-PAMI)는 부적절한 노심냉각에 대한 규제요건들을 만족하기 위해 설계된 계통이다. 주요변수지시 및 경보계통-P는 부적절한 노심냉각상태로의 접근, 부적절한 노심냉각상태, 그리고 부적절한 노심냉각상태로부터의 회복 등을 지시하기 위한 요건에 근거하여 설계된다.

주요변수지시 및 경보계통-P는 다음과 같은 계기들로 부적절한 노심냉각을 감시한다.

가. 고온관 및 저온관 저항온도검출기

나. 가압기 압력감지기

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

다. 노심출구열전대

라. 원자로용기 수위를 지시하기 위해서 사용되는 가열접점열전대 탐침집합체 (HJTC Probe Assemblies)

### 7.5.1.1.7.1.2 부적절한 노심냉각 감시계측기 선정기준

선정된 부적절한 노심냉각 감시를 위한 주요변수지시 및 경보계통-P 계측기는 다음과 같이 설계한다.

가. 부적절한 노심냉각상태로 접근시 경보를 운전원에게 제공하고,

나. 정상운전에서 완전 노심노출까지의 부적절한 노심냉각상태 전체 범위를 감시한다.

주요변수지시 및 경보계통-P는 운전원이 부적절한 노심냉각상태로의 접근, 유지, 회복 등을 감시할 수 있도록 한다.

### 7.5.1.1.7.1.2.1 부적절한 노심냉각 진행과정(부적절한 노심냉각 관련 냉각재 상태)

주요변수지시 및 경보계통-P는 부적절한 노심냉각상태에 접근하는 과정과 노심냉각상태를 회복하는 과정 동안에 노심의 열수력 상태에 관한 정보를 운전원에게 제공한다. 이 진행과정은 원자로용기 내에서 발생하는 물리적인 현상에 기초하여 여러 상태로 구분할 수 있으며, 다음과 같은 특징을 지닌다.

#### 부적절한 노심냉각상태로의 접근과 관련된 상태

상태 1a : 냉각재가 처음 포화상태로 되기 전에 냉각재 과냉각 상태의 상실

상태 2a : 상부 플레넘(원자로용기의 상부부터 실제 핵연료의 상부까지) 내부의 냉각재 재고량의 감소

상태 3a : 증기 기포와 액체 혼합물의 수위가 실제 핵연료 상부 이하로 감소함으로써 노심노출이 발생하고, 이로 인한 노심 출구온도의 증가

#### 부적절한 노심냉각상태로부터의 회복과 관련된 상태

상태 1b : 냉각재가 과열상태로부터 과냉각상태로 진행중에 나타나는 포화상태의 생성

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

상태 2b : 냉각재 재고량이 증가되어 핵연료 위의 영역으로 냉각재 수위가 증가

상태 3b : 노심 내부의 수위 증가로 인한 노심출구 증기온도의 감소

이와 같은 상태들은 부적절한 노심냉각사건 진행과 관련된 모든 가능한 냉각재 상태들을 포함한다. 부적절한 노심냉각상태로 접근시 발생하는 냉각재 상태는 "a"로, 부적절한 노심냉각상태로부터의 회복시 발생하는 냉각재 상태는 "b"로 표시하였다. 따라서 "a" 상태는 관련변수들의 추이(방향적 거동) 측면에서 "b" 상태와 다르다.

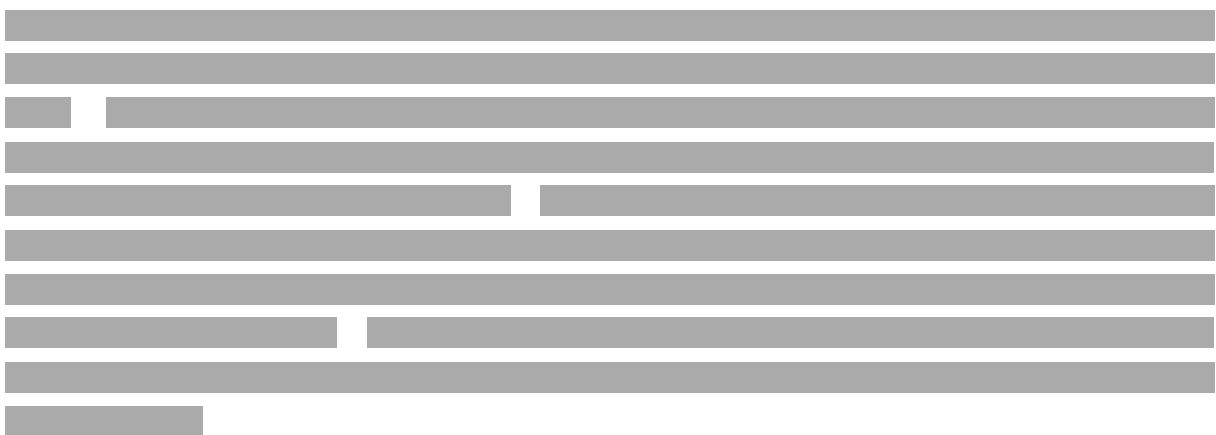
사건 전체 진행과정을 감시하도록 주요변수지시 및 경보계통-P는 위에서 설명한 각각의 물리적인 상태에 대하여 적절한 지시를 제공한다.

“부적절한 노심냉각상태로의 접근”과 “부적절한 노심냉각상태로부터의 회복”을 감시하기 위한 부적절한 노심냉각 감시계측기 선정조건은 다음과 같다.

가. 선정된 부적절한 노심냉각 감시계측기는 사건 전체의 진행을 감시한다는 확신을 제공하고,

나. 이용 가능한 계기들로서 다양성 및 다중성을 가진다.

또한, 물리적으로 부적절한 노심냉각의 진행과정을 정의함으로써 “부적절한 노심냉각상태로의 접근”과 “부적절한 노심냉각상태로부터의 회복”에 대해 물리적으로 측정 가능한 특수 공정변수들과 관련지어 구분할 수 있다(7.5.1.1.7.1.2.2절, 7.5.1.1.7.1.2.3절 및 7.5.1.1.7.1.2.4절 참조).



### 7.5.1.1.7.1.2.2 부적절한 노심냉각상태로의 접근에 대한 경보



## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

[Redacted]

- [Redacted]  
[Redacted]  
[Redacted]
- [Redacted]
- [Redacted]

[Redacted]  
[Redacted]

### 7.5.1.1.7.1.2.3 주요변수지시 및 경보계통-P의 적용

[Redacted]  
[Redacted]

- [Redacted]
- [Redacted]

[Redacted]  
[Redacted] [Redacted]  
[Redacted]  
[Redacted]  
[Redacted] [Redacted]  
[Redacted]  
[Redacted]

### 7.5.1.1.7.1.2.4 계측기 측정범위

[Redacted]  
[Redacted] ■  
[Redacted]  
[Redacted]

[Redacted]  
[Redacted]

7.5.1.1.7.2 주요변수지시 및 경보계통-P 설계

본 절은 주요변수지시 및 경보계통-P가 NUREG-0718, II.F.2의 부적절한 노심냉각 관련 요건을 만족하는 방법을 설명한다. 부적절한 노심냉각 감시와 연계되는 계통의 개요는 그림 7.5-1과 같다. 앞에서 기술한 바와 같이, 노심 위의 원자로냉각재 재고량과 1차계통의 여러 위치에서의 냉각재 상태는 저항온도검출기, 가압기 압력감지기, 원자로용기수위계측용 가열접점열전대, 노심출구열전대 등에 의해 측정된다. 그림 7.5-1에서처럼 부적절한 노심냉각 감시 신호들은 다음 항목의 입력이 된다.

가. 1E급으로 분류된 부적절한 노심냉각 감시 신호 처리 및 표시를 위한 주요변수지시 및 경보계통-P

나. NUREG-0737, II.F.2항 첨부 1과 부록 B에 있는 기술기준에 따라 설계된 주화면을 위한 정보처리계통의 안전변수지시평가계통(SPADES+: Safety Parameter Display and Evaluation System+) 화면

정보처리계통은 또한 포화여유도, 원자로용기 수위 표시 및 경보를 위한 필수 안전기능용 노심냉각 변수를 표시한다.

다. 부적절한 노심냉각 감시 신호들은 주요변수지시 및 경보계통-N으로 제공된다.

상기의 모든 화면 표시 방법은 7.7.1.4절, 7.7.1.7절 및 18장에 상세하게 기술되어 운전원에게 타당한 정보를 제공한다.

주요변수 지시 및 경보계통-P의 전원요건은 7.5.2.5.3절에서 기술한다.

7.5.1.1.7.2.1 계측감지기 설계

주요변수지시 및 경보계통-P의 부적절 노심냉각 계측감지기와 관련된 상세한 정보는 다음과 같다.

7.5.1.1.7.2.1.1 과냉각여유도

과냉각여유도를 감시함으로써 운전원에게 포화상태로의 접근 및 존재 여부 그리고 노심



## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

### 7.5.1.1.7.2.1.3 노심출구열전대

노심출구열전대는 노심출구의 냉각재온도를 측정함으로써 노심가열의 정도를 측정한다.

[Redacted text block]

[Redacted text block]

### 7.5.1.1.7.2.2 부적절한 노심냉각 신호처리

이 절에서는 주요변수지시 및 경보계통-P의 부적절한 노심냉각 감시에 대한 신호처리, 제어 및 표시기능에 관하여 설명하고 있다. 주요 부적절한 노심냉각 변수들(과냉각여유도, 원자로용기 냉각재 재고량, 노심상부 온도, 노심출구 온도 등)을 위한 감지기 입력들은 주요변수지시 및 경보계통-P에서 신호 처리되고, 주요 안전변수의 표시 및 추이 파악을 위해 정보처리계통에 전달된다. 또한 이들 입력들은 주요변수지시 및 경보계통-N에 전달된다.

#### 7.5.1.1.7.2.2.1 과냉각여유도

주요변수지시 및 경보계통-P는 다음과 같이 과냉각여유도 감시기능을 수행한다.

가. 가압기 압력에 대응하는 포화온도를 이용하여 과냉각여유도를 계산한다. [Redacted]

[Redacted text block]



나. 온도 과냉각여유도를 결정하기 위해 감지기 출력신호를 처리한다.

다. 온도 과냉각여유도(원자로냉각재계통 과냉각여유도, 상부헤드 과냉각여유도 또는 노심출구열전대 과냉각여유도)가 설정치에 도달하였을 때 정보출력을 제공한다.

#### 7.5.1.1.7.2.2.2 가열접점열전대

주요변수지시 및 경보계통-P는 가열접점열전대로부터의 정보를 사용하여 다음의 기능을 수행한다.

가. 노심 상부의 응축수위를 결정한다. 가열접점열전대 내의 가열접점 및 비가열접점열전대는 절대온도 및 온도차이 신호가 이용 가능하도록 연결되어 있다. 이것은 그림 7.5-6에 나타나 있다.



다. 응축수위 및 비가열접점열전대 온도를 표시하기 위해서 입력신호를 처리한다.

라. 가열접점열전대 주위에 냉각재가 없을 경우, 정보출력을 제공한다.



7.5.1.1.7.2.2.3 노심출구열전대

주요변수지시 및 경보계통-P는 다음과 같은 노심출구열전대 신호처리 및 표시기능을 수행한다.

가. 노심출구열전대 온도 표시

다. 온도가 설정치에 도달하였을 때 경보출력을 제공

이러한 기능들은 NUREG-0737, II.F.2 별첨 1에서 요구하는 설계요건을 만족하기 위한 것이다.

7.5.1.1.7.2.3 계통지시기능

주요변수지시 및 경보계통-P의 출력신호는 정보처리계통의 안전변수지시평가계통 화면의 경보논리와 표시기에서 활용한다. 안전변수지시평가계통은 정보처리계통의 일부로서 발전소의 필수안전기능들을 직접 감시하여 주요 안전변수들을 표시하며(7.7.1.7.7절 참조), 주제어실, 비상기술지원실(TSC) 및 비상대책실(Eof)의 평면표시기 상에 정보를 표시한다.

필수안전기능들은 안전기능 제어와 관련되는 발전소 안전상태를 결정하기 위해 측정된 변수들을 처리하는 일련의 알고리즘으로 직접 감시할 수 있다. 만일 어떤 필수안전기능을 위배한다면(논리적 설정치를 초과하여), 필수안전기능 경보가 발생한다. 주요변수지시 및 경보계통-P의 신호들은 필수안전기능 중 노심열제거 경보논리에 사용된다.

부적절한 노심냉각 추이 표시는 정보처리계통의 필수안전기능 감시화면에도 함께 제공된다. 정보처리계통의 안전변수지시평가계통 화면은 노심열제거 필수안전기능을 위하여 주요변수지시 및 경보계통-P와 동일한 정보를 제공함으로써 부적절한 노심냉각 정보의 일차적인 제어실 표시기 역할을 한다.

또한, 주요변수지시 및 경보계통-P 표시기는 부적절한 노심냉각 상태에 대한 가장 신뢰성 있는 정보를 제공한다. 주요변수지시 및 경보계통-P 표시기는 다음과 같은 기능을 갖도록 인간공학적으로 설계된다.

가. 정보처리계통 표시기가 동작되지 않을 경우, 지시를 제공한다.

나. 정보처리계통 표시기를 확증하는 지시를 제공한다.

다. 정기검사 및 진단기능을 지원한다.

다음 절에서는 부적절한 노심냉각 감시를 위한 표시기에 대해서 기술한다. 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-P 표시기는 NUREG-0737, 항목 II.F.2 별첨 1과 부록 B에 규정된 지침과 일치하도록 설계된다.

#### 7.5.1.1.7.2.3.1 부적절한 노심냉각 표시기

주요변수지시 및 경보계통-P는 안전등급의 부적절한 노심냉각 표시화면을 제공하며, 정보처리계통은 노심열제거 필수안전기능의 일부로써 한 페이지의 부적절한 노심냉각 요약 표시화면을 갖고, 부적절한 노심냉각 변수 각각에 대해서 상세한 표시화면들을 제공한다.

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

2

[Redacted text block]

[Redacted text block]

정보처리계통 내 안전변수지시평가계통 감시화면은 위의 변수정보들을 다른 정보처리계통 변수들과 함께 표시기에 나타난다.

정보처리계통은 2채널의 주요변수지시 및 경보계통-P로부터 모든 신호를 받아 2채널의 부적절한 노심냉각 정보를 함께 표시한다. 주요변수지시 및 경보계통-P는 두 개의 안전등급 표시기를 제공하며, 각 표시기에 한 채널의 부적절한 노심냉각 정보만을 표시한다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

- [Redacted text]

- [Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

- [Redacted text]

  - [Redacted text]

- [Redacted text]

- [Redacted text]

  - [Redacted text]

  - [Redacted text]

  - [Redacted text]

    - [Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

- [Redacted text]

- [Redacted text]

- [Redacted text]

### 7.5.1.1.8 다양성

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통은 해당 계통들이 동시에 영향을 받을 수 있는 잠재적인 공통원인고장으로부터 건전성이 유지되도록 하드웨어와 소프트웨어를 다양화하여 구현한다. 다양성은 화면표시기기와 통신네트워크를 포함한 소프트웨어 기반의 모든 계통 내에 적용된다.

주요변수지시 및 경보계통-P는 규제지침서 1.97 변수 및 부적절한 노심냉각 감시 변수들을 전용화면을 통해 연속적으로 지시한다. 그림 7.5-1과 같이 표시되는 개별 감지변수에 대해 감지기로부터 표시용 프로세서까지 두 개의 채널이 제공된다.

### 7.5.1.1.9 중대사고계통

중대사고계통인 수소완화계통은 노심손상사고시 원자로건물내 수소농도가 평균 10 v/o 이내로 유지되도록 설계된다. 채널별로 제공된 수소완화계통 점화기들은 주제어실에서 수동으로 작동된다. 수소완화계통의 제어 및 계측 설비는 6.2.5절에 기술되어 있다. 전기 배선은 8.3절에 기술되어 있다.

## 7.5.2 분석

### 7.5.2.1 안전성관련 발전소 공정변수 표시 계기 분석

발전소 공정변수는 운전원으로 하여금 발전소 상태를 감시하고, 발전소 안전에 중요한 운전을 수행하기 위해 제공된다. 또한, 이들 정보는 운전원이 7.2.1.1.9절 및 7.3.1.1.8절에 기술된 채널들이 운전가능한가를 확인할 수 있도록 발전소보호계통 측정채널들과의 비교검사를 수행할 수 있게 한다.

발전소 공정계측설비 선정을 위한 설계기준은 다음과 같다.

- 가. 운전원이 요구하는 유효한 공정변수들의 연속적인 감시를 제공한다.
- 나. 안전 관점에서 유용한 추이 정보와 관련된 변수들의 영구기록을 제공한다.
- 다. 운전원에게 신뢰성 있고 이해하기 쉬운 표시정보를 적기에 제공한다.
- 라. 채널 간의 비교검사를 할 수 있도록 원자로보호계통 및 공학적안전설비작동계통 공정변수들의 다중채널 지시기능을 제공한다.
- 마. 다양한 조건하에서 요구되는 측정범위를 나타낼 수 있도록 변수들을 적절히

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

감시하는 기능을 제공한다.

제공된 정보는 운전원이 발전소의 상태를 정확하게 평가할 수 있고, 15장의 사고해석 및 18장에 기술된 인간공학 업무분석시 가정한 조건 내에서 발전소를 유지하기 위하여 적기에 적절한 조치를 수행하는데 충분하다. 또한 제공된 정보는 운전원이 7.2.1.1.9절과 7.3.1.1.8절에 기술된 바와 같이 채널들의 운전가용성을 보장하기 위해 측정채널들 간의 비교검사를 할 수 있게 한다.

### 7.5.2.2 원자로정지계통 감시 분석

원자로정지계통 감시를 위해 원자로정지가 발생하였는지와 원자로정지 입력을 제공하는 공정변수를 확인할 수 있는 충분한 정보를 운전원에게 제공한다.

운전원은 화면의 막대그래프 정보와 제어봉집합체 점점신호에 의해 원자로정지 후에 제어봉집합체 삽입상태를 판단할 수 있다(7.5.1.1.4절 참조).

원자로의 중성자속준위에 대한 정보가 운전원에게 제공된다.

운전원에게 제공되는 정보선정에 사용된 설계기준은 다음과 같다.

- 가. 정상 발전소 운전 및 원자로정지시에 운전원의 주의를 필요로 하는 계통의 상태 정보들을 제어실에 제공
- 나. 원자로보호계통의 기능에 영향을 주는 모든 작업은 주제어실로 경보
- 다. 수동으로 우회되는 발전소 변수의 지시
- 라. 우회의 자동제거에 대한 지시

### 7.5.2.3 공학적안전설비 감시 분석

공학적안전설비계통의 상태를 감시할 수 있도록 운전원에게 정보가 제공된다. 운전원에게 제공되는 정보의 선정에 사용된 설계기준은 다음과 같다.

- 가. 발전소 정상운전중 운전원의 주의나 조작을 필요로 하는 계통의 상태들을 제어실에서 지시 그리고/또는 제어
- 나. 공학적안전설비작동계통에서 수행되며, 계통의 기능에 영향을 주는 모든 운전에 대해 제어실에 경보

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

다. 수동으로 차단 또는 우회되는 선정된 발전소변수의 지시

라. 차단 또는 우회상태의 자동제거에 대한 지시

운전원의 사용을 위해서 위의 기준을 만족하는 정보가 표 7.5-2에 나타나 있다. 이 정보는 운전원이 공학적안전설비의 수동작동의 여부를 결정하는데 도움을 주기 위해 제공되며 자동개시 후 계통운전의 적절성 여부를 확인하는데 도움을 준다. 계통의 작동에 사용되는 입력변수뿐만 아니라, 펌프 및 밸브들의 작동과 유체흐름의 형성에 대한 지시도 제어실로 제공된다. 정보처리계통의 공학적안전설비 유체계통과 필수계통에 대한 감시화면은 공학적안전설비계통의 성능에 대한 통합정보를 제공한다.

### 7.5.2.4 제어봉집합체 위치지시

제어봉집합체 위치지시는 운전원이 노심 내의 모든 제어봉집합체위치를 쉽게 결정할 수 있게 한다. 위치지시는 모든 제어봉집합체가 제 위치에 있는지, 제어봉집합체가 노심 안으로 낙하되어 있는지, 또는 제어봉집합체 위치가 원자로정지 후 요구되는 위치에 있는지를 운전원이 쉽게 판단할 수 있게 한다.

제어봉집합체 위치지시 설계를 위해 사용된 설계기준은 다음과 같다.

가. 모든 제어봉집합체의 위치판독이 가능하도록 한다.

나. 모든 제어봉집합체의 연속적인 위치지시가 가능하도록 한다.

다. 한 그룹 내 제어봉집합체의 편차에 대해 운전원이 인식할 수 있는 방안을 제공한다.

라. 임의의 또는 모든 제어봉집합체의 위치에 대한 영구기록을 만들 수 있다.

마. 각 제어봉집합체에 대해 완전삽입(full-in) 및 완전인출(full-out) 지시를 제공한다.

바. 제어봉집합체 위치 지시를 다중 및 다양한 방안으로 제공한다.

### 7.5.2.5 사고 후 감시설비 분석

표 7.5-3에서 명시된 사고후감시계측설비는 사고 후 발전소의 상태를 원격감시하기 위해 제공되며, 원자로건물 및 다른 건물 내의 사고 후 환경에 대한 장기간의 감시 및 조사를

가능하게 해준다.

표 7.5-3은 규제지침서 1.97의 범주 1,2 및 3의 변수들로 구성된다.

| 1

사고후감시계측설비는 핵연료, 핵연료 피복 및 원자로냉각재 상태를 발전소와 핵연료의 설계제한치 이내로 유지하는 수단으로 설계된 것은 아니다. 사고후감시계측설비는 감시 변수를 정확하고 신뢰성있게 표시하는 기능을 수행한다. 각 계측기에 대한 성능특성, 응답시간 및 정확도는 운전원에게 신뢰성있는 정보를 제공하는 설계목적에 부합되도록 선정되었다.

규제지침서 1.97의 요건은 사고 후 감시설비의 설계에 적용될 수 있고, 다음과 같이 각 변수에 맞는 범주의 계측설비 설계에 적용되었다.

#### 7.5.2.5.1 기기 검증

범주 1 : 범주 1 변수는 정보처리계통, 주요변수지시 및 경보계통-P와 주요변수지시 및 경보계통-N에 표시된다. 1E급 검증은 계측기기 채널부터 채널격리기기까지 해당된다. 1E급 신호는 주요변수지시 및 경보계통-P 화면, 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통으로 전송되기 전에 격리된다. 범주 1 변수들은 주요변수지시 및 경보계통-P에 우선 표시되며, 채널 가용성을 높이기 위해 내진검증이 수행된다. 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통도 비록 비안전계통으로 설계되지만 모든 범주 1 변수들을 표시한다.

| 2

주요변수지시 및 경보계통의 프로세서는 가장 엄격한 기기환경에 상응하는 온도 및 습도검증을 적용한다. 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통은 캐비닛 내부의 온도가 해당 위치에서 정하는 한계치를 넘는 경우 운전원에게 경보를 제공한다.

| 2

범주 2 : 범주 2 변수는 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N에 표시된다. 주요변수지시 및 경보계통-N은 범주 1과 동일한 기기검증 요건을 적용한다.

| 2

범주 3 : 감지기나 표시설비와 관련하여 별도의 검증요건은 적용되지 않으며, 해당 변수는 정보처리계통에 표시된다.

| 1

환경검증과 관련한 보다 상세한 내용은 3.11절에 기술된다.

#### 7.5.2.5.2 다중성

범주 1 : 범주 1 변수와 관련하여 주제어실 내 계측채널의 신호전송과 표시설비에는 다중성이 제공된다. 계측채널은 검증된 격리기에 의해 비안전 기기와 다른 채널로부터 전기적으로 독립되고 물리적으로 격리된다. 범주 1 변수에 대한 표시는 다중성을

| 2

유지하는 주요변수지시 및 경보계통-P에 의해 제공되고, 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통에도 표시된다. 정보처리계통은 주요변수지시 및 경보계통과 물리적으로 격리되고 독립된다. 채널 가용성은 7.5.2.5.4절에서 상세히 기술된다.

범주 2 : 규제지침서 1.97 요건에서 구체적인 설비를 요구하지는 않지만, 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통의 표시방법은 다중성을 유지하여 운전원에게 제공되는 정보가 손실되는 단일고장이 발생하지 않도록 한다.

범주 3 : 별도의 설비는 요구되지 않으며, 해당 변수들은 정보처리계통의 표시설비에 제공된다. | 1

운전원에게 제공되는 정보의 모호성을 방지하기 위해 정보계통은 다양한 특징을 적용하며, 그림 7.5-1과 그림 7.7-14에는 이러한 사항들이 표시된다.

가. 주요변수지시 및 경보계통-P는 2개의 다중 사고후감시설비채널 A와 B에 해당하는 범주 1의 공정변수를 감시한다. 두 채널의 표시를 통해 운전원은 주요변수지시 및 경보계통-N, 정보처리계통 그리고/또는 기타 공정계측기의 자료를 근거로 정확한 계측기기를 선택할 수 있다. | 2

나. 주요변수지시 및 경보계통-N은 동일한 공정변수를 측정하는 기타 계측기와 함께 주요변수지시 및 경보계통-P와 동일한 다중 사고후감시계측기기를 감시한다. 해당 공정은 먼저 협역 지시범위의 감지기들에 국한되어 수행되며 가장 정확한 값이 운전원에게 제공된다. 만일 검증값이 협역 지시범위의 감지기들에 의해 결정될 수 없는 경우(고장이나 지시범위 초과로 인해) 검증 및 감시 공정은 해당 범위를 만족할 수 있는 감지기나 광역 지시범위 감지기들에 의해 수행된다. 또한, 주제어실의 운전원이 정상운전시에 사용하는 주요변수지시 및 경보계통-N 화면은 사고시에도 해당 설비를 계속 사용할 수 있도록 지원된다.

다. 정보처리계통은 주요변수지시 및 경보계통-N과 동일한 방법으로 화면자료를 처리하고 동일한 측정채널을 감시한다. 해당 계통들은 정보표시계통의 신뢰성을 향상시키기 위해 다양성을 적용한 하드웨어와 소프트웨어를 사용한다. 주요변수지시 및 경보계통-N은 운전 및 기술지원 담당자들이 정상 및 사고감시에 동일한 표시기기를 사용할 수 있도록 지원한다. | 2

### 7.5.2.5.3 전원

사고후감시계측설비는 다음과 같이 소외전원과는 독립적인 전원으로 운전이 가능하다. | 2

범주 1 : 독립적인 1E급 전원이 다중 감지기 채널부터 채널격리기까지 제공된다. 주요변수지시 및 경보계통-P는 후비축전지에 연결되어 격리된 1E급 A 및 B 계기전원

으로부터 전원이 공급된다. 주요변수지시 및 경보계통-N 서버와 표시기기는 후비축전지에 연결되어 격리된 1E급 D 계기전원으로부터 전원이 공급된다. 정보처리계통은 후비축전지에 연결된 비1E급 전원으로부터 공급된다.

2

범주 2 : 해당 변수들은 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통에 표시된다. 주요 변수지시 및 경보계통-N은 후비축전지에 연결되어 격리된 1E급 D 계기전원으로부터 전원이 공급된다. 정보처리계통은 후비축전지에 연결된 비 1E급 전원으로부터 공급되며, 계측채널은 비 1E급 계기전원으로부터 공급된다.

2

범주 3 : 규제지침서 1.97 요건에서 구체적인 설비를 요구하지는 않지만, 해당 변수들은 정보처리계통의 화면에 표시될 수 있다. 정보처리계통은 후비축전지에 연결된 컴퓨터전원으로부터 공급되며 계기채널은 비1E급 계기전원으로부터 공급된다.

1

#### 7.5.2.5.4 채널 가용성

사고후감시설비는 발전소 정상운전중 적어도 한 개 채널의 작동이 지속될 수 있도록 설계된다. 그러한 운전중에 그 계통의 작동부분은 단일고장기준을 계속 만족할 필요는 없다. 보수운전을 위한 제한규정은 운영기술지침서에 상세히 명기되어 있다.

범주 1 : 범주 1 변수들의 채널 가용성은 상호 간에 전기적으로 격리되고 내진검증된 주요변수지시 및 경보계통-P의 채널 A 및 B 표시기기를 사용함으로써 유지된다. 범주 1 변수들에 대한 추가적인 표시는 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N에 의해 제공된다. 계측채널부터 표시 기기까지의 채널 가용성은 범주 1 계기채널에 대한 독립성, 격리 및 공급전원요건에 의해 제공된다.

범주 2 : 범주 2 변수의 채널 가용성은 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통 화면에 의해 제공된다. 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통은 전기적으로 독립되고 상호 독립된 후비축전지로부터 전원이 공급된다. 두 계통은 다중화로 구성되고 상호 다양성을 유지하도록 설계한다.

범주 3 : 채널 가용성과 관련한 별도의 요건은 적용되지 않는다. 해당 변수들은 범주 2 변수들과 같이 정보처리계통에서 제공된다.

1

#### 7.5.2.5.5 품질보증

범주 1과 2 : 사고후감시패널은 규제지침서 1.97의 범주 1, 2에 따른다.

범주 3 : 사고후감시채널은 특정부분에 대한 내환경의 고품질 상용등급에 준한다.

1

#### 7.5.2.5.6 지시 및 기록

범주 1 : 모든 범주 1 변수들은 전용의 주요변수지시 및 경보계통-P에 의해 지속적으로 표시된다. 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통은 모든 범주 1 변수들이 지속적으로 표시되지 않으나 운전원의 필요에 따라 제공되며 정보처리계통에 의해 기록된다.

범주 2 : 범주 2 변수들은 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통의 화면에서 표시되며, 방사선감시기의 방사선 정보는 방사선 감시계통 컴퓨터에 저장된다.

범주 3 : 범주 3 변수들은 정보처리계통 화면에 표시되며, 기상자료는 정보처리계통에서 기록한다.

Intentionally  
Blank

규제지침서 1.97에 정의된 범주 1 변수들에 대하여 최소한 1개의 기록정보가 다중채널을 위해 제공된다. 비안전성관련 정보처리계통은 공학적안전설비 기준으로 설계되지 않았기 때문에 신뢰성은 요구되지 않지만 사고후 검토에 대한 유용한 진단도구로 이용이 가능하다.

#### 7.5.2.5.7 지시범위

범주 1,2 및 3 : 지시기의 범위는 측정되는 변수들의 최대범위를 포함한다. 감시계측의 요구 범위에서 정상운전 중 계측기의 민감도가 상실되면 별도의 계측채널에 정보가 제공된다.

| 1

주요변수지시 및 경보계통-P, 주요변수 지시 및 경보계통-N과 정보처리계통은 각 지시범위의 개별 감지기 채널을 확인할 수 있다.

정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N은 먼저 협역 지시범위 감지기만을 사용하여 검증을 시도한다. 검증이 완료되면, 협역 지시범위의 스케일과 해당범위가 표시된다. 해당 변수가 협역 지시범위를 벗어나면, 광역 지시범위 감지기를 이용하여 광역 지시범위의 스케일과 해당범위를 표시한다.

#### 7.5.2.5.8 기기식별

범주 1과 2 : 범주 1과 2 변수들은 사고시 다른변수들과 구별하기 위해 주제어실 인간-기계 설비에 식별되어 제공된다.

정보처리계통 화면과 주요변수지시 및 경보계통-N 화면에는 범주 1과 범주 2로 변수 앞에 문자(q)를 표기하여 구분되며, 범주 1 변수는 주요변수지시 및 경보계통-P 화면에 제공된다. 또한 안전제어반에 설치되어 있는 최소재고목록(Minimum Inventory) 즉, 고정형 스위치 등의 기기에는 명판을 이용하여 사고후 감시변수임을 식별하여 구분한다.

| 2

사고후감시계측기기는 변수값에 해당 변수가 사고 후 감시계측기기에 해당함을 정보처리계통의 화면에 표시한다.

범주 3 : 별도의 설비는 요구되지 않으며, 해당 변수들은 정보처리계통에 적절한 방법으로 표시된다.

| 1

#### 7.5.2.5.9 신호의 연계관계

범주 1과 2 : 범주 1과 2 변수들에 대한 계기채널의 연계신호는 검증된 격리기를 통해 제공된다. 주요변수지시 및 경보계통 또는 정보처리계통에 입력되는 계측채널은 격리기능을 제공하기 위해 채널격리기를 사용한다. 안전성관련 사

고 후 감시채널 신호를 비안전성관련 채널에 사용하기 위한 전송은 격리기를 통해서 제공된다.

범주 3 : 별도의 설비가 요구되지 않으며, 해당 변수들의 연계에는 격리기를 사용하지 않는다.

1

#### 7.5.2.5.10 운전정비, 시험 및 교정

범주 1,2 및 3 : 설계상 모든 감지기 조절, 모듈 교정 및 시험단자의 활용 등에 대한 관리적인 통제가 가능하도록 한다. 주기적 점검, 시험, 교정, 및 검증 등은 계측채널의 시험에 관한 규제지침서 1.118을 따른다. 주요변수지시 및 경보계통 서버와 표시기기를 정비목적으로 분리할 수 있는 방법이 제공된다. 해당 역무에 대한 관리적인 통제는 운전원에 의해 수행될 것이다. 상수값 및 경보설정치의 변경과 교정은 오프-라인 상에서 수행되며 유사한 통제를 따른다. 다중 프로세서는 규제지침서 1.97 변수들에 대한 지속적인 이용이나 표시를 가능하게 한다. 정보처리계통에도 관리적인 통제가 요구된다. 표시계통은 상수값, 경보 설정치, 교정 및 시험단자의 활용에 대한 통제가 가능하도록 설계된다.

1

격리기는 사고시 정비를 위해 작업자의 접근이 가능한 원자로건물 외부에 위치한다.

#### 7.5.2.5.11 인간공학적 고려요소

범주 1,2 및 3 : 주요변수지시 및 경보계통은 표시 및 처리계통의 교체나 조정 및 수리가 가능하다. 정보처리계통도 처리모듈과 표시기기의 수리, 교체 및 조절이 가능하도록 설계된다.

1

주요변수지시 및 경보계통과 정보처리계통은 정상운전정보와 동일한 방법으로 규제지침서 1.97 요건에 대한 표시를 지원한다. 또한, 계측채널은 사고시와 동일하게 정상시에도 사용되는 사고 후 감시채널과 지속적으로 검증된다.

인간공학 표준지침 및 근거를 고려한 보다 상세한 사항은 18장에 기술된다.

#### 7.5.2.5.12 직접측정

범주 1,2 및 3 : 사고후감시설비는 측정하고자 하는 변수들을 직접 측정이 가능하도록 설계된다.

1

#### 7.5.2.6 우회 및 작동불능 상태지시

우회 및 작동불능 상태는 다음계통에 대하여 주제어실에 표시된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 가. 원자로건물살수계통
- 나. 원자로건물격리계통
- 다. 안전주입계통
- 라. 보조급수계통
- 마. 정지냉각계통
- 바. 1차측기기냉각해수계통
- 사. 1차측기기냉각수계통
- 아. 비상디젤발전기계통
- 자. 보조전원계통
- 차. 주제어실지역 공기조화계통
- 카. 전기 및 계측기기실 공기조화계통
- 타. 필수냉수계통
- 파. 보조건물관리구역 공기조화계통
- 하. 비상디젤발전기지역 공기조화계통
- 거. 핵연료취급지역 공기조화계통
- 너. 화학 및 체적제어계통
- 더. 원자로건물퍼지계통
- 러. 보조급수펌프터빈계통
- 머. 보조급수저장 및 변환계통
- 버. 필수전력공급계통

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

서. 125 V 직류 시스템

계통차원의 우회 및 작동불능 상태를 표시하는 시각적인 지시계가 제공된다. 계통의 우회 입력은 관련기기의 직접측정이나 제어스위치에 의해 입력된다.

우회 및 작동불능 상태지시는 7.1.2.19절에 기술된 바와 같이 규제지침서 1.47 요건의 C절을 만족한다.

### 7.5.2.7 부적절한 노심냉각 감시 분석

주요변수지시 및 경보계통-P는 운전원에게 부적절한 노심냉각상태로의 접근, 부적절한 노심냉각상태 및 부적절한 노심냉각상태로부터 회복되는 동안에 원자로용기 내의 열수력학적 상태를 지시한다.

주요변수지시 및 경보계통-P의 설계기준은 다음과 같다.

- 가. 부적절한 노심냉각에 관련된 변수들에 대한 연속적인 감시 제공
- 나. 운전원에게 부적절한 노심냉각상태로의 접근에 대한 경보 제공
- 다. 정상운전에서 노심노출까지의 부적절한 노심냉각 전 범위의 정보 제공
- 라. 높은 이용도를 확보하기 위한 다중 계측채널 제공
- 마. 운전원에게 신뢰성 있고 쉽게 이해할 수 있는 필요한 정보를 적기에 제공

#### 7.5.2.7.1 부적절한 노심냉각 진행과정(냉각재상태)

부적절한 노심냉각 진행과정(냉각재상태)은 7.5.1.1.7.1.2.1절에 설명되어 있다.

##### 7.5.2.7.1.1 부적절한 노심냉각으로의 접근

주요변수지시 및 경보계통-P는 다음을 지시함으로써, 부적절한 노심냉각상태로의 접근에 대한 경보를 운전원에게 제공한다.



#### 7.5.2.7.1.2 부적절한 노심냉각으로부터의 회복

부적절한 노심냉각을 일으키는 사건이 발생하면, 주요변수지시 및 경보계통-P는 운전원에게 다음과 같이 조치할 수 있도록 정보를 제공한다.

가. 노심열제거 안전기능이 만족되고 있음을 확인

나. 핵분열생성물 방출 가능성 평가

주요변수지시 및 경보계통-P의 지시기능은 노심열제거 안전기능이 만족되고 있는지 확인할 수 있도록 운전원 보조기능을 제공한다.

#### 7.5.2.7.2 계기 측정범위

계기 측정범위는 7.5.1.1.7.2.1절에 설명되어 있다.

#### 7.5.3 안전변수지시계통 격리

안전변수지시계통은 IEEE 603의 6.3절에 따른 격리요건을 만족하도록 설계한다. 안전변수지시평가계통(SPADES+)은 안전변수지시계통의 요구사항을 정보처리계통내에 구현된다. 안전변수지시평가계통(SPADES+)은 7.7.1.7.7절에 기술된다. 안전변수지시계통을 위한 안전계통의 신호는 광통신을 이용하여 전기적으로 격리된다. 정보처리계통과 안전계통 간의 데이터통신에 대한 내용은 7.9절에 기술된다.

7.5.4 참고문헌

- 가. RG 1.97(Rev.3) : Instrumentation for Light-Water-Cooled Nuclear Power Plants to Assess Plant and Environs Conditions during and following an Accident.
- 나. 사고후 감시변수 선정 적합성 검토서 (Regulatory Guide 1.97 Rev.3 적용)
- 다. IEEE 603 : IEEE Standard Criteria for Safety Systems for Nuclear Power Generating Stations.

2

Intentionally  
Blank

표 7.5-1 (2 중 1)

안전성관련 발전소 공정변수지시

변 수				
가압기 압력				
가압기 압력				
가압기 압력				
원자로냉각재계통압력				
증기발생기 차압				
냉각재 온도(고온)				
냉각재 온도(저온)				
원자로건물 압력(광역)				
원자로건물 압력(협역)				
원자로건물 압력(초광역)				
증기발생기 압력				
증기발생기 수위(광역)				
증기발생기 수위(협역)				
원자로건물내재장전수탱크 수위				

표 7.5-1 (2 중 2)

변 수				
가압기 수위				
국부출력 밀도				
핵비등이탈률 여유도				
중성자속준위				
중성자속대수출력준위(안전채널)				
중성자속선형출력준위(안전채널)				
충전펌프출구압력				
충전유량				

2

신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

2

7.5-28

- 1) 디지털 신호처리 및 표시기에 대한 불확실도 무시 가능
- 2) 주요변수지시 및 경보계통과 정보처리계통의 표시에 관한 기술은 7.7.1.4절 및 7.7.1.7절 참조
- 3) 사용 가능한 인간공학연계 자료는 18장 참조

표 7.5-2 (5 중 1)

공학적인안전설비계통 감시

신한올 1,2호기 최종안전성분석보고서

2

2

2

2

변 수	채널수	1E 채널수	최소지시범위 <sup>1)</sup>	위치 <sup>2)</sup>
원자로건물격리계통				
원자로건물격리밸브위치	1쌍/밸브	주5)	열림/닫힘	주제어실/원격정지실
안전주입계통				
안전주입밸브위치				
안전주입탱크수위				
원자로건물내재장전수탱크 격리밸브 위치	1쌍/밸브	2	열림/닫힘	주제어실/원격정지실
원자로건물내재장전수탱크 수위	2	2	0 ~ 100%	주제어실/원격정지실
원자로건물내재장전수탱크 온도	2	2	0 ~ 200 °C (32 ~ 392 °F)	주제어실/원격정지실
원자로건물내재장전수탱크 압력	2	2	0 ~ 1.4 kg/cm <sup>2</sup> (0 ~ 20 psig)	주제어실/원격정지실
안전주입 유량				
안전주입펌프 고온관주입 유량				
안전주입펌프 출구압력				
안전주입탱크 압력				
안전주입관 및 고온관주입관 압력				

표 7.5-2 (5 중 2)

신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서 2

변 수	채널수	1E 채널수	최소지시범위 <sup>1)</sup>	위 치 <sup>2)</sup>
정지냉각계통				
정지냉각열교환기 입구온도	■	■	■	■
정지냉각열교환기 출구온도	■	■	■	■
정지냉각펌프 출구압력	■	■	■	■
정지냉각 유량	■	■	■	■
정지냉각 밸브 위치	■	■	■	■
정지냉각 회귀관 온도	■	■	■	■
주증기/주급수계통				
주증기격리밸브위치	2쌍/밸브	2	열림/단힘	주제어실/원격정지실
주증기격리우회밸브위치	2쌍/밸브	2	열림/단힘	주제어실/원격정지실
주급수격리밸브위치	1쌍/밸브	1	열림/단힘	주제어실/원격정지실
증기발생기 취출격리밸브 위치	1쌍/밸브	2	열림/단힘	주제어실/원격정지실
주증기 물방울관 격리밸브 위치	2쌍/밸브	2	열림/단힘	주제어실
보조급수 터빈증기공급밸브위치	1쌍/밸브	2	열림/단힘	주제어실

표 7.5-2 (5 중 3)

변 수	채널수	1E 채널수	최소지시범위 <sup>1)</sup>	위치 <sup>2)</sup>
보조급수 계통				
보조급수펌프 상태 (터빈구동 및 전동기구동 보조급수펌프)	1쌍/펌프	4	기동/정지	주제어실/원격정지실
보조급수밸브 위치 (보조급수격리밸브 및 보조급수 조절밸브)	1쌍/밸브	4	열림/닫힘	주제어실/원격정지실 <sup>4)</sup>
보조급수펌프 유량	4	4	0~60 L/sec	주제어실/원격정지실
보조급수펌프 출구압력	2	2	0~250 kg/cm <sup>2</sup>	주제어실/원격정지실
보조급수펌프 입구압력	4	4	0~3 kg/cm <sup>2</sup>	주제어실/원격정지실
보조급수펌프 터빈입구 증기압력	2	2	0~100 kg/cm <sup>2</sup>	주제어실/원격정지실
보조급수 저장탱크 수위	2/탱크	2/탱크	0~100 %	주제어실/원격정지실
보조급수 펌프 터빈속도	2	2	0~6,000 rpm	주제어실/원격정지실
안전감압배기계통				
파이롯트구동 안전방출밸브 위치				

신원울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 7.5-2 (5 중 4)

7.5-32

2  
신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서  
2

변 수	채널수	1E 채널수	최소지시범위 <sup>1)</sup>	위 치 <sup>2)</sup>
원자로건물 살수계통				
원자로건물 살수펌프 입구압력	2	2	0~4 kg/cm <sup>2</sup>	주제어실
원자로건물 살수펌프 출구압력	2	2	0 ~ 70 kg/cm <sup>2</sup>	주제어실
원자로건물살수 유량	2	2	0~520 L/sec	주제어실
살수모관 격리밸브 위치	1쌍/밸브 및 1개/밸브	-	열림/닫힘 0 ~ 100 %	주제어실 주제어실
원자로건물 살수펌프 상태	1쌍/펌프	-		주제어실
원자로건물 살수펌프 모터전류	2	2	0 ~ 400 Amps	주제어실
원자로건물 살수펌프 열교환기 출구온도	2	2	0 ~ 204.4 °C (32 ~ 400 °F)	주제어실
주제어실지역 공기조화계통				
주제어실 유입공기 방사능	4	4	$3.7 \times 10^{-3} \sim 3.7 \times 10^3$ Bq/cc	주제어실
공기정화기 공급팬 상태	1쌍/팬	2	온/오프	주제어실
주제어실 격리댐퍼	1쌍/댐퍼	2	열림/닫힘	주제어실

표 7.5-2 (5 중 5)

2  
신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서  
2

변 수	채널수	1E 채널수	최소지시범위 <sup>1)</sup>	위 치 <sup>2)</sup>
핵연료취급지역 공기조화계통				
사용 후 연료저장조지역 방사능	2	2	$10^{-3} \sim 10^2$ mSv/h	주제어실
비상배기공기정화기 팬 상태	1쌍/팬	2	온/오프	주제어실
핵연료취급지역 격리댐퍼 위치	1쌍/댐퍼	2	열림/단힘	주제어실
원자로건물 폐지계통				
원자로건물 상부운전지역 방사능	2	2	$10^1 \sim 10^8$ mSv/h	주제어실
원자로건물 운전지역 방사능	2	2	$10^{-3} \sim 10^2$ mSv/h	주제어실
원자로건물 폐지격리밸브 위치	1쌍/밸브	2	열림/단힘	주제어실

1) 디지털 신호처리 및 표시기에 대한 불확실도 무시 가능

2) 사용가능한 인간공학연계 자료는 18장 참조

3) 안전주입, 정지냉각, SI-661을 제외한 원자로건물 살수계통에서 전기적으로 작동되는 밸브의 모든 지시는 안전등급 전원을 공급받음

4) 발전소의 정지냉각에 필요한 밸브들은 주제어실 바깥에 열림/단힘 위치가 지시됨

5) 원자로건물격리밸브의 경우; Main Steam 계통의 밸브(9-521-V-xxxx)에 한해서 1E 채널수가 2쌍/밸브이며 그 외에는 1쌍/밸브임 | 2

표 7.5-3 (6 중 1)

사고 후 감시 계측

변 수	채널수	범 위 <sup>1), 2)</sup>	최소 지시범위	위치/ 기록계수량 <sup>3), 4)</sup>	규제지침서 1.97 범주
원자로냉각재계통 압력	1				1
파이롯트구동안전방출밸브 위치	1				1
원자로건물내재장전수탱크 수위	2	0~100 %	좌와 동일	주 제어실, 원격정지실/2	1
원자로건물내재장전수탱크 온도	2	0~200 ℃ (32~392 ℉)	좌와 동일	주 제어실, 원격정지실/2	1
원자로냉각재온도-고온관	1				1
원자로냉각재온도-저온관	1				1
중간저장탱크 수위	2	0~100 %	좌와 동일	주 제어실, 원격정지실	2
원자로건물압력(광역)	1				1
원자로건물압력(초광역)	1				1
증기발생기 압력	1				1
증기발생기수위(광역)	1				1

표 7.5-3 (6 중 2)

7.5-35

변 수	채널수	범 위 <sup>1), 2)</sup>	최소 지시범위	위치/ 기록계수량 <sup>3), 4)</sup>	규제지침서 1.97 범주
가압기 수위	■	■	■	■	■
가압기 전열기 상태	■	■	■	■	■
가압기압력(광역)	■	■	■	■	■
과냉각여유도	■	■	■	■	■
중성자속대수출력준위 (안전채널)	■	■	■	■	■
원자로공동 수위	2	0~100 %	좌와 동일	주제어실 원격정지실	2
원자로건물지역 방사능	2	$10^1 \sim 10^8$ mSv/hr	좌와 동일	주제어실 원격정지실/2	1
원자로건물수소농도	2	0~30 % 체적	좌와 동일	주제어실 원격정지실	1
원자로건물내재장전수탱크 수소농도	2	0~30 % 체적	좌와 동일	주제어실 원격정지실/2	1
원자로건물 살수유량	2	0~520 L/sec	좌와 동일	주제어실 원격정지실	2
원자로건물 공기온도	12	0~210 °C (32~410 °F)	좌와 동일	주제어실 원격정지실	2
원자로건물격리밸브 위치	■	■	■	■	■
노심 출구온도	■	■	■	■	■

표 7.5-3 (6 중 3)

변 수	채널수	범 위 <sup>1), 2)</sup>	최소 지시범위	위치/ 기록계수량 <sup>3), 4)</sup>	규제지침서 1.97 범주
원자로용기 냉각재 수위	1				1
보조급수 유량	2/SG	0~60 L/sec	0~110 %	주제어실 원격정지실	2
보조급수저장탱크 수위	2/탱크	0~100 %	0~100 %	주제어실 원격정지실/2	1
안전주입 유량	1				1
안전주입탱크 수위	1				1
안전주입탱크 압력	1				1
안전주입탱크격리밸브 위치	1				1
정지냉각 유량	1				1
안전주입펌프 고온관주입 유량	1				1
정지냉각열교환기 출구온도	1				1
주증기안전밸브 및 대기방출밸브 위치	1쌍/밸브	해당사항 없음	단함/단하지않음 열림/단함	주제어실 원격정지실	2
주증기배관지역 방사능	4	$10^{-3} \sim 10^2$ mSv/hr 0.8~16,000 L/hr(N-16)	좌와 동일	주제어실 원격정지실	2
보조건물제한구역 공기조화계통 유출물	4	$3.7 \times 10^{-2} \sim 3.7 \times 10^7$ Bq/cc	좌와 동일	주제어실 원격정지실	2

표 7.5-3 (6 중 4)

신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

2

2

2

변 수	채널수	범 위 <sup>1), 2)</sup>	최소 지시범위	위치/ 기록계수량 <sup>3), 4)</sup>	규제지침서 1.97 범주
핵연료취급지역 배기유출물	1	$3.7 \times 10^{-2} \sim 3.7 \times 10^6$ Bq/cc	좌와 동일	주제어실	2
고에너지배관지역 공기조화계통 유출물	1	$3.7 \times 10^{-2} \sim 3.7 \times 10^7$ Bq/cc	좌와 동일	주제어실	2
원자로건물 퍼지 유출물	1	$3.7 \times 10^{-2} \sim 3.7 \times 10^9$ Bq/cc	좌와 동일	주제어실	2
복수기진공펌프배기 유출물	1	$3.7 \times 10^{-2} \sim 3.7 \times 10^3$ Bq/cc	좌와 동일	주제어실 원격정지실	2
복합건물 공기조화계통 유출물	1	$3.7 \times 10^{-2} \sim 3.7 \times 10^6$ Bq/cc	좌와 동일	주제어실	2
복합건물 오염기기공작실 유출물	1	$3.7 \times 10^{-2} \sim 3.7 \times 10^6$ Bq/cc	좌와 동일	주제어실	2
공학적인전설비계통 기기냉각수 온도	1	0~50 °C (32~122 °F)	좌와 동일	주제어실	2
공학적인전설비계통 기기냉각수 유량	1	0~1,800 L/sec (0~28,531 gpm)	0~110 %	주제어실 원격정지실	2
비상환기댐퍼 위치	1쌍/댐퍼	해당사항 없음	열림/닫힘	주제어실	2
직류전원 전압	2	0~150 V 직류	좌와 동일	주제어실 원격정지실	2
디젤발전기 전압	2	0~5,250 V 교류	좌와 동일	주제어실 원격정지실	2
디젤발전기 전류	2	0~2,000 Amps	좌와 동일	주제어실 원격정지실	2
4.16 kV 스위치기어전압	2	0~5,250 V 교류	좌와 동일	주제어실 원격정지실	2
480 V 부하반전압	2	0~600 V 교류	좌와 동일	주제어실 원격정지실	2

7.5-37

표 7.5-3 (6 중 5)

7.5-38

변 수	채널수	범 위 <sup>1), 2)</sup>	최소 지시범위	위치/ 기록계수량 <sup>3), 4)</sup>	규제지침서 1.97 범주
4.16 kV 스위치기어전류	2	0~2,000 Amps	좌와 동일	주제어실	2
480 V 부하반전류	2	0~2,000 Amps, 0~3,000 Amps	좌와 동일	주제어실	2
삭제					
원자로냉각재펌프 전류					
원자로냉각재 붕소농도	1	0~5,000 ppm	좌와 동일	주제어실	3
제어노심위치					
원자로냉각재 방사능농도	해당사항 없음	해당사항 없음	해당사항 없음	해당사항 없음	1
주급수 유량					
삭제					
사용후연료 지역방사선감시기	2	$10^{-3} \sim 10^2$ mSv/hr	좌와동일	주제어실	3
풍향	1	0~360 °C	좌와동일	주제어실	3
풍속	1	0~75 m/sec	좌와동일	주제어실	3
삭제					
삭제					

2  
신원울 1,2호기 최종안전성분석보고서  
2

표 7.5-3 (6 중 6)

변 수	채널수	범 위 <sup>1), 2)</sup>	최소 지시범위	위치/ 기록계수량 <sup>3), 4)</sup>	규제지침서 1.97 범주
삭제					
삭제					
대기안정온도 편차	2	-22.8 ~ -7.8 °C(-9 ~ -18 °F)	요구범위 초과	주제어실	3
충전유량-유입	■	■	■	■	■
추출유량-유출	■	■	■	■	■
체적제어탱크수위	■	■	■	■	■
원자로건물 냉각팬	4	해당사항 없음	온/오프	주제어실, 원격정지실	2
삭제					
원자로 건물 수위	2	0~100 %	좌와동일	주제어실, 원격정지실	1

신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

2

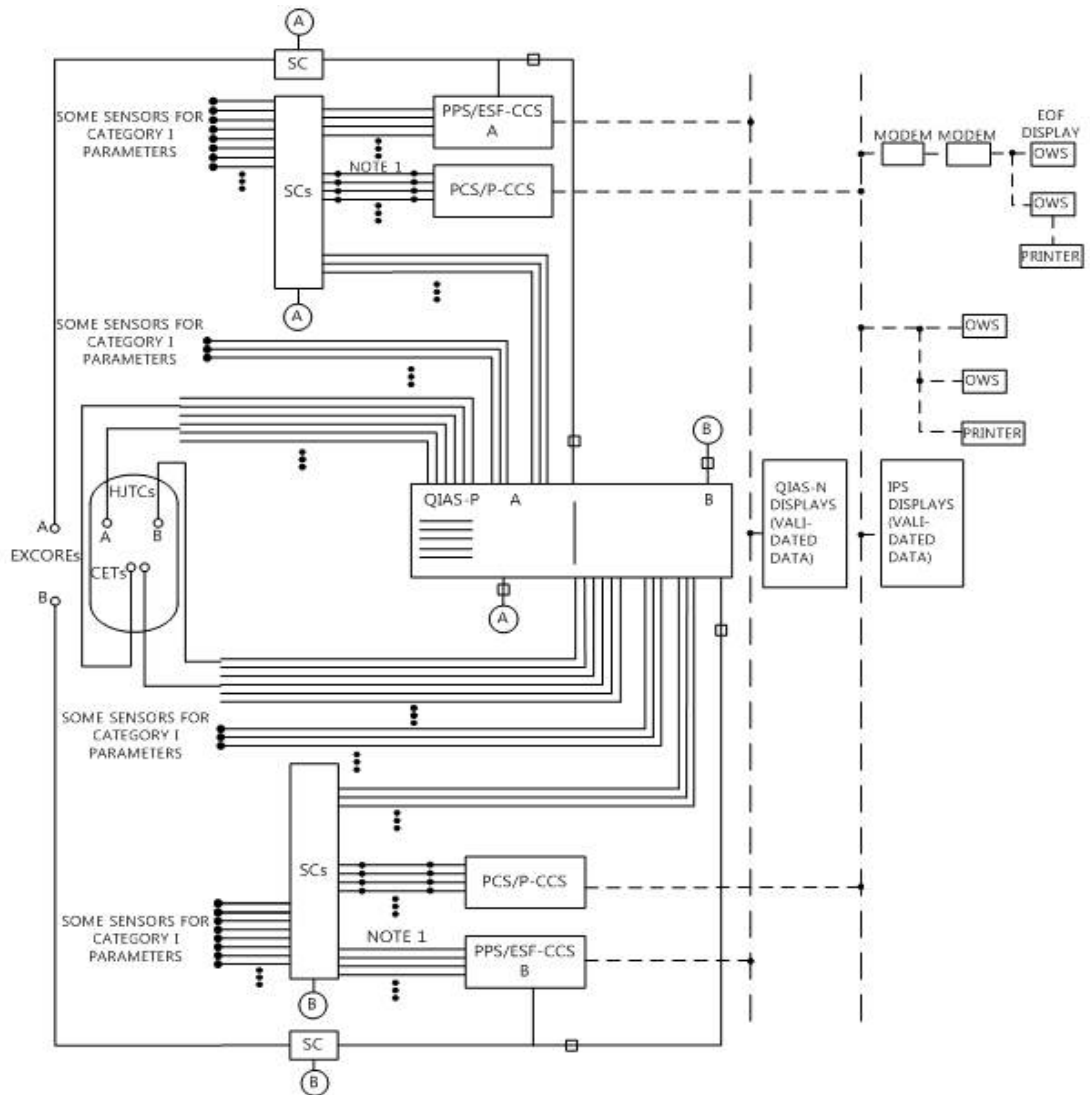
2

1

2

7.5-39

- 1) 측정채널 블록선도는 7장 참조
- 2) 사고 후 감시기기는 적절한 환경조건하에서 검증을 받아야 함(3.11절 참조)
- 3) 사용 가능한 인간공학 연계자원은 18장 참조
- 4) 모든 범주 1 변수는 정보처리계통 데이터 저장 및 검색 프로그램을 통해 저장됨
- 5) 과냉각여유도는 가압기 압력, 원자로냉각재계의 압력, 원자로용기상부헤드 온도, 그리고 노심출구온도 등을 입력으로 계산됨
- 6) 사고 후 감시채널의 정확도는 사고 후 환경상태의 시간적 추이에 따라 다름
- 7) 규제지침서에 대한 적합성 여부는 1.8절의 표 1.8-1 참조



KEY:

- COPPER WIRE ———
- FIBER OPTIC ANALOG ISOLATOR
- FIBER OPTIC DATA LINK - - -
- ISOLATOR
- SIGNAL CONDITIONER SC
- POWER BUS (A) (B)

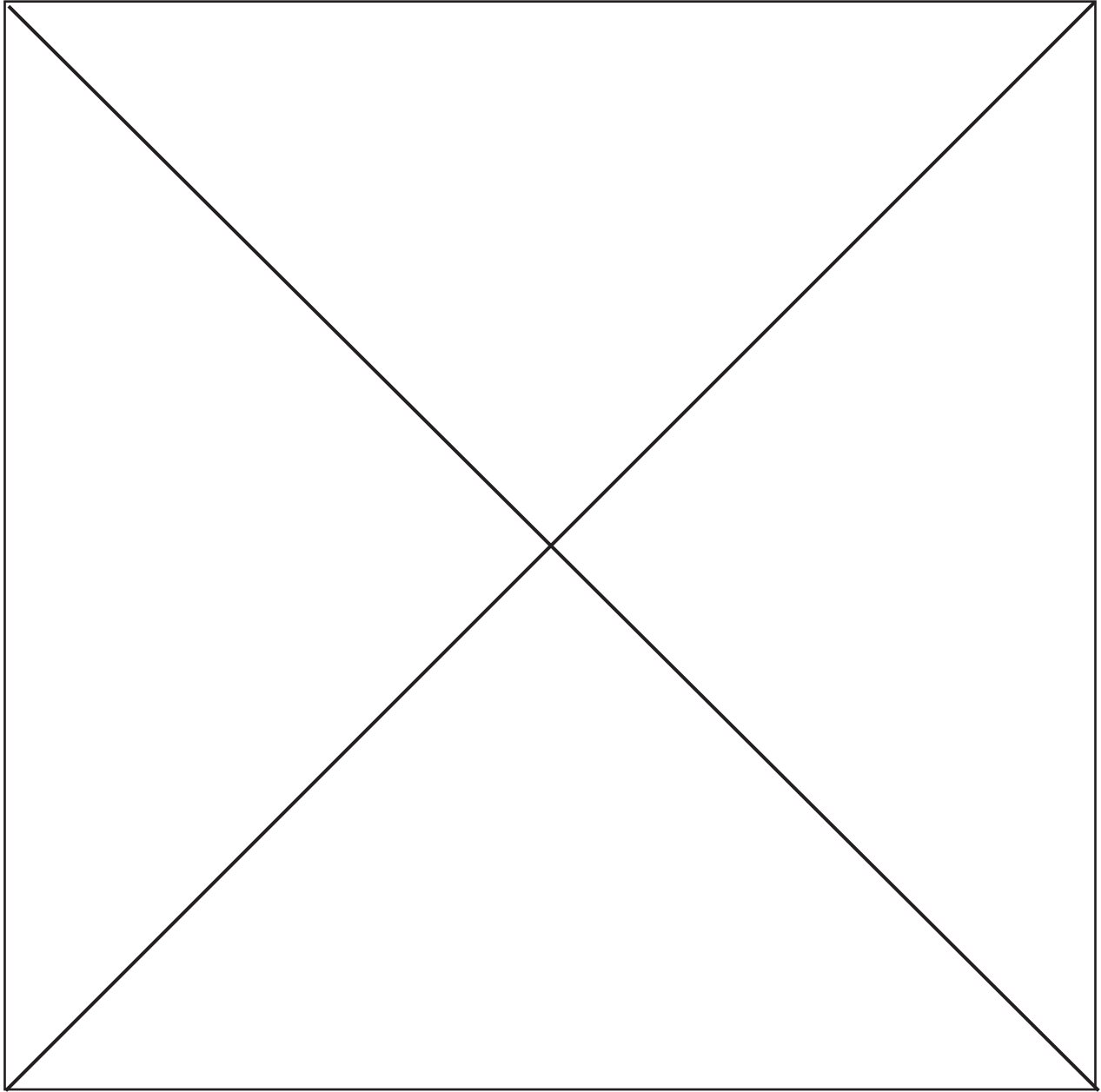
NOTE 1. A SEPARATE WIRE IS PROVIDED FOR EACH SIGNAL.  
NOT ALL CATEGORY I PARAMETERS ARE COMMUNICATED TO BOTH THE PPS AND THE ESF-CCS.



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

사고후감시변수 지시의 다양성

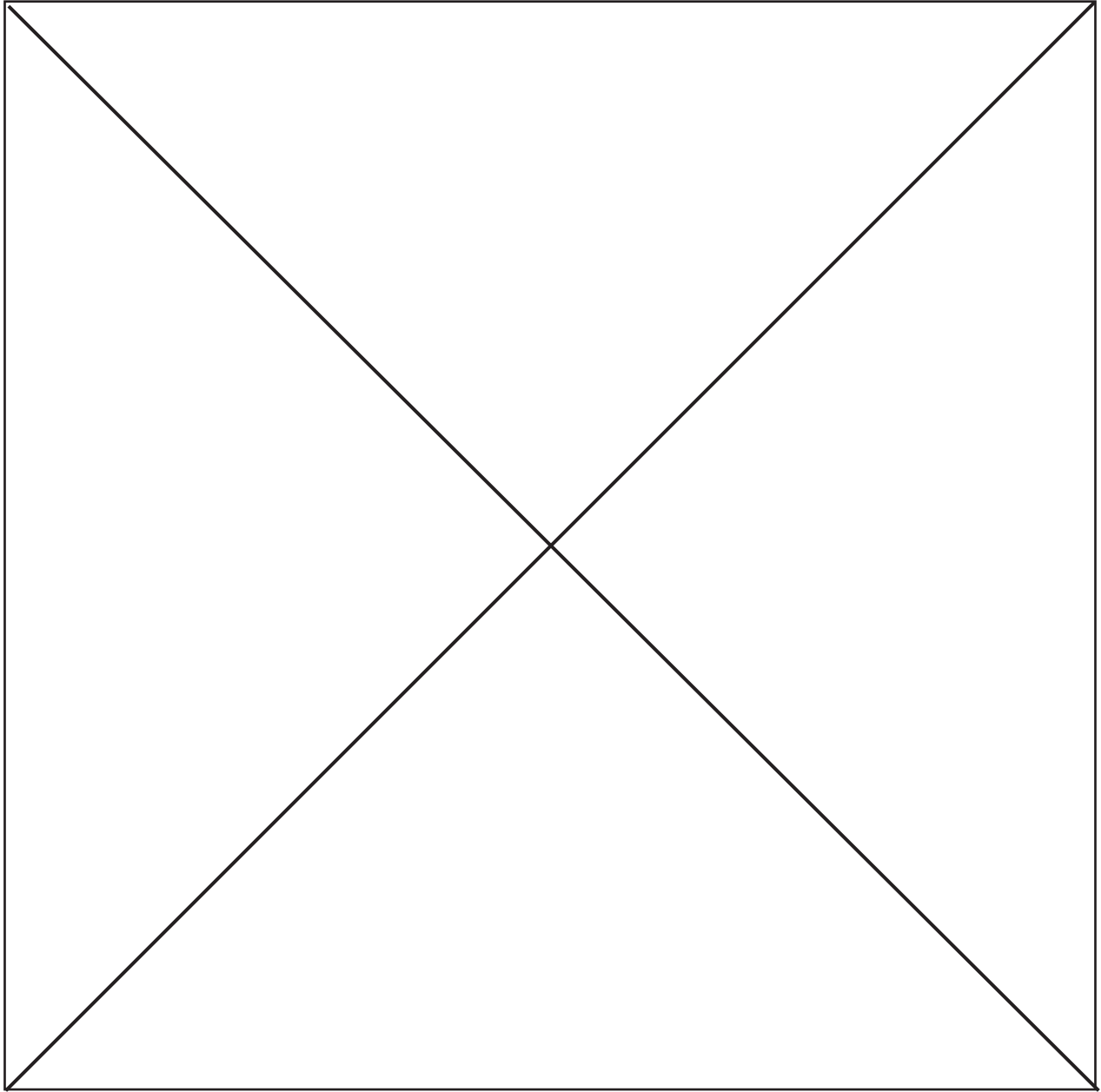
그림 7.5-1



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

가열접점열전대 감지기의 구조

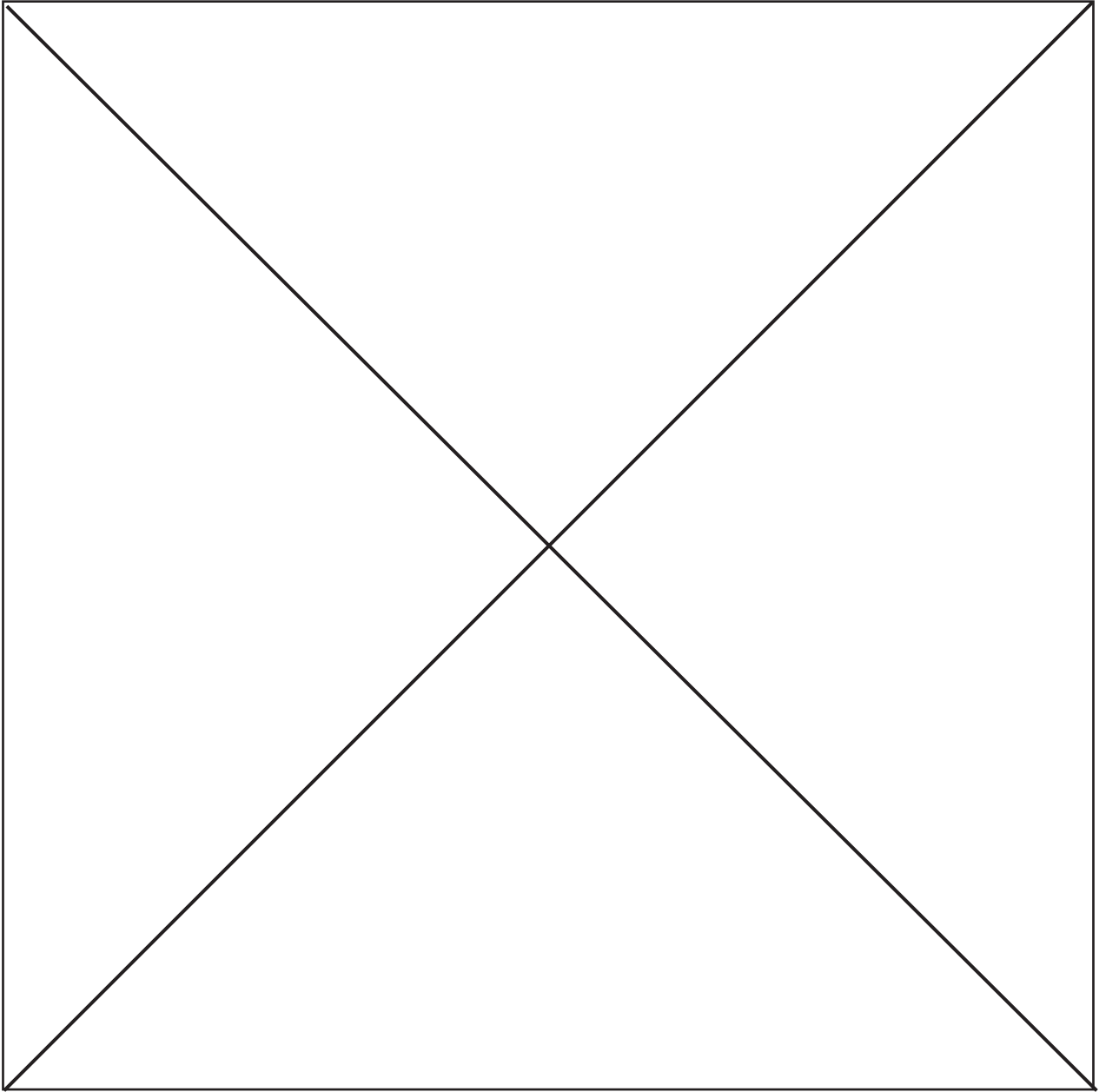
그림 7.5-2



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

가열접점열전대 탐침집합체

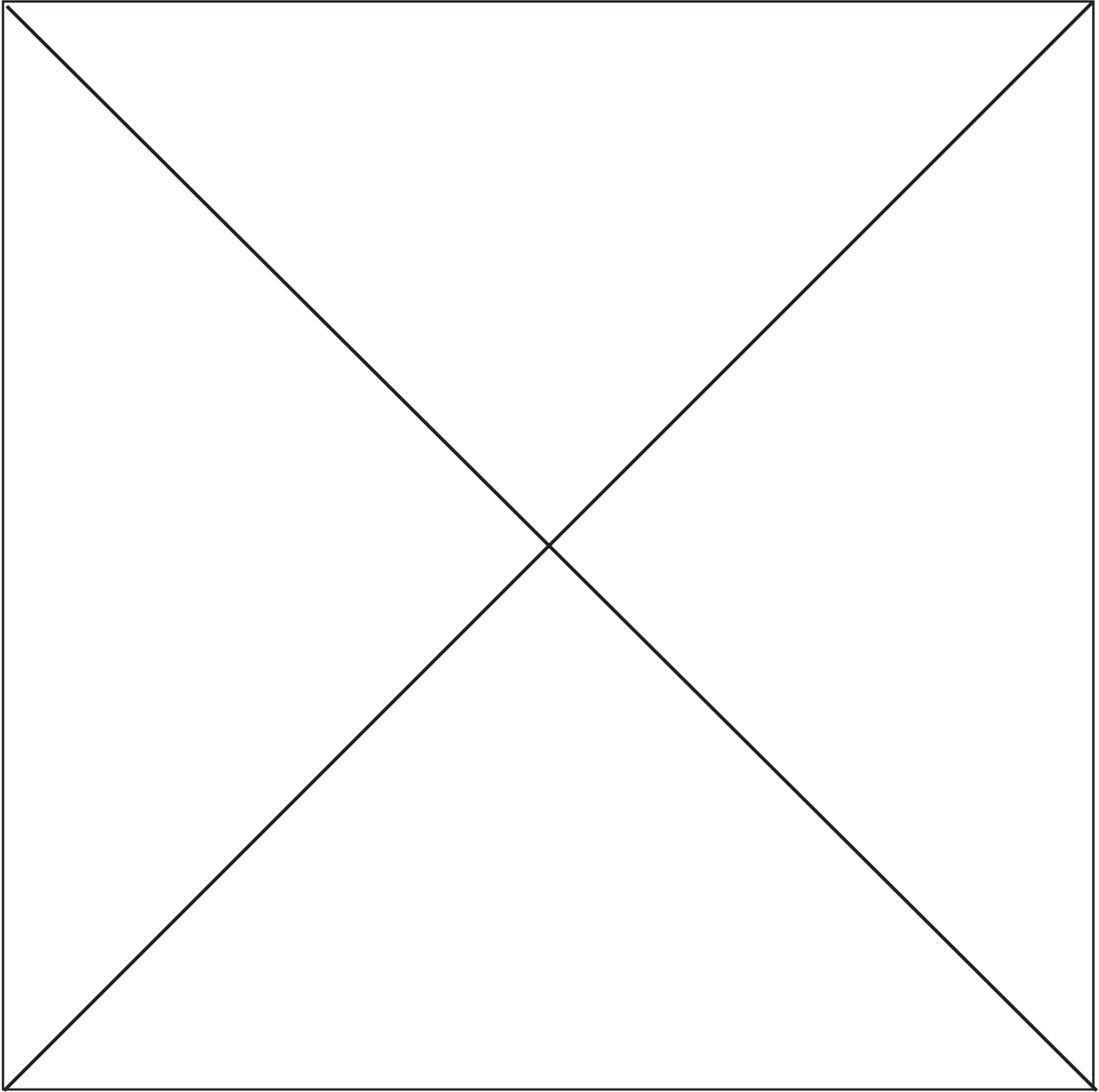
그림 7.5-3



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

가열접점열전대 감지기 및 분리관

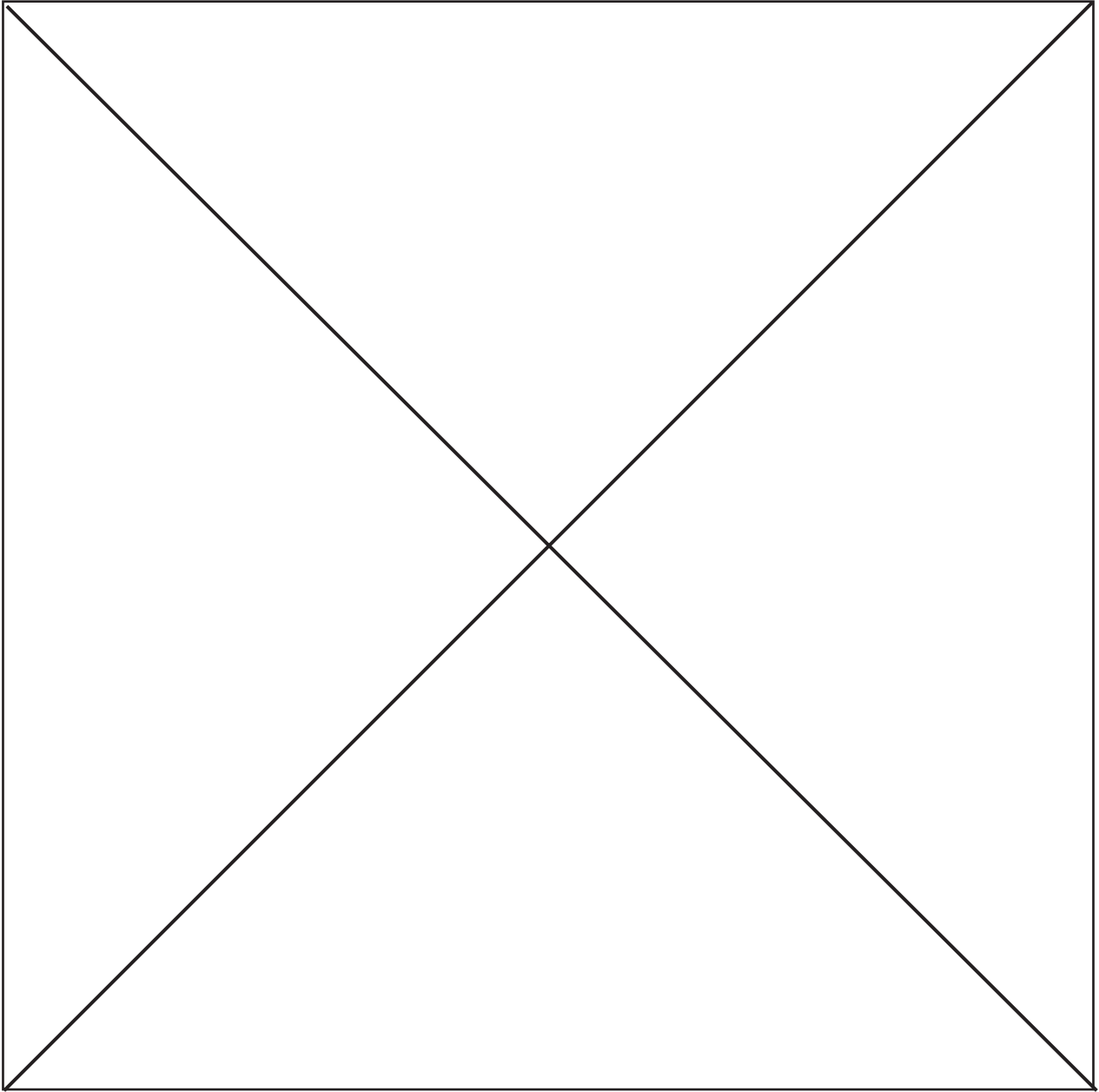
그림 7.5-4



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

노내계측기집합체 노심배치도

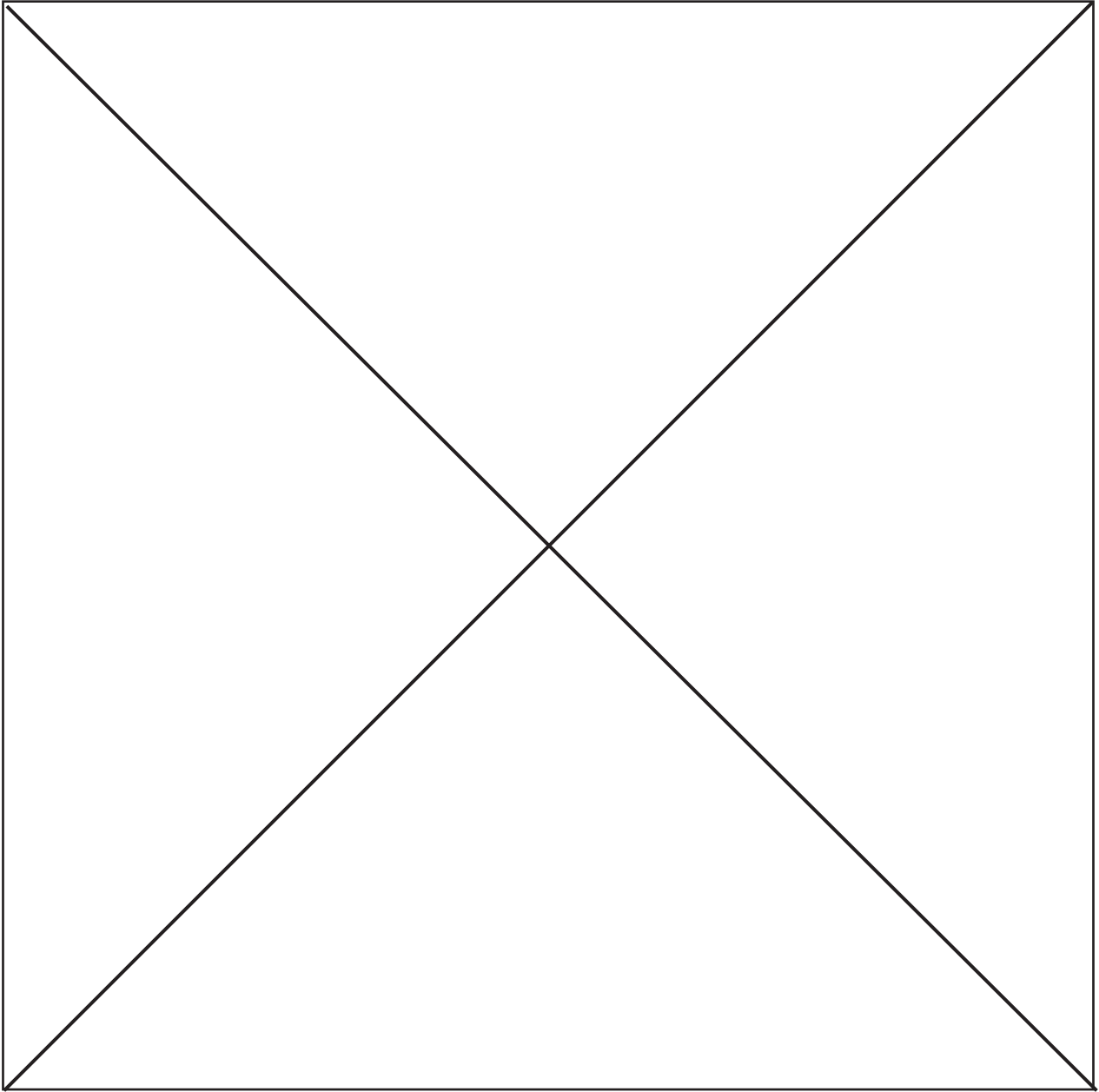
그림 7.5-5



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

가열집점열전대 전기선도

그림 7.5-6



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

주요변수지시 및 경보계통-P 블록선도

그림 7.5-7

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 7.6 안전에 필요한 기타계통

#### 7.6.1 개요

본 절에서는 정지냉각계통 흡입관 격리밸브 연동과 안전주입탱크 격리밸브 연동에 대해 설명한다. 정지냉각계통은 5.4.7절에서, 안전주입계통은 6.3절에서 기술된다.

정지냉각계통과 안전주입탱크의 연동은 허용연동으로 설계된다. 정지냉각계통 흡입관 격리밸브 연동은 일정 압력 이하에서 격리밸브가 개방될 수 있도록 허용한다. 안전주입탱크 격리밸브 연동은 저압에서 운전원이 안전주입탱크를 격리하는 것을 허용하도록 설계된다. 이렇게 함으로써 원자로냉각재계통이 감압될 때 안전주입탱크가 주어진 압력으로 유지될 수 있게 된다.

핵연료재장전 관련 연동사항은 9.1.4절에서 기술된다. 핵연료취급사고의 영향을 완화시키기 위한 계측기기는 9.1절 및 15.7.4절에서 기술된다.

정지냉각계통 흡입관 격리밸브 연동과 안전주입탱크 격리밸브 연동은 비상모션으로부터 전원을 공급받는다. 이것은 연동장치 및 밸브가 가정된 교류전원상실하에서도 운전 가능함을 보증한다.

#### 7.6.1.1 계통설명

##### 7.6.1.1.1 정지냉각계통 흡입관 격리밸브 연동

정지냉각계통은 원자로냉각재계통으로부터의 붕괴열을 제거하기 위해 사용되는 저온, 저압계통이다. 원자로냉각재계통의 냉각은 약 176.7 °C(350 °F) 및 31.64 kg/cm<sup>2</sup>A(450 psia)까지는 증기발생기를 통하여 수행된다. 이 설정치 이하에서는 정지냉각계통이 원자로냉각재계통을 상온정지온도까지 냉각시키고 이 조건을 장기간 유지시키는데 사용된다.

과압을 방지하기 위하여 각 흡입배관에는 다중의 전동기구동형 격리밸브들이 있다. 이들 격리밸브의 연동은 원자로냉각재계통 압력이 표 7.6-1의 설정치 이하로 떨어지지 않으면 정지냉각계통 흡입관 격리밸브가 열리는 것을 방지한다.

이들 연동에 사용된 원자로냉각재계통 압력 신호는 가압기 압력 안전채널에 의해 제공된다(이 논리는 그림 7.6-1 참조).

어떤 단일고장이 일어나더라도 원자로냉각재계통 압력조건이 만족된 후 운전원이 정지냉각을 개시하기 위하여 적어도 하나의 정지냉각계통 흡입관 격리밸브들을 조작할 수 있도록 설계되어 있다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

압력 과도현상으로 인한 과압방지 혹은 완화를 위해 흡입관에 다중의 방출밸브가 제공된다. 이들 과도현상은 부주의한 안전주입펌프나 충전펌프의 기동, 보조전열기의 작동, 혹은 이들의 조합에 의해 일어날 수 있다. 이 방출밸브들의 개방설정값은 계통이 설계제한치 이내에 있도록 설정된다.

### 7.6.1.1.2 안전주입탱크 격리밸브 연동

안전주입계통은 안전주입작동신호를 받아 원자로냉각재계통으로 붕산수를 주입하고(7.3절 참조), 사고 후 다른 계통들과 함께 장기노심냉각 기능을 제공한다. 안전주입탱크는 계통의 압력이 탱크의 내부압력 이하로 내려가면 붕산수를 주입한다. 정상운전 동안에 각 탱크의 전동기구동 격리밸브는 열린 상태로 두고 부주의한 작동의 가능성을 없애기 위해 전동기 회로로 연결되는 전원이 제거된다. 발전소정지 동안 원자로냉각재계통 압력이 감소됨에 따라 부주의한 안전주입을 방지하기 위해 가압기 저압 트립설정치는 감소하고, 안전주입탱크는 정지냉각계통 설계압력 이하의 값으로 감압되며 격리밸브들은 닫힌다.

안전주입탱크 허용연동은 냉각재상실사고시 사용하기 위해 요구되는 압력 이하에서 안전주입탱크 격리를 허용하기 위해 사용된다. 이 연동 논리는 그림 7.6-2에 제시되어 있다. 안전주입탱크 격리밸브들은 안전주입탱크가 대기압 이상의 어떤 압력으로 유지되는 동안 안전주입탱크가 정지냉각계통을 과압시키지 못하도록 원자로냉각재계통 압력이 표 7.6-1의 수치 이하로 내려갔을 때 수동으로 닫힌다. 원자로냉각재계통 압력이 증가함에 따라, 안전주입탱크 격리밸브는 표 7.6-1에 나타난 압력에서 자동으로 재개방된다. 안전주입탱크 격리밸브가 열린다는 것은 발전소기동 동안에 안전주입탱크로부터 주입이 가능함을 확인시켜 준다. 만약 안전주입탱크 격리밸브가 닫힌 상태에서 안전주입작동신호가 발생하면, 안전주입탱크 격리밸브들은 자동적으로 개방된다. 안전주입작동신호는 연동이나 어떤 수동 신호도 무시한다.

안전주입탱크와 관련된 경보가 있으며, 이 경보는 원자로냉각재계통 압력이  $49.2 \text{ kg/cm}^2$  (700 psig) 이상으로 증가되고 안전주입탱크가 재가압되어 있지 않으면 발생한다(6.3.2.2.2 절 참조). 이것은 안전주입탱크가 안전주입계통 해석(6.3.3절)에 명시된 원자로냉각재계통 압력에서 주입이 가능하다는 것을 보증한다.

### 7.6.1.1.3 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통 경보

주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통은 안전계통의 특정 자동동작이 요구되지 않는 제한된 수량의 운전관련 경보를 제공한다. 이들 계통은 각자 독립적으로 경보를 검사한다.

정보처리계통은 우선순위 1, 2 및 3 경보 정보를 제공하는 반면, 주요변수지시 및 경보계

통-N은 우선순위 1, 2 및 우선순위 1, 2로 상태가 악화될 수 있는 우선순위 3 정보를 제공한다.

발전소를 운영기술지침서의 제한치 내로 유지하고 기기 손상을 방지하기 위해 다음의 조건들에 대해 운전원에게 정보를 제공한다.

#### 7.6.1.1.3.1 원자로냉각재펌프 냉각수 공급 감시

과열 과압으로 인한 축 혹은 베어링 손상을 방지하기 위해 운전원이 충분한 시간을 가지고 펌프를 수동으로 정지시킬 수 있도록 원자로냉각재펌프의 냉각수 상실을 탐지하는 계측기가 제공된다. 각 펌프의 냉각수 유량률은 유량전송기에 의해 감시된다. 펌프 운전 전에 요구되는 최소유량 이하로 냉각수 유량률이 감소될 경우 해당 펌프에 유량 저 신호를 제공한다. 유량 저 신호는 각각 독립적으로 주요변수지시 및 경보계통-N 정보와 정보처리계통 정보를 주제어실에 제공한다. 정보를 위한 설정치는 운전원이 적절한 조치를 취할 수 있도록 충분한 여유도를 가지고 선정된다.

#### 7.6.1.1.3.2 안전주입탱크 압력 감시

안전등급 계측기기는 냉각재상실사고시 안전주입탱크가 봉산수의 노심 유입기능을 수행할 수 있도록 운전원에게 안전주입탱크의 동작불능을 알려주기 위해 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통에서 사용된다. 각 안전주입탱크의 압력은 독립적으로 감시된다. 각각의 안전주입탱크는 유효한 안전주입탱크 압력신호를 제공하기 위하여 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통을 거쳐 처리되는 세 개의 압력감지기를 가지고 있다. 원자로냉각재계통 압력은 가압기 압력감지기로 감지되며, 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통에서 지시된다.

안전주입탱크 압력이 봉산수의 노심 유입에 필요한 압력 이하로 감소되면, 해당 탱크의 저압력신호가 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통에서 지시되고, 주제어실에 안전주입탱크 1, 2, 3 또는 4의 정보를 제공한다. 이때 설정치는 안전주입탱크 저압력 정보를 위해 제공되며, 각 안전주입탱크 경보계통은 1/1 논리로서 이루어진다.

#### 7.6.1.1.3.3 정지냉각계통 압력 감시

정지냉각계통 운전중 압력 과도현상 발생시 이를 운전원에게 알려주는 경보가 제공된다. 과압 보호조치가 자동적으로 방출밸브에 의해 제공되기 때문에 이 보호기능을 위해 운전원이 조치해야 할 사항이 없으며, 따라서 경보는 안전등급으로 검증될 필요는 없다.

정지냉각계통 흡입관 방출밸브의 정렬(예를 들어 정지냉각계통 흡입관 격리밸브의 개방)은 저온과압보호 온도보다 낮은 온도에 대하여 원자로냉각재계통을 과압으로부터 보호하

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

도록 발전소 절차서에 명시되어 있다. 감시 요건에는 각 정지냉각계통 흡입관 방출밸브의 유로가 형성되도록 정지냉각계통 흡입관 격리밸브들이 열려 있는지를 확인하도록 기술되어 있다.

정지냉각계통 흡입관 격리밸브가 낮은 온도에서 운전되는 동안 완전히 열려있지 않을 경우 이를 운전원에게 알려주는 경보가 제공된다. 4개 밸브에 대한 제어, 주요변수 지시 및 경보 발생은 각각의 공학적안전설비 기기제어계통을 통해 제공된다. 그러므로 두 개의 정지냉각계통 흡입관 방출밸브 중 하나가 이러한 보호 기능을 수행하기에 충분한 용량을 제공하므로, 계통, 계기 및 제어장비에 대한 완전한 다중성 설계가 구현되어 있다.

다중화된 성공유로 중 하나가 정지냉각계통 흡입관 격리밸브 중 하나의 부분적인 닫힘으로 인해 영향을 받을 경우 이를 운전원에게 알려주는 부분 밸브닫힘을 알리는 경보가 제공된다. 앞서 언급한 행정적인 조치사항과 함께 운전원의 별도 조치 없이 완전한 유로형성이 가능하도록 되어있다. 또한 계통은 운전원의 조치 없이 하나의 정지냉각계통 흡입관 격리밸브가 부주의하게 닫히는 경우를 포함한 단일고장에 견딜 수 있으므로, 경보는 안전등급으로 검증될 필요는 없다.

### 7.6.1.1.4 화재방호 계측 및 탐지계통

화재 탐지, 경보 및 결과 완화를 위해 사용되는 계측기기는 9.5.1절에 기술된다.

### 7.6.1.2 설계기준

#### 7.6.1.2.1 정지냉각계통 흡입관 격리밸브 연동장치

정지냉각계통 흡입관 격리밸브 연동장치는 다음의 설계기준을 따른다.

- 가. 각 흡입관에는 원자로냉각재계통과 정지냉각계통을 격리하기 위하여 적어도 2개 밸브를 직렬로 설치한다.
- 나. 격리밸브들은 원자로냉각재계통 압력이 정지냉각계통 허용압력을 초과할 때 격리밸브가 개방되지 않도록 연동장치를 설치한다.
- 다. 연동장치는 단일고장기준을 만족해야 한다.
- 라. 연동장치는 단일고장 후에도 주제어실에서 상온정지를 할 수 있는 기능을 방해해서는 안된다.
- 마. 가압기 압력이 연동장치 기능을 제공하기 위한 입력으로 사용된다.

바. 가압기센서 노즐마다 물리적으로 독립/분리된 감지기들이 제공되어야 한다.

사. 연동장치는 원자로냉각재계통 압력이 허용될 경우 적어도 하나의 정지냉각재통 유로가 형성되도록 설계해야 한다.

#### 7.6.1.2.2 안전주입탱크 격리밸브 연동장치

안전주입탱크 격리밸브 연동장치는 안전주입계통과 일관성 있게 설계된다. 안전주입계통은 공학적안전설비이기 때문에 공학적안전설비 기준이 연동에 적용되는 다른 것들보다 우선한다. 일반적으로 연동장치는 6.3절에서 기술된 안전주입계통 기준에 부합한다. 안전주입탱크 격리밸브 연동장치는 다음의 기준을 만족한다.

가. 안전주입탱크는 원자로냉각재계통 압력이 기 설정된 설정치를 초과할 때 원자로냉각재계통으로부터 격리되어서는 안 된다. 연동장치는 원자로냉각재계통 압력이 기 설정된 설정치를 초과할 때 자동적으로 안전주입탱크 격리밸브를 개방할 수 있는 기능을 가져야 한다.

나. 가압기 압력은 필요한 기능을 위한 입력으로 사용된다.

다. 가압기 센서 노즐마다 물리적으로 독립/분리된 감지기들이 제공되어야 한다.

라. 운전절차서, 행정적인 관리, 연동장치는 원자로냉각재계통 압력이 기 설정된 설정치보다 높을 경우 안전주입탱크 격리밸브가 열린 상태로 있음을 보증해야 한다.

마. 계통압력이 설정치를 초과하면, 연동장치는 안전주입탱크 격리밸브를 개방한다. 추가적인 정보는 6.3.2.2.2절에 기술되어 있다.

#### 7.6.1.3 계통도면

연동장치, 격리밸브에 대한 기능적 제어논리도면은 그림 7.6-1 및 7.6-2에 나타나 있다. 상세한 공학적안전설비 기기제어계통의 설명은 7.3절에 기술되고, 주제어실 배치설계는 18장에 기술되어 있다.

### 7.6.2 분석

#### 7.6.2.1 설계기준

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 7.6.2.1.1 정지냉각계통 흡입관 격리밸브 연동장치

- 가. 정지냉각계통 흡입관 격리밸브의 연동장치는 2개의 트레인으로 다중성을 지닌다. A 트레인은 3개의 밸브를 가지고 있다. 두 개의 밸브는 하나의 압력 감지기로부터 연동신호를 받으며, 3번째 밸브는 다른 압력감지기로부터 연동신호를 받는다. B 트레인도 2개의 다른 압력감지기를 이용하는 3개의 밸브들로 구성된다. 각 밸브에 대한 경로는 다른 밸브들과 물리적으로 독립되고 분리되어 있다. 이러한 다중성, 다양성, 독립성이 있기 때문에 연동장치는 단일고장이 발생하더라도 양쪽 열교환기를 격리시킬 수 있거나 필요시 하나를 사용할 수 있도록 한다.
- 나. 연동장치와 밸브는 규칙 제12조, 제26조 및 일반설계기준 1과 21, 규제지침서 1.22 및 1.68, 그리고 KEPIC ENF-3100(해외구매 품목은 IEEE 338-1987) 및 KEPIC ENB-1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998)의 해당 부분에 따라서 시험될 수 있어야 한다.
- 다. 격리밸브와 연관되는 계측, 제어 및 전기 기기를 위한 전원, 신호 케이블, 케이블 트레이를 식별하는 방법은 7.3.2.3.2절에서 기술되어 있으며, 7.1.2.9절에서 기술되어 있듯이 규제지침서 1.75의 요건을 따른다.
- 라. 정지냉각계통 연동장치와 연관되는 계측, 제어 및 전기 기기는 3.10절 및 3.11절에서 기술된 요건에 맞게 요구되는 설계기준사고하에서 운전되도록 내진, 내환경 검증이 되어야 한다.

### 7.6.2.1.2 안전주입탱크 격리밸브 연동장치

안전주입계통은 공학적안전설비이기 때문에, 공학적안전설비와 관련되는 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 및 일반설계기준, 규제지침서 및 IEEE 요건이 관련 계측 및 제어에 대해 적용된다. 연동장치는 관련 요건에 부합하게 설계된다. 안전주입계통에 대한 설명은 6.3절, 공학적안전설비 작동계통에 대한 설명은 7.3절에 기술되어 있다.

### 7.6.2.1.3 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통 경보

주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통은 경보 알고리즘을 위해 검증된 변수값을 사용한다. 각 계통은 검증된 변수값을 각 계통 자체 내부에서 독립적으로 사용한다. 각 계통은 내부적으로 계산된 변수값에 기초하여 독립적으로 경보 정보를 발생시킨다. 이들 경보 계통 또는 입력에 대한 운전 우회는 없다. 각 채널에 대한 정보는 운전원에 의해 개별적으로 인식될 수 있다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 7.6.2.1.3.1 원자로냉각재펌프 냉각수 공급 감시

각각의 원자로냉각재펌프에 대하여 저 유량에 대한 시각적인 상태 정보로 냉각수 양을 감시하여 운전원이 각 펌프의 냉각수가 공급되는지를 결정하고, 이상이 있는 펌프를 보호할 수 있도록 30분 내에 적절한 조치를 취할 수 있는 충분한 정보가 제공된다.

### 7.6.2.1.3.2 안전주입탱크 압력 감시

안전주입탱크 저압력시 각각의 채널에 대한 유효한 시각적 상태정보를 이용하여 안전주입탱크 압력을 감시함으로써 운전원이 냉각재상실사고시 봉산수의 노심 유입기능을 위한 안전주입탱크 이용 여부를 결정하는데 필요한 정보를 제공한다.

### 7.6.2.1.3.3 정지냉각계통 압력 감시

정지냉각계통 운전중 압력과도현상이 발생될 경우를 대비하여 정지냉각계통 압력이 감시되어 운전원에게 필요한 유효한 시각적 상태정보가 제공된다.

## 7.6.2.2 기기설계기준

### 7.6.2.2.1 정지냉각계통 흡입관 격리밸브 연동장치

이 절에서는 오직 연동장치에 관해서만 설명한다. 밸브와 배관은 5.4.7절에서 기술된다. IEEE 603-1998에 의한 다음의 요건이 만족되도록 한다.

#### “5.1 단일고장기준”

한 채널의 상실을 유발하는 어떠한 단일고장도 하나의 정지냉각계통 흡입관에 연속적으로 설치되어 있는 모든 격리밸브가 개방되는 결과를 초래해서는 안 된다. 2개의 특정한 연동채널(하나의 정지냉각계통 흡입관에 대해 2부분)의 상실 및 절차의 위반이 있어야만 3개의 모든 격리밸브가 열린다.

#### “5.2 & 7.3 보호동작의 완료”

이 요건은 적용되지 않는다.

#### “5.3 품질관리”

이들 연동장치의 감지기는 보호계통 감지기에 부과되는 것과 동일한 품질요건을 만족한다.

#### “5.4 기기 검증”

예상되는 환경 조건 동안에 계측기가 작동되는 것을 보증하기 위해 7.1.2.4절에 기술된 것과 같이 검증이 수행된다.

#### “5.5 계통 건전성”

연동장치는 사고환경 동안에 기능적인 수행능력을 유지하도록 설계된다. 하나의 연동장치 고장은 정지냉각계통의 한 루프를 열거나 양쪽 루프를 모두 닫는 것을 방해하지 않는다.

#### “5.6 독립성”

압력전송기는 서로 다른 가압기 노즐에 위치한다. 채널은 분리되어 있다.

#### “5.7 & 6.5 시험 및 교정 능력”

정지냉각계통 흡입관 격리밸브 연동장치를 완전하게 시험할 수 있다. 시험은 밸브 검사와 연관되어 수행될 것이다. 내장된 공학적안전설비작동계통 시험회로를 사용한 이 시험은 연동논리회로, 밸브 제어회로 및 각 밸브 작동시험을 포함한다. 이러한 시험은 공학적안전설비 회로에서 요구되는 시험과 동일하다. 시험 회로의 간략한 선도는 그림 7.6-3에 있다.

시험은 일련의 각 밸브에 대해 순차적으로 수행된다. 제어스위치를 열린 위치로 유지하면서 밸브가 열리기 시작할 때까지 감소된 압력상태를 모의하는 시험신호를 주입한다. 수동으로 밸브를 다시 닫고, 증가되는 압력 조건을 모의한 다음 핸드스위치가 열림 위치로 놓았을 때 밸브가 열리지 않는다는 것을 관찰한다.

#### “5.8 정보 표시”

정보표시는 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통에 개별적으로 표시되며, 채널 비교를 통한 유효한 압력정보가 별도로 지시된다. 각 밸브 개도에 대한 위치지시계가 제공된다.

#### “5.9 접근 통제”

접근방법은 행정절차에 의해 통제된다.

“5.10 정비”

기기들은 정비를 하기 위해 접근할 수 있어야 한다. 정지냉각계통 격리기능을 방해하지 않고 보수를 위해 한 채널이 가동 중지될 수 있다.

“5.11 식별”

정지냉각계통 연동장치와 관련된 계기 및 케이블들의 식별방법을 동일하게 해서는 안된다. 안전성관련 기기의 다중 채널들이 서로 구별되도록 그 채널들은 식별되어야 한다(7.3.2.3.2절 참조).

“5.12 보조 설비”

이 요건은 적용되지 않는다.

“5.13 복수호기 발전소”

이 요건은 적용되지 않는다.

“5.14 인간공학적 고려사항”

정지냉각계통 흡입관 격리밸브 연동장치는 운전원 및 보수요원이 여러 가지 상황에서 성공적으로 할당된 기능을 수행할 수 있도록 설계된다(18장 참조).

“5.15 신뢰도”

연동장치는 사고환경 동안에도 운전이 될 수 있도록 설계된다.

“5.16 공통원인고장 기준”

이들 연동장치에는 계측기를 위한 다양성 요건이 제공된다.

“6.1 & 7.1 자동 제어”

이 요건은 적용되지 않는다.

“6.2 & 7.2 수동 제어”

원자로냉각재계통 압력이 표 7.6-1에 기술된 설정치 이하가 될 때 수동 제어가 허용된다.

### “6.3 감지 및 명령설비와 타 계통 간의 상호작용”

이 요건은 적용되지 않는다.

### “6.4 계통 입력신호의 유도”

가압기 압력이 감지 변수이다.

### “6.6, 6.7, 7.4 & 7.5 운전중 우회 및 보수중 우회”

시험을 위해 한 채널을 제거하더라도 계통의 신뢰도는 저하되지 않는다. 시험을 위한 운전정지 동안에 남아있는 채널들 중 하나가 고장 나더라도 밸브 위치가 감시되고 경보 및 행정적인 관리는 운전원에 의한 부주의한 밸브의 개방을 효과적으로 예방하기 때문에 수용 불가능한 상황을 일으키지 않는다.

또한, 출력운전중의 밸브 열림은 주요변수지시 및 정보계통과 정보처리계통의 저온과압보호경보논리에도 포함된다.

### “6.8 설정치”

이 요건은 적용되지 않는다.

2

#### 7.6.2.2.2 안전주입탱크 격리밸브 연동장치

이 절에서는 오직 연동장치에 관해서만 설명한다. 안전주입계통 및 설계요건은 6.3절에 기술되어 있다. IEEE 603-1998에 의한 다음의 요건이 만족되도록 한다.

#### “5.1 단일고장기준”

운전압력에서는 밸브 전동기 회로차단기가 빠져 있기 때문에 하나의 연동장치 채널 상실로 인해 밸브가 닫히지는 않는다. 저압에서는 연동장치가 고장 나서 안전주입탱크로 인해 원자로냉각재계통이 가압되더라도 정지냉각계통은 안전주입탱크가 연동장치 고장으로 인하여 문제가 발생하는 것을 방지하기 위하여 정지냉각이 개시되기 전에 수용할 수 있는 값으로 감압되기 때문에 보호된다.

#### “5.2 & 7.3 보호동작의 완료”

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

이 요건은 적용되지 않는다.

### “5.3 품질관리”

이들 연동장치의 감지기는 보호계통 감지기에 부과되는 것과 동일한 품질 요건을 만족한다.

### “5.4 기기 검증”

예상되는 환경조건 동안에 계측기가 작동되는 것을 보증하기 위한 검증이 수행된다.

### “5.5 계통 건전성”

연동장치는 사고환경 동안에 기능적인 수행능력을 유지하도록 설계된다. 사고환경 동안 연동장치의 고장으로 인해 안전주입을 방해해서는 안 된다.

### “5.6 독립성”

압력전송기는 분리된 다른 가압기 노즐에 위치한다. 채널 간의 분리는 유지된다.

### “5.7 & 6.5 시험 및 교정 능력”

안전주입탱크 격리밸브 연동장치를 완전하게 시험할 수 있다. 시험은 밸브 검사와 연관되어 수행될 것이다. 내장된 공학적안전설비작동계통 시험회로를 사용한 이 시험은 연동논리회로 밸브 제어회로 및 각 밸브 작동시험을 포함한다. 시험회로의 간략한 선도는 그림 7.6-3에 있다.

시험은 일련의 각 밸브에 대해 순차적으로 수행된다. 제어스위치를 닫힘 위치로 유지하면서 밸브가 닫히기 시작할 때 감소된 압력상태를 모의하는 시험신호를 주입한다. 연동장치 회로가 밸브를 완전히 열림상태로 되게 하는 순간까지 증가되는 압력신호를 모의한다. 이 절차는 밸브에 대한 안전주입작동신호의 경우에도 반복해서 수행한다.

### “5.8 정보 표시”

각 안전주입탱크 압력은 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통에 개별적으로 표시되며, 채널 비교를 통한 유효한 압력 정보가 별도로 지시된다.

### “5.9 접근방법의 통제”

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

접근방법은 행정절차에 의해 통제된다.

### “5.10 정비”

기기들은 정비를 하기 위해 접근할 수 있어야 한다. 안전주입탱크의 기능을 방해하지 않고 한 채널이 가동 중지될 수 있어야 한다.

### “5.11 식별”

안전주입탱크 격리밸브 연동장치와 관련된 계기 및 케이블들의 식별방법을 동일하게 해서는 안 된다. 안전성관련 기기의 채널들과 서로 구별되도록 그 채널들은 식별되어야 한다(7.3.2.3.2절 참조).

### “5.12 보조 설비”

이 요건은 적용되지 않는다.

### “5.13 복수호기 발전소”

이 요건은 적용되지 않는다.

### “5.14 인간공학적 고려사항”

안전주입탱크 격리밸브 연동장치는 운전원 및 보수요원이 여러 가지 상황에서 성공적으로 할당된 기능을 수행할 수 있도록 설계된다(18장 참조).

### “5.15 신뢰도”

연동장치는 사고환경 동안에도 운전이 될 수 있도록 설계된다.

### “5.16 공통원인고장 기준”

이 요건은 적용되지 않는다.

### “6.1 & 7.1 자동 제어”

안전주입탱크 연동장치는 원자로냉각재계통 압력이 표 7.6-1의 설정치를 초과하면 자동으로 밸브를 개방한다.

“6.2 & 7.2 수동 제어”

원자로냉각재계통 압력이 표 7.6-1에 기술된 설정치 이하가 되면 운전원에 의해 밸브들은 닫힌다.

“6.3 감지 및 명령설비와 타 계통 간의 상호작용”

원자로냉각재계통 압력이 표 7.6-1에 기술된 설정치보다 높을 때 및 안전주입작동신호 발생시 자동적으로 밸브들은 열린다.

“6.4 계통 입력신호의 유도”

가압기 압력이 감지 변수이다.

“6.6, 6.7, 7.4 & 7.5 운전중 우회 및 보수중 우회”

시험을 위해 한 채널을 제거하더라도 계통의 신뢰도는 저하되지 않는다. 시험을 위한 운전정지 동안에 남아있는 채널들 중 하나가 고장 나더라도 밸브 위치가 감시되고 경보 및 회로차단기 등에 대한 행정적인 관리로 인해 운전원에 의한 부주의한 밸브의 닫힘이 예방되기 때문에 수용 불가능한 상황을 일으키지 않는다.

“6.8 설정치”

이 요건은 적용되지 않는다.

7.6.2.3 화재방호 계측 및 탐지계통

화재방호계통에 대한 분석은 9.5.1절에 기술된다.

표 7.6-1

정지냉각계통 및 안전주입탱크의 연동장치

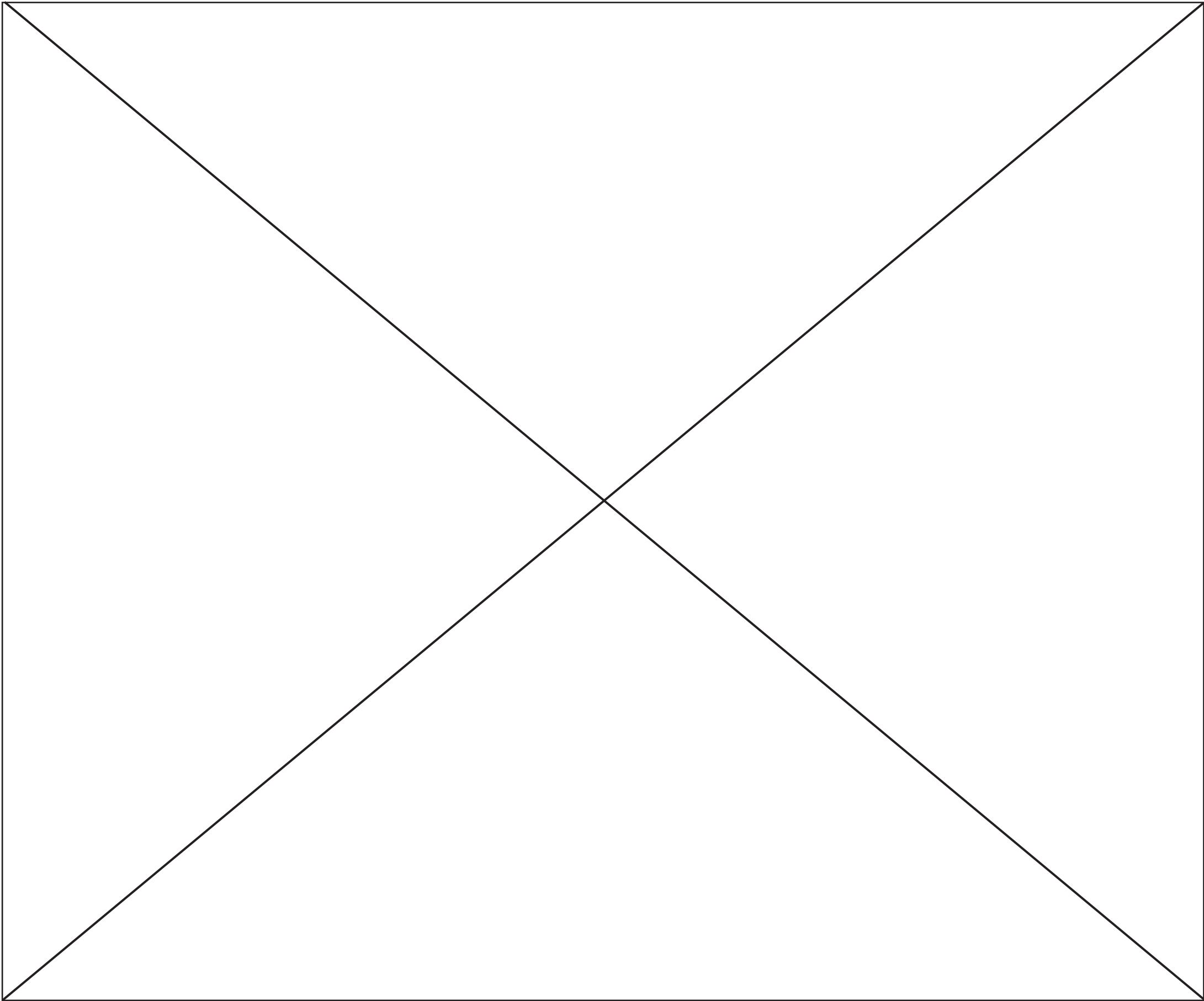
계통	설정치	기능
<u>정지냉각계통</u>		
흡입관 격리밸브 (441-V-651, 441-V-652, 441-V-653, 441-V-654, 441-V-655, 441-V-656)	$\leq 31.6 \text{ kg/cm}^2\text{A}(450 \text{ psia})^1)$	밸브가 운전원에 의해 개방되는 것을 허용
흡입관 방출밸브 (441-V-179, 441-V-189)	$\geq 37.3 \text{ kg/cm}^2(530 \text{ psig})$	원자로냉각재계통의 저온과압보호 및 정지냉각계통의 과압 방지 또는 완화
<u>안전주입탱크</u>		
격리밸브 (441-V-614, 441-V-624, 441-V-634, 441-V-644)	$> 42.2 \text{ kg/cm}^2\text{A}(600 \text{ psia})^2)$	밸브는 자동으로 개방됨
	$\leq 33.4 \text{ kg/cm}^2\text{A}(475 \text{ psia})$	밸브가 운전원에 의해 닫히는 것을 허용
	안전주입작동 신호	밸브가 닫혀 있으면 자동으로 개방하고, 밸브가 닫힘신호를 무시하고 열려있으면 열림신호만을 전송

2

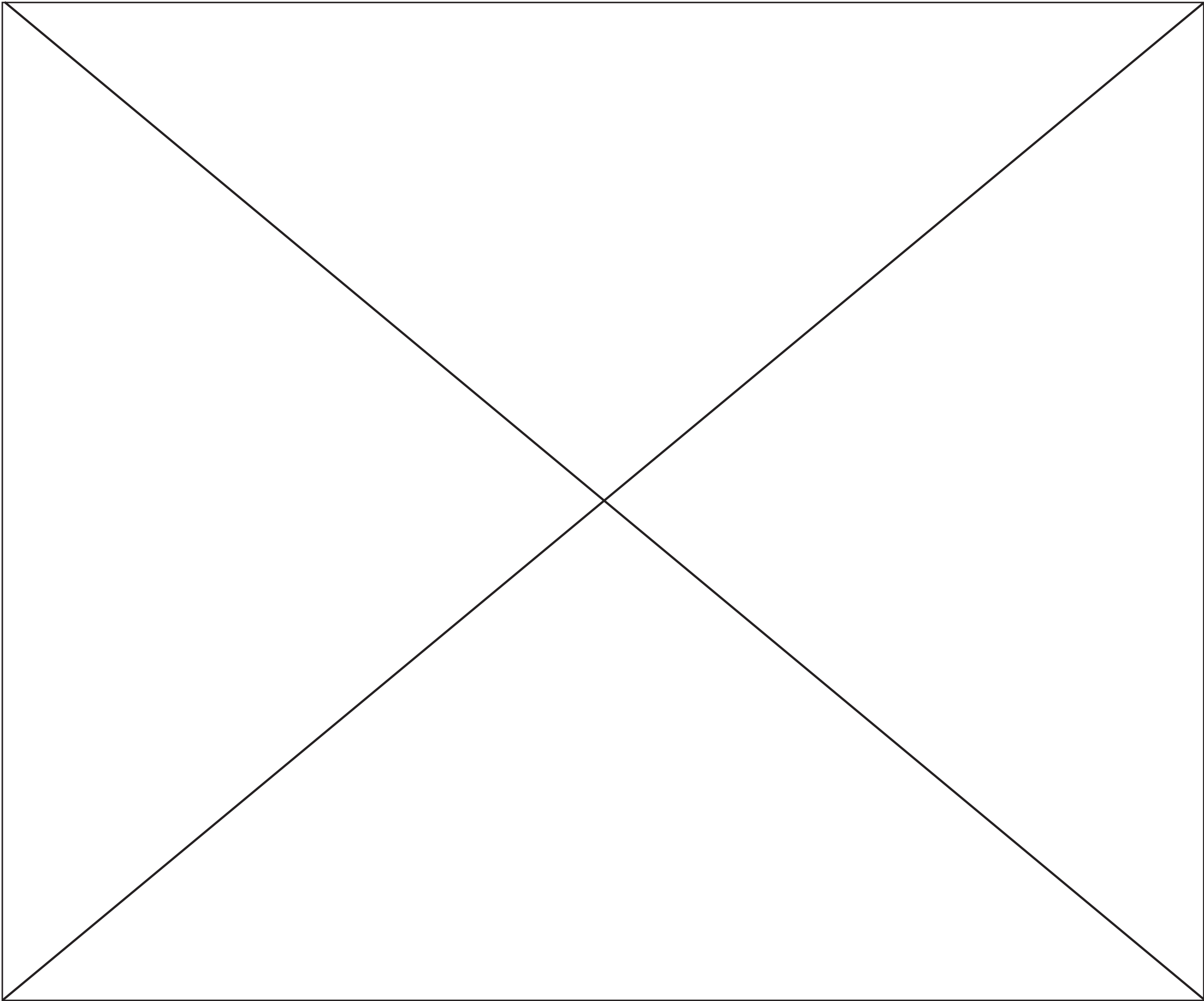
2


1) 연동장치의 설정치는 흡입관 밸브의 개방시 정지냉각계통 흡입관 방출밸브 (441-V-179, 441-V-189)의 설정 압력을 초과하지 않도록 설정되어 있다(5.4.7.2절 참조).

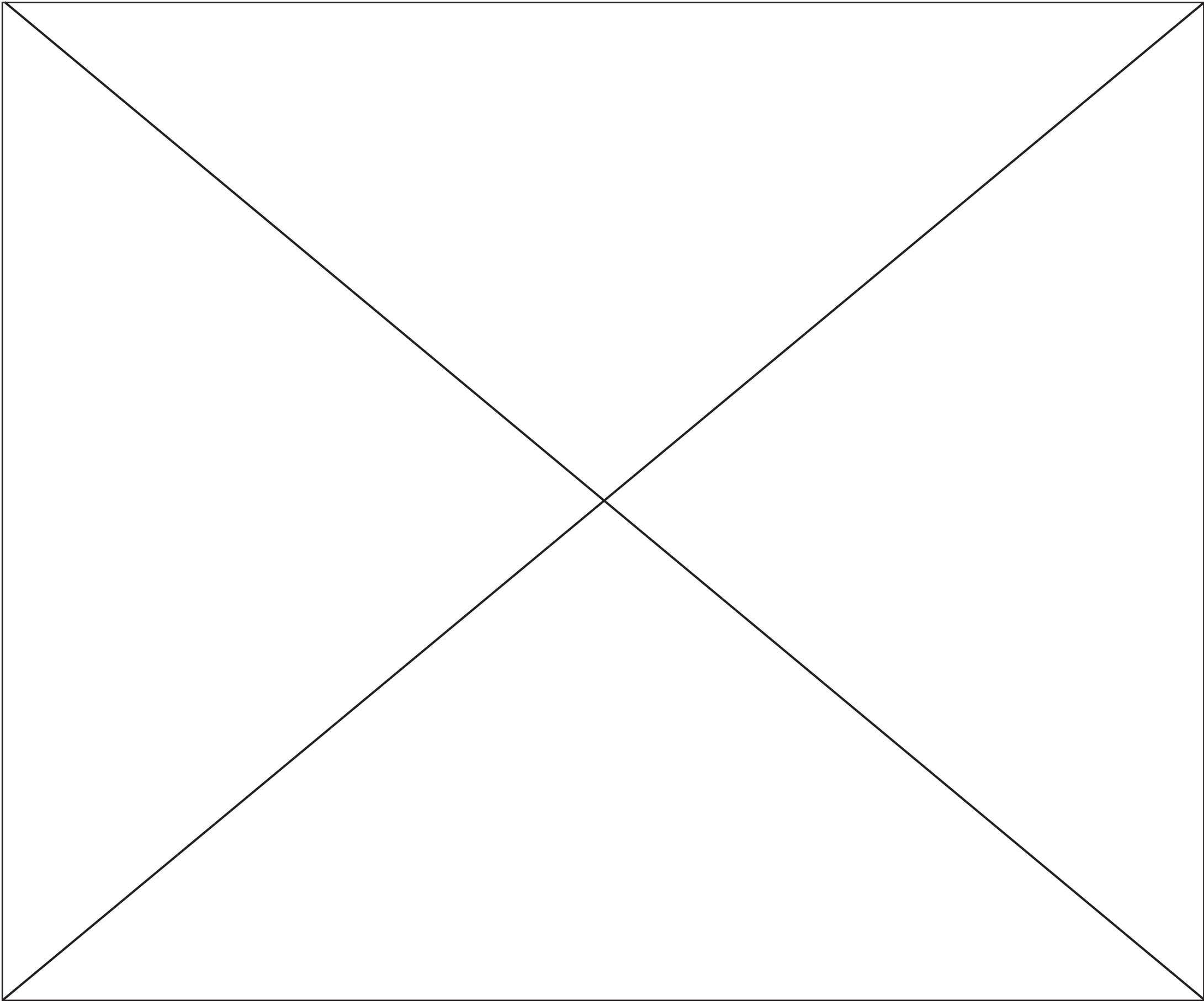
2) 6.3.2.2.2절 참조



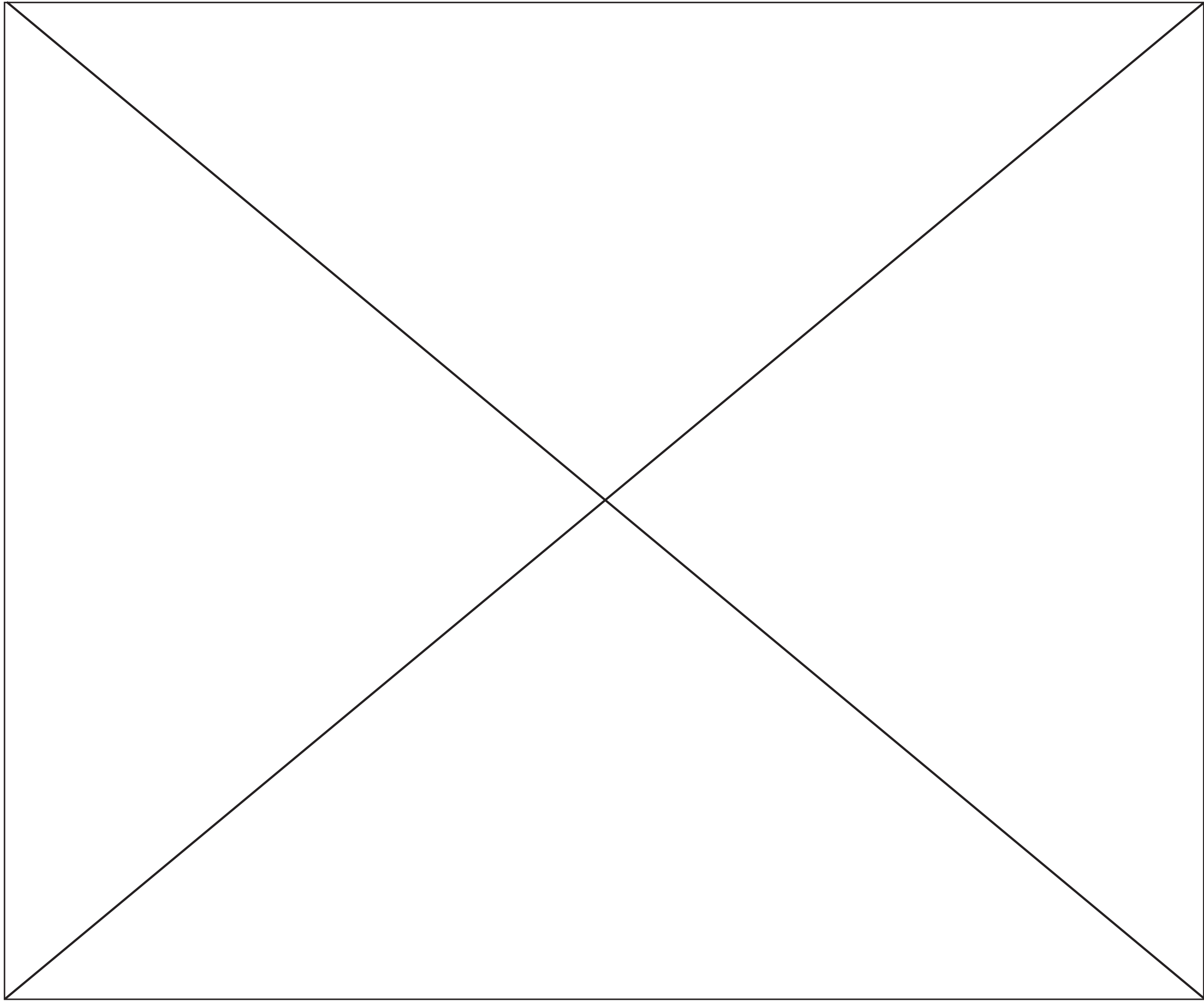
	<p>한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서</p>
<p>정지냉각계통 기능 논리선도</p>	
<p>그림 7.6-1(3 중 1)</p>	



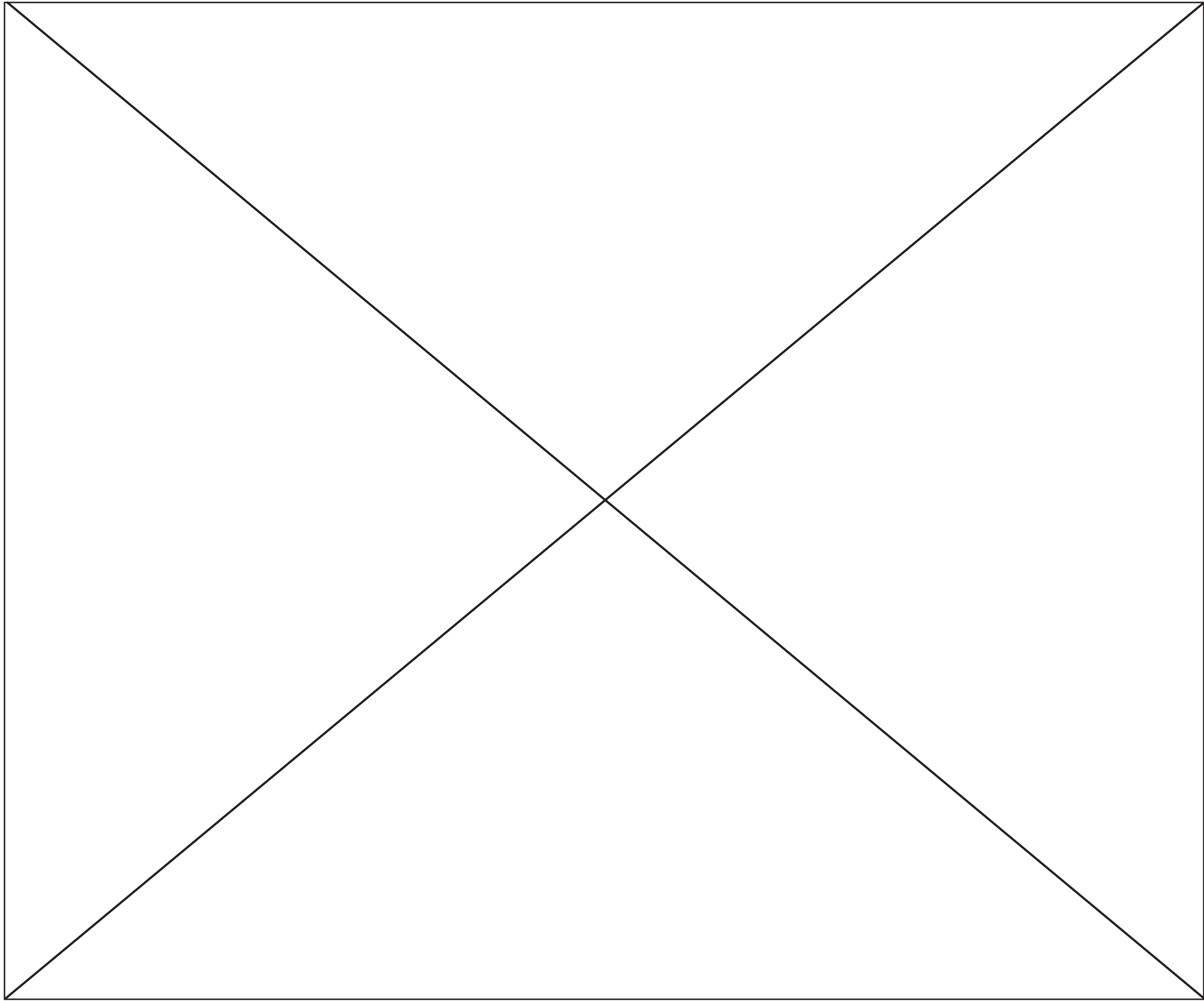
	한국수력원자력주식회사
	신한울 1,2호기
	최종안전성분석보고서
정지냉각계통 기능 논리선도	
그림 7.6-1(3 중 2)	



	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
정지냉각계통 기능 논리선도	
그림 7.6-1(3 중 3)	



	<p>한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서</p>
<p>안전주입계통 기능 논리선도</p> <p>그림 7.6-2</p>	



	<p>한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서</p>
<p>안전관련 연동시험 회로도</p> <p>그림 7.6-3</p>	

### 7.7 안전에 요구되지 않는 계통

#### 7.7.1 개요

이 절에서는 발전소의 안전에 요구되지 않는 발전소 정보, 감시 및 제어계통에 대하여 기술한다. 안전성관련 계측 및 제어설비는 7.2절부터 7.6절까지 기술되어 있다.

제어 및 감시계통에 적용되는 규제지침서 및 기술표준서의 요건과, 또한 요구되는 신뢰성 및 성능 특성을 만족하기 위한 각각의 제어 및 감시계통의 기능이 분석된다.

1E급 안전계통과 연계되어 있는 비 1E급의 제어 및 감시계통은 예상되는 고장이 1E급 안전계통의 동작에 영향을 미치지 않도록 설계된다. 이러한 계통 간의 연계에는 채널 간의 전기적인 독립성을 유지하기 위하여 격리장치를 사용한다. 격리장치는 1E급 요건을 만족하도록 검증된다.

일반적으로 핵증기공급계통의 제어계통은 발전소 안전계통에서 사용되는 전송기 및 신호처리장치와는 분리된 전용의 전송기 및 신호처리장치를 사용한다.

안전성관련 장치가 제어 그리고/또는 감시계통에 변수를 제공하는 곳에는 안전계통과 제어 및 감시계통 사이에 신호격리가 적용된다.

주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통은 격리와 신호검증을 수행하기 위하여 검증된 광케이블 통신망을 통해 비 1E급 계통 및 1E급 계통으로부터 자료를 전송받는다.

주제어실과 원격정지실은 각각의 비 1E급 제어채널과 1E급 안전채널을 위한 인간-기계 연계장치를 지원하도록 설계된다. 저에너지 회로가 사용되며 제어반에 장착된 모든 제어 및 감시장치는 한 채널에서 발생한 전기적인 고장이 다른 채널에 영향을 미치지 않도록 격리된다. 제어반은 구조적인 건전성을 유지하도록 설계되어 지진사고의 결과로 인한 제어실 비산물 재해는 발생하지 않는다.

##### 7.7.1.1 제어계통

발전소의 안전에 요구되지 않는 제어계통으로는 출력제어계통 및 공정 기기제어계통이 있다. 출력제어계통은 원자로출력제어계통, 디지털제어봉제어계통, 원자로출력급감발계통을 포함하며 공정기기제어계통은 핵증기공급계통공정제어계통 및 보조설비계통으로 구성된다. 핵증기공급계통공정제어계통은 급수제어계통, 증기우회제어계통, 가압기압력제어계통, 가압기수위제어계통, 붕소회석경보계통을 포함한다. 이러한 계통들은 디지털기반의 처리기기를 이용한다. 디지털컴퓨터에 기반을 둔 제어계통의 소프트웨어와 자료에 물리적으로나 전자적으로 접근하는 것은 허가된 인원만 가능하도록 되어 있다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

아래 내용은 원자로와 중요한 부계통의 제어방법에 대하여 기술한다(다양성계측제어계통에 대하여는 7.8절 참조).

핵증기공급계통의 반응도궤환은 원자로출력을 전체 핵증기공급계통의 부하와 일치시키는 고유특성을 갖도록 설계된다. 원자로출력이 전체 핵증기공급계통의 부하와 일치되는 과정에서 원자로냉각재온도는 하나의 제어변수가 되어 제어봉집합체의 위치변화 및 1차계통의 원자로냉각재 봉산농도 변화를 통한 전체 반응도 변화에 의해 제어된다.

핵증기공급계통의 터빈부하추종 능력은 핵증기공급계통이 정상운전범위 내에서 운전하는데 필요한 반응도, 급수유량, 터빈우회증기유량, 원자로냉각재 재고량 및 가압기의 에너지 양을 제어하는 제어계통이나 운전원의 능력에 좌우된다.

제논상태에 따라 제한되는 것을 제외하고는 다음에 설명된 주요 제어계통은 설계부하변동을 자동적으로 추종할 수 있는 능력을 갖고 있다. 부가적으로 이들 자동제어계통은 모든 크기의 부하감발을 수용할 수 있는 능력을 갖고 있다.

### 7.7.1.1.1 반응도제어계통

원자로반응도는 빠른 반응도 변화에 대해서는 제어봉집합체를 조절함으로써 제어되고 느린 반응도 변화에 대해서는 봉산농도를 조절함으로써 제어된다. 봉산은 핵연료연소 및 핵분열생성물의 농도변화와 같은 장기적인 반응도 변화를 보상하기 위하여 사용되지만, 경우에 따라서는 부하추종을 위하여 사용될 수도 있다. 장기적인 반응도 변화는 서서히 일어나기 때문에 운전원이 봉산농도를 제어하기가 용이하다. 제어봉집합체는 제한운전영역 내에서 봉산농도가 변화될 때 원자로출력 및 프로그램된 원자로냉각재온도를 유지하기 위하여 수동 또는 자동으로 제어된다.

출력제어계통은 원자로 출력을 제어하기 위하여 설계되는 제어계통들, 즉 원자로출력제어계통, 디지털제어봉제어계통 및 원자로출력급감발계통 등을 포함하며 통합시킨다.

원자로출력제어계통은 설정된 제한치 내에서 터빈부하변동을 추종하기 위하여 원자로냉각재온도 및 원자로출력을 자동으로 조절하기 위하여 사용된다. 원자로출력제어계통은 부하의 선형함수인 터빈부하지수신호 및 원자로냉각재온도신호를 받는다(그림 7.7-1 참조). 터빈부하지수신호는 요구되는 원자로냉각재 평균온도를 계산하는 기준온도( $T_{REF}$ ) 프로그램으로 입력된다. 원자로출력제어계통은 고온관 및 저온관 온도를 평균하여 원자로냉각재 평균온도( $T_{AVG}$ )를 계산하고, 원자로냉각재 평균온도에서 기준온도를 빼서 온도편차신호(원자로냉각재 평균온도-기준온도)를 만든다. 생성된 온도편차신호는 출력영역노외증성자속신호에서 터빈부하지수신호를 뺀 값으로 보상된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

계산결과의 편차신호는 제어봉집합체가 고속 혹은 저속으로 움직여야 할지를 결정하는 제어봉집합체 속도프로그램 및 제어봉집합체가 인출, 삽입 혹은 정지되어야 하는지를 결정하는 제어봉집합체 방향프로그램에 전달된다. 프로그램들의 계산결과는 디지털제어봉 제어계통에서 사용된다.

만약 온도편차신호가 크면, 즉 원자로냉각재 평균온도가 기준온도보다 설정치 이상으로 높으면, 자동인출금지(AWP)신호가 발생된다. 제어봉집합체의 인출은 원자로냉각재 평균 온도를 증가시키므로 인출금지는 편차신호의 증가를 방지한다.

디지털제어봉제어계통은 원자로출력제어계통으로부터 제어봉집합체 자동동작요구신호 또는 디지털제어봉제어계통의 소프트웨어화면으로부터 수동동작요구신호를 받아 직류펄스 신호로 변환시켜서 제어봉집합체를 작동시키는 제어봉구동장치코일에 전달한다.

증기우회제어계통(SBCS)은 터빈부하지수신호가 ■■■ 이하일 때 원자로출력준위가 미리 설정된 출력준위[자동동작금지(AMI) 설정치] 이하로 떨어질 경우, 디지털제어봉제어계통으로 자동동작금지 신호를 보낸다. 자동동작금지 신호의 주요 목적은 터빈정지로 인한 부하감발 및 일시적인 고장으로 인한 소내부하운전까지의 부하감발 후에 자동적으로 원자로출력을 높게 유지함으로써 고장이 수리된 후 발전소가 빨리 출력을 낼 수 있도록 하는 것이다. 또한 원자로출력이 ■■■ 이하일 때도 디지털제어봉제어계통에 자동동작금지 신호를 보낸다.

원자로보호계통 또는 다양성보호계통에 의해 개시된 원자로정지는 디지털제어봉제어계통의 구동전원을 차단함으로써 모든 제어봉집합체가 동시에 중력에 의해 노심 속으로 낙하되게 한다(그림 7.7-2 참조).

제어봉집합체의 제어에는 다섯 가지의 서로 다른 모드가 있다. 즉, 수동순차동작, 자동순차동작, 수동그룹동작, 제어봉집합체 수동개별동작 및 대기모드이다. 수동순차 및 자동순차 동작 모드에서는 한 조절제어봉 그룹 내에서 먼저 동작을 시작한 그룹이 미리 정해진 위치(저 또는 고)에 도달하면 다음 그룹이 동작(삽입 또는 인출)을 시작함으로써 그룹 간의 동작이 중첩되도록 한다. 그룹의 동작은 그 위치가 하부 또는 상부 제한치에 도달할 때 멈춘다. 이러한 방식이 모든 조절제어봉그룹에 순서대로 적용되면 완만한 연속적인 반응도 변화를 얻을 수 있다. 디지털제어봉제어계통의 그룹순차 논리는 선행그룹이 기설정된 제한치에 먼저 도달한 후에 다음 그룹의 동작이 허용되도록 요구한다. 디지털제어봉제어계통과 정보처리계통은 순차동작이 적절한지를 감시하며 순차동작 위반시 경보를 발생시킨다.

디지털제어봉제어계통은 또한 모든 제어봉에 대한 제어봉제어제한치를 포함한다. 이들 제한치는 상부그룹정지 및 하부그룹정지 제한치를 포함한다. 제어봉이 이동 제한치에 도달하는 순간 제어봉 동작을 중단시키기 위해 제어제한치가 자동적으로 제공된다.

정지 제어봉집합체는 수동제어모드인 수동그룹동작 혹은 수동개별동작 모드에서만 동작시킬 수 있다. 디지털제어봉제어시스템의 소프트웨어화면은 한 번에 하나의 정지 제어봉그룹의 동작만을 허용한다.

부분강 제어봉집합체는 보통 수동개별동작 혹은 수동그룹동작 모드에서 수동으로 움직일 수 있다.

발전소 시운전, 정지기간 및 ■■■ 이하의 원자로 출력에서 조절제어봉집합체는 수동으로 제어된다. 원자로출력제어시스템에 의한 조절제어봉집합체의 자동제어는 원자로 출력 ■■■ 이상에서만 운전원에 의해 선택될 수 있다. 수동제어는 항상 자동제어에 우선하여 사용될 수 있다.

디지털제어봉제어시스템은 제어봉구동장치가 제어봉을 언제 인출하고 삽입할 지를 결정하기 위하여 각 제어봉구동장치 내의 기계적인 움직임을 전기적으로 감시하여 각 제어봉 위치를 추정하기 위한 펄스계산을 포함한다. 각 제어봉집합체와 연관된 펄스계수식 제어봉위치신호는(리드스위치 전송기함 내에 있는) 제어봉 낙하접점이 닫힐 때는 언제나 영으로 리셋 된다. 그러므로 원자로정지가 일어나거나 제어봉집합체가 노심 속으로 떨어질 때마다 제어봉의 위치는 자동으로 영으로 리셋 된다. 제어봉 위치 정보는 제어실의 운전원화면에 제어봉 그룹의 위치정보 및 개별제어봉의 위치정보로 표시된다.

디지털제어봉제어시스템은 펄스계수논리에 의해 계산된 각 제어봉의 위치정보를 정보처리계통으로 제공하여 제어봉 감시화면 및 경보 그리고 노심운전제한치감시계통(COLSS)에 사용될 수 있도록 한다(7.7.1.7.5.1절 참조).

디지털제어봉제어시스템은 발전소보호계통으로부터 제어봉인출금지 신호를 받는다. 이 신호는 모든 제어봉의 인출동작을 정지시키며, 제어실의 디지털제어봉제어시스템 소프트웨어화면에서 운전원에 의해서 우회될 수 있다.

제어봉인출금지 신호는 격리성 및 독립성을 위해서 출력제어시스템의 격리캐비닛에서 격리를 통하여 보호계통에 연계된다.

원자로출력제어계통과 디지털제어봉제어계통은 출력제어계통의 부계통으로서 구현된다.

반응도제어계통에 대한 계통요구사항, 점검요구사항, 점검 주기 및 적용모드는 표 7.7-7을 적용한다.

#### 7.7.1.1.2 가압기압력 및 수위제어계통

##### 7.7.1.1.2.1 가압기압력제어계통

가압기압력제어계통은 가압기전열기 및 살수밸브를 사용하여 원자로냉각재계통 압력을

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

설정치 내로 유지시킨다. 가압기는 냉각재의 밀도변화에 의한 압력변화를 최소화시키기 위하여 물/증기 완충공간을 제공한다. 가압기는 5.4.10절에 설명된다.

가압기압력편차신호는 가압기 압력신호와 압력설정치를 비교하여 생성되고, 비례전열기를 제어하기 위해 비례적분제어기에 사용된다(그림 7.7-3 참조). 전열기는 요구되는 가압기 압력을 유지하기 위해 운전된다. 운전원은 수동으로 압력을 제어할 수 있다.

가압기압력편차신호는 또한 살수밸브의 개도를 제어하기 위해 살수밸브프로그램으로 보내진다. 원자로냉각재는 물/증기 혼합 온도보다 다소 낮기 때문에 살수된 원자로냉각재는 가압기내의 증기를 응축시켜 계통의 압력을 떨어뜨린다. 운전원은 압력을 제어하기 위하여 살수밸브의 수동제어를 선택할 수 있다.

만약 비례전열기가 사용되고 있는데도 계통압력이 계속해서 감소되면 보조전열기가 자동으로 작동된다. 운전원은 보조전열기를 수동으로 작동시킬 수 있다.

전열기제어는 가압기 저수위 및 고압력 신호와 연동되어 있다. 저수위 연동은 수위가 설정치 이하로 떨어질 때 전열기 보호를 위해 모든 전열기를 차단한다. 만약 가압기 압력이 고설정치에 도달하면 모든 전열기가 꺼지게 된다. 이것은 전열기가 가압기 고압력 상태에서 압력을 더 이상 증가시키지 않게 하기 위함이다.

### 7.7.1.1.2.2 가압기수위제어계통

가압기수위제어계통은 9.3.4절에 설명된 화학 및 체적제어계통의 충전제어밸브 및 유출 오리피스격리밸브를 사용하여 원자로냉각재계통 냉각재 재고량의 변화를 최소화한다. 또한 가압기수위제어계통은 발전소 과도현상 동안에 냉각재 밀립을 흡수하기 위해 가압기내의 적정증기체적을 유지시킨다. 그림 7.7-4는 가압기수위제어계통의 전체 개략도를 보여준다.

정상운전 동안 가압기 수위설정치는 충전 및 유출유량의 변화를 최소화하기 위해 원자로 냉각재 평균온도의 함수로 프로그램된다. 원자로냉각재 평균온도는 수위설정치 프로그램에 입력되고 설정치 프로그램 신호는 실제 수위신호와 비교된다. 수위편차신호는 충전제어밸브 및 유출오리피스격리밸브를 제어하기 위해 비례적분제어기와 비교기에 입력된다.

만약 수위편차가 높게 지시되면 가압기수위제어계통은 선택된 충전제어밸브를 조절하여 충전유량을 감소시키고 수위편차가 낮게 지시되면 충전제어밸브를 조절하여 충전유량을 증가시킨다. 또한 수위편차가 설정치를 넘어서는 경우 유출오리피스격리밸브를 열거나 닫아 유출유량을 조절한다.

운전원은 충전제어밸브 및 유출오리피스격리밸브를 제어함으로써 수위를 수동으로 제어

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

할 수 있다. 가압기수위제어계통에 의하여 동작될 충전제어밸브는 가압기수위제어계통 소프트웨어화면에서 선택이 가능하다. 가압기압력제어계통 및 가압기수위제어계통은 핵증기공급계통공정제어계통의 부계통으로서 구현된다.

### 7.7.1.1.3 급수제어계통

급수제어계통은 원자로 기동모드로부터 전출력까지의 출력운전중 증기발생기 하향유로수위를 자동으로 제어가능하도록 설계되어 있다. 증기발생기 수위는 다음 조건에서 제어된다.

가. 정상상태운전

나. ■■■에서 ■■■까지의 핵증기공급계통 출력에서 터빈부하의 ■■■ 선형변화 및 ■■■에서 ■■■까지의 핵증기공급계통 출력에서 터빈부하의 ■■■ 선형변화

다. ■■■에서 ■■■까지의 핵증기공급계통 출력에서 터빈부하의 ■■■ 단계부하변화 및 ■■■에서 ■■■까지의 핵증기공급계통 출력에서 터빈부하의 ■■■ 단계부하변화

라. 운전중인 ■■■의 주급수펌프 중 ■■■의 상실

마. 모든 크기의 부하감발

바. ■■■에서 ■■■까지의 핵증기공급계통 출력에서 터빈부하의 ■■■ 선형변화와 ■■■ 단계변화

급수제어계통의 설명은 단지 하나의 증기발생기에 대해서만 언급한다. 각 급수제어계통은 관련 증기발생기의 수위를 제어한다. 그림 7.7-5는 급수제어계통의 블록선도를 보여주며 10.4.7절은 “복수 및 급수계통”에 관하여 기술하고 있다. 증기발생기 수위신호는 유량요구신호를 생성하기 위해 하향유로 급수유량과 계산된 증기유량신호(제어모드 전환출력 이하)의 차 또는 총 급수유량과 총 증기유량신호(제어모드 전환 출력 이상)의 차로써 보상된다.

핵증기공급계통 출력이 ■■■ 이하인 경우, 유량요구신호는 하향유로밸브 요구신호가 생성되는 하향유로밸브 프로그램으로 보내진다. 프로그램된 신호 또는 운전원에 의한 수동 제어신호가 하향유로 밸브의 위치를 제어한다. 급수제어계통이 이러한 제어모드에 있을 때, 이코노마이저 급수제어밸브는 닫히고 펌프속도설정치는 최소값이 된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

핵증기공급계통 출력이 ■■■ 이상으로 증가하면, 전출력 주급수유량의 ■■■가 하향유로 밸브로 보내지고 나머지 급수량은 이코노마이저밸브로 주입된다. 유량요구신호는 이코노마이저밸브를 제어하기 위한 밸브요구 신호를 생성하는 이코노마이저밸브 프로그램으로 입력된다. 운전원은 소프트웨어기를 사용하여 수동으로 조작할 수 있다. 소프트웨어기 동작은 18.2.5절에 기술되어 있다.

2개의 급수제어계통으로부터 전달된 유량요구신호들은 신호선택회로에 전달되어 이들 중 값이 큰 신호가 주급수펌프 프로그램으로 보내진다. 주급수펌프 프로그램은 펌프속도 설정치 신호를 생성하며, 이 신호는 급수제어 밸브차압에 의해 보상되어 주급수펌프에 입력된다. 운전원은 소프트웨어기를 사용하여 수동으로 조작할 수 있다.

급수계통의 주급수펌프는 정상운전시 모두 가동되는 ■■■ 용량의 터빈구동 펌프 ■■■대 로 구성된다. 급수제어계통은 운전중인 ■■■의 주급수펌프 중 ■■■가 상실되었을 경우에도 증기발생기의 수위를 자동으로 제어하도록 설계된다.

급수제어계통은 핵증기공급계통공정제어계통의 부계통으로서 구현된다.

### 7.7.1.1.4 증기우회제어계통

터빈우회계통은 주로 터빈우회밸브와 증기우회제어계통으로 구성된다. 증기우회제어계통은 터빈을 우회하여 증기를 발전소 복수기로 방출하는 터빈우회밸브의 위치를 제어한다.

증기우회제어계통은 터빈부하감발에 따른 핵증기공급계통의 잉여 열에너지를 제거하기 위해서 터빈우회밸브의 선택적 사용 및 증기방출량의 조절을 통해 발전소 이용률을 높이도록 설계되어 있다. 이것은 불필요한 원자로정지를 방지하고, 가압기 파이롯트구동 안전방출밸브 혹은 주증기안전밸브의 열림을 방지한다.

그림 7.7-6은 증기우회제어계통의 블록선도를 보여준다. 7.7.1.1.5절에서 설명할 원자로출력급감발계통은 터빈우회밸브 용량을 줄이기 위하여 증기우회제어계통과 연계되어 사용된다. 부가적으로 증기우회제어계통은 터빈에 부하가 인가되는 동안 원자로의 부하를 일정하게 유지하기 위하여 사용된다. 또한 증기우회제어계통은 발전소 가열 및 냉각기간 동안에 핵증기공급계통의 잉여 에너지를 제거하고 온도변화율을 제어하기 위하여 사용된다.

각 터빈우회밸브의 제어를 위하여 다음 세 가지 유형의 신호가 생성된다. 첫째는 밸브를 통하는 유량을 제어하는 조절신호이고, 둘째는 짧은 시간 내에 밸브를 완전히 열 수 있게 하는 빠른 열림신호이며, 마지막으로 우회밸브를 열기 위하여 앞의 두 신호보다 먼저 요구되는 허용신호이다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

조절모드에서는 증기유량신호가 주증기모관 압력설정치를 만드는 프로그램으로 보내진다. 동시에 가압기압력신호는 설정치 바이어스 프로그램으로 보내진다. 두 프로그램 출력신호의 합 및 측정된 주증기모관 압력신호는 비교되어 두 신호의 편차신호가 제어기로 간다. 제어기신호 또는 운전원에 의한 수동신호는 각 터빈우회밸브상의 전기-공기 변환기로 보내진다. 이 변환기는 전기적신호를 공기신호로 변환시켜 첫 번째 솔레노이드 밸브를 통해 그림 7.7-6에서 보여주는 것과 같이 공기구동 터빈우회밸브로 보낸다.

빠른 열림모드에서 증기유량신호는 가압기 압력에 따라 바이어스되어 변화감지기로 보내진다. 변화감지기 출력이 설정치를 넘어서면 빠른 열림신호가 생성된다. 이 빠른 열림신호는 솔레노이드를 여자시켜 조절된 공기신호는 막고 밸브를 빨리 열기 위하여 전압력의 공기를 인가한다.

허용신호 역시 증기우회제어계통에 의해 만들어진다. 허용제어기 출력이 이진신호로 변환되어 빠른 열림신호와 함께 논리합(OR) 회로를 통해 허용신호를 발생시키는 것을 제외하면 허용신호는 위에서 설명한 조절신호와 동일한 회로에 의해 만들어진다. 만약 허용신호가 존재하면, 두 번째 솔레노이드밸브를 열어 조절된 공기신호 혹은 빠른 열림공기신호 둘 중의 하나가 공기구동 터빈우회밸브에 제공되도록 한다. 허용신호가 제거될 때 제어용 공기는 대기로 방출되고 밸브는 잠긴다. 복수기 압력이 미리 설정된 값을 초과하면 터빈우회밸브는 열리지 못한다. 원자로출력급감발 요구신호는 밸브의 빠른 열림신호를 만드는 회로와 동일한 회로에 의하여 생성되며 더 높은 설정치를 갖는다. 이들 다중신호는 원자로출력급감발계통으로 보내진다.

증기우회제어계통은 핵증기공급계통공정제어계통의 부계통으로서 구현된다.

### 7.7.1.1.5 원자로출력급감발계통

핵증기공급계통은 일반적으로 출력 및 유량의 미세한 변동과 함께 운전된다. 이러한 미세한 변동들은 증기우회제어계통 및 원자로출력제어계통에 의해 처리될 수 있다. 그러나 12발 단일 제어봉집합체 낙하, 대형 터빈부하감발, 터빈정지, 혹은 2대의 주급수펌프 상실과 같은 상당히 큰 발전소 불균형이 발생할 수 있다. 이러한 상황에서 핵증기공급계통을 제어영역 범위 내로 유지하는 것은 제어봉의 정상적인 고속삽입에 의한 핵증기공급계통 출력감소율보다 더 큰 비율로 핵증기공급계통출력을 급속히 감소시킴으로써 가능하다. 12발 단일 제어봉집합체 낙하시에는 노심 출력분포 불균형에 의한 노심 안전제한치 불만족으로 원자로정지가 발생할 수 있다. 이 경우, 핵증기공급계통출력을 급속히 감소시켜 원자로 정지 방지가 가능하다. 그림 7.7-7은 원자로출력급감발계통의 기능블록선도를 보여준다.

원자로출력급감발계통은 원자로출력을 계단형태로 감소시켜 특정 형태의 불균형을 수용하도록 설계된 제어계통이다. 원자로출력에 있어서의 계단적 감소는 미리 선택된 한 개

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

혹은 두 개의 전강도 조절 제어봉집합체 그룹을 노심 속으로 동시에 낙하시킴으로써 얻어진다. 제어봉집합체 그룹은 정상적인 삽입 순서로 낙하된다. 원자로출력급감발계통은 또한 초기의 원자로출력급감발에 따른 터빈 및 원자로출력의 균형을 위하여, 그리고 증기발생기 수위 및 압력을 정상 제어치로 복귀시키기 위해서 터빈으로 제어신호를 제공한다. 원자로출력급감발계통은 12발 단일제어봉집합체 낙하, 대형 터빈부하감발, 터빈트립 또는 2대의 주급수펌프 상실시 작동하도록 설계되어 있다.

원자로출력급감발계통은 12발 단일 제어봉집합체 낙하시 원자로노심보호계통 각 채널로부터 4개의 12발 제어봉 원자로출력급감발 요구신호를 받아, 선택적 2/4 논리를 통해 선택된 제어봉집합체의 낙하를 개시하고, 터빈 및 원자로 출력의 균형을 위하여 터빈으로 제어신호를 제공하며, 원자로출력제어계통을 통해 출력분포 불균형 조건에서도 제어봉 삽입을 허용하도록 제어하여 원자로 정지를 방지할 수 있도록 설계되어 있다.

원자로출력급감발계통은 공정기기제어계통으로부터 2대의 주급수펌프 상실시 원자로 출력감발 요구신호 및 증기우회제어계통으로부터 대형 부하감발시 원자로출력감발 요구신호를 각각 두 개씩 받는다. 계통을 작동시키기 위해서는 2/2 논리가 필요하다. 운전원은 수동으로 계통을 작동시킬 수 있다.

원자로출력급감발에 사용하기 위한 적절한 제어봉집합체 그룹의 결정은 정보처리계통 내의 제어봉집합체 선택논리를 통해 수행된다. 이 논리는 핵증기공급계통출력, 제어봉집합체 위치 및 냉각재온도를 이용해서 원자로출력급감발시에 낙하될 제어봉집합체그룹 선택논리를 원자로출력급감발계통에 제공한다. 만약 정보처리계통 내의 제어봉집합체 선택논리가 작동불능이면 원자로출력급감발계통 제어논리스위치를 수동 선택모드로 전환한다. 수동 선택모드에서 운전원은 원자로출력급감발계통 소프트웨어화면을 통해 낙하시킬 제어봉집합체 그룹을 선택한다. 이 기능은 계통의 이용률을 증가시킨다.

원자로출력급감발계통은 12발 제어봉 원자로출력급감발 요구신호를 받아 선택적 2/4 동시논리를 이용하거나, 대형 부하감발 혹은 2대의 주급수펌프 상실을 지시하는 2/2 동시논리신호를 받아 미리 선정된 제어봉집합체의 낙하를 개시한다. 원자로출력감발시에 낙하되지 않아야 할 제어봉집합체(부분강 제어봉그룹, 정지 그룹 등)의 낙하를 방지하기 위해 디지털제어봉제어계통 내에 방지장치가 있다. 필요시에 운전원에 의해 수동으로, 혹은 원자로출력제어계통에 의해 자동으로 제어봉들이 삽입될 수 있다. 원자로출력급감발계통은 출력제어계통의 부계통으로서 구현된다.

### 7.7.1.1.6 붕소제어계통 유지

붕소농도측정계통은 운전원에게 원자로냉각재 붕소농도를 감시 및 조절할 수 있도록 정보를 제공한다. 원자로냉각재계통 붕소농도는 7.7.1.1.11절에 기술되어 있는 공정기기제어계통을 사용하여 붕소주입 및 회석에 의해서 조절된다. 붕소주입 및 회석과 관련한 화학

및 체적제어시스템의 설명은 9.3.4절에 설명되어 있다. 원자로냉각재에 요구된 붕소농도를 유지하기 위해서 체적제어탱크 붕산수는 수동으로 미리 설정된 붕소농도로 유지되어있다. 운전원이 원자로냉각재시스템을 적절한 붕소농도로 유지하기 위하여 ppm 단위의 붕소농도 표시가 7.7.1.4절, 7.7.1.7절 및 18장에서 기술되어 있는 주요변수지시 및 경보계통-N, 정보처리계통 화면 및 추이정보로 제공된다. 이들 신호는 붕소농도측정계통에 의해서 제공된다. 또한 붕소주입 혹은 희석을 판단하는 데 사용되어질 수 있는 원자로 보충수 유량 및 붕산수 유량이 정보화면에 표시된다.

붕소농도측정기는 중성자선원 주위로 원자로냉각재를 통과시킴으로써 붕소농도를 감지한다. 그림 7.7-8은 붕소농도측정계통의 기능선도를 보여준다. 중성자선원 주위에  $\text{BF}_3$  중성자 감지기가 있다. 붕소농도가 감소함에 따라 감지되는 중성자속은 증가한다. 신호처리함에 있는 회로는 표본온도에 의해서 보상된 중성자 신호를 ppm 단위의 붕소신호로 변환시킨다. 처리된 신호는 주제어실의 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N으로 보내진다.

출력운전중에 제어봉집합체 위치와 함께 붕소농도는 원자로냉각재온도에 영향을 미친다. 붕소농도를 변화시키기 위해서는 장시간이 요구되기 때문에 붕소는 핵연료 연소 및 핵분열 부산물 증대와 같은 장기적인 효과에 대한 보상을 위해서 사용된다. 또한 붕소농도제어는 부하추종운전에 사용될 수 있다. 붕소농도를 조절함으로써 제어봉집합체는 적절한 정지여유도를 가질 수 있다.

#### 7.7.1.1.7 노내계측계통

노내중성자속검출계통은 노심출력분포를 감시하기 위하여 사용되며, 검출기는 운전동안에 항상 위치가 고정되어 있다. 각각 5개의 자기전원공급형(self-powered) 로듐검출기와 1개의 기저방사선검출기를 갖는 61개의 노내검출기집합체가 있다. 61개의 집합체는 원자로 노심 내에 전략적으로 배치되어 있고 각 집합체 내부의 5개 검출기는 10 %, 30 %, 50 %, 70 %, 90 % 등의 서로 다른 노심 높이에 수직적으로 분포되어 있다. 이것은 노심의 대표적인 3차원 중성자속분포에 대한 측정을 가능하게 해준다. 로듐검출기는 중성자방사화에 비례하는 지연베타전류를 생성한다. 중성자방사화는 검출기가 위치한 영역에서의 중성자속에 비례한다.

노내검출기로부터 나온 신호는 고정형노내검출기증폭기계통을 거쳐서 감시 및 표시를 위하여 정보처리계통으로 전송된다. 그리고 정보처리계통은 디지털 신호처리 프로그램을 이용해서 기저방사선, 베타붕괴지연 및 로듐감손 보상 등을 수행한다.

노내계측계통은 아래의 기능을 수행하도록 설계된다.

- 가. 20 %에서 100 % 출력까지 서로 다른 운전조건 동안 전체적인 출력분포 결정

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

나. 각 핵연료집합체에서의 연료연소도를 평가하기 위한 자료 제공

다. 노심 내부에서의 열적여유도의 평가를 위한 자료 제공

고정형노내중성자속검출기는 수평 및 수직방향의 출력분포정보를 제공함으로써 노외중성자속 검출기의 교정을 지원하기 위해 사용될 수 있다. 안전성관련 노외중성자속감시계통은 원자로보호계통에 대한 중성자속 출력과 수직 방향의 출력분포 정보를 제공한다.

노내중성자속검출기의 계통요구사항, 점검요구사항, 점검주기 및 적용모드는 표 7.7-6을 적용한다.

### 7.7.1.1.8 노외중성자속감시계통(비안전 채널)

노외중성자속감시계통의 비안전채널은 2개의 기동채널 및 2개의 제어채널로 구성된다. 그림 7.7-23은 노외중성자속감시계통 기동채널 및 제어채널의 신호 흐름도를 나타내고 있다.

각 기동채널은 원자로용기 주위에 위치한  $\text{BF}_3$  비례계수기(검출기), 격납건물에 위치한 전치증폭기 및 보조건물 내에 위치한 신호처리기기로 구성된다. 기동채널은 운전원에게 선원영역의 중성자속 정보를 제공하며, 초기 원자로 기동 시, 장기간 원자로 정지 중, 장기간 원자로 정지 후 및 원자로 핵연료 재장전 후 기동시에 사용된다. 비례계수기에 인가되는 고전압전원은 검출기의 수명을 연장시키기 위하여 안전채널 영역과 충분히 중첩됨이 입증된 후 차단된다. 이 채널들은 판독용 정보 및 가청계수율 정보를 제공하지만 직접적인 제어나 보호기능은 갖지 않는다.

각 제어채널은 원자로용기 주위에 위치한 이중으로 구분(dual section)된 비 보상형 이온전리함검출기 및 보조건물 내에 위치한 신호처리기기로 구성된다. 제어채널의 검출기는 전류모드에서만 동작된다. 각 채널은 0%에서 125%까지의 출력운전 영역에서의 중성자속 정보를 원자로출력제어계통에 제공하며, 자동 터빈부하 추종운전 중에 사용된다(7.7.1.1.1절 참조).

기동 및 제어채널들은 안전채널과는 독립성을 만족하도록 설계한다.

### 7.7.1.1.9 붕소희석경보계통

원자로 노심에서의 반응도제어는 부분적으로 원자로냉각재계통 내에 용해되어 있는 붕소에 의하여 영향을 받는다. 붕소희석경보계통(그림 7.7-9 참조)은 운전모드 3 - 6 에서 발생 가능한 부주의한 붕소희석사고를 감지하기 위하여 노외중성자속감시계통의 기동채

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

널 중성자속 신호를 이용한다. 붕소회석정보계통은 사고감지와 경보를 위하여 2개의 독립적인 채널로 구현되며 경보신호는 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통에 제공된다.

붕소회석정보계통은 운전모드 3 - 6 에서 중성자속 신호가 증가되어 경보설정치보다 크거나 같게 되면 경보신호를 발생시킨다. 경보설정치는 현재의 중성자속 신호보다 일정하게 높은 값으로 유지한다. 경보설정치는 단지 감소하거나 정지상태의 중성자속 준위를 따라 변하나, 증가되는 신호에 대해서는 이전 값을 유지한다. 운전원의 감시를 위하여 현재의 중성자속 지시 및 경보설정치가 주제어실의 운전원 콘솔을 통하여 제공되며, 또한 운전원이 경보를 확인하고 계통을 다시 초기화할 수 있도록 리셋 기능이 제공된다.

### 7.7.1.1.10 터빈제어계통

터빈제어계통은 10.2.2절 “계통 설명” 에 상세히 기술되어 있다.

### 7.7.1.1.11 공정 기기제어계통

공정 기기제어계통(P-CCS)은 펌프, 밸브, 가열기 및 송풍기와 같은 비안전성관련 기기를 제어하도록 설계되어 있다. 공정 기기제어계통은 또한 발전소 감시를 위해 정보처리계통 그리고 주요변수지시 및 경보계통-N에 공정변수 기기상태 및 공정 기기제어계통의 상태 정보를 제공한다.

공정 기기제어계통은 그림 7.7-10에서 보여주는 것과 같이 기기 또는 계통 수준의 고장으로 인한 공정의 영향이 최소화되게 비IE급 제어를 구획화하여 기기가 할당되게 설계되어 있다. 7.3절에 기술된 것과 같이 여러 가지 종류의 제어기기에 대한 표준화된 기기제어논리 및 입출력 연결이 제공된다. 공정 기기제어계통은 기기그룹의 복잡한 감시제어를 수행하고 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N에서 사용되는 계통상태 정보를 만드는 제어논리를 포함한다. 또한 7.3절에 기술된 것과 같이 공정 기기제어계통은 주제어실 제어기의 제어기능을 차단시키고 원격정지실에서 제어가 가능하게 하는 전환로직이 포함된다.

각 구성요소별 기능 및 특성은 아래와 같음(그림 7.7-10 참조).

#### - Loop controller

기기제어수준의 제어기능을 수행하며 현장에 분산배치되어 관련 제어기기와 실패선으로 연결되어 발전소 기기의 입출력과 내부 network를 통한 데이터취득 연계 지원함.

#### - Multiplexer

- Channelized Gateway

공학적인 안전설비 계통으로부터 기기상태 및 변수신호를 정보처리계통으로 단방향 전송됨.

- DCS/QIAS-N Gateway

Inter-Channel Network을 통해 주요변수지시 및 정보계통-N에 필요한 데이터를 단방향 송신함 .

공정 기기제어계통은 소외전원 상실사고 동안 필수 비안전부하를 위한 비1E급 디젤발전기를 자동으로 기동시킨다.

공정 기기제어계통의 구성은 다중신호전송기(MUX)가 현장에 분산되어 설치되는 것이 가능하도록 설계된다.

계통의 구조는 7.3절에서 기술된 것과 같은 이중화된 내부 데이터통신망을 가진 이중화된 제어기가 적용된다.

7.3절의 공학적인 안전설비 기기제어계통과 공정 기기제어계통 간에는 다양성과 독립성을 갖는 전자기기를 사용한다. 이들 두 설비는 특정한 기기제어에 적용되는 소프트웨어가 내장된 마이크로프로세서 기반의 설비이다. 두 설비 간에는 정상운전계통과 비상운전계통 간의 가용성이 최대한 보장되는 심층방어설계가 되도록 다양성 설계를 적용한다.

공정 기기제어계통의 운전원 제어기능은 운전원콘솔의 정보화면 평면표시기 상의 소프트웨어 제어기에 의해 수행된다. 소프트웨어 제어기는 인간공학 원리에 따라 부적절한 작동 가능성이 제한되도록 설계된다.

#### 7.7.1.1.12 부분충수운전 관련 계측기기

다음의 계통은 정지냉각기능 상실을 예방하기 위해 제공된다. 원자로냉각재계통의 부분충수운전 계측계통은 정지운전 동안 원자로냉각재계통의 수위, 온도, 정지냉각계통의 유량 및 온도, 정지냉각계통 펌프 및 원자로건물 살수펌프 운전상태, 정지냉각계통 밸브위치 등을 감시하는 수단을 제공한다.

재장전 수위계측기는 원자로냉각재계통 고온관의 수위를 감시하는 광역 및 협역의 차압전송기, 초음파수위계, 현장계측기(local sight glasses)를 포함한다. 추가적으로 가열접점 열전대 탐침집합체가 원자로용기의 수위를 감시한다. 이러한 계통들은 정지운전 동안 원

자로냉각재계통의 수위를 감시하는 데 사용된다. 차압전송기는 부분충수운전 동안 연속적으로 다중의 협역 및 광역 수위를 지시하는데 사용된다. 협역 차압전송기들은 고온관에서의 원자로냉각재계통의 수위를 측정한다. 협역 계측채널은 주제어실에서 발생하는 저수위, 저-저수위, 고수위의 경보를 포함하고 있다. 광역 차압전송기는 고온관 바닥에서 가압기 수위의 약 20%까지 원자로냉각재계통의 수위를 측정하고 수위는 주제어실에 지시된다. | 2

가열접점열전대 탐침집합체는 7.5.1.1.7절에 기술되어 있다. 가열접점열전대 계측기는 또한 주제어실에서 발생하는 ‘원자로용기’ 저수위 경보를 포함하고 있다. | 2

현장 계측기는 고온관에서의 원자로냉각재계통의 수위를 현장에서 측정하는데 사용된다. 현장 계측기는 또한 주제어실에서 발생하는 저수위, 저-저수위 및 고수위 경보를 포함한다. 초음파수위계는 고온관에서의 원자로냉각재 수위를 현장에서 측정하는데 사용되며, 주제어실에서 발생하는 저수위, 저-저수위 및 고수위 경보를 포함한다. | 2

상기에서 언급한 지시 및 경보는 운전원이 부분충수운전이 요구되는 정지운전 동안 주제어실에서 원자로냉각재계통의 수위를 감시하는데 사용된다. 다만, 가열접점열전대 계측기는 원자로용기가 열려 있을 때는 이용할 수 없다. | 2

원자로냉각재 온도는 노심출구열전대의 온도, 가열접점열전대의 가열되지 않은 감지기의 온도, 원자로냉각재계통 고온관 저항온도검출기의 온도 및 정지냉각계통이 운전시 정지냉각 열교환기의 입구와 출구 온도를 이용해 측정된다. 노심출구열전대 및 저항온도검출기는 고온경보를 가지고 있다. 노심출구열전대는 부분충수운전을 위해 고온경보를 제공하며, 가열접점열전대의 가열되지 않은 감지기는 원자로용기가 열려 있을 때는 이용할 수 없다. | 2

정지냉각계통의 각 트레인은 정지냉각계통의 유량 측정기기를 가지고 있다. 이 측정기기는 정지냉각계통 펌프 혹은 원자로건물 살수펌프가 정지냉각에 사용되고 있을 때 원자로냉각계통에 들어오는 유량을 지시하며 저유량시 주제어실에 경보를 발생시킨다.

정지냉각계통 및 원자로건물 살수펌프의 성능을 감시하기 위하여 펌프 흡입압력, 방출압력 및 모터 전류는 주제어실에서 감시되고, 경보가 발생된다.

정지냉각계통 열교환기의 성능은 열교환기로 들어오고 나가는 배관의 온도를 측정함으로써 감시되고 경보가 발생된다. 밸브 위치지시는 계통 정렬상태 및 사용 가능한 유로의 상태정보를 제공하는데 사용된다.

#### 7.7.1.1.13 증기발생기 튜브파단 감지를 위한 계측기

증기발생기 전열관 파단 감지를 위하여 증기발생기의 주증기배관당 1개(전체 4개)의 섬

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

광감지기와 마이크로프로세서 기반의 신호조절기가 있는 N-16 감마감지방식을 적용한다. 증기발생기 튜브누설 감지에 N-16 감마 사용에 대한 설계내용 및 적용방안은 부록 5F의 2.4절에 기술되어 있다. 감지계통은 증기발생기 전열관 누설 상태를 운전원에게 알리고 어떤 증기발생기가 영향을 받고 있는지 확인한다.

N-16 방사선감지 및 감시설비는 증기발생기 튜브누설 또는 파단에 대한 진단능력을 보다 향상시켰고 발전소 상태에 대한 보다 정확한 정보를 운전원에게 제공한다. 감지기는 각 증기발생기의 주증기배관이 통과하는 원자로건물 바깥의 보조건물에 설치된다. 감지기는 증기발생기 누설 또는 파단으로 인한 방사능 감지를 위해 공정라인에 근접되게 부착한다.

감지한 상태를 놓치지 않기 위하여 N-16 방사능이 처음 감지되면 지속적으로 경보를 발생시킨다. 이런 특성의 후속 진단이나 제어 조치를 지원하기 위해 경보를 계속 유지한다. 경보발생시 운전원의 인지만으로는 경보가 해지되지 않고 운전원이 별도로 리셋(Reset)해야만 경보의 잠금 상태가 해지된다. 그림 7.7-11에 이에 대한 논리가 나타나 있다.

### 7.7.1.1.14 제어신호 검증

제어 및 보호계통을 포함하여 3개 이상의 동일한 공정변수 입력이 있을 경우에, 타당한 제어신호를 선택하기 위하여 정보처리계통에서 계산된 유효한 공정대표값이 제어계통에서 사용될 수 있다.

제어계통은 유효한 제어계통 입력채널들의 평균값을 이용하여 제어를 수행하며, 입력채널 간에 허용 수준 이상의 편차가 발생할 경우 공정대표값과 가까운 값을 지시하는 입력채널을 선택하여 제어를 수행한다. 따라서, 고장난 감지기는 해당 채널이 제어계통의 성능에 손상을 가하기 전에 감지되어 사용되지 않으므로 제어계통의 오류로 인한 발전소 안전에 미치는 영향이 감소하게 된다.

### 신호검증 설명

공정대표값을 이용한 신호검증 논리는 다음과 같다.

- 가. 입력채널 선택에 사용되는 공정대표값은 정보처리계통으로부터 제공된다.
- 나. 입력채널의 건전성을 확인하기 위해 입력채널 간의 편차점검이 수행된다.
- 다. 입력채널 간의 편차가 허용수준 이내인 경우에는 평균값을 선택하고, 편차가 허용수준을 초과하면 공정대표값과 가까운 입력채널을 선택하여 제어신호로

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

사용한다.

공정대표값이 미리 정해진 동작범위를 벗어났을 경우에는 경보를 제공한다. 운전원은 수동으로 입력채널을 선택할 수 있다.

### 7.7.1.1.15 환경제어계통

계측기와 계측감지관의 예열장치 등 주요 설비를 극한의 환경으로부터 보호하기 위한 환경제어기로 다음과 같은 전기보온설비를 설치하여야 한다.

#### 가. 기능

탱크의 내용물 중에는 일정 온도를 유지시켜야 하는 액체와 빙점 이하로 내려가면 안 되는 액체가 있는바, 이의 상태를 점검하기 위해 연결되어 있는 계기용 배관이 외부의 환경으로 인하여 응결되지 않고 계측기기가 정상 작동할 수 있도록 전기보온을 하는 것이다.

#### 나. 계통설명

전기보온설비계통은 일정온도 범위를 유지시키는 유체온도유지계통과 빙점 이하로 떨어지는 것을 방지하는 동파방지계통으로 분류된다.

#### 다. 동작원리

유체온도유지계통은 감지기 배관에 부착되어 있는 온도감지기에 따라, 그리고 동파방지계통은 옥외에 설치되어 있는 온도측정장치의 신호전달에 따라 각 감지기 배관에 감겨있는 전기보온 케이블에 의하여 열이 공급된다. 각 전기보온 대상물에 이상이 있을 경우 보온설비제어반에 이상신호가 발생되며 이 신호는 주제어실의 정보처리계통으로 제공된다.

#### 라. 운전조건

각 계통에서 요구되는 온도조건 이하일 때 운전된다.

### 7.7.1.2 설계비교

위에서 기술된 제어계통과 신고리 3,4호기 제어계통과의 차이점이 이 절에서 기술된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 7.7.1.2.1 반응도제어계통

원자로출력제어계통은 신고리 3,4호기의 원자로출력제어계통과 기능적으로 동일하다.

디지털제어봉제어계통은 신고리 3,4호기의 디지털제어봉제어계통과 기능적으로 동일하다.

### 7.7.1.2.2 가압기 압력 및 수위제어계통

가압기 압력 및 수위제어계통은 신고리 3,4호기에서 사용된 가압기 압력 및 수위제어계통과 기능적으로 동일하다.

### 7.7.1.2.3 급수제어계통

급수제어계통은 신고리 3,4호기의 급수제어계통과 기능적으로 동일하다.

### 7.7.1.2.4 증기우회제어계통

증기우회제어계통은 신고리 3,4호기의 증기우회제어계통과 기능적으로 동일하다.

### 7.7.1.2.5 원자로출력급감발계통

원자로출력급감발계통은 12발 단일제어봉 낙하시 원자로정지 방지 기능을 제외하고는 신고리 3,4호기의 원자로출력급감발계통과 기능적으로 동일하다.

### 7.7.1.2.6 붕소제어계통

붕소제어계통은 신고리 3,4호기의 붕소제어계통과 기능적으로 동일하다.

### 7.7.1.2.7 노내계측계통

노내중성자속검출계통은 신고리 3,4호기의 노내중성자속검출계통과 기능적으로 동일하다.

### 7.7.1.2.8 노외중성자속감시계통(비안전 채널)

노외중성자속감시계통은 신고리 3,4호기의 노외중성자속감시계통과 기능적으로 동일하다.

### 7.7.1.2.9 붕소희석경보계통

붕소회석정보계통은 신고리 3,4호기의 붕소회석정보계통과 기능적으로 동일하다.

#### 7.7.1.2.10 공정 기기제어계통

공정 기기제어계통은 기능적으로 신고리 3,4호기와 동일하다.

#### 7.7.1.2.11 부분충수운전 관련 계측기기

부분충수운전 계측기기계통은 기능적으로 신고리 3,4호기와 동일하다.

#### 7.7.1.2.12 증기발생기세관누설 감지설비

증기발생기 전열관 누설을 감지하기 위해 각 증기발생기 주증기배관에 섬광감지기와 마이크로프로세서 기반의신호조절기가 있는 N-16 감마감지기를 설치한다.

#### 7.7.1.3 주제어실 시설

주제어실 설비는 핵증기공급계통 및 보조설비계통의 계측 및 제어 설비를 통합하여 설계한다. 주제어실에 제공되는 인간-기계연계계통 및 부대설비는 다음의 주요 기능단위로 구성된다.

가. 운전원콘솔, 안전제어반 및 주변 사무실을 포함한 주제어실.

- 7.7.1.3.1 절 및 7.7.1.3.2절을 참조

나. 발전소 성능을 감시하고 제어하는 평면표시기를 구동하며 발전소 데이터를 기록하는 정보처리계통을 포함한 컴퓨터실

- 7.7.1.7절 참조

다. 순차적인 발전소 정지를 달성하고 주제어실 외부에서 주제어실과 분리되도록 설계된 원격정지실

- 7.4.1.1.10절 참조

라. 기술지원실 및 계측제어기기실

주제어실 설계는 화재로 인한 설비의 손상 및 요원의 탈출 등을 고려하며, 이는 미국 원자력규제위원회의 RG 1.189(Rev.0) 요건을 만족한다. 1E급의 다중 채널 기기들은 각각 다른 계측제어기기실에 위치시킴으로써 서로 이격되도록 설계된다. 주제어실에서 원격정지실로 전환하기 위한 전환스위치가 원격정지실과 안전등급/비안전등급 계측제어기기실에 제공된다. 인간-기계연계계통 설계는 주제어실 또는 원격정지실에서 외부 발전소 계

통으로 고장이 전파되는 것을 방지한다.

인간-기계연계계통 1E급 기기의 내진범주는 3.10절에서 정의된다. 이들 기기는 7.7.1.3.1 절부터 7.7.1.7.8절까지 기술된 바와 같이 IEEE 344-1987 요건을 만족한다.

인간-기계연계계통 기기와 관련된 환경설계 요건들(온도, 습도, 방사선, 압력)의 정의는 3.11절을 참조한다. 기기 캐비닛이 위치한 곳의 환경 감시는 공기조화계통에 의해 제공된다. 공기조화계통은 9.4절 및 9.5절에서 기술된다.

주제어실 운전원콘솔, 안전제어반, 원격정지실 등의 기기, 정보화면 그리고 주제어실 운전 콘솔 및 안전제어반에서의 제어 등은 18장에 제공된 인간공학 설계기준 및 분석에 따라 설계되고 확인 및 검증되었다. 제어반 배치 및 사용되는 정보화면의 설계는 18장에 기술되어 있다.

#### 7.7.1.3.1 주제어실 제어반

주제어실은 규칙 제25조 및 일반설계기준 19의 요건에 따라 구현되었다. 주제어실의 주된 운전지역은 정상 운전요원들의 연속적인 거주와 비상시 18.2절 “주제어실”에 정의된 교대 운전요원들의 거주를 수용할 수 있도록 설계되었다. 주된 운전지역에 인접한 회의실을 포함한 주제어실은 18.2절에 정의된 운전요원들을 수용할 수 있다.

주제어실에는 운전원콘솔 형태의 인간-기계연계설비가 제공되고, 안전제어반, 대형정보표시반 및 보조패널 등 발전소의 안전 및 신뢰성 있는 운전에 필요한 다른 기기들을 포함하고 있다.

| 2

주제어실 운전원 콘솔에 제공되는 기기는 마우스로 제어하는 Non-1E급 기기 정보 지시 및 제어를 위한 정보처리계통 평면표시기(Information FPD)와 1E급 기기제어를 위한 공학적안전설비 기기제어계통 소프트웨어 제어모듈(ESF-CCS Soft Control Module)로 구성된다.

안전제어반은 주요변수지시 및 경보계통-N 평면표시기, 주요변수지시 및 경보계통-P 평면표시기, 운전원 모듈, 원자로정지 스위치, 공학적안전설비 계통수준 작동스위치, 다양성수동 공학적안전설비 작동 스위치, 미니 대형정보표시반, 비상운전을 위한 최소재고스위치 등을 포함하고 있다.

| 2

이들 정보화면을 구동하는 주요변수지시 및 경보계통, 대형정보표시반 및 정보처리계통에 대한 설명은 7.7.1.4절, 7.7.1.5절, 7.7.1.7절 및 18장에 기술되어 있다.

주제어실에서 지진사고로 인한 비산물 위험이 없도록 주제어실 운전원콘솔 및 안전제어

반은 구조적인 건전성을 유지하도록 설계된다. 콘솔에 설치되는 1E급 안전관련 기기들은 안전기능 수행을 위해 내진검증되어야 한다. 정비작업을 지원하기 위해 모듈화된 기기들이 사용되고 안전제어반 및 운전원콘솔은 전.후면 접근이 가능하도록 설계된다.

특정한 발전소 기기들(예, 발전소보호계통)을 위한 전용의 운전원 모듈을 제외하고 모든 핵증기공급계통 및 보조설비계통 계측, 제어 및 경보들은 주제어실 운전원콘솔 및 안전제어반과의 연결을 위해 주요변수지시 및 경보계통, 정보처리계통 혹은 기기제어계통과 연계된다.

주제어실 운전원콘솔 및 안전제어반은 다중회로의 독립성 요건을 만족하면서 인간-기계 연계의 적절성이 보장되도록 설계되었다. 이러한 접근방법은 저에너지 회로의 본질적인 신뢰성 장점과 주제어실 운전원콘솔, 안전제어반 및 원격정지콘솔의 독립성을 이용하는 심층방어 접근에 의해 달성된다. 주제어실 운전원콘솔 또는 원격정지콘솔 내에서 다중 채널 손상 가능성을 최소화하기 위해 다음의 설계 특징들이 채택되었다.

가. 최대한 저에너지 회로를 사용되었다(예 : 스위치 센서 및 지시등).

나. UL-94 혹은 동등한 요건을 만족하는 화재지연 물질이 주제어실 운전원콘솔, 안전제어반 및 원격정지콘솔 외함에 사용되며, 주제어실 운전원콘솔 및 안전제어콘솔 외함에는 연기검출기가 설치되었다. 주제어실 운전원콘솔, 안전제어반 및 원격정지콘솔 배선에 사용되는 화재방지 절연물질은 IEEE 383 요건을 만족한다.

다. 주제어실 운전원콘솔 및 안전제어반의 회로는 채널별로 구분되어 전기적 독립성을 만족한다.

또한, 치명적인 사고에서도 운전 가능하도록 설계된 특징들은 다음과 같다.

가. 모든 주제어실 회로는 연계되는 전자기기들로부터 고장 격리된다. 동시에 모든 원격정지콘솔 회로도 전자기기들로부터 고장 격리된다. 그러므로 주제어실 운전원콘솔, 안전제어반 및 원격정지콘솔 회로들은 본질적으로 서로 고장 격리된다.

나. 운전원에 제공되는 모든 주제어실 운전원콘솔, 안전제어반 및 원격정지콘솔의 기기회로들은 운전원의 수동조작에 의해 제어된다. 주제어실 운전원콘솔 및 안전제어반 제어명령이 계측제어기기실에 위치한 전자기기들 안에서만 유지되도록 모든 스위치는 순간접점을 사용한다. 이러한 수동설계는 설정치 변경 제어명령뿐만 아니라 이산 기기 제어에도 사용되며, 아날로그 기기제어를 위해 프로세스제어기로부터의 위치 변경 명령에도 사용된다. 이러한 수동설계는 주제어실에서 원격정지실로의 전환(또는 그 반대)을

2

2

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

충돌 없이(즉, 설정치 또는 기기상태에 영향 없이) 수행하게 한다. 이러한 설계는 또한 모든 개방회로 고장이 제어 설정치, 모드 또는 기기 상태에 영향을 미치지 않음을 보장하게 된다.

- 다. 주제어실, 원격정지실 및 계측제어기기실은 각각 분리된 화재구역에 위치한다. 따라서 주제어실, 원격정지실, 계측제어기기실 중 어느 한 곳에 치명적인 화재가 발생하더라도 발전소를 안전하게 정지시킬 수 있다.

주제어실에서 원격정지실로의 제어 전환스위치가 원격정지실과 안전등급/비안전등급 계측제어기기실에 제공된다. 이들 스위치의 작동은 주제어실 운전원콘솔 및 안전제어반에 화재가 감지되어(연기검출기에 의해 초기에 경보고 지시됨) 원격정지실로의 대피가 이루어질 경우 공학적안전설비 기기제어계통 및 공정 기기제어계통의 각 채널이 충돌 없이 전환됨으로써 주제어실 운전원콘솔의 제어 기능을 비활성화시키고 원격정지실 제어기능을 활성화시킨다. 상세 내용은 7.4.1.1.10절 에 기술되어 있다.

위에서 기술한 심층방어 설계는 치명적인 사고를 수용하면서 다중 운전원콘솔 회로의 독립성을 보장한다. 이 설계는 운전원콘솔 설계가 적절한 인간공학 원칙에 충실하고 복수 다중채널의 잠재적인 고장 가능성을 최소화하도록 도와준다.

### 7.7.1.3.2 기술지원실 및 비상대책본부 연계

기술지원실 및 비상대응설비에 대한 상세 지침은 NUREG-0696 "Functional Criteria for Emergency Response Facilities"에 정의되어 있다. 이 문서는 기술지원실, 발전소 인접 비상대응설비 및 비상대응자료계통에 대한 기본설계 및 검증 기준을 제공한다. NUREG-0696에 명시된 지침들은 NUREG-0585 "TMI-2 Lessons Learned Task Force Final Report"와 같은 미국 원자력규제위원회 초기 문서에 포함되어 있는 많은 산업 조치들로부터 발전하였다.

규제지침서 1.97은 사고 상황 감시를 위한 변수 및 관련 설계기준을 명시한다. 인간-기계연계계통은 통합된 인적요소의 표현 및 사고 후 감시정보의 호출 능력을 제공한다.

인간-기계연계계통의 정보처리계통은 운전원 및 관련된 인원들이 동일한 정보를 이용할 수 있도록 기술지원실, 비상대응설비 및 비상대응자료계통의 연계를 제공한다. 정보처리계통 기기에는 그림 7.7-12 및 7.7.1.7절에 기술되어 있는 운전원콘솔 및 프린터 등이 포함된다.

### 7.7.1.4 주요변수지시 및 정보계통

주요변수지시 및 정보계통은 신호 검증, 자동범위설정, 경보 필터링, 경보 우선순위 및 18

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

장에서 확립된 인간공학 기준에 따라 인간-기계 연계를 개선하기 위한 특성을 반영하여 설계된다. 일관성 및 공존성을 보장하기 위한 지시 및 경보의 형식규정에 대한 정의는 18장에 기술되어 있다.

주요변수지시 및 경보계통은 안전 및 비안전계통으로부터 아날로그 및 디지털 신호를 받으며, 데이터를 분석하여 평면표시기와 원격정지실에 제공되는 정지운전표시반과 안전제어반에 제공되는 미니 대형정보표시반을 통해 운전원에게 정보를 제공한다. 주요변수지시 및 경보계통은 미니 대형정보표시반 경보와 공정 상태정보를 통합하기 위해 정보처리계통과 연계를 가진다. 정보처리계통이 이용 불가능할 경우 발전소 정지운전 및 비상운전절차서에 따른 운전을 지원하기 위해 주요변수지시 및 경보계통-N과 주요변수지시 및 경보계통-P가 설계된다.

주요변수지시 및 경보계통-P는 7.5절에 기술되며 주요변수지시 및 경보계통-N은 다음과 같이 구성된다.

### 7.7.1.4.1 주요변수지시 및 경보계통 구조

주요변수지시 및 경보계통은 주요변수지시 및 경보계통-P와 주요변수지시 및 경보계통-N으로 구성된다.

가. 주요변수지시 및 경보계통-N을 위한 데이터 통신 네트워크 연결장치

나. 서버

다. 평면표시기

모든 정보계통이 동시에 상실되지 않도록 주요변수지시 및 경보계통-P 및 주요변수지시 및 경보계통-N은 정보처리계통과 물리적, 전기적으로 독립되게 설계된다.

그림 7.7-13 “주요변수지시 및 경보계통-N 구성도”에 나타난 바와 같이 각 주요변수지시 및 경보계통-N 서버는 고장시 지시 정보의 중단 없이 백업 중앙연산처리장치로 전환이 가능하도록 다중의 네트워크 및 중앙연산처리장치를 사용한다.

다중의 안전계통과 주요변수지시 및 경보계통-N 사이의 격리를 제공하기 위해 격리장치가 제공된다.

주요변수지시 및 경보계통-N은 데이터 통신 연결장치를 통해 안전 및 비안전 채널로부터 아날로그 및 디지털 신호를 받는다. 이들 신호는 경보 검사, 신호 변환 및 신호 검증을 위한 요건에 일치되게 연속적으로 주요변수지시 및 경보계통-N에 전송된다.

입력신호는 일반적으로 다음 기기 및 계통으로부터 주요변수지시 및 경보계통-N에 전송된다.

가. 붕소농도측정기

나. 방사선감시계통

다. 다음을 포함한 핵증기공급계통 공정제어계통

| 2

- 1) 가압기압력 및 수위제어계통
- 2) 증기우회제어계통
- 3) 급수제어계통

라. 다음을 포함한 출력제어계통

- 1) 디지털제어봉제어계통
- 2) 원자로출력제어계통

마. 원자로트립스위치기어계통

바. 노외 및 노내 핵계측기

사. 원자로노심보호계통

- 1) 트립 논리 계산기
- 2) 제어봉집합체 계산기

아. 핵증기공급계통 건전성감시계통

자. 발전소보호계통

차. 보조공정 캐비닛

카. 비상디젤발전기계통

타. 전기계통

파. 원자로냉각재펌프측 속도감지계통

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

하. 노내 계측(가열접점열전대 및 노심출구열전대)

거. 전동발전기세트

너. 다양성보호계통

더. 보조설비계통 공정 기기제어계통

러. 지진발생시 원자로자동정지계통

디스플레이 프로세서와 서버간의 통신은 일정 주기로 수행된다. 모든 데이터는 자료취득 노드로부터 동일 주파수로 연속적으로 통신한다. 발전소 상태 변화는 몇몇 변수의 값을 변경시키나, 동일 통신주기 내에 통신되는 변수의 수량은 변경되지 않는다. 템플릿과 같이 지시화면 상의 정보 배치와 관련된 정보는 디스플레이 프로세서에 저장되므로 화면 선택이 변경될 경우 네트워크를 통해 통신할 필요성이 없다. 따라서 발전소 상태변화 또는 지시장치 상의 운전원 행위는 주요변수지시 및 경보계통-N 네트워크 상의 통신부하에 영향을 미치지 않는다(통신부하는 일정하게 유지됨).

주요변수지시 및 경보계통-N의 데이터 통신은 네트워크상의 실제 처리능력의 일부만 사용되도록 설계된다. 실제 처리능력은 분석에 의해 결정되며 시험에 의해 확인된다. 통신 부하는 일정하고 네트워크 용량 내에 있으므로 적절한 응답시간 성능이 보장된다. 성능시험은 실제 통신부하가 허용범위 내에 있고 실제 응답시간 성능이 설계기준을 만족하는지를 보장하기 위해 수행된다.

운전원에게 지시되는 정보의 양과 질에 최소한의 영향만 미치도록 온라인 보수, 시험 및 수리가 가능한 다중의 프로세서 및 네트워크가 제공된다. 각 서버에 공급되는 전원은 그림 7.5-1 “사고 후 감시의 다양성 표시” 및 그림 7.7-13 “주요변수지시 및 경보계통-N 구성도”에 나타난 바와 같이 단일 필수계기전원의 상실로 인해 한 세트 이상의 지시장치 상실이 발생되지 않도록 설계된다. 지시장치에 공급되는 전원의 상실은 블랙 스크린으로 나타난다. 한 쌍의 다중 세그먼트 프로세서에 공급되는 전원의 상실은 주요변수지시 및 경보계통-N상에 변수값 미지시로 나타난다.

### 7.7.1.4.2 주요변수지시 및 경보계통 평면표시기

주요변수지시 및 경보계통-N 디스플레이 프로세서는 주제어실에 제공되는 평면표시기장치를 구동한다. 이들 평면표시기들은 운전원 인간-기계 연계를 위해 마우스 또는 트랙볼을 제공한다. 이들 평면표시기들은 발전소 변수값 즉 개별 센서 값뿐만 아니라 검증된 값을 제공하고, 선택된 변수에 대한 추이정보 지시를 지원하며, 경보 목록을 제공한다.

평면표시기는 운전원이 지시 및 추이 변수를 선택할 수 있도록 하고, 운전원이 새로 발생된 경보를 검토하고 인식하며, 정상으로 되돌아 온 경보를 소멸하도록 한다.

각 평면표시기는 주요변수지시 및 경보계통-N에 의해 처리되는 모든 변수 및 경보에 접근 가능하다.

주요변수지시 및 경보계통-N은 안전 및 비안전계통으로부터 입력신호를 받는다. 주요변수지시 및 경보계통-N 서버는 수신된 데이터에 대해 검증 및 범위 선택처리를 수행한다.

1

개별 평면표시기의 고장이 주요변수지시 및 경보계통-N 서버에 악영향을 미치지 않는다.

각 평면표시기에는 주요변수지시 및 경보계통-N의 고장을 탐지할 수 있는 수단이 제공된다. 평면표시기상에 지시되는 동적인 “운전중” 표시는 계통 가용도를 신속히 점검하는데 사용된다. 주요변수지시 및 경보계통-N 로직이 변수를 검증할 수 없을 경우 운전원에게 통지된다.

신호검증기술, 자동범위설정, 추이지시, 다른 동적지시기능을 이용하는 모든 종류의 디스플레이 및 인간공학 설계관점에서의 상세 내용은 18장 “인간공학”에 기술되어 있다.

#### 7.7.1.4.3 경보지시 및 메시지 표시

주요변수지시 및 경보계통-N을 통해 제공되는 경보상태는 다음과 같다.

가. 음향신호

나. 미니 대형정보표시반상에 나타나는 경보 상태

다. 평면표시기상에 지시되는 경보 목록

경보 조건에 도달한 변수 또는 기기들은 18장 인간공학 기준에 따라 적절한 색상과 동적 심벌표시로 미니 대형정보표시반상에 지시된다.

추가로 주요변수지시 및 경보계통-N 평면표시기는 운전원에게 상세 경보 목록을 제공하고, 경보 인식 수단을 제공하며, 부가적인 경보 정보를 제공하며, 소멸된 경보를 리셋시킨다.

경보가 입력되면 미니 대형정보표시반 변수 또는 기기 심벌이 플래시 되고 음향신호가 짧은 고정주기 동안 발생된다. 주요변수지시 및 경보계통-N 평면표시기에는 경보조건에

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

대한 상세 메시지도 지시된다. 정보가 인식되지 않으면 주기적으로 “리마인더 톤”이 발생된다. 주요변수지시 및 경보계통-N 평면표시기는 운전원이 상세 경보 메시지 설명을 얻고 정보를 인식하기 위해 사용된다.

프로세서에 의해 처리되는 정보 로직은 검증된 공정변수를 사용하며, 불필요한 정보발생을 줄이기 위해 다중설정치관계성(multi-setpoint relationship)에 의한 정보 필터링을 사용한다.

비정상 상태에 체계적으로 대처하기 위해 정보는 3개의 우선순위(우선순위 1, 우선순위 2 및 우선순위 3)로 분류된다. 모든 우선순위 1 및 우선순위 2 정보와 우선순위 1 및 우선순위 2로 악화될 수 있는 우선순위 3 정보는 주요변수지시 및 경보계통-N에 의해 처리된다.

정보 논리 알고리즘, 우선순위, 모드 종속, 다른 동적 기능 및 인간공학 설계에 관한 상세 내용은 18장 “인간공학”에 기술되어 있다.

개별 주요변수지시 및 경보계통-N 서버는 한 서버 또는 통신 네트워크 연결장치의 고장이 다른 서버에 영향을 미치지 않도록 설계된다.

평면표시기 상에 나타나는 상세 경보 메시지는 주요변수지시 및 경보계통-N 디스플레이 프로세서에 의해 구동되므로 상세 경보 메시지에 대한 고장 모드는 위에서 설명한 것과 동일하다. 단일 평면표시기 고장시 정보 메시지는 대체 평면표시기상에 출력된다.

모든 주요변수지시 및 경보계통 평면표시기가 이용 불가능할 경우 공정정보 정보는 정보처리계통에서 독립적으로 처리되고 있으므로 정보처리계통 평면표시기 및 프린터 로그를 통해 이용 가능하다.

한 평면표시기의 고장이 주요변수지시 및 경보계통-N 서버 또는 다른 평면표시기에 부정적인 영향을 미치지 않으며, 서버는 지시 및 정보 인식을 위해 계속 기능을 수행하고 정보를 발생시켜 미니 대형정보표시반, 평면표시기 장치에 전송한다.

### 7.7.1.4.4 주요변수지시 및 경보계통 환경 검증

1E급 계기 채널은 내진 및 내환경 검증되며 계기 채널이 성능저하되지 않도록 채널 격리 장치(광케이블 모듈)를 포함한다.

주요변수지시 및 경보계통-N 평면표시기는 비 1E급이지만 주제어실 및 계측제어기기실 온도, 압력 및 습도 요건을 만족하여 설계된다. 주요변수지시 및 경보계통-N 컴퓨터 기기를 포함하고 있는 각 캐비닛에는 온도 센서가 제공되고, 온도가 명시된 캐비닛 환경조

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

건 한계에 도달하면 주제어실 운전원에게 정보가 제공된다.

모든 주요변수지시 및 경보계통-N 프로세서 및 디스플레이는 주제어실에서의 정보 가용성을 향상시키기 위해 물리적 기능적 건전성을 유지하도록 내진검증된다.

주요변수지시 및 경보계통-N 기기는 전기적 서지, 전자기파 장애, 정전기 방출 및 무선 주파수 간섭을 받았을 때 적절한 기능을 수행하도록 검증되어야 한다. 검증은 기기의 운전환경 그리고/또는 고유 설계 특성에 근거하여 적용된다.

### 7.7.1.4.5 주요변수지시 및 경보계통 품질등급 분류

주요변수지시 및 경보계통-N은 데이터를 감시하고 지시하기 때문에 엄밀히 말해 발전소 안전기능을 직접적으로 수행하지 않는다. 그러나 주요변수지시 및 경보계통-N은 그 중요성 때문에 의도된 기기 용도와 동등한 품질을 보장하기 위해 개발된 품질 프로그램에 따라 설계되어야 한다. 주요변수지시 및 경보계통의 안전등급, 전기등급, 품질등급 및 내진범주 등은 표 3.2-1에 기술된다.

주요변수지시 및 경보계통은 1E급 및 비 1E급 양쪽으로부터 신호를 받음에 따라 모든 주요변수지시 및 경보계통 입력/출력기기는 채널 A, B, C 및 D 1E급 입력의 성능을 저하시키는 고장이 발생하지 않도록 검증된다. 그림 7.5-1 “사고 후 감시의 다양성 표시” 및 그림 7.7-13 “주요변수지시 및 경보계통-N 구성도”에 나타나 있는 것과 같이 1E급 신호 연계 기기는 격리를 위해 검증된 광케이블 네트워크 연계를 사용한다.

주요변수지시 및 경보계통-N의 소프트웨어 품질등급은 안전중요등급(Important to Safety)으로 설계 및 제작된다.

### 7.7.1.4.6 주요변수지시 및 경보계통 확인 및 검증요건

주요변수지시 및 경보계통은 계통 요건이 정확하게 반영되었고 모든 기능 요건이 만족됨을 보장하기 위해 철저하고 체계적인 확인 및 검증 프로그램이 수행된다. 이 프로그램은 참조문서 1에 따라 수행된다.

### 7.7.1.5 대형정보표시반

대형정보표시반은 필수안전기능 지시와 더불어 중요 정보를 신속히 판단할 수 있도록 해주는 단독 설비이다. 대형정보표시반은 운전요원들이 발전소 전반적인 상태를 신속히 판단할 수 있도록 필요한 정보를 지시한다. 대형정보표시반은 우선순위 1 경보, 제어 설정치와의 편차, 중요 변수값, 계통 운전상태 및 비 운전상태를 도식적 형태로 지시한다. 대형정보표시반은 주제어실 운전원콘솔 정면에 대형 미믹보드 디스플레이 형태로 설치되며

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

(18장 참조) 정보처리계통의 최상위 화면표시기 화면으로도 제공된다.

대형정보표시반에는 주요 계통 및 이를 지원하기 위해 요구되는 계통(안전 및 전력생산 계통)들이 표시된다. 이들 계통에는 규제지침서 1.47에 따라 계통 수준의 운전상태 감시가 요구되는 계통들을 포함한다.

대형정보표시반의 설계 기준은 발전소 요원들이 발전소의 운전상태를 신속히 판단하고, 주요 운전 관심사항을 신속히 확인하며, 운전원 조치의 우선순위를 신속히 결정할 수 있도록 상위 수준의 전반적인 발전소 공정 정보를 제공하는 것이다. 이러한 정보는 중요 발전소 변수 및 데이터를 선택하여 18장 인간공학 설계기준에 따라 표현함으로써 달성된다.

아울러 변수 선택시 사용된 기준과 대형정보표시반에 사용된 다른 지시들에 대해서는 18장을 참조 한다.

### 7.7.1.5.1 대형정보표시반 구성

대형정보표시반 데이터는 그림 7.7-14에 나타나 있는 것과 같이 정보처리계통에 의해 운전원에게 제공된다. 대형정보표시반 정보는 안전제어반의 미니 대형정보표시반을 통해 볼 수 있고, 대형정보표시반 화면은 모든 정보처리계통 평면표시기 상에서도 접근이 가능하기 때문에 정보처리계통의 상실은 운전원의 발전소 상태 판단 능력을 심각하게 감소시키지 않는다.

### 7.7.1.5.2 대형정보표시반

18장에 기술된 바와 같이 대형정보표시반 지시는 정보처리계통에 의해 제공된다.

기기 및 계통상태, 이용도 및 제어 설정치와의 편차는 정보처리계통에서 계산되며 결과가 대형정보표시반에 전송된다. 대형정보표시반 지시를 위해 검증된 중요 변수, 경보 및 변수 추이는 정보처리계통의 계산값에 기초한다.

대형정보표시반은 정상 시 정보처리계통으로부터 데이터를 받는다. 정보처리계통 상실시 운전원은 안전제어반의 미니 대형정보표시반을 통해 대형정보표시반 화면에 접근 가능하다. 주요변수 지시 및 경보계통은 공정 계측 경보, 디지털 변수값 및 추이를 제공한다. 운전원은 또한 주요변수 지시 및 경보계통 평면표시기를 통해 발전소 계통의 운전 상태를 확인할 수 있다. 높은 신뢰도의 대형정보표시반 데이터는 각 계통이 검증된 변수값을 사용함으로써 달성된다.

미니 대형정보표시반은 지진사고시 구조적 건전성이 유지되도록 설계된다.

#### 7.7.1.5.3 대형정보표시반 지시

대형정보표시반은 정보처리계통 지시 화면 계층에서 최상위 지시 화면이 된다. 이것은 주제어실 운전원콘솔 어느 곳에서나 기술지원실 및 비상대책실과 같이 떨어져 있는 곳에서도 대형정보표시반에 접근이 가능하다.

#### 7.7.1.6 핵증기공급계통 건전성감시계통

핵증기공급계통 건전성감시계통은 원자로냉각재계통압력경계의 이상을 나타내거나 이상을 초래할 수 있는 상태를 감지한다. 이 계통은 아래의 4개 부계통으로 구성된다.

가. 원자로내부구조물 진동감시계통

나. 음향누설감시계통

다. 금속파편감시계통

라. 원자로냉각재펌프 진동감시계통

##### 7.7.1.6.1 원자로내부구조물 진동감시계통

가. 기능

원자로내부구조물 진동감시계통의 기본기능은 원자로내부구조물의 운동의 변화를 감지할 수 있는 자료를 제공하는 것이다.

원자로내부구조물 진동감시계통의 부차적 기능은 이러한 운동이 변화할 때 그 원인을 진단하는 데 필요한 정보를 제공하는 것이다.

나. 동작원리

원자로내부구조물 진동감시계통은 노외중성자속감시계통 각 안전채널의 검출기로부터 전송된 선형 중성자속신호를 이용한다. 이 계통은 노심지지배럴과 같은 원자로내부구조물의 움직임으로 인해서 중성자흡수경로 길이가 달라져서 생기는 노외중성자속신호의 시간에 따른 변화를 감지한다.

구조물의 움직임이 변화되면 그 움직임과 관련된 주파수 스펙트럼에서 나타나는 주파수나 돌출값(amplitude of peaks)이 달라지며, 이러한 변화는 구조물의

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

구조적 조건의 변화와 관련이 있다.

노심지지배럴의 체결력을 감시하기 위해 노외중성자속신호를 이용하는 것에 대한 기술기준인 ASME OM-S/G-2003, Guide, Part 5(참고문헌 2)가 있으며, 이 기술기준에서는 한 핵연료주기 동안 감시가 이루어져야 할 시기와 이러한 감시기간 동안에 획득한 자료의 분석에 관한 권고사항을 기술하고 있다. 원자로내부구조물 진동감시계통은 이 기술기준에서 권고한 모든 분석을 수행할 수 있는 능력을 갖는다.

### 다. 계통설명

운전원은 정보기로 입력된 노외중성자속신호를 선택할 수 있으며, 정보기는 원자로 내부구조물 진동변화를 감시하고 다음 값을 계산하여 신호를 진폭, 주파수, 그리고 위상에 따라 분류함으로써 진단기능을 수행한다.

- 가) 정규화된 출력스펙트럼밀도(NPSD)
- 나) 상호출력 스펙트럼밀도(CPSD)
- 다) 상관도(coherence)
- 라) 상대위상(relative phase)

이 계통에서 발생된 정보는 정보처리계통에 제공된다.

#### 7.7.1.6.2 음향누설감시계통

##### 가. 기능

음향누설감시계통의 기능은 1차계통 특정 기기나 위치에서 발생한 누설을 감지하는 것이며, 규제지침서 1.45 “원자로냉각재압력경계 누설감시계통”(참고문헌 3)의 요건을 만족하도록 설계된다. 그림 7.7-15는 음향누설감시계통 입력신호를 보여준다.

##### 나. 동작원리

유체의 누설은 누설부위의 압력변동을 초래하며, 이로 인해서 응력파(Stress Waves)가 매질을 통해 전파된다. 이 응력파는 압력경계면을 진동시키며, 이것은 압전형 음향방출(Acoustic Emission) 감지기를 통해서 감지된다. 감지기는 누설을 감시할 기기 위에 직접 또는 근처에 부착된다. 누설이 생기면 누설위치의 배경잡음준위(Local Background Level) 이상으로 감지기의 신호준위가 상승하여 누설이 감지된다. 누설에 의해서 발생하는 운동에너지 크기에 비례하는 신호준위의 실효값으로 누설률을 알 수 있으며, 그 비례상수는 누설점과 감지기 사이의 거리 및 누설의 형태에 따라 달라진다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 다. 계통설명

감지기는 표 7.7-1에 기술된 위치에 설치된다. 감지기로부터의 신호는 저잡음 및 고온용 케이블을 통하여 원자로건물 내부에 있는 전치증폭기로 전송된다. 전치증폭기의 출력은 계측제어기기실 내부에 있는 음향누설감시계통 경보기 (Alarm Unit)로 전달된다. 경보기는 특정 주파수영역 내의 신호의 실효값을 계산하고 경보 설정값과 비교한다. 감시할 주파수영역은 민감도(누설크기 및 거리)에 대한 배경잡음에 대한 제거 정도를 고려하여 결정한다. 경보 설정값은 기동시험기간 중에 결정되며, 발생한 경보는 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통에 제공된다. 발전소의 가동중에 계통설비의 성능을 교정할 수 있다.

증폭된 입력신호는 경보기에서 신호 처리된 후, 디지털신호로 변환되어 분석된다. 경보기는 다음의 기능을 수행한다.

- 1) 자료저장 및 비교
- 2) 경향추적
- 3) 보다 정확하게 신호특성을 파악하기 위한 분석

#### 7.7.1.6.3 금속파편감시계통

### 가. 기능

금속파편감시계통의 기본 기능은 1차계통 압력경계 내부에서 유동하는 금속파편이 구조물에 충격을 가할 때 이를 감지하는 것이다.

금속파편감시계통의 부차적 기능은 ASME OM-S/G-2003, Standard, Part 12 (참고문헌 5)의 진단요건에 따라서 금속파편의 충격 위치, 금속파편의 충격에너지 및 금속파편의 질량을 결정하는 데 도움이 되는 진단정보를 제공하는 것이다.

이 계통은 규제지침서 1.133, “경수형원자로의 1차계통에 대한 금속파편 감시계통” (참고문헌 4) 요건과 ASME OM-S/G-2003, Standard, Part 12, “Loose Part Monitoring in Light-Water Reactor Power Plants” 의 요건을 만족하도록 설계된다. 그림 7.7-16은 금속파편감시계통의 입력신호를 보여준다.

채널검사는 운전중에 채널 반응을 관찰하여 질적인 평가를 제공한다. 채널기능검사는 전치증폭기에 모의신호를 인가하여 경보기능을 포함한 채널 운전성

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

확인방법을 제공한다. 배경잡음검사는 경보판별 준위를 결정하는 근거를 제공한다. 채널교정은 원자로냉각재계통 및 증기발생기의 선택된 위치에 충격장치를 사용하여 충격시험 후에 기준자료(baseline data)를 취득한다.

이 계통은 거짓경보를 구별할 수 있도록 설계되고, 유효경보는 운전원에게 알려진다. 운전원은 충격채널에 대한 가청 감시를 수행하고 계통 담당자에게 ASME OM-S/G-2003 Standard, Part 12의 진단 권고에 따라 충격위치, 금속파편의 질량 및 금속파편에 의한 충격에너지를 결정하도록 요청한다.

### 나. 동작원리

1차계통 내부의 압력경계에 금속파편이 충돌하면 이 압력경계표면을 통하여 일련의 파동이 전달되고, 이러한 파동의 전파는 압력경계표면의 진동을 발생시켜 감시대상기기의 외부 표면에 부착되어 있는 가속도계로 감지된다.

금속파편은 불규칙한 충격파를 발생시키며, 이 충격파의 진폭, 반복률, 주파수 및 감지기 사이의 시간지연 등은 금속파편의 질량, 충격에너지, 충격위치 등을 파악할 수 있는 요소이다.

### 다. 계통설명

금속파편감시계통은 표 7.7-2에 기술된 위치에 설치된다. 이러한 위치는 1차계통에서 금속파편에 대한 자연수집영역(natural collection region)을 고려한 것이다. 동일한 자연수집영역에 설치된 감지기와 케이블 및 전치증폭기 등은 원자로건물 내부에서 2개 그룹으로(홀수 및 짝수번호의 채널로) 물리적으로 분리되어 설치된다.

감지기로부터의 신호는 저잡음 및 고온용 케이블을 통하여 원자로건물 내부에 있는 전치증폭기로 전송된다. 전치증폭기의 출력은 계측제어기기실 내부에 있는 금속파편감시계통의 경보기로 전달된다. 경보기는 미리 결정된 설정값과 감지기 출력의 최대치를 비교하여, 경보신호를 주요변수지시 및 경보계통-N과 정보처리계통에 제공한다.

### 라. 시험 및 검사

금속파편감시계통은 표 7.7-2에 표시된 모든 감지기에 대하여 운전 가능해야 한다.

금속파편감시계통에 대한 점검요구사항, 점검주기 및 적용모드는 표 7.7-5를

적용한다.

#### 7.7.1.6.4 원자로냉각재펌프 진동감시계통

##### 가. 기능

원자로냉각재펌프 진동감시계통의 기본 기능은 ASME OM-S/G-2003 Guide Part 14(참고문헌 6)의 권고에 따라 펌프 및 모터 베어링의 진동 특성을 감시하고, 원자로냉각재펌프축(Shaft)의 축 변위와 회전 속도를 감시하는 것이다.

부차적 기능은 축 정렬, 회전부 균형(rotor balancing) 및 축 균열 감지에 필요한 진단정보를 제공하는 것이다.

##### 나. 동작원리

와전류 원리에 따라, 근접센서는 탐침 끝(probe tip)과 펌프 축 사이의 거리 변화를 감지한다. 근접센서는 탐침 끝을 통해 원자로냉각재펌프축의 이동식 축의 표면으로 무선주파수 신호를 발생시킨다. 와전류가 이동식 축 표면에 발생되므로 신호의 크기가 감소되며, 근접센서는 되돌아 온 신호 크기의 감소를 감지하며, 이 신호는 경보기(Alarm Unit)로 전송된다.

압전형 가속도계가 원자로냉각재펌프모터 및 펌프 베어링의 진동준위를 감지하기 위해 사용된다. 가속도계 내부에 있는 압전형 수정(piezoelectric crystal)은 기계적 진동으로 인한 압축력 또는 인장력을 받아 이에 대응되는 전하를 발생한다. 전치증폭기는 가속도계 내부 전하의 변화를 전압신호로 변화시키고, 이 신호는 경보기로 전송된다.

경보기는 전치증폭기 및 근접센서의 입력신호를 처리하고, 변수를 표시하며 원자로냉각재펌프의 축 및 베어링의 동적인 진동상태를 궤적 및 막대그래프 형태로 표시한다.

##### 다. 계통설명

근접센서 및 가속도계의 신호는 경보기에서 신호 처리된 후, 펌프 축 및 펌프/모터 베어링의 진단에 사용된다.

회전기기의 진동감시를 위한 ASME OM-S/G-2003, Guide, Part 14는 원자로냉각재펌프 진동감시계통 설계를 위한 지침을 포함한다. 원자로냉각재펌프 진동감시계통은 이 기술기준에서 권고하는 모든 분석기능을 수행할 수 있다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 7.7-3에 표시된 감지기 위치는 원자로냉각재펌프의 구조적인 특성을 고려하여 결정되었다.

경보기는 4개의 원자로냉각재펌프에 대하여 다음과 같은 특성을 보여준다.

- 1) 근접센서 신호를 이용하여 기준 마크와 함께 축궤도표시(shaft orbit plot)
- 2) 키페이저(key phasor) 근접센서 신호를 이용하여 기준위상(reference phase)을 제공하며, RPM 단위로 원자로냉각재펌프의 속도표시
- 3) 가속도계 신호를 이용하여 모터 및 펌프 베어링 진동값을 막대그래프(bar chart)로 표시

경보기는 원자로냉각재펌프 신호를 취득하고, 신호준위가 미리 설정된 설정값을 초과하면 경보를 발생한다. 경보기는 경보를 정보처리계통에 제공한다.

경보기는 원자로냉각재펌프 모터 및 펌프 베어링과 펌프축의 감시 및 진단을 위하여 여러가지 자료 및 도표를 제공한다.

### 7.7.1.7 정보처리계통

정보처리계통은 발전소 감시 및 제어를 위한 운전수단을 제공하는 컴퓨터 기반의 계통이다. 정보처리계통의 정보들은 다른 계측제어계통 및 응용프로그램이라고 부르는 자체적으로 가지고 있는 알고리즘으로부터 얻어지게 된다. 정보처리계통은 발전소 운전원이 이용할 수 있는 실시간 정보뿐만 아니라 과거의 정보도 제공한다.

정보처리계통은 부가적으로 전반적인 발전소 운전성, 이용률 및 효율이 향상되도록 설계된다. 이러한 설계는 발전소 통합정보화면의 사용 및 발전소 정지를 초래할 수 있는 조건에 대한 조기경보 등을 통해 구현된다. 자료 분석을 통해 일정한 범위 내에서 운전중인 발전소의 원자로 노심, 1차 및 2차 계통 및 기기의 성능을 계속적으로 평가하여 운전원을 지원한다.

정보처리계통은 핵증기공급계통, 보조설비계통 및 전력계통에 대한 감시 및 제어기능을 수행한다. 정보처리계통은 운전원이 유지보수 화면을 통해 상세한 발전소 데이터를 얻을 수 있도록 한다. 이러한 인간-기계 연계장치는 18장에서 검토된 인간공학지침(HFEG)에 맞도록 주제어실에 통합되어 제공된다.

정보처리계통에 의해 수행되는 주요 기능에는 발전소 전체적인 자료취득, 감지된 변수들의 확인, 핵증기공급계통 응용프로그램들의 실행, 보조설비계통의 성능계산, 발전소 안전상태 및 일반적인 상태의 감시, 운전원콘솔 화면 상에 계산결과 및 상태 표시, 운전기록

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

제공 그리고 정보조건 결정 등이 있다.

### 7.7.1.7.1 정보처리계통 기능

정보처리계통은 입력자료를 분석하는 알고리즘 처리기능을 수행한다. 처리결과는 필요시 외부의 다른 계통에 전송되고, 운전원콘솔 화면 및 대형정보표시반을 통해 발전소 운전원이 사용 가능하게 한다.

정보처리계통은 주 처리장치, 화면표시장치, 자료저장장치, 프린터 및 기타 지원설비로 구성된다. 주 처리장치는 입력된 데이터에 대한 응용처리 및 계산된 결과를 운전원콘솔 화면 및 대형정보표시반에 전송하는 기능을 수행한다.

정보처리계통에 의해 수행되는 주요기능에는 다음 기능이 포함된다.

- 가. 데이터통신 네트워크를 통해 발전소의 다른 계통으로부터 발전소 입출력 데이터를 취득한다.
- 나. 핵증기공급계통, 보조설비계통 그리고 일반적인 발전소 감시프로그램을 통해 얻은 데이터에 대한 응용처리 기능을 수행한다.
- 다. 운전원콘솔 화면 및 대형정보표시반을 통해 운전원에게 상세한 발전소 공정자료를 제공한다.
- 라. 자료를 저장하고 검색한다.
- 마. 비정상 조건 또는 사고조건 동안에 운전원을 지원하기 위한 안전변수 화면을 제공하고, 주제어실, 원격정지실, 기술지원실 그리고 비상대책실에 해당 자료를 제공한다.
- 바. 운전기록보고서를 만든다.
- 사. 제어대상의 선택을 포함하여 운전원의 제어행위를 지원한다.
- 아. 대형정보표시반에 발전소 특정한 상태정보 및 경보정보를 제공한다.
- 자. 연속적으로 자체 건전성 감시를 위해 온라인 진단기능을 제공한다.
- 차. 입력신호에 대한 신호검증을 수행한다. 다중의 감지기에 의해 감지된 변수의 대표값을 결정한다.
- 카. 전산화절차서를 처리한다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

다. 정보처리계통 내의 단일고장에 의해 앞에서 기술한 기능들이 상실하지 않도록 하드웨어의 단일고장을 고려한다.

다음의 정보처리계통 화면들이 각 운전원콘솔 화면에 제공된다.

가. 계통화면

나. 기능화면

다. 절차서화면

라. 지원화면

상기 화면표시 유형들에 대한 상세한 내용은 18장에 기술되어 있다.

18.2.6절에 기술된 경보기능은 정보처리계통에서 처리하며 운전원에게 제공되는 전체 경보수량이 최소화되고 의사경보(불필요 경보) 발생이 최소화되도록 한다. 운전원이 경보의 상대적인 중요도를 알 수 있도록 경보 우선순위 범주를 적용한다.

정보처리계통의 정보화면 및 경보에 관한 상세 설계내용은 18장을 참고한다.

정보처리계통은 많은 경보가 발생된 상황에서도 상실된 경보가 없도록 충분한 경보 버퍼가 제공되게 설계한다.

### 7.7.1.7.2 정보처리계통 구성

그림 7.7-17은 정보처리계통의 구성기기 간의 상호관계에 대해 상위수준의 개요를 나타내고 있다. 정보처리계통 구조는 분산형 고장허용 설계를 기반으로 하고 있다. 데이터통신 네트워크는 발전소 다른 계통으로부터 발전소 공정데이터를 취득하여 정보처리계통에 전송한다.

정보처리계통의 처리장치는 다음과 같이 구성된다.

가. 응용처리장치

정보처리계통의 응용프로그램처리 및 경보처리 기능은 이중화된 응용처리장치에 의해 실행되며 그 중 하나는 주 처리장치이고 다른 하나는 백업 전용이다. 주 응용 처리장치가 고장시 백업 응용처리장치가 고장 난 응용처리장치의 모든 처리임무를 수행한다. 이들 응용처리장치는 데이터통신망을 통해 운전원콘솔,

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

대형정보표시반, 엔지니어스테이션 등과 통신한다.

정보처리시스템의 응용기능은 처리장치의 부하를 최소화하고, 작업 스케줄링을 단순화한다. 또한 응용기능(정보처리시스템의 신뢰도를 개선하는 모든 기능) 간의 의도하지 않은 상호작용이 일어날 가능성에 대한 잠재성이 최소화되도록 설계한다.

### 나. 엔지니어스테이션

엔지니어스테이션이 정보처리시스템의 소프트웨어 유지보수, 구성, 시험 및 시스템 진단에 사용된다.

### 다. 평면표시기

정보처리시스템 평면표시기는 평면표시기 및 구동장치로 구성된다. 각 평면표시기는 전용의 화면처리장치에 의해 구동되며, 운전원 연계기능을 제공한다.

평면표시기에는 평면표시기 화면 상에 표시하기 위한 필수적인 정보처리시스템 화면들을 저장하는데 충분한 용량의 내부 디스크 및 기억장치가 설치된다. 정보처리시스템 평면표시기는 데이터 통신망을 통해 응용 처리장치 그리고 엔지니어스테이션과 통신한다. 정보처리시스템의 평면표시기에 연계된 공학적인 안전설비 기기제어시스템 소프트웨어는 정보처리시스템과 전기적, 물리적으로 독립되어 있다.

만약 통신오류가 발생하면, 적절한 메시지가 발생된다. 이때에 통신오류의 원인을 격리하도록 진단시험 기능이 제공된다.

고속 프린터가 주제어실, 계측제어기기실, 전산실, 방사성폐기물제어실, 기술지원실, 비상대책실 그리고 원격정지실에 제공된다.

정보처리시스템의 소프트웨어는 모듈화되고 구조화된 프로그램으로 구성되어 있다. 개발된 프로그램은 원래의 목록을 통해 일치하는지 확인되게 된다.

정보처리시스템의 온라인 운전은 전자기기 주변장치들에 대한 의존성을 최소화한다. 모든 주요 응용프로그램은 기억장치에 상주되어 있고 디스크, 프린터가 고장 나더라도 계속해서 실행될 수 있는 구조로 되어 있다.

응용프로그램은 각 처리장치에서 정보처리시스템 임무의 스케줄링을 제어하도록 설계되어 있다. 응용프로그램은 또한 구성 프로그램에 의해 온라인으로 생성된 진단 스케줄링 메

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

시지도 처리한다.

### 7.7.1.7.3 정보처리계통 내환경성 검증

정보처리계통은 안전성관련 계통이 아니며, 비안전성관련 기능을 수행하고 지진사고 동안 또는 후에 정상작동이 요구되지 않는다. 그러나 주제어실에 설치되는 정보처리계통 기기는 지진사고 결과에 의한 비산물 위험을 초래하지 않도록 설계된다. 검증은 시험 및 분석에 의해 수행된다. 정보처리계통은 3.10절 및 3.11절에 따라 주제어실 기기에 대한 특정한 환경범위 이상에서 작동되도록 설계된다. 정보처리계통 기기 캐비닛은 온도스위치가 제공되고, 캐비닛 내부의 온도가 위치한 장소의 환경이 특정한 제한치 이상의 온도에 도달하면 운전원에게 알리고 주제어실에 관련 정보를 올린다.

### 7.7.1.7.4 정보처리계통 확인 및 검증 요건

정보처리계통은 계통이 정확하게 구현되었고 모든 기능요건을 만족한다는 것을 보장하도록 철저하고 체계적인 확인 및 검증 프로그램을 따른다. 프로그램은 7.7.3절의 참고문헌 1(소프트웨어프로그램매뉴얼)에 따라 구현한다.

### 7.7.1.7.5 정보처리계통 핵증기공급계통 응용프로그램

다음 절에서 기술되고 있는 핵증기공급계통 응용프로그램은 정보처리계통에서 구현되며, 운전원이 발전소를 지정된 제한치 내에서 운전을 가능하게 하고, 원자로 노심 성능을 평가하는데 필요한 정보를 제공한다.

#### 7.7.1.7.5.1 노심운전제한치감시계통(COLSS)

##### 7.7.1.7.5.1.1 일반사항

노심운전제한치감시계통(COLSS)은 공정변수들의 계측과 아래와 같은 운전제한치를 감시하기 위한 알고리즘으로 구성되어 있다(참고문헌 7).

가. 선출력밀도 여유도

나. 핵비등이탈률 여유도

다. 노심전출력

라. 사분출력경사비(azimuthal tilt)

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

마. 축방향출력편차(axial shape index)

노심운전제한치감시계통은 선출력밀도 여유도, 핵비등이탈률 여유도, 노심전출력, 사분출력경사비, 축방향출력편차를 연속적으로 계산하여 계산값을 해당 운전제한치와 비교한다. 만약 어느 계산값이라도 운전제한치를 초과하면, 노심운전제한치감시계통 경보가 발생하고 운전원은 운영기술지침서에 따라서 적절한 조치를 취해야 한다.

안전계통제한설정치, 노심출력운전제한치, 축방향출력편차 및 사분출력경사비 운전제한치들은 다음과 같은 기준을 만족하도록 정해진다.

가. 어떠한 예상운전과도사건의 결과도 안전제한치를 초과하지 않는다.

나. 가상사고의 결과는 예상치 이내이다.

원자로보호계통은 정해진 안전계통제한치에서 원자로를 정지시키는 역할을 수행한다. 노심운전제한치감시계통은 예상운전과도사건 또는 가상사고 동안 직접적인 안전에 관련된 역할을 수행하지 않기 때문에 발전소 안전을 위해서 요구되지는 않는다. 운영기술지침서는 운전중 원자로 노심 상태가 안전해석 그리고 저 핵비등이탈률 및 고 국부출력밀도 운전정지 설계시 가정한 초기조건보다 악화되지 않도록 운전제한조건을 규정하고 있다. 노심운전제한치감시계통은 원자로 노심상태를 효율적으로 감시하고, 운전원이 운영기술지침서의 운전제한조건 범위 내에 노심상태를 유지하도록 도움을 주는 지시와 경보기능을 제공한다.

노심운전제한치감시계통 알고리즘은 정보처리계통에서 수행된다. 정보처리계통의 계산속도와 처리용량은 많은 양의 독립적인 발전소 운전변수를 아래와 같은 3개의 감시하기 용이한 변수로서 나타난다.

가. 노심출력제한치 여유도(핵비등이탈률 제한치, 노심운전제한치감시계통 선출력 밀도 제한치와 인허가출력 제한치에 근거함)

나. 사분출력경사비

다. 축방향출력편차

만약 노심운전제한치감시계통이 갖추어져 있지 않다면 원자로 노심 변수들을 운영기술지침서에 정해진 운전제한치 이내로 유지하기 위해서는 노심운전제한치감시계통 계산에 사용되는 각각의 비안전등급 관련 변수들을 감시하고 경보하여야 한다. 즉, 노심운전제한치감시계통은 많은 독립변수들을 몇 개의 감시하기 쉬운 변수로 통합한 것이다. 노심운전제한치감시계통 지시기의 간결함은 운전원에 의해 감시되어야 할 변수의 수가 줄기 때

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

문에 확실히 운전측면의 장점이 있다.

노심운전제한치감시계통의 적절한 수행과 알고리즘이 모든 예상되는 조건에 대해서 적절한 결과를 내는 것을 확인하기 위해서 상세한 공정시험이 수행된다.

### 7.7.1.7.5.1.2 계통설명

노심운전제한치감시계통 계산에 사용되는 측정 입력변수에 대한 감지기의 유효성 점검은 노심운전제한치감시계통에 의해서 수행된다. 감지기의 유효성 점검은 다음의 조건에 대해서 감지기입력을 점검함으로써 수행된다.

가. 감지범위 밖

나. 유사한 감지기 간의 과도한 차이

감지범위를 벗어날 경우 다음 중 한 가지 조치가 취해진다.

가. 동일한 감지기 입력(이용 가능한 경우)에 의한 고장난 감지기 입력의 자동 교체

나. 충분한 공정 정보가 이용 가능하지 않을 경우 자동적인 기능 중단

다. 정해진 노심운전제한치감시계통 입력에 대한 상수의 교체(관리 통제하에 수행)

만약 감지기가 범위를 벗어나면, 경보가 발생되고 수정 조치가 자동적으로 시작된다.

노심출력분포는 노심운전제한치감시계통에 의해서 계속적으로 감시되고 노심평균 축방향 출력편차가 계산된다. 계산된 축방향 출력편차가 정해진 축방향 출력편차 내에 들도록 원자로를 운전하는 것은 실제 노심의 축방향 출력편차가 사고해석에서 사용된 값의 범위 이내에 있음을 보장한다. 선출력밀도에 근거한 노심출력운전제한치는 노심출력분포로부터 계산된다. 원자로를 이 출력제한치 이하에서 운전하는 것은 선출력밀도의 침투치가 결코 냉각재상실사고 해석에서 가정된 값을 초과하지 않음을 보장한다.

핵비등이탈률 여유도에 영향을 주는 노심 변수들은 노심운전제한치감시계통에 의해서 계속적으로 감시되고, 핵비등이탈률에 근거한 노심출력운전제한치가 계산된다. 원자로를 이 노심출력운전제한치 이내에서 운전하는 것은 예상운전과도사건 시 핵비등이탈률이 허용핵연료설계제한치(SAFDL) 보다 작은 값으로 떨어지지 않음을 보장한다.

또한 인허가 출력에 근거한 노심출력운전제한치는 노심운전제한치감시계통에 의해서 감

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

시된다. 원자로를 이 노심출력운전제한치 이하에서 운전하는 것은 노심전출력이 사고해석에서 초기조건으로 가정한 값보다 크지 않음을 보장한다.

축방향출력편차, 노심출력, 그리고 침두선출력밀도 및 핵비등이탈률에 근거한 노심출력운전제한치는 대형정보표시반에 계속적으로 표시된다. 노심출력과 가장 근접한 노심출력운전제한치 사이의 여유도 또한 정보처리계통의 일부분으로 제공되며 대형정보표시반에 계속적으로 표시된다. 노심운전제한치감시계통에서 계산된 노심출력이 노심운전제한치감시계통에서 계산된 노심출력운전제한치를 초과할 경우에는 경보가 발생된다.

이상의 계산 이외에도, 사분출력경사비가 노심운전제한치감시계통에서 계산된다. 사분출력경사비는 원자로노심보호계통에 의해서 직접적으로 감시되지는 않으나, 정상운전중 예상되는 최대출력경사비에 근거한 사분출력경사비 허용치가 원자로노심보호계통에서 가변상수로서 제공된다. 이 사분출력경사비 허용치는 저 핵비등이탈률 및 고 국부출력밀도 계산에 사용된다. 사분출력경사비는 계속적으로 노심운전제한치감시계통에 의해서 감시되며 원자로노심보호계통에서 설정된 사분출력경사비 허용치를 초과하면 경보가 발생한다. 또한 사분출력경사비 경보는 운영기술지침서에 규정된 사분출력경사비를 초과하면 발생한다(제 1편 3.2.3절 참조).

다음 사항은 노심운전제한치감시계통에 의해서 계산된다.

가. 원자로냉각재 체적유량

나. 다음에 의해서 결정된 노심출력

- 1) 원자로냉각재 온도차
- 2) 2차계통 열평형
- 3) 터빈 첫째 단 압력

다. 축방향출력편차

라. 사분출력경사비

마. 선출력밀도 노심출력운전제한치

바. 핵비등이탈률 노심출력운전제한치

사. 각 노심출력운전제한치에 대한 여유도

다음의 노심운전제한치감시계통 변수들은 정보처리계통 평면표시기와 대형정보표시반을

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

통하여 계속적으로 운전원이 이용 가능하다.

가. 선출력밀도 노심출력운전제한치

나. 핵비등이탈률 노심출력운전제한치

다. 노심전출력

라. 노심출력과 가장 근접한 노심출력운전제한치와의 여유도

마. 축방향출력편차

알고리즘들은 정보처리계통에서 수행된다. 원자로노심에 대한 운영기술지침서는 정보처리계통이 운전중이지 않을 경우 별도로 운전제한조건을 감시하는 방법을 기술하고 있다. 노심운전제한치감시계통 경보는 다음의 경우에 시작된다.

가. 노심출력이 노심출력운전제한치를 초과한 경우

나. 축방향출력편차가 제한치를 초과한 경우

다. 사분출력경사비가 보호계통설정치 또는 운영기술지침서 제한치를 초과한 경우

노심운전제한치감시계통 알고리즘의 설명과 노심운전제한치감시계통 입력정보의 처리에 대한 해석은 참고문헌 7에 포함되어 있다. 표 7.7-4는 노심운전제한치감시계통 알고리즘의 입력정보를 제공하는 감지기의 종류, 개수 및 범위들을 나타낸다. 노심운전제한치감시계통의 기능 도표는 그림 7.7-18로 제공된다.

### 7.7.1.7.5.1.3 노심운전제한치감시계통 알고리즘

#### 7.7.1.7.5.1.3.1 원자로냉각재 체적유량

핵비등이탈률 여유도는 원자로냉각재 체적유량의 함수로 표시된다. 네 개의 원자로냉각재펌프 회전속도신호와 네 개의 원자로냉각재펌프 차압 계기신호는 노심운전제한치감시계통에 의해 감시되며 체적유량의 계산에 사용된다. 펌프의 특성은 펌프 공급자의 시험장비로 수행되는 시험으로 결정되고 펌프 회전속도 및 펌프 차압으로부터 체적유량을 결정한다. 펌프 시험시 측정 불확실도와 노심운전제한치감시계통 측정채널 불확실도는 출력운전제한치에 대한 여유도 계산에서 인자로 적용된다.

원자로용기의 체적유량은 펌프 네 대의 체적유량의 합이다. 노심우회유량, 유량인자, 원

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

원자로냉각재 온도 및 다른 고려사항들에 대한 필요한 허용오차들이 핵비등이탈률의 계산에 사용되는 유량값의 인자로 적용된다.

### 7.7.1.7.5.1.3.2 노심출력의 계산

원자로냉각재 온도차 출력, 터빈출력 및 2차측 열출력이 노심운전제한치감시계통에서 계산된다. 원자로냉각재 온도차 출력과 터빈출력의 알고리즘은 2차측 열출력의 알고리즘보다 간단하며 더욱 빈번하게 계산이 수행된다. 원자로냉각재 온도차 출력과 터빈출력은 계속해서 보정해야 하는 반면에 2차측 열출력은 표준 출력으로 사용된다. 이와 같은 구성은 2차측 열출력의 정확성과 원자로냉각재 온도차 출력 및 터빈출력의 계산 속도의 장점을 제공한다.

원자로냉각재 온도차 출력은 원자로냉각재 질량유량, 원자로냉각재 저온관 온도 및 고온관 온도를 사용하여 계산된다. 터빈출력은 터빈 첫째 단 압력을 사용하여 계산된다. 터빈출력은 부하변동에 대한 노심 출력변화의 선행 지시를 나타낸다.

2차측 열출력은 급수유량, 급수온도, 증기유량 및 증기압력을 근거로 계산된다. 각각의 증기발생기에서 상세한 에너지 평형이 이루어진다. 두 대의 증기발생기에서 생성되는 에너지는 가산되며, 허용오차들은 원자로냉각재펌프의 열, 가압기의 가열기 및 1차측과 2차측 계통의 에너지 손실이다.

### 7.7.1.7.5.1.3.3 노심운전제한치감시계통의 출력분포 결정

3차원 침투출력계수, 종합 반경방향 침투출력계수, 최고온 채널에서의 출력형태 및 사분출력경사비의 크기는 미리 만들어진 프로그램 및 저장된 상수를 이용하여 노심의 중성자속 분포를 측정함으로써 결정된다. 여기서는 요구되는 출력분포 정보를 얻기 위한 노심운전제한치감시계통에서의 자료처리방법을 간단히 기술하고 있다. 이 분석은 적어도 분당 한 번씩 반복되며, 따라서 계속적인 온라인 감시를 나타낸다.

노심은 X-Y평면에서 여러 반경방향 영역으로 나누어지는 것으로 간주한다. 이러한 영역들은 전강제어봉과 조절제어봉집합체의 위치 및 여러 배치의 재장전 연료 위치를 고려할 때 선택된다.

자가전원 로듐노내검출기의 동특성은 검출기와 케이블링에서 생성되는 전류의 즉발성분과 지연성분의 함수로 표시된다. 전류신호의 지연성분은 0.7분과 4.4분의 반감기를 갖는 로듐 동위원소의 붕괴에 의하여 결정된다. 이것은 신호의 지연성분을 보상하도록 한다. 노심운전제한치감시계통 출력분포 결정에는 노심운전제한치감시계통의 입력으로 사용되는 노내검출기 신호에 대한 보상 알고리즘이 포함된다. 알고리즘은 노내검출기의 동적응답의 역수로 대체로 표시되는데, 그와 같이 검출기 응답과 동적보상의 조합은 실제 중성

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

자속 응답을 나타내는 신호를 생산한다.

알고리즘 상수의 적절한 선택으로 신호에 대한 여과기능을 수행한다. 노내 신호에 대한 동적보상 및 여과에 의해, 부하추종운전중 과도현상 발생 동안의 국부 중성자속 변화는 노심운전제한치감시계통 출력분포 결정에 적절히 반영된다.

배경잡음 및 연소에 대한 고정형 검출기 신호를 교정한 후에, 5개의 로듐검출기 부분에 해당되는 5개의 축방향 영역의 평균 출력이 구해진다. 이는 주변 핵연료봉 연소의 함수인 신호대출력변환계수를 고려한 것이다. 5개의 영역 출력 종합치는 출력분포 합성 방법에 의해 40개 노드의 노심 평균 축방향출력분포로 확장된다. 고온 핀과 노심평균출력의 관계 계수표를 이용하여 고온 핀에서의 축방향 출력 형태가 계산된다.

노심운전제한치감시계통은 제어봉집합체위치지시계통으로부터 전송되는 입력을 이용하여 각 제어봉집합체 및 제어봉집합체 그룹 위치의 이상, 제어봉집합체의 이상삽입 및 인출 또는 제어봉집합체 낙하를 감지하게 된다. 이러한 편차가 발생하면 노심운전제한치감시계통 핵비등이탈률 및 침두선출력밀도의 계산 결과가 보수적이 되도록 평면 반경방향 침두출력계수를 조정한다. 노심운전제한치감시계통은 단지 감시 기능만을 수행한다. 제어봉집합체 관련 사고에 대한 보호 조치는 발전소보호계통에 의해 제공된다.

노내의 여러 위치에서 대칭적으로 위치한 고정형 노내검출기의 신호를 비교하여 사분출력경사비를 알 수 있다. 사분출력경사비는 출력운전제한치에 대한 여유도 계산에 사용된다. 이와 같은 방법으로 구별할 수 없는 가상적인 비대칭 제논 편향이 확인되고 출력분포 평가에 반영된다. 사분출력경사비가 원자로노심보호계통에서 페널티로 사용되는 제한치를 초과하게 되면 노심운전제한치감시계통에 의하여 경보가 발생된다. 또한 사분출력경사비가 출력분포의 비정상 상태를 나타내는(운영기술지침서에서 부과된) 절대 제한치를 초과하게 되면 경보가 발생한다.

노심의 각 영역 내에 있는 예비 검출기의 대비로 고정형 노내검출기의 고장 가능성이 허용된다. 만일 자료의 내부 일치성 점검 도중에 고정형 노내검출기의 고장이 확인되면, 고장 난 검출기는 교체되기 전(즉, 다음 핵연료재장전시)까지 노심운전제한치감시계통 계산에서 제외된다.

일단 운전이 시작되면 고정형 노내핵계측기계통에서 생성되는 광역 중성자속 분포를 오프라인으로 자세히 계산하여 노심운전제한치감시계통의 출력분포와 비교함으로써 새로 갱신되어 저장된 상수의 적합성을 포함한 노심운전제한치감시계통의 출력분포 평가에 대한 주기적인 확인이 이루어진다. 상세한 중성자속을 분석하는 한 가지 방법은 계측기 위치에서의 중성자속 계산을 포함한 상세한 출력분포와 비교하는 것이다. 이와 병행하여 각 핀의 국부 출력분포의 상세 계산 능력으로 노심운전제한치감시계통의 출력분포 오류에 대한 전체적인 평가가 가능하다. 이것은 7.7.1.7.5.1.3.6절에 기술된 것처럼 여유도 평가에

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

적용된다.

### 7.7.1.7.5.1.3.4 선출력밀도에 근거한 노심출력운전제한치

첨두선출력밀도에 근거한 노심출력운전제한치는 노심출력분포( $F_q$ )의 함수로 계산된다. 계산된 출력준위는 선출력밀도 여유도에 대한 운전제한조건에 해당한다.

### 7.7.1.7.5.1.3.5 핵비등이탈률 여유도에 근거한 노심출력운전제한치

핵비등이탈률 여유도에 근거한 노심출력운전제한치는 원자로냉각재 체적유량률, 노심 출력분포, 4개의 원자로냉각재 입구관 온도의 최대값 및 원자로냉각재계통 압력의 함수로 계산된다. 운전제한 출력준위를 계산하기 위하여 반복계산 방식에 의한 KCE-1 상관식이 사용된다(KCE-1 상관식에 대한 자세한 내용은 4.4절 참조). 계산된 출력준위는 핵비등이탈률 여유도에 대한 운전제한조건에 해당한다.

### 7.7.1.7.5.1.3.6 계산 및 측정 불확실도

노심운전제한치감시계통 알고리즘의 불확실도는 다음과 같이 분류된다.

가. 감시변수를 계산된 변수에 상관하는데 사용되는 계산 방법과 관련된 불확실도

나. 노심운전제한치감시계통 처리계기와 관련된 불확실도

노심운전제한치감시계통은 정상 노심운전조건에서 노심출력운전제한치를 정확히 계산하도록 설계되었다. 예상되는 노심운전조건 범위의 수많은 경우(BOC, MOC, EOC에 대하여 각 1,200가지 경우)들이 노심운전제한치감시계통의 수정된 불확실도 통계적 조합 모사 전산프로그램과 3차원 노심모사 전산프로그램인 ROCS를 사용하여 실행한다. 이러한 실행으로 노심운전제한치감시계통과 노심 모사 사이의 모형 오차가 설정된다. CECOR 오차나 계기오차 같은 다른 자료와 함께 이 오차는 데이터베이스에 설치되는 노심운전제한치감시계통 출력운전제한치 불확실도를 결정하는데 사용된다. 불확실도 해석방법론은 참고문헌 8에 기술되어 있다.

### 7.7.1.7.5.2 핵증기공급계통 감시프로그램

다음과 같은 핵증기공급계통 감시프로그램들이 정보처리계통에서 처리된다.

가. 제어봉집합체 응용프로그램

제어봉집합체 응용프로그램은 운전원이 운영기술지침서에 기술된 제어봉집합

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

체관련 내용을 감시하는데 도움을 준다.

- 1) 제어봉집합체 응용프로그램에 의해 계산되는 출력에 따른 제어봉 삽입 한계(Power Dependent Insertion Limit, PDIL)는 원자로 출력에 따라 제어봉 집합체의 허용삽입한계를 결정하는 운전제한치이다. 출력에 따른 제어봉 삽입 한계는 원자로가 임계상태에 있을 때 정지여유도와 이탈제어봉집합체 반응도 제한치가 일치되도록 원자로 운전을 유지하기 위해 사용된다. 출력관련제어봉삽입제한치는 원자로출력신호와 제어봉집합체 위치신호를 사용하여 결정된다.
- 2) 각 제어봉집합체 위치측정과 제어봉집합체 그룹 위치 계산은 디지털제어봉 제어계통에 의해 수행되고 그 계산 결과치는 다른 응용프로그램들을 위해 정보처리계통으로 전송되며, 제어봉집합체 응용프로그램은 필요한 추가적인 그룹위치들을 계산한다. 계산된 결과의 일부는 노심운전제한치감시계통의 입력으로 사용된다. 제어봉의 위치는 제어봉이 낙하되어 리드스위치위치전송기의 접점이 단혔을 때 영(0)으로 재설정된다. 이러한 기능은 원자로가 불시 정지되거나 제어봉집합체가 노심에 떨어지는 일이 발생하였을 때 제어봉집합체 위치계산프로그램이 위치를 자동적으로 영(0)으로 재설정하게 한다. 제어봉집합체 위치들은 주기적으로 프린터로 출력된다. 특정한 제어봉집합체 또는 모든 제어봉집합체 위치는 운전원의 요구에 따라 프린터로 출력할 수 있다.
- 3) 제어봉집합체 응용프로그램은 제어봉집합체 그룹의 인출 및 삽입 순서를 감시한다. 제어봉집합체 그룹의 인출 및 삽입 순서와 그룹 간의 간격이 적절한지를 감시하여 이상이 감지되면 경보를 위한 접점출력을 발생시킨다.
- 4) 제어봉집합체의 조사량(exposure)을 매 시간 계산하며, 하루에 한 번씩 프린터로 출력한다.
- 5) 제어봉집합체에 관련된 경보들은 기록보관용 프린터로 출력되어 문서화된다. 제어봉집합체 제어를 유지하거나 제어봉집합체 제한치를 감시하는 데 도움이 되는 적절한 정보들이 운전원에게 제공되도록 계통설계에 포함된다. 다음과 같은 경보들은 제어봉집합체 응용프로그램에 의해 제공된다.

가) 출력에 따른 제어봉 삽입 한계 정보

적절한 원자로 정지여유도를 확보하고 제어봉집합체 인출 분석결과와 일관되게 제어봉을 삽입하도록 요구되는 제어봉집합체 삽입한계를 초과하는 경우, 경보가 제공된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 나) 출력에 따른 제어봉 삽입 한계 예비 경고

제어봉집합체 삽입이 출력에 따른 제어봉 삽입 한계에 가까이 접근할 때 운전원에게 경보를 제공함으로써 출력에 따른 제어봉 삽입 한계를 초과하기 전에 바로잡는 동작이 취해지도록 한다.

### 다) 순서어김 경고

제어봉집합체 그룹의 인출 및 삽입 순서가 이미 설정된 허용 순서와 다르게 수행될 때 운전원에게 경보가 제공된다.

### 라) 제어봉집합체 편차 경고

어느 한 제어봉집합체 그룹에서 최상위 제어봉집합체와 최하위 제어봉집합체 사이의 위치 편차가 이미 설정된 허용편차를 초과할 때 운전원에게 경보가 제공된다.

### 마) 시험 삽입한계 경고

정지그룹 중의 가장 낮은 제어봉집합체가 제한치보다 낮아지게 되면 운전원에게 경보가 제공된다.

### 바) 제어봉집합체 낙하 경고

제어봉집합체 낙하가 발생하면 운전원에게 제어봉집합체 낙하를 알리기 위한 경보가 제공된다.

## 나. 설정치 및 편차 감시

정보처리계통은 각각 다중의 채널을 가진 원자로노심보호계통 및 발전소보호계통에 대한 편차 및 설정치 감시기능을 수행한다. 이들 계통으로부터 받은 자료들은 감지기 입력, 설정치, 계산값들로 구성된다.

## 다. 원자로냉각재압력경계누설 프로그램

정보처리계통은 원자로냉각재압력경계 누설을 계산 및 기록한다. 누설검출계통은 5.2.5절에 기술된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

상기의 정보처리시스템의 각 기능들은 운전원이 발전소 상태를 분석 또는 감시하는데 도움이 되도록 하기 위한 것이며, 발전소 안전을 보장하기 위한 기능은 포함하고 있지 않다.

### 7.7.1.7.5.3 연계 응용

#### 가. 소프트웨어와의 연계

정보처리시스템의 각 운전콘솔 평면표시기는 정보처리시스템 응용프로그램과 관련된 소프트웨어를 제공한다. 운전원콘솔 평면표시기 상의 소프트웨어는 비안전계통 제어를 위한 운전원 연계를 제공한다. 이들 소프트웨어는 발전소 제어기능 수행을 위해 제어계통과 상호작용을 한다(정보처리시스템이 직접 발전소 제어기능을 수행하지 않으나, 운전콘솔 정보화면과 소프트웨어가 기능적으로 연계되어 있다).

정보처리시스템의 각 운전콘솔 평면표시기는 평면표시기 상의 정보화면에서 제어하고자하는 기기를 선택할 수 있도록 소프트웨어와 연계되어 있다. 정보화면상의 계통화면에서 원하는 기기를 선택하면 해당되는 적절한 제어판이 소프트웨어에 자동적으로 표시된다. 소프트웨어에 대한 상세한 내용은 18.2.5.1절에 기술되어 있다.

#### 나. 대형정보표시반과의 연계

정보처리시스템은 다음과 같은 발전소 정보를 주기적으로 대형정보표시반에 제공한다.

- 1) 주요 계통의 상태, 주요 계통 기기의 상태 그리고 정보처리시스템에서 계산된 특정 변수값 등을 포함한 발전소 공정상태
- 2) 필수안전기능 그리고 우회 및 작동불능상태표시 등을 포함하여 대형표시반의 고정형 정보창에 표시될 정보 및 상태표시

정보창은 다음의 정보를 직접 표시하기 위한 공정변수들로 구성된다.

- 가) 필수안전기능
- 나) 성공경로가용성
- 다) 우회 및 작동불능상태표시

다. 정보처리시스템 화면은 대형정보표시반의 가변표시영역에도 함께 표시된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

정보처리계통은 운전원콘솔 화면 및 대형정보표시반을 통해 인지되는 정보화면 상에 경보가 표시되도록 대형정보표시반과 연계되어 있다.

이들 각 기능들은 발전소 운전유연성을 향상시키도록 설계되어 있다.

### 7.7.1.7.6 보조설비계통 응용프로그램

아래의 보조설비 성능계산들은 발전소 2차계통 성능평가를 위해 정보처리계통에서 수행된다. 보조설비 성능계산을 위해 요구되거나 발생하는 모든 컴퓨터 입력들이 제공된다.

#### 가. 급수 가열기 성능 계산

급수 가열기 성능 계산은 단자 온도차, 배수 냉각기 접근 온도, 급수가열기 온도 상승 등을 포함한다.

#### 나. 복수 및 순환수 펌프 성능 계산

복수 및 순환수 펌프의 성능은 펌프에 의해 발생한 유량과 전체 수두를 측정하여 출력을 계산함으로써 결정된다.

#### 다. 증기발생기 성능 계산

증기발생기 출력은 각 증기발생기에 대하여 질량유량, 증기, 급수, 취출 유체의 엔탈피와 같은 2차측 변수들을 근거로 노심운전제한치감시계통 소프트웨어에 의해 계산된다.

#### 라. 출력 계산

출력 계산은 중요한 발전소 변수들의 합, 평균, 순간 값들을 제공한다. 합 계산은 특정한 발전소 변수들의 1초 간격, 10분 간격, 1시간 간격, 1일 간격의 값들을 에너지 단위로 제공한다. 평균 계산은 특정한 발전소 변수들의 1초 간격, 10분 간격, 1시간 간격, 1일 간격의 평균값들을 출력단위로 제공한다. 순간 계산은 직접 측정한 아날로그 입력값에 근거한다.

#### 마. 터빈 성능 계산

터빈 성능은 터빈 사이클의 순 열소비율에 의해 결정될 수 있다.

#### 바. 습분분리재열기 성능 계산

습분분리재열기 성능은 단자 온도 차이, 습분분리기와 재열기를 통한 압력강하, 저압터빈으로 가는 출력 증기의 과포화량을 계산함으로써 결정된다.

#### 사. 복수기 성능 계산

복수기 성능은 이론적인 열전달 효율에 대한 실제 열전달 효율의 비율인 오염(fouling)저항을 계산하여 결정한다.

#### 아. 급수승압펌프 성능 계산

급수승압펌프의 효율은 측정된 펌프입력치에 대한 펌프출력을 비교하여 결정된다. 펌프출력은 펌프에 의해 발생한 총 수두와 급수량을 근거로 계산된다.

### 7.7.1.7.7 안전변수지시평가계통 프로그램

안전변수지시평가계통(SPADES+) 프로그램은 안전기능을 포함한 발전소 필수기능 및 성공경로를 연속적으로 감시하는 기능을 수행한다. 안전변수지시평가계통 정보는 발전소의 특정한 비상운전절차서 수행을 지원하기 위하여 정보처리계통 내에 구성된다. 안전변수지시평가계통은 NUREG-0696 및 NUREG-0737 Supplement 1에서 설정된 안전변수지시계통에 대한 기준을 만족하도록 설계한다.

#### 7.7.1.7.7.1 필수안전기능 감시

안전변수지시평가계통은 발전소의 정상, 비정상 그리고 비상운전상황에서 필수안전기능의 상태를 감시하고, 필수안전기능이 유지되지 못할 경우 경보를 발생시킨다.

##### 7.7.1.7.7.1.1 설계기준

필수안전기능감시의 설계기준은 기능, 하드웨어, 소프트웨어의 3개의 영역으로 나누어진다.

##### 7.7.1.7.7.1.1.1 기능적 설계기준

가. 안전변수지시평가계통은 발전소 운전상태에 따라 다음의 필수안전기능의 상태를 표시할 수 있다.

- 1) 반응도 제어
- 2) 필수보조설비 유지

- 3) 원자로냉각재계통 재고량제어
- 4) 원자로냉각재계통 압력제어
- 5) 노심 열제거
- 6) 원자로냉각재계통 열제거
- 7) 원자로건물 격리
- 8) 원자로건물 온도 및 압력제어
- 9) 원자로건물 가연성가스 제어(방사능 방출제어)

| 2

나. 안전변수지시평가계통은 발전소의 필수안전기능이 유지되지 못할 경우 경보를 발생시킨다.

다. 안전변수지시평가계통은 발전소의 정상, 비정상 그리고 비상운전상황에서 발전소 상태를 평가하기 위하여 간결하고, 이해하기 쉽고 집적된 정보를 운전원에게 제공한다. 정상 및 비정상운전은 출력운전, 고온정지 및 고온대기를 포함하는 발전소 상태를 말한다. 비상운전은 출력운전 중 원자로정지신호가 발생한 경우를 의미하며, 비상운전 지원 부분은 다음의 비상운전절차서 수행에 필요한 정보를 제공한다.

- 1) 원자로 트립 후 조치
- 2) 사고진단
- 3) 원자로 트립
- 4) 냉각재상실사고
- 5) 증기발생기 전열관 파열
- 6) 증기 파이프방출사고
- 7) 급수 완전 상실
- 8) 소외전원 상실
- 9) 교류전원 완전 상실
- 10) 기능회복절차서

라. 안전변수지시평가계통은 발전소 공정입력신호 값을 표시할 수 있다.

마. 안전변수지시평가계통은 과거자료 저장 및 재생(HDSR) 장치를 사용하여 발전소 공정입력신호 값을 최소 24시간 동안 저장할 수 있다.

바. 안전변수지시평가계통은 각 공정변수에 대한 정보상태를 결정할 수 있다.

사. 안전변수지시평가계통은 운전원콘솔 화면과 대형정보표시반을 사용하여 운전원에게 정보를 표시한다. 안전변수지시평가계통은 수립된 인간공학 지침에

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

따라서 영문 및 숫자 데이터의 양식, 모양, 기호, 색깔표식 및 점멸방안 등을 활용하여 정보화면을 구현한다.

### 7.7.1.7.1.1.2 하드웨어 설계기준

가. 안전변수지시평가계통은 광섬유 데이터연계장치를 통해 안전계통과 완전하게 격리된다.

나. 안전변수지시평가계통을 구현하는 정보처리계통 하드웨어는 7.7.1.7.1.1.1절에 기술된 기능요건을 충분히 지원할 수 있는 하드웨어 사양으로 구현된다.

다. 안전변수지시평가계통을 구현하는 정보처리계통 하드웨어는 다음 기기들에 결과를 제공할 수 있다.

- 1) 독립된 운전원콘솔 화면
- 2) 대형정보표시반의 전용 경보창
- 3) 프린터

라. 운전원은 안전변수지시평가계통을 위하여 다음의 기능을 수행할 수 있다.

- 1) 화면 선택
- 2) 경보 확인 응답(주제어실 운전원용)
- 3) 경보 해제(주제어실 운전원용)
- 4) 변화 추이 화면 선택
- 5) 과거자료 저장 및 재생

마. 안전변수지시평가계통의 높은 신뢰성 확보를 위하여 다음의 설계 기술을 적용한다.

- 1) 이중화된 자료취득 통신망
- 2) 이중화된 처리용 컴퓨터
- 3) 다중 운전원콘솔 화면 및 프린터

### 7.7.1.7.1.1.3 소프트웨어 설계기준

가. 안전변수지시평가계통 소프트웨어 설계는 가능한 한 하향식 설계기법 및 모듈화 방법을 이용한다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

나. 안전변수지시평가계통 소프트웨어 문서는 7.7.3절의 참고문헌 1을 지침으로 사용한다.

다. 소프트웨어 개발은 다음을 포함하여 7.7.3절 참고문헌 1의 지침을 근거로 수행한다.

- 1) 확인계획에 따른 설계공정의 각 단계에서 설계검토에 의한 확인
- 2) 검증계획에 따른 시험에 의한 검증

### 7.7.1.7.7.1.2 기능

#### 7.7.1.7.7.1.2.1 필수안전기능

안전변수지시평가계통은 다음의 필수안전기능의 상태를 감시한다.

가. 노심반응도 제어

노심반응도 제어 필수안전기능의 목적은 노심 내에서 발생하는 핵반응을 감시하는 것이다. 노심반응도제어 경보 알고리즘은 원자로가 정지되어 가동 중지된 동안의 핵반응과정에 대한 제어를 확인하기 위해 여러 종류의 노심 변수들의 상태를 감시한다.

나. 필수보조계통의 유지

모든 필수안전기능들을 수행하기 위한 계통들은 모두 다양한 보조계통들에 의해 지원된다. 이 필수보조계통들은 밸브의 개폐를 위한 계기용 공기, 펌프의 가동이나 계기의 작동을 위한 전력 및 원자로냉각재계통과 노심으로부터 열이 이동되는 최종열제거원과 같은 기능을 제공한다. 이 필수보조계통의 유지 기능은 여타의 필수안전기능들을 성취시키는 데 필요한 계통들의 작동가능성을 확인하여 준다. 필수보조계통의 유지 경보 알고리즘은 다른 계통들이 필수안전기능을 수행하는데 요구되는 보조계통들의 상태를 감시한다.

다. 원자로냉각재계통 재고량 제어

원자로냉각재계통 재고량 제어 필수안전기능의 목적은 노심의 적정한 냉각재 재고량을 유지하는 것이다. 이 필수안전기능은 냉각재의 부피나 양을 제어하기 위한 일련의 기능들을 감시한다. 재고량 제어 필수안전기능은 원자로냉각재계통 냉각재에 대한 재고량 제어능력의 초기상실에만 관여하며, 다량의 연속

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

적인 상실이나 재고량 손실의 복구 등은 노심열제거 필수안전기능에 의해 감시된다.

### 라. 원자로냉각재계통 압력 제어

원자로냉각재계통 압력제어 필수안전기능의 목적은 원자로냉각재계통의 압력이 적절히 유지되는지 감시함으로써 원자로냉각재가 유효한 상태에 있는지를 확인하는 것이다. 경보 알고리즘은 원자로냉각재계통의 압력이 적절히 유지되는지 감시한다. 압력제어의 상실은 압력 제한치의 초과나 압력이 정상적인 압력제어 방식으로 제한치의 초과를 억제할 수 없을 만큼의 빠른 변환이 일어날 때 안전변수지시평가계통에 의해 경보로 나타난다.

### 마. 노심 열제거

노심 열제거 필수안전기능의 목적은 원자로냉각재계통에 의한 노심 열제거를 위해 원자로심으로부터 1차계통 냉각재로의 열 이동을 감시하는 것이다. 노심 열제거능력의 상실은 높은 노심 온도나 원자로용기상부헤드 및 고온관 부근의 기포발생에 대한 경보로 나타난다. 노심열제거 경보 알고리즘은 노심 열제거 기능이 상실되지 않은 것을 확인하기 위하여 노심 온도와 원자로냉각재계통에서의 기포발생을 나타내 주는 변수들을 감시한다.

### 바. 원자로냉각재계통 열제거

원자로냉각재계통 열제거 필수안전기능의 목적은 원자로냉각재계통으로부터 발생, 저장 및 붕괴되는 열이 열제거원으로 이동하는 것을 확인하는 것이다. 필수안전기능 경보 알고리즘은 발생, 저장 및 붕괴되는 열이 제거되고 있는 지를 판단하기 위해 원자로가 트립된 후 원자로냉각재계통으로부터 열을 제거하는 여러 가지의 수단들을 감시한다.

### 사. 원자로건물 격리

원자로건물 격리 필수안전기능의 목적은 원자로건물을 관통하는 배관의 밸브들이 해당 격리신호에 따라 확실히 닫히는 것을 확인함으로써 원자로건물로부터 방사능의 누출을 방지하는 것이다.

### 아. 원자로건물 온도 및 압력제어

원자로건물 온도 및 압력제어 필수안전기능의 목적은 원자로건물 구조의 과부하 방지에 의해 원자로건물로부터의 방사능 누출을 방지하는 것이다. 원자로

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

건물의 과부하는 원자로건물의 압력 및 온도를 조절함으로써 방지할 수 있다. 원자로건물 온도 및 압력정보 알고리즘은 원자로건물의 압력, 온도 및 이를 유지하기 위한 계통을 감시하여 원자로건물의 압력과 온도를 설계제한치 내로 유지하도록 한다.

### 자. 원자로건물 가연성기체제어

원자로건물 가연성기체제어 필수안전기능의 목적은 어떠한 특정 사건이 발생하여 원자로건물 내에 가연성기체, 즉 수소가 발생하였을 경우 원자로건물 내에서의 수소폭발 가능성을 감소시켜 수소폭발로 인한 원자로건물 과부하를 방지하는 것이다. 수소감시계통을 사용하여 원자로건물 내부의 수소농도를 감시하고 수소 발생시에는 피동수소재결합기계통 및 원자로건물수소퍼지계통을 사용하여 격납용기 내에서 수소가스가 국부적으로 집중되는 것을 방지한다. 경보 알고리즘은 원자로건물 내부의 연소성 수소에 대한 사고 후 준위를 감시하여 수소 농도가 폭발 준위에 접근하면 운전자에게 경보를 제공한다.

### 차. 방사능 방출제어

방사능 방출제어 필수안전기능의 목적은 원자력발전소로부터 외부환경으로 유해한 방사능 누출 가능성을 방지하는 것이다. 필수안전기능 경보 알고리즘은 외부환경으로의 유해한 방사능 누출에 대한 적절한 감시를 유지하기 위해 요구되는 일련의 기능에 대한 확인 과정을 포함한다. 이 알고리즘은 또한 원자로건물 내의 1차계통 파열을 알려주는 기능도 제공한다.

#### 7.7.1.7.1.2.2 경보

안전변수지시평가계통 경보는 사용자에게 중요한 특정 정보들을 알린다.

- 가. 필수안전기능 경보는 안전변수지시평가계통 화면과 대형정보표시반의 전용경보타일에 제공된다. 이들 경보는 필수안전기능이 유지되지 못할 때 발생된다.
- 나. 필수안전기능 경보는 요구되는 입력신호가 양호할 때만 발생 및 해제 된다.
- 다. 필수안전기능 경보로직은 비교, 부울린 연산자 등으로 구성되어 있다. 필수안전기능 경보와 경보의 제어는 18장에 기술되어 있다.

#### 7.7.1.7.1.2.3 과거자료 저장 및 재생

- 가. 정보처리계통용 모든 발전소 입력변수들은 다음의 두 가지 종류의 분해능으로 저장된다.

- 1) 고 분해능 : 모든 입력이 48시간 동안 매 초마다 저장
  - 2) 저 분해능 : 모든 입력이 2주 동안 매 분마다 저장
- 나. 저 분해능 형태의 과거자료 뿐만 아니라 고 분해능 형태의 과거자료 모두 운전원의 요구에 따라 보조기억장치로 옮겨질 수 있어야 한다. 운전원은 보조기억장치에 저장된 이용 가능한 과거자료에 대한 기간을 지정할 수 있어야 한다.
- 다. 디스크나 다른 기억 매체에 저장된 과거자료는 정보처리계통 운전원콘솔 화면 및 대형정보표시반에 추이기록 형태로 활용될 수 있어야 한다.
- 라. 디스크나 다른 기억 매체에 저장된 과거자료는 기설정된 형태로 인쇄할 수 있어야 한다.

#### 7.7.1.7.1.2.4 추이 표시

- 가. 각 공정변수의 시간에 따른 추이를 그래픽 추이표시 화면으로 제공한다. 운전원이 화면 위의 공정변수에서 마우스의 오른쪽 버튼을 누를 때 나타나는 창에서 'Trend' 메뉴를 선택하면, 변수의 추이를 표시하는 추이화면이 나타난다.
- 나. 추이화면에는 추이표시 변수의 변수명, 추이 표시 범위의 최소, 최대 값 및 현재 값이 추이 표시와 함께 표시된다.

2

#### 7.7.1.7.1.3 확인 및 검증

안전변수지시평가계통에 적용할 확인 및 검증 계획은 정보처리계통의 계통 계획단계에서 개발된다. 상세한 확인 및 검증 계획은 7.7.1.7.4절에 기술된 요건을 만족한다.

#### 7.7.1.7.2 성공경로감시

성공경로감시(SPM) 프로그램은 운전원에게 다음과 같은 필수적인 발전소 안전기능의 제어를 유지하거나 회복하는데 이용 가능한 성공경로들에 대하여 신속하고 정확한 평가를 제공한다.

- 가. 노심반응도 제어
- 나. 필수보조계통의 유지
- 다. 원자로냉각재계통 재고량제어
- 라. 원자로냉각재계통 압력제어
- 마. 노심 및 원자로냉각재계통 열제거

바. 원자로건물 격리

사. 원자로건물 온도 및 압력제어

아. 원자로건물 가연성기체제어

성공경로감시 프로그램은 각 필수안전기능에 대한 성공경로 상태를 화면에 표시하고 동작불능 상태가 되면 경보를 발생시킨다.

#### 7.7.1.7.7.2.1 성공경로 이용도와 성능

성공경로감시 프로그램은 성공경로 내의 기기상태 및 제어성을 감시하여 성공경로의 가용 여부를 결정하며, 성공경로가 가용할 경우 적절한 성능을 유지하고 있는지 감시한다. 성공경로감시는 필수안전기능의 유지와 회복을 위하여 성공경로의 가용여부와 성능확인 에 필요한 주요 변수들을 점검한다.

#### 7.7.1.7.7.3 안전변수지시평가계통 인간-기계 연계

안전변수지시평가계통 운전원 연계는 18.2.8절에 기술된 것과 같이 정보처리계통의 인간 공학적인 그림, 숫자, 문자로 된 화면, 경보 그리고 사용자 입력장치로 구성되어 있다. 안전변수지시평가계통은 모든 발전소 모드에서 발전소 상태 평가를 지원할 수 있도록 간결하고 이해하기 쉬우며 통합된 정보를 운전원에게 제공한다. 안전변수지시평가계통 화면은 18장에 기술된 인간공학 요건을 만족한다.

#### 7.7.1.7.8 전산화절차서

전산화절차서는 응용 프로그램이다. 전산화절차서는 정상적인 발전소 상태나 비정상적인 발전소 상태에서 운전절차를 구현하는데 사용된다.

#### 7.7.1.7.9 사건진행기록(SOE)

사건진행기록 프로그램은 발전소보호계통 바이스테이블 트립상태와 그 외의 관련 설비들의 상태를 감시한다. 이 프로그램은 1 msec ~ 수십 msec의 분해능을 가지고 변화를 기록하며 발전소 트립 전, 후의 사건진행 시간을 감시하는데 사용된다.

#### 7.7.1.8 정보계통용 데이터 통신

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

7.9절에 상세히 기술되어 있다.

### 7.7.2 해석

발전소 제어계통 및 기기는 정상상태 운전 및 예상과도상태 동안에 높은 신뢰도를 제공하도록 설계되어 있다. 제어계통은 사전에 지정한 정상운전제한치 내에 공정변수를 유지하기 위하여 필요한 수동 및 자동제어기능을 포함한다. 제어계통은 안전기능에 대한 위협과 부주의한 작동을 제한하기 위하여 이중화된 필수전력공급계통으로부터 전원을 공급받는다. 중요한 제어기능을 위해서는 다중감지기가 사용되고 7.7.1.1.14절에 기술되어 있는 것과 같이 신호검증 알고리즘이 적용된다.

7A절에 기술되어 있는 공통원인고장해석에서 고려된 제어계통은 계통의 본래기능을 수행하기 위한 충분한 품질을 갖고 있다. 이러한 계통의 품질등급은 3.2절에 기술되어 있다. 공통모드고장 후의 사고환경에 노출될 수 있는 기기들은 관련된 사고 상태하에서 필요한 기능을 수행하기에 충분한 품질을 갖고 있다.

1E급 안전계통과 연계관계를 갖고 있는 비 1E급 계통은 제어 및 감시계통의 예상고장이 7.7.1절에서 기술한 1E급 안전계통의 동작에 영향을 미치지 않도록 설계된다. 이를 위해 안전이 요구되지 않는 제어계통은 안전계통과 전기적, 물리적으로 격리되고 통신독립성이 유지되게 설계된다. 또한 하드웨어 및 소프트웨어가 안전계통과 다양성을 이루어 안전계통의 공통고장모드에도 필요한 기능을 수행할 수 있도록 설계된다. 7.2.2절의 원자로보호계통 해석은 이들 제어계통의 고장유형을 포함하며 이러한 계통이 안전을 위하여 요구되지 않음을 보여준다.

제어계통의 작동/작동불능과 단일고장은 15장에 기술된 해석보다 발전소의 상태를 심각한 상태로 만들지 않는다. 제어계통의 고장해석 결과와 안전해석을 위한 단일고장목록은 15.0.1.4절과 표 15.0-4에 기술되어 있으며 15장의 안전해석에서는 이러한 계통의 기능유지를 요구하지 않는다.

신한울 1,2호기 제어실과 원격정지반의 인간-기계 연계는 18장에 기술되어 있는 인간공학기준과 부합되게 설계된다.

디지털제어계통은 계통이 올바르게 구현되어 있고 모든 기능적인 요건을 만족함을 확인하기 위한 확인 및 검증 프로그램을 준수한다. 이 프로그램은 참고문헌 1에 따라 구현된다.

### 7.7.3 참고문헌

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

1. "Software Program Manual for SHN 1&2"
2. ASME OM-S/G-2003 Guide, Part 5, "Inservice Monitoring of Core Support Barrel Axial Preload in Pressurized Water Reactor Power Plants."
3. Regulatory Guide 1.45, "Reactor Coolant Pressure Boundary Leakage Detection Systems," U.S. Nuclear Regulatory Commission, May 1973.
4. Regulatory Guide 1.133, Rev. 1, "Loose Part Detection Program for the Primary System of Light Water Cooled Reactors," U.S. Nuclear Regulatory Commission, May 1981.
5. ASME OM-S/G-2003 Standard, Part 12, "Loose Part Monitoring in Light-Water Reactor(LWR) Power Plants."
6. ASME OM-S/G-2003 Guide, Part 14, "Vibration Monitoring of Rotating Equipment in Nuclear Power Plants."
7. KNF, "Functional Design Requirements for a Core Operating Limit Supervisory System for Shinulchin Nuclear Power Plant Unit 1&2," KNF-B12ICD-10003, Rev.1, February 2014.
8. Combustion Engineering, Inc., "Modified Statistical Combination of Uncertainties," CEN-356 (V) -P-A , Revision 1-P-A , May 1988 .

신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 7.7-1

음향누설감시계통 감지기 설치위치

부품	감지기 수	감지기 꼬리표 번호	위치
원자로용기	3	U101 U102 U103	상부덮개 (제어봉구동장치 노즐 사이)
원자로용기	3	U104 U105 U106	하부덮개 (노내계측기 사이)
증기발생기	2 (증기발생기당 1)	U107 U108	1차측 정비용출입구 (정비용출입구 위)
고온관	2 (관당 1)	U109 U110	원자로용기 (출구노즐 상부)
저온관	4 (관당 1)	U111 U112 U113 U114	원자로용기 (입구노즐 상부)
원자로냉각재펌프	4 (펌프당 1)	U115 U116 U117 U118	밀봉외함집합체
가압기	1	U119	가압기 하부헤드

1) 호기당 전체 수량 : 19

신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 7.7-2

금속파편감시계통 감지기 설치위치

부품	감지기 수	감지기 꼬리표 번호	위치
원자로용기	3	V101 V102 V103	상부덮개
원자로용기	3	V104 V105 V106	하부덮개
증기발생기 1	4	V107 V108 V109 V110	2차측(2개의 정비용 출입구 사이) 2차측(상부전열관 번들 영역) 1차측(입구노즐 상부) 2차측(이코노마이저 높이)
증기발생기 2	4	V111 V112 V113 V114	2차측(2개의 정비용 출입구 사이) 2차측(상부전열관 번들 영역) 1차측(입구노즐 상부) 2차측(이코노마이저 높이)
원자로냉각재펌프	4	V115 V116 V117 V118	펌프 케이싱(출구 반대쪽)

1) 호기당 전체 수량 : 18

신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 7.7-3

원자로냉각재펌프 진동감시계통 감지기 설치위치

부품	감지기 수	감지기 꼬리표 번호	위치
원자로냉각재펌프 (모터)	4개 가속도계	N152/N162/ N172/N182	상부 모터 베어링집합체 (X-방향)
원자로냉각재펌프 (모터)	4개 가속도계	N153/N163/ N173/N183	상부 모터 베어링집합체 (Y-방향)
원자로냉각재펌프 (펌프)	4개 가속도계	N154/N164/ N174/N184	펌프 추력 베어링집합체 (X-방향)
원자로냉각재펌프 (펌프)	4개 가속도계	N155/N165/ N175/N185	펌프 추력 베어링집합체 (수직 방향)
원자로냉각재펌프 (펌프축)	4개 근접센서	N156/N166/ N176/N186	이동식 축 주위 (키페이저)
원자로냉각재펌프 (펌프축)	4개 근접센서	N157/N167/ N177/N187	이동식 축 주위 (X-방향)
원자로냉각재펌프 (펌프축)	4개 근접센서	N158/N168/ N178/N188	이동식 축 주위 (Y-방향)

1) 호기당 전체 수량 : 28(원자로냉각재펌프당 7)

노심운전제한치감시계통의 감시 변수

감시 변수	COLSS 센서	입력신호 수량	센서 범위
노심 체적 유량	원자로냉각재펌프 회전 속도	펌프당 2	0 ~ 1,320 rpm
노심 출력	원자로냉각재펌프 차압	펌프당 2	0 ~ 10,000 cmH <sub>2</sub> O(0 ~ 142 psid)
1차측 열출력	저온관 온도	저온관당 1	250 ~ 350 °C (482 ~ 662 °F)
	고온관 온도	고온관당 1	50 ~ 350 °C (122 ~ 662 °F)
2차측 열출력	급수 유량	증기 발생기당 1	250 ~ 350 °C (482 ~ 662 °F)
	증기 유량	증기 발생기당 2	0 ~ 4.6×10 <sup>6</sup> kg/hr(0 ~ 10.0×10 <sup>6</sup> lbm/hr)
	급수 온도	증기 발생기당 1	0 ~ 2.5×10 <sup>6</sup> kg/hr(0 ~ 5.5×10 <sup>6</sup> lbm/hr)
	증기 헤더 압력	증기 발생기당 1	0 ~ 250 °C (32 ~ 482 °F)
노심 출력분포	노내감시계통	각각 5개의 축방향 검출기를 가진 61개의 노내 검출기 집합체	50 ~ 90 kg/cm <sup>2</sup> G(710 ~ 1,280 psig)
제어봉 그룹 위치	디지털제어봉제어계통	제어봉 그룹당 1	NA <sup>1)</sup>
원자로냉각재 압력	가압기 압력	가압기에 2	0 ~ 381 cm(0 ~ 150 in)
터빈 출력	터빈 첫째 단 압력	터빈에 2	105 ~ 175 kg/cm <sup>2</sup> A(1,494 ~ 2,489 psia)
			0 ~ 70 kg/cm <sup>2</sup> g(0 ~ 1,000 psig)

1) 노심 출력분포는 그래픽 양식으로 제공된다.

표 7.7-5

금속파편(Loose Parts) 검출을 위한 계측설비

계통요구사항	점검요구사항	점검주기	적용모드
금속파편감시계통은 표 7.7-2에 표시된 모든 감지기에 대하여 운전 가능해야 한다.	금속파편감시계통의 각 채널은 다음을 수행 함으로써 운전가능성이 입증되어야 한다.  1. 채널점검  2. 채널기능시험  3. 채널교정	24시간에 1회씩  31일에 1회씩  18개월에 1회씩	1, 2

표 7.7-6

노내중성자속검출기

계통요구사항	점검요구사항	점검주기	적용모드
<p>노내중성자속검출기는 다음과 같이 운전가능해야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 최소한 전체 검출기 집합체의 75 % (61개중 46개)가 운전가능하고, 사분노심당 5등분한 각각의 높이에서 최소 1개의 검출기가 운전가능하면서 전체 검출기의 75 % (305개중 230개)가 운전가능해야 한다. 그리고,</li> <li>2. 5등분한 높이 중 임의의 3개 높이 각각에서 적어도 1개씩, 최소 6개의 사분출력경사비 평가가 가능해야 한다.</li> </ol> <p>주) 1개의 운전가능한 노내검출기 집합체는 5개의 고정형 노내검출기 중 최소한 3개 이상이 운전가능하여야 한다.</p>	<p>노내중성자속검출기는 운전가능성이 다음과 같이 입증되어야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 노내중성자속검출기가 운전가능 상태로 복구되었거나, 또는 마지막 사용 후 7일 이상이 경과된 뒤에는 채널점검을 수행한다. 그 후 사분출력경사비, 반경방향첨두계수, 선출력밀도 및 핵비등이탈 여유도 감시가 요구될 때</li> <li>2. 중성자속검출기를 제외한 모든 전자장치에 대한 채널교정을 수행한다. 고정형 노내중성자속검출기는 노심내에 설치하기 전에 교정되어야 한다.</li> </ol>	<p>사용전 24시간 이내에 7일에 1회씩</p> <p>18개월에 1회씩</p>	<p>다음을 감시하기 위해 노내중성자속검출기를 사용할 때</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 사분출력경사비</li> <li>2. 반경방향첨두계수</li> <li>3. 선출력밀도</li> <li>4. 핵비등이탈 여유도</li> </ol>

표 7.7-7 (2 중 1)

반응도제어계통  
(정지여유도- $T_{cold} > 99\text{ }^{\circ}\text{C}$  (210  $^{\circ}\text{F}$ ))

계통요구사항	점검요구사항	점검주기	적용모드
제어봉집합체가 과도한 마찰 또는 기계적인 방해로 인해 구동 불능이거나 트립 불능한 상태로 확인되면 정지여유도 요구값 (정지여유도 $\geq 5.5\% \Delta k/k$ (운전모드 3), $6.5\% \Delta k/k$ (운전모드 4))은 구동불능이거나 트립 불능한 제어봉집합체의 인출 반응도값 만큼 증가되어야 한다.	1. 운전불능 제어봉집합체를 발견 후  2. 그 후 해당 제어봉집합체의 운전불능기간 동안	1시간 이내   최소 12시간마다	3, 4

7.7-66

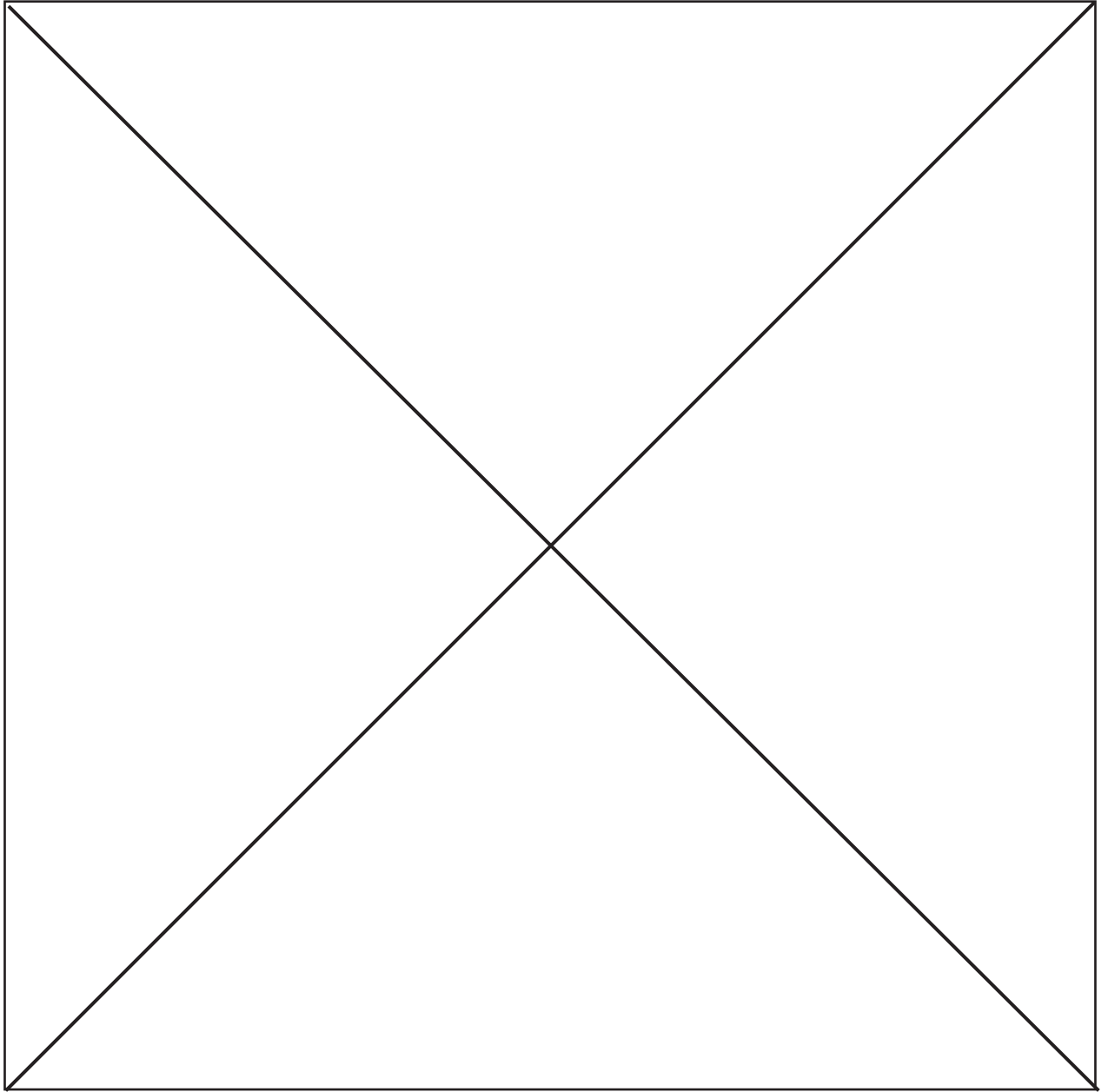
전환을 1.2호기 최종안전성분석보고서  
2

표 7.7-7 (2 중 2)

계통요구사항	점검요구사항	점검주기	적용모드
제어봉집합체가 과도한 마찰 또는 기계적인 방해로 인해 구동불능이거나 트립불능한 상태로 확인되면 정지여유도 요구값 (정지여유도 $\geq 6.5\% \Delta k/k$ ) 은 구동불능이거나 트립불능한 제어봉집합체의 인출 반응도값 만큼 증가되어야한다.	1. 운전불능 제어봉집합체를 발견 후  2. 그 후 해당 제어봉집합체의 운전불능기간 동안	1시간 이내   최소 12시간마다	5

7.7-67

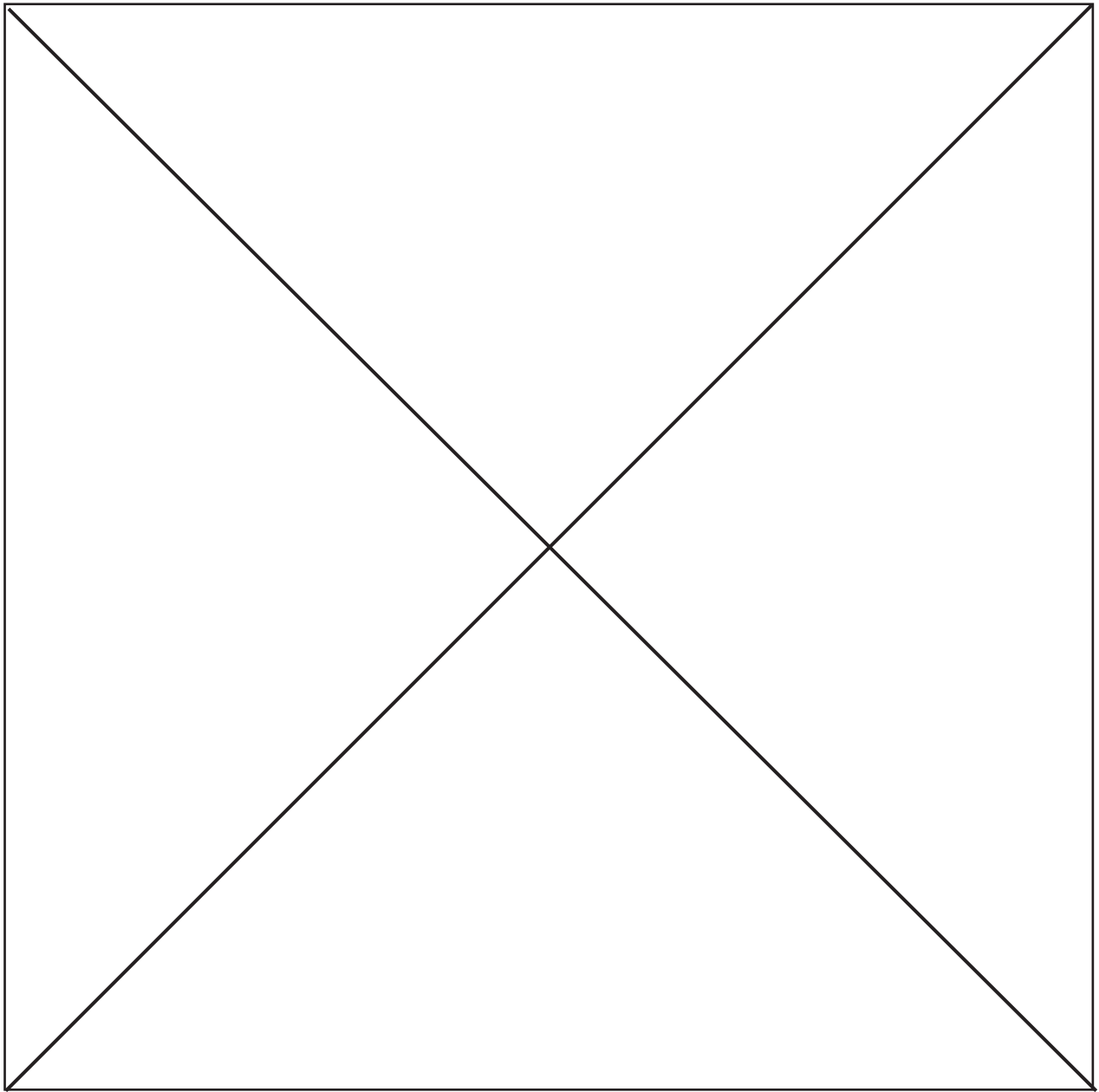
전환을 1.2호기 최종안전성분석보고서  
2



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

원자로출력제어계통 블록선도

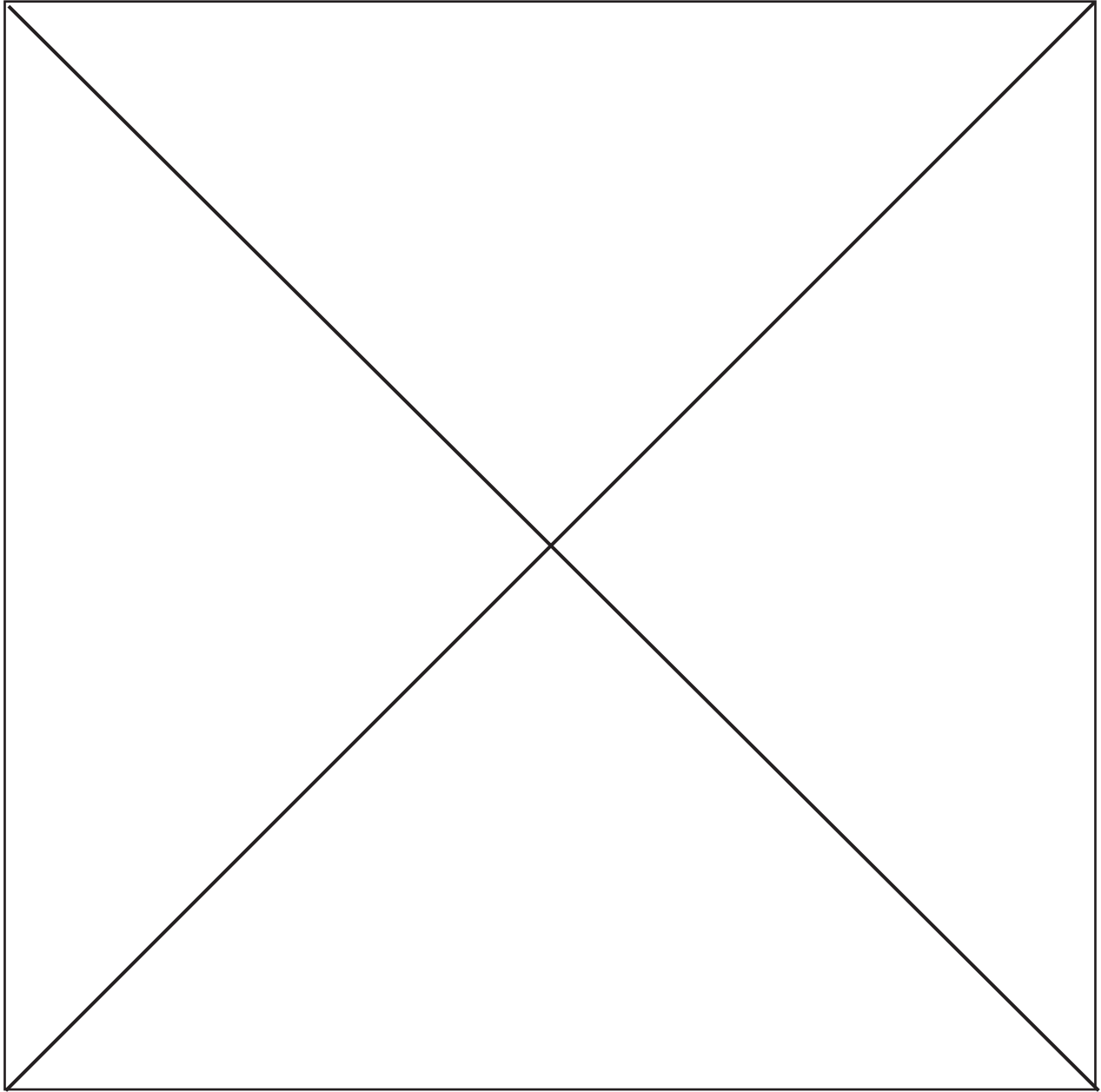
그림 7.7-1



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

디지털제어봉제어계통(DRCS) -  
원자로보호계통 연계 블록선도

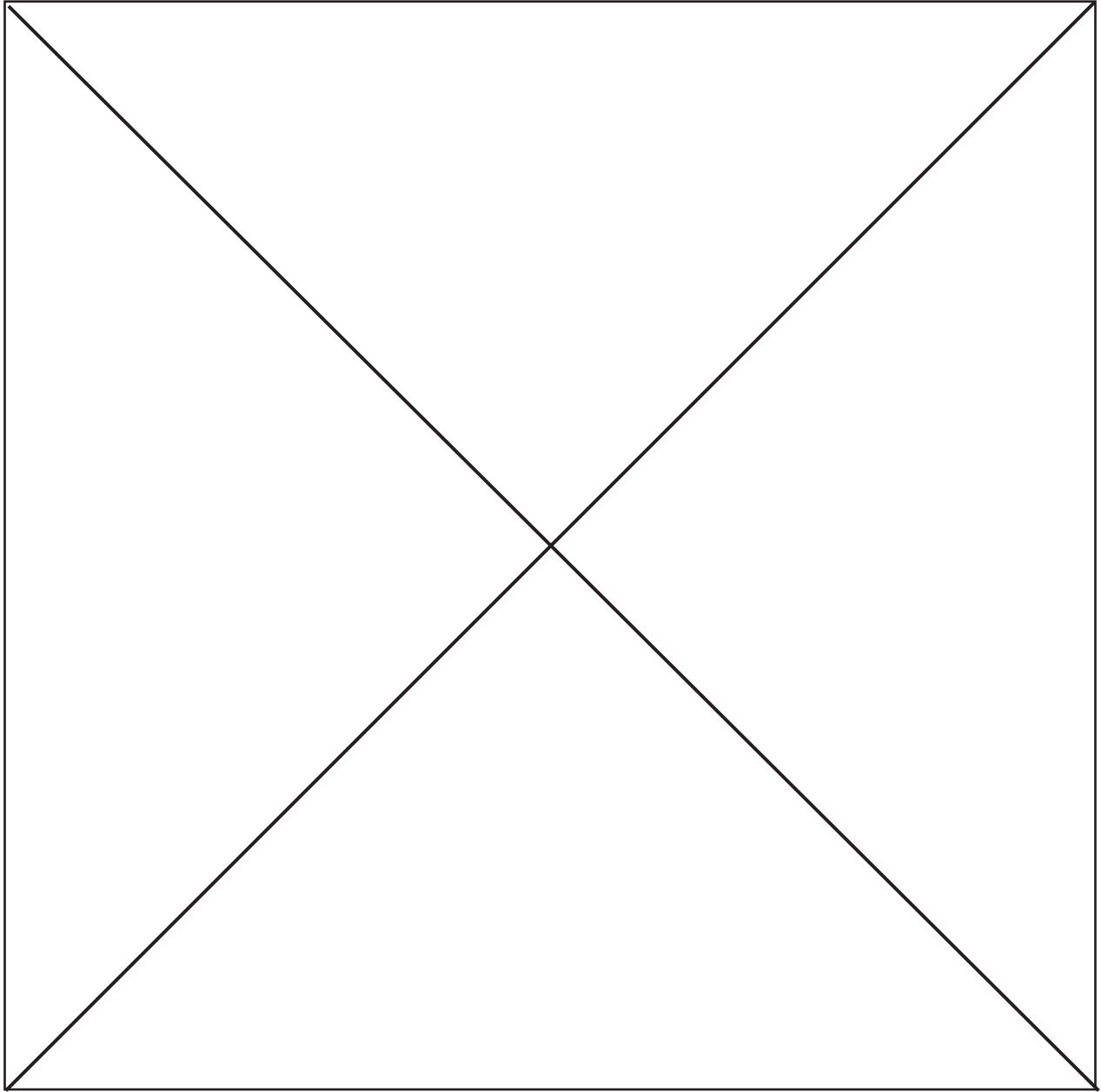
그림 7.7-2



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

가압기압력제어계통 블록선도

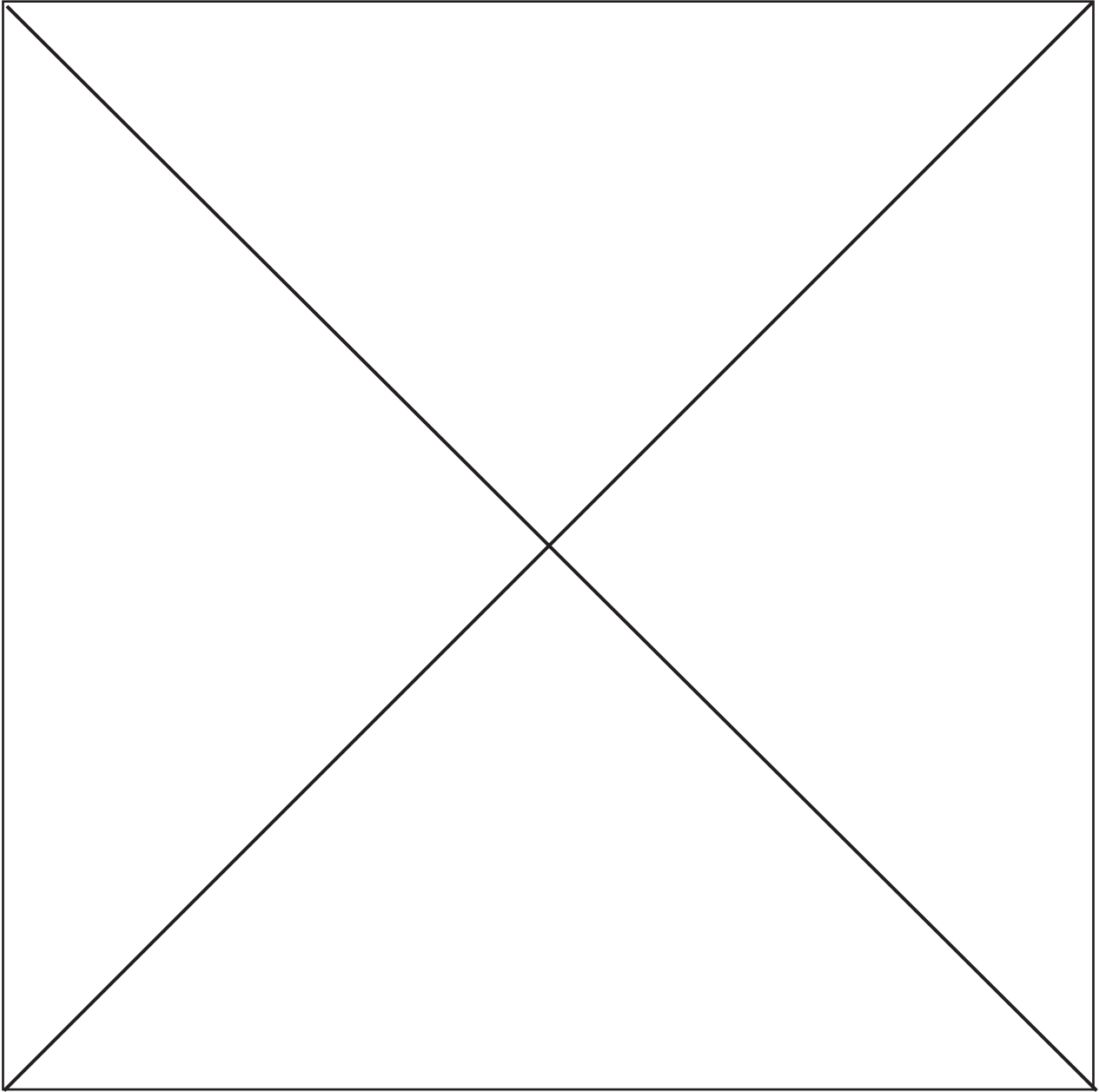
그림 7.7-3



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

가압기수위제어계통 블록선도

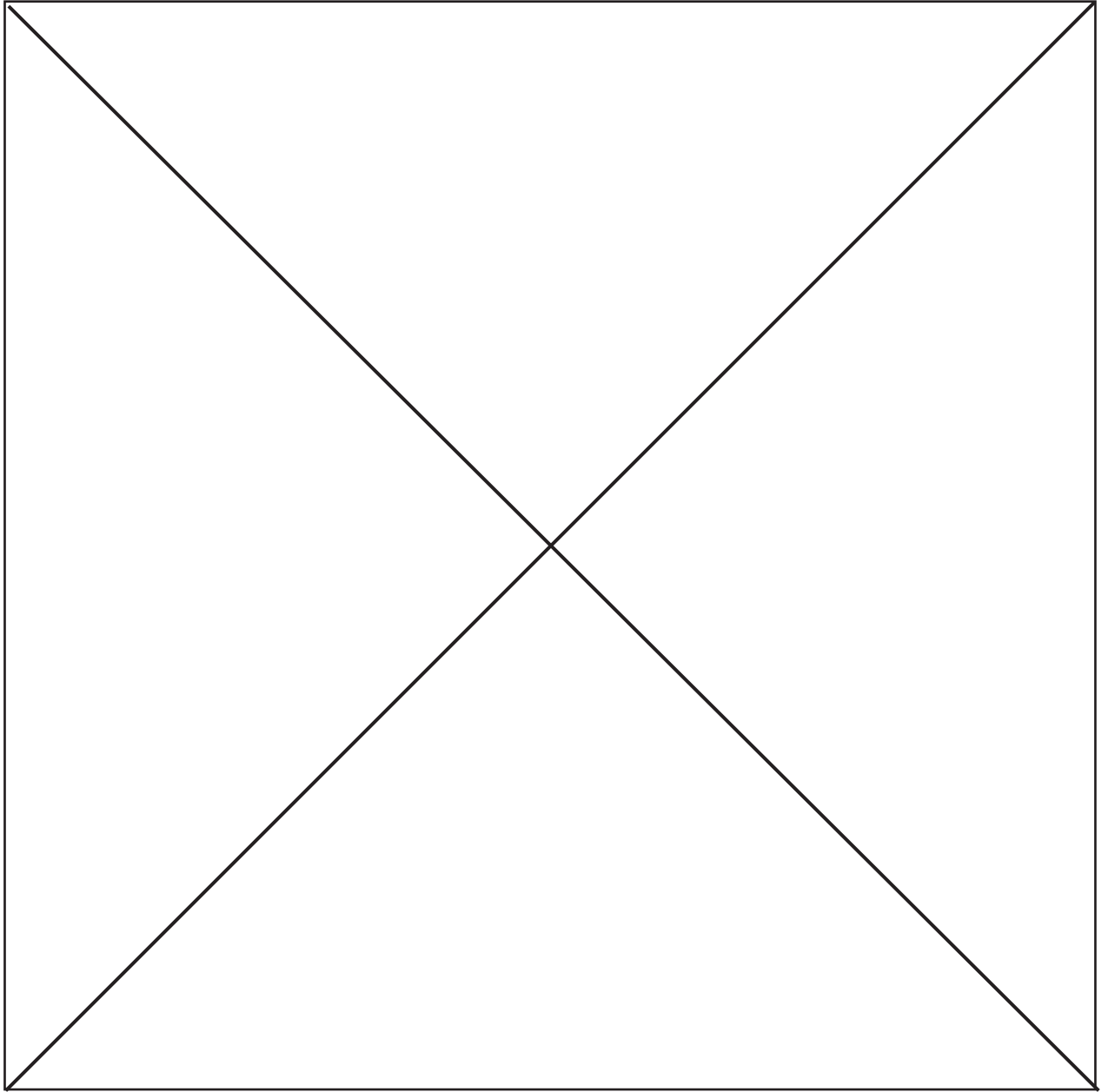
그림 7.7-4



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

급수제어계통 블록선도

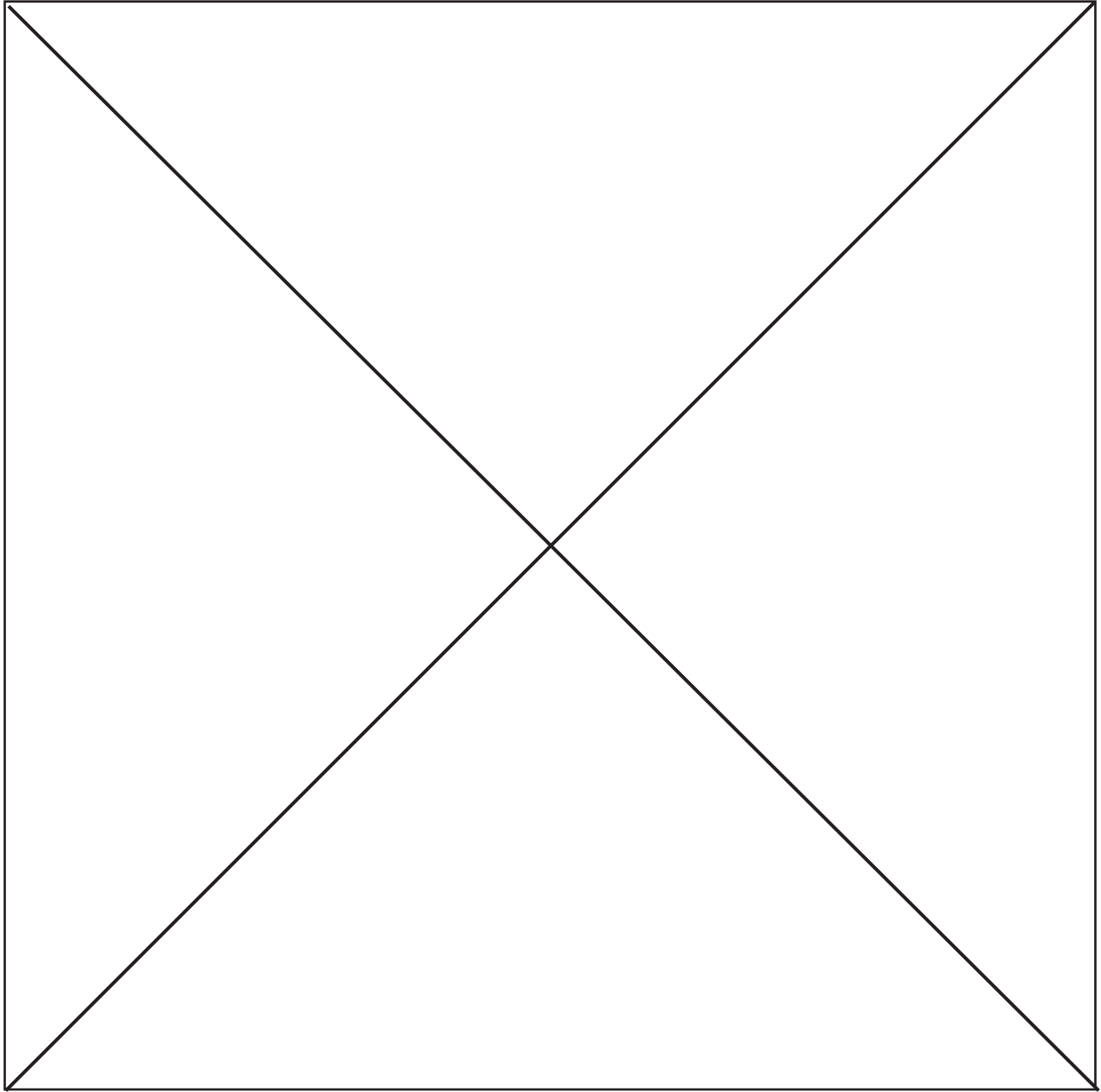
그림 7.7-5



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

증기우회제어계통 블록선도

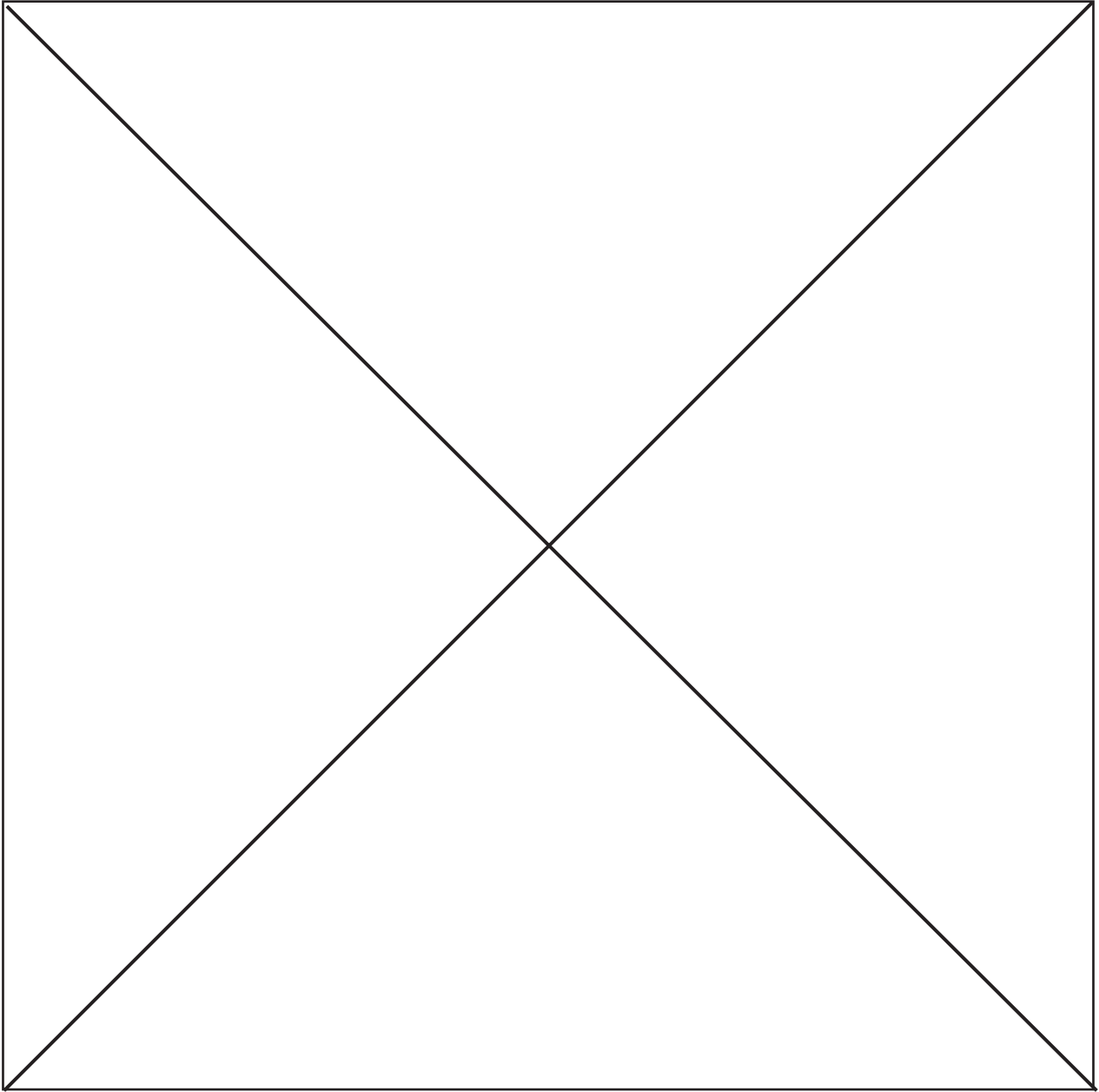
그림 7.7-6



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

원자로출력급감발계통 간이 블록선도

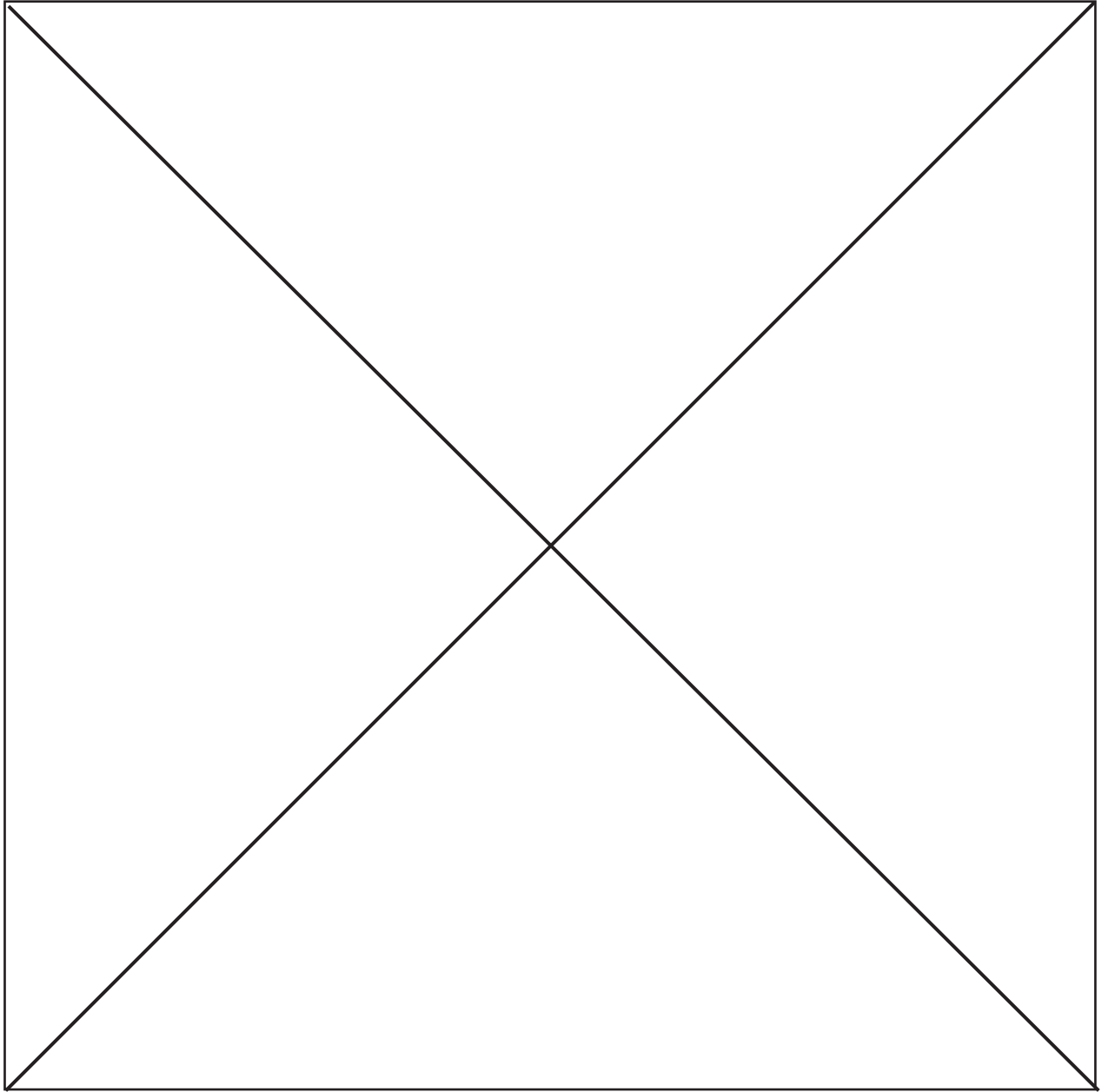
그림 7.7-7



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

붕소농도측정계통 블록선도

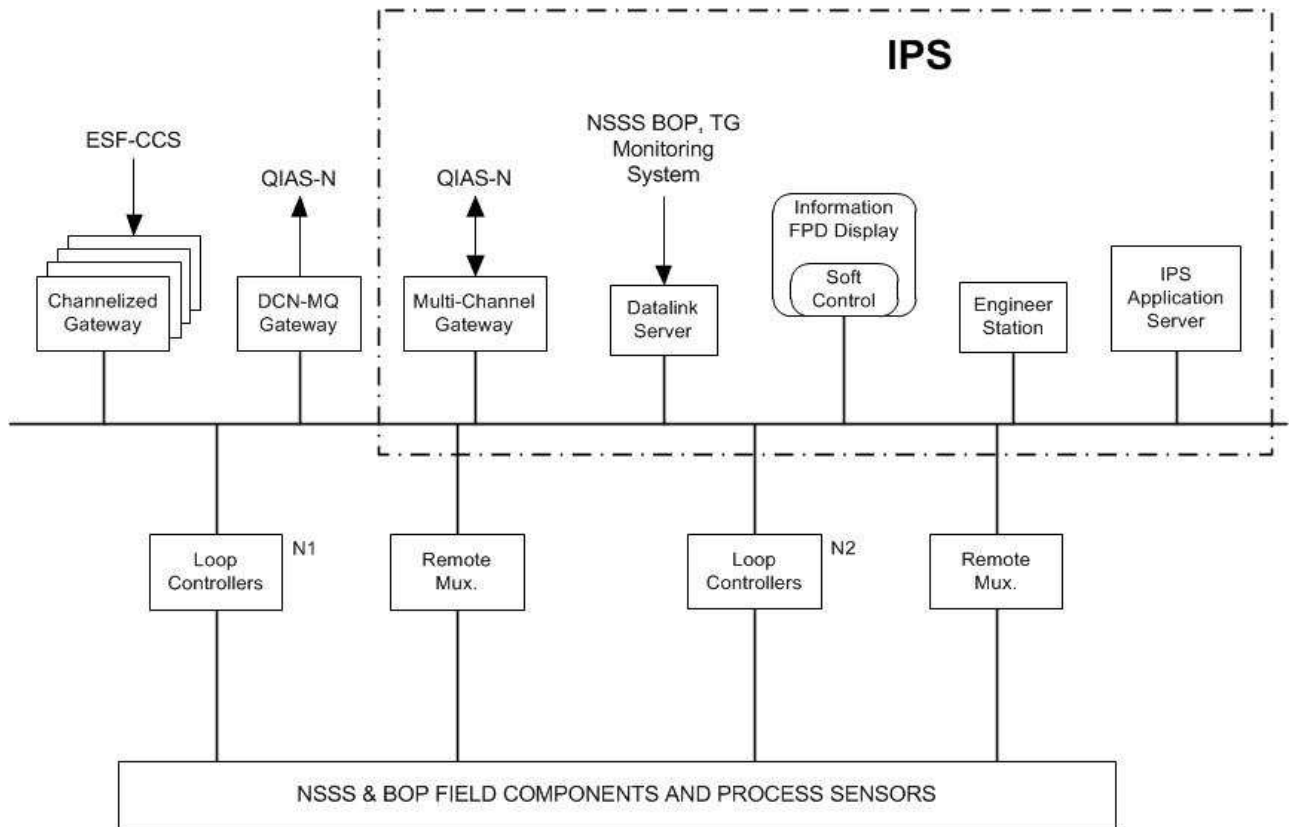
그림 7.7-8



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

봉소회석경보계통 블록선도

그림 7.7-9



NOTES :

- (1) MAY BE DISTRIBUTED REMOTELY.
- (2) A DUPLICATE SUBSET OF THE MCR WORKSTATION SHOWN ARE ALSO LOCATED ON REMOTE SHUT DOWN CONSOLE.
- (3) DATA COMMUNIDATIONS ARE REDUNDANT BETWEEN ALL PROCESSORS AND BETWEEN MAN MACHINE INTERFACES.

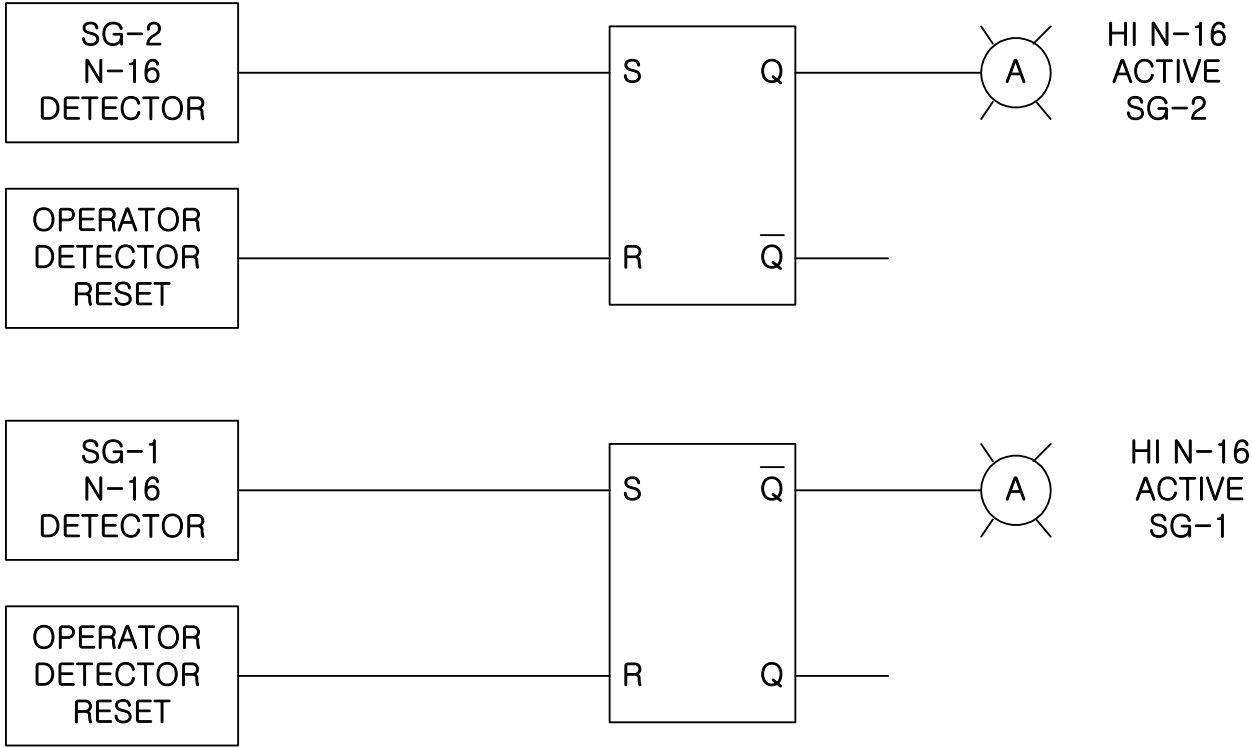



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

간략화한 공정 기기제어계통 구성도

그림 7.7-10

SG TUBE RUPTURE  
N-16 RADIATION MONITOR  
ALARM LOGIC

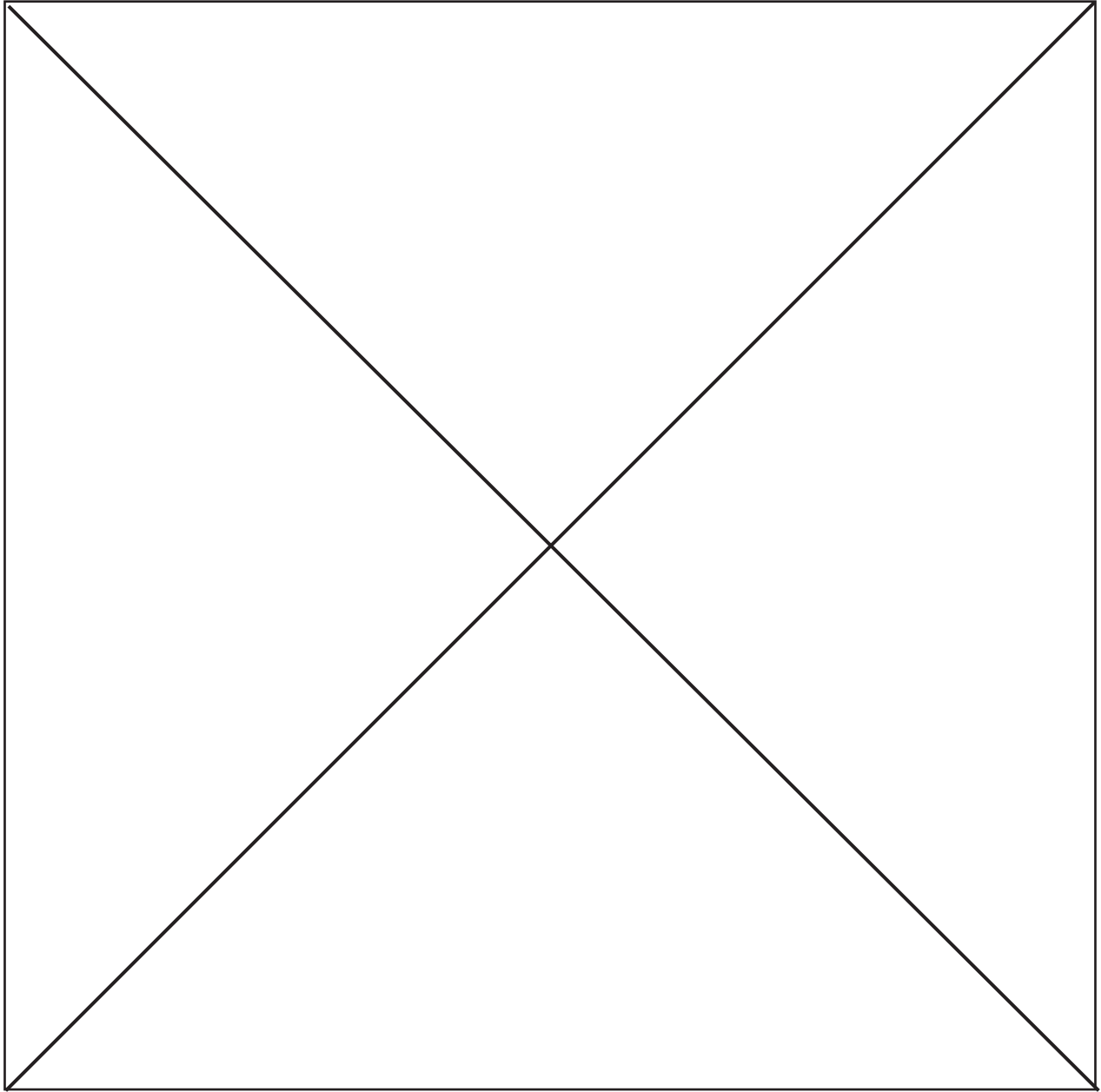




한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

N-16 측정 및 경보 논리도

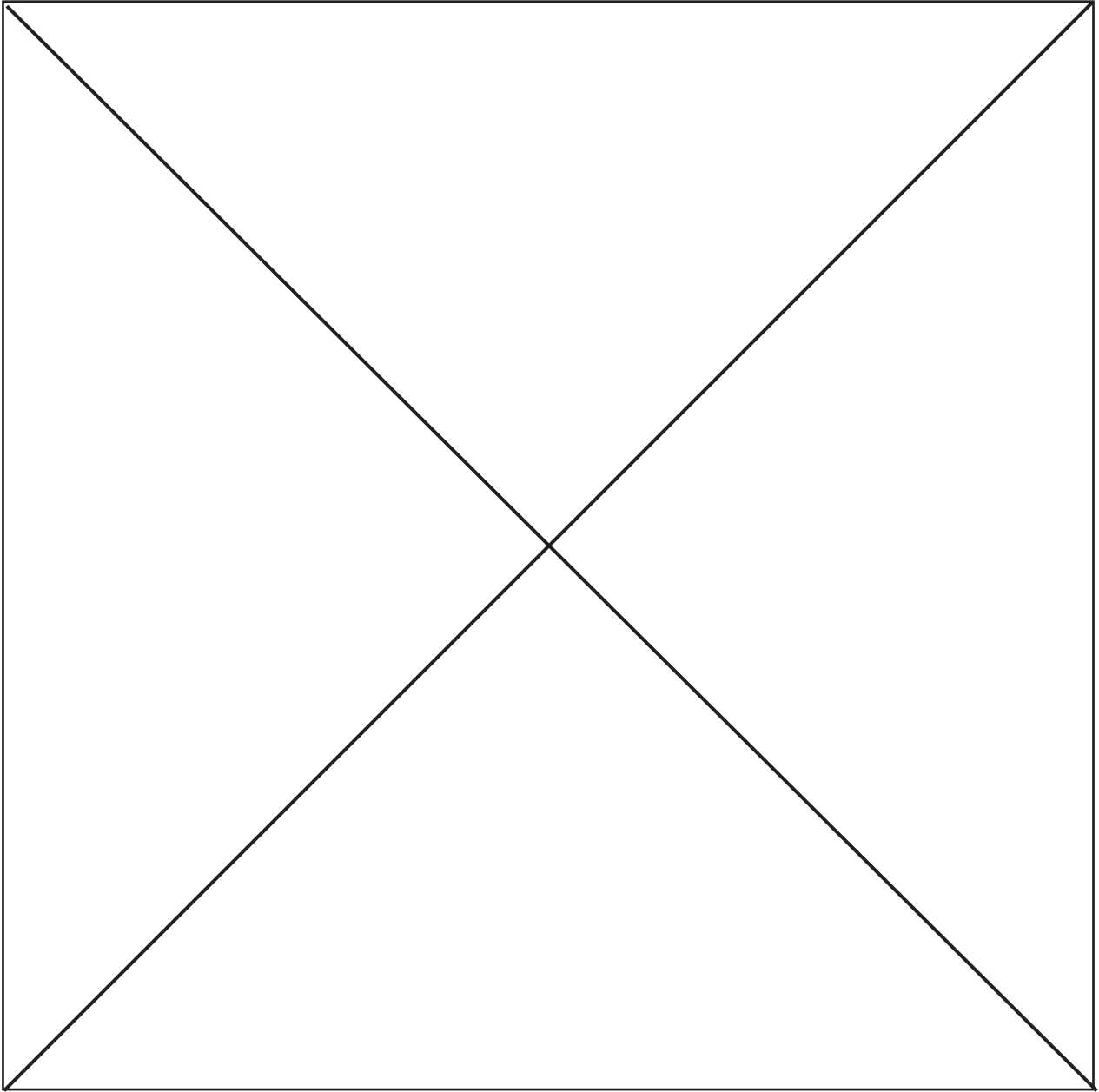
그림 7.7-11



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

인간-기계연계계통 정보처리 블록도

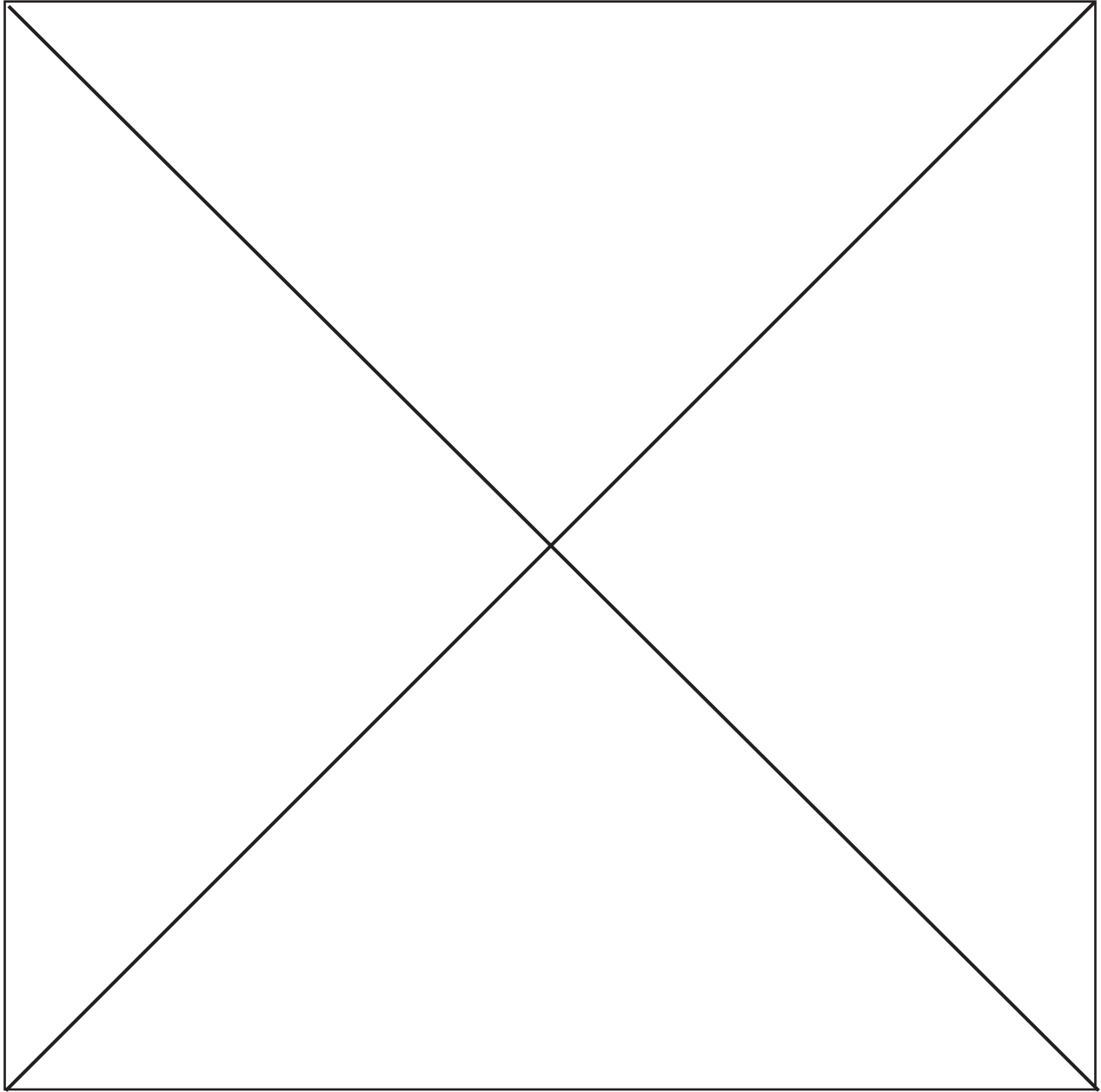
그림 7.7-12



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

주요변수 지시 및 경보계통-N 구성도

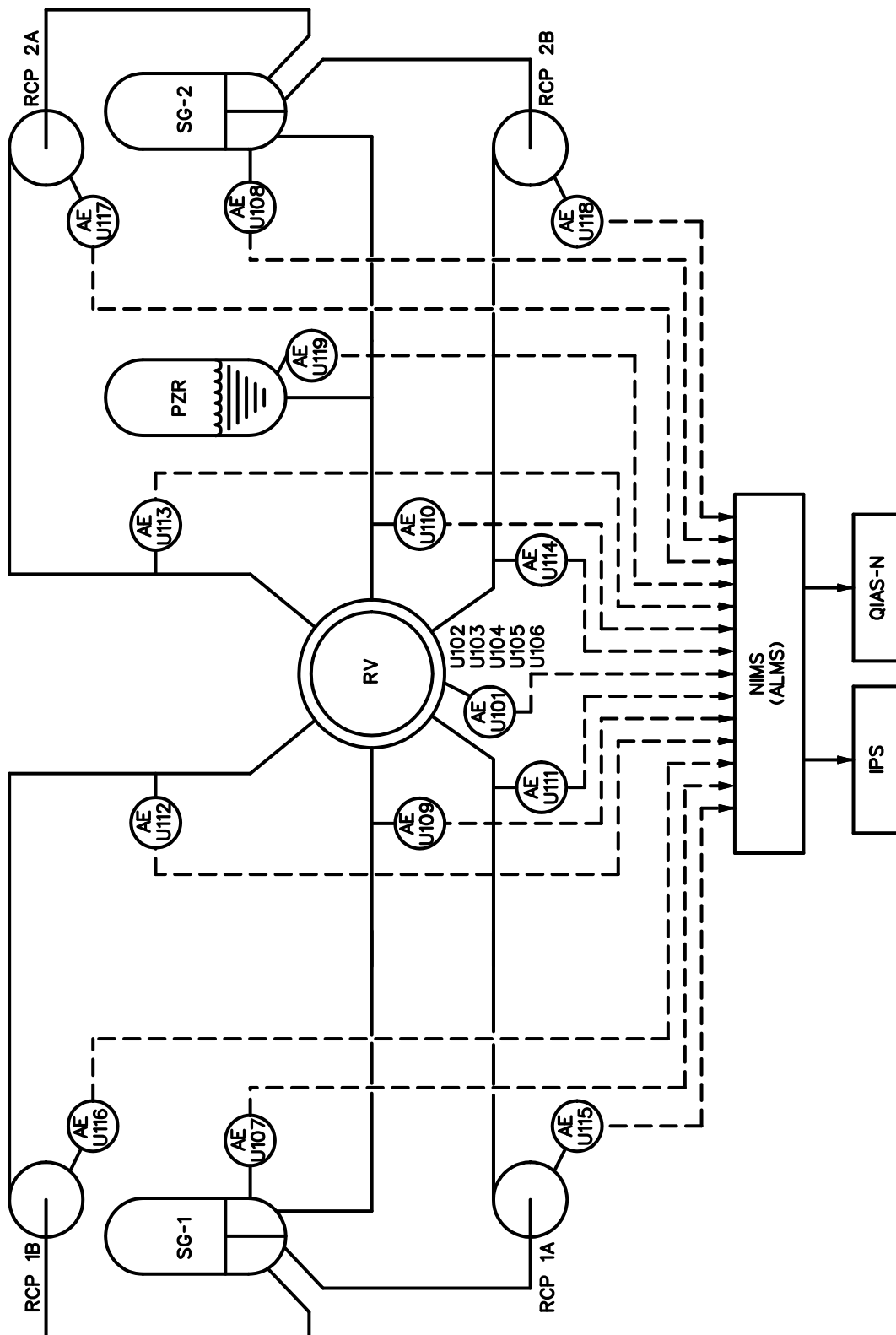
그림 7.7-13



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

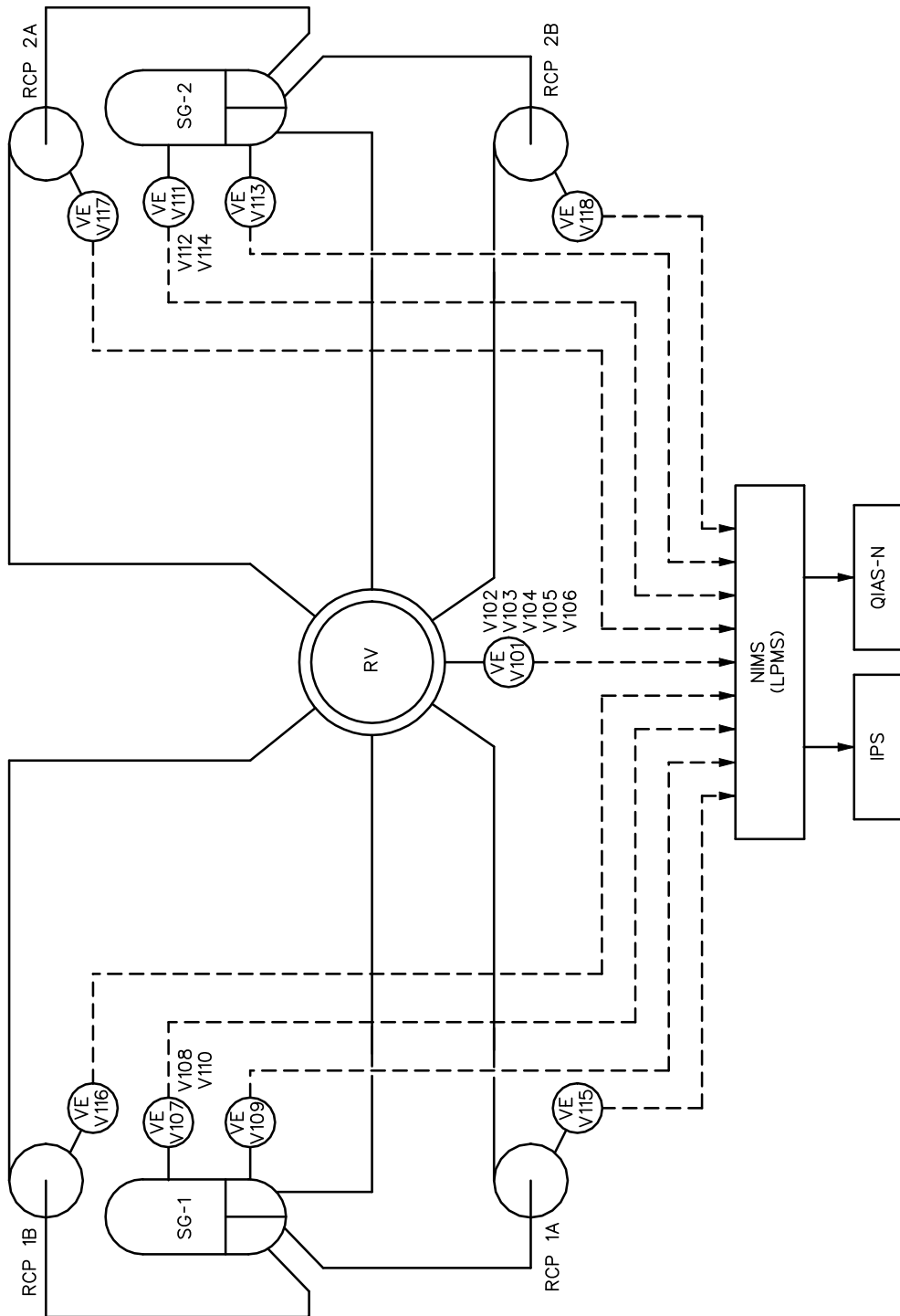
대형정보표시반/주요변수 지시 및  
경보계통/정보처리계통 데이터 통신

그림 7.7-14




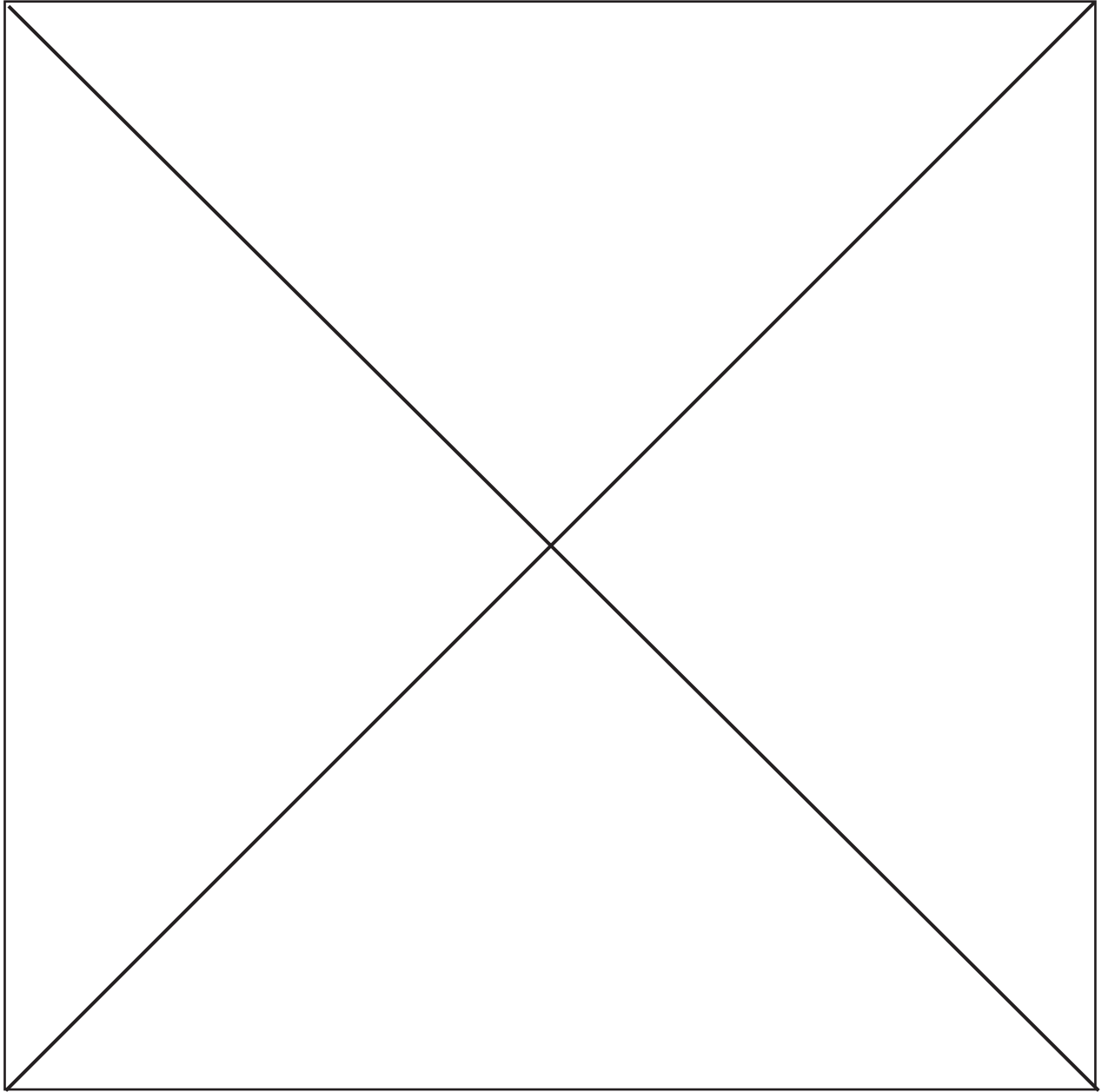
NOTE : AE means Acoustic Element.

	<p>한국수력원자력주식회사          신한울 1,2호기          최종안전성분석보고서</p>
<p>음향누설감시계통 측정채널 구성도</p> <p>그림 7.7-15</p>	



NOTE : VE means Vibration Element.

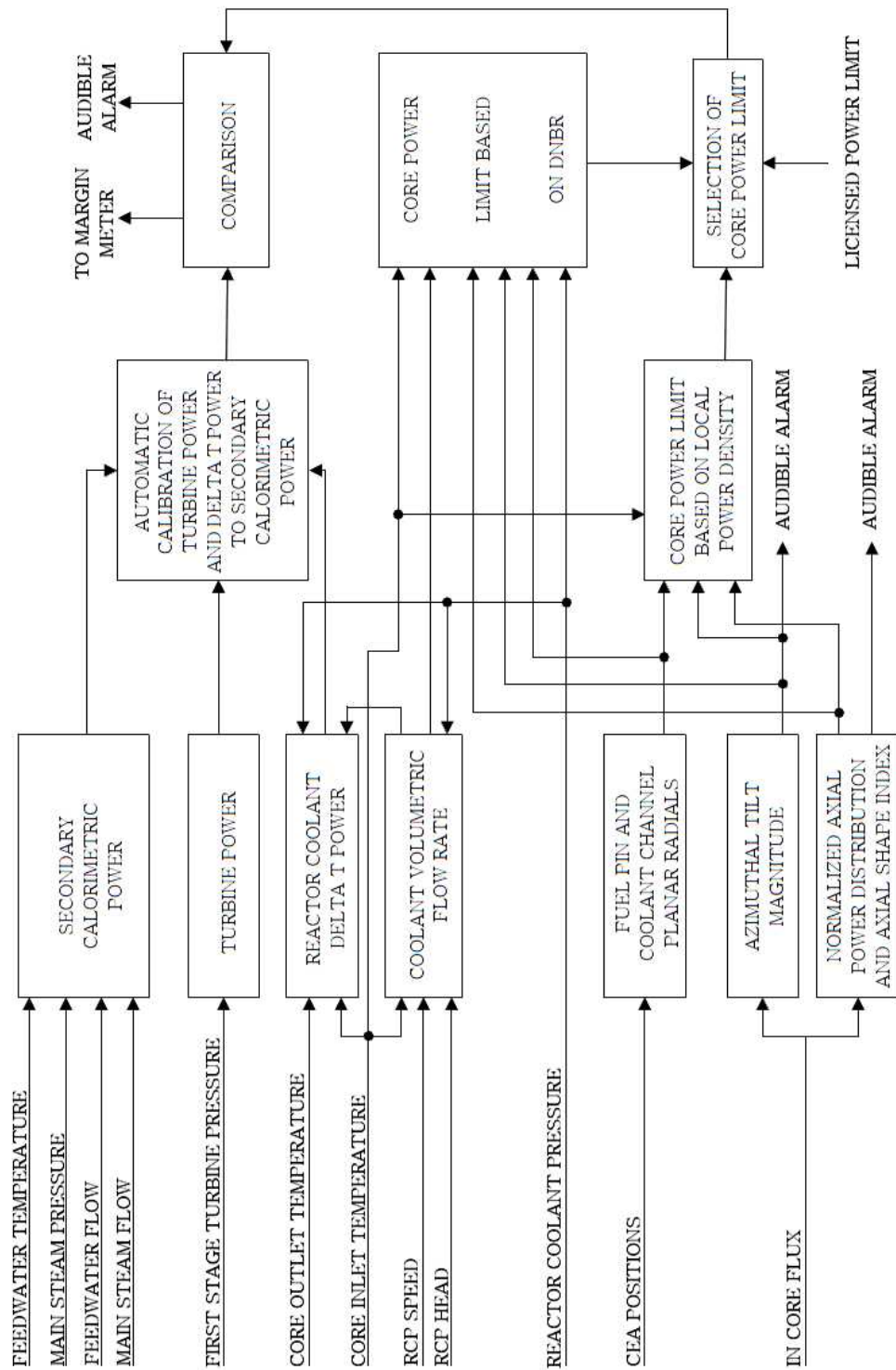
	<p>한국수력원자력주식회사          신한울 1,2호기          최종안전성분석보고서</p>
<p>금속파편감시계통 측정채널 구성도</p> <p>그림 7.7-16</p>	



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

정보처리계통 구성도

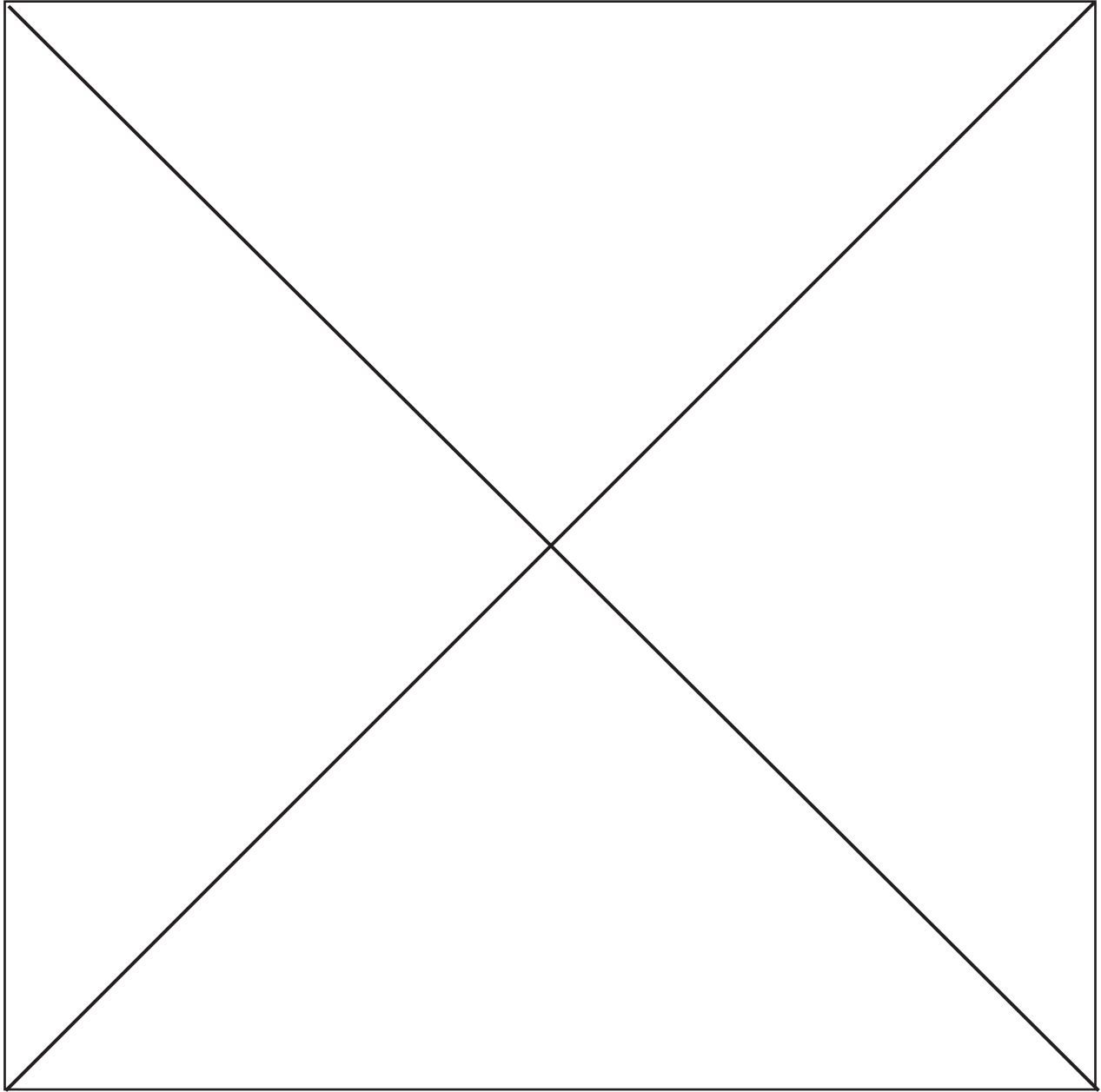
그림 7.7-17



한국수력원자력주식회사  
 신한울 1,2호기  
 최종안전성분석보고서

노심운전제한치감시계통의 기능도표

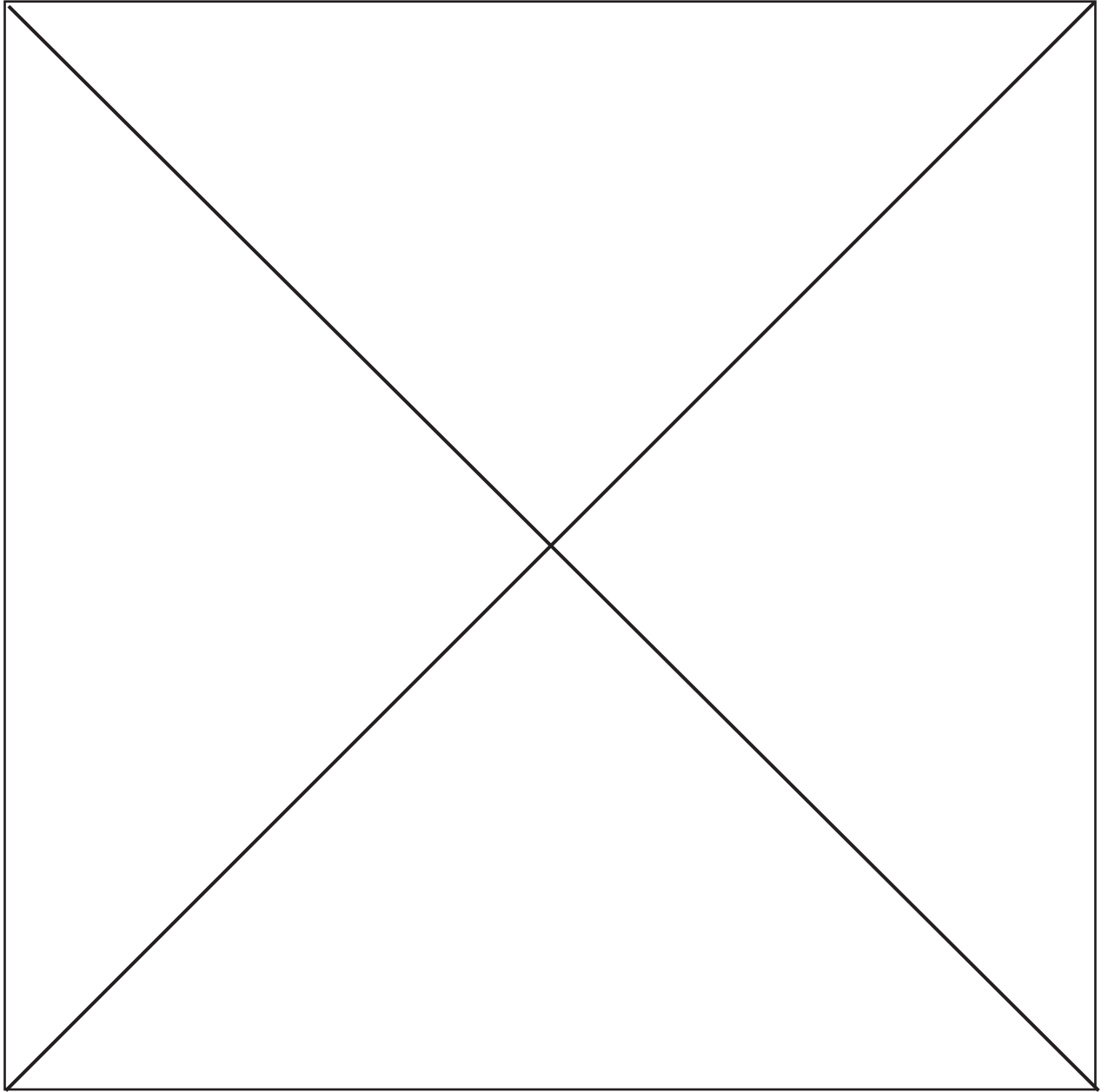
그림 7.7-18



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

원자로건물내재장전수저장계통  
측정채널 구성도

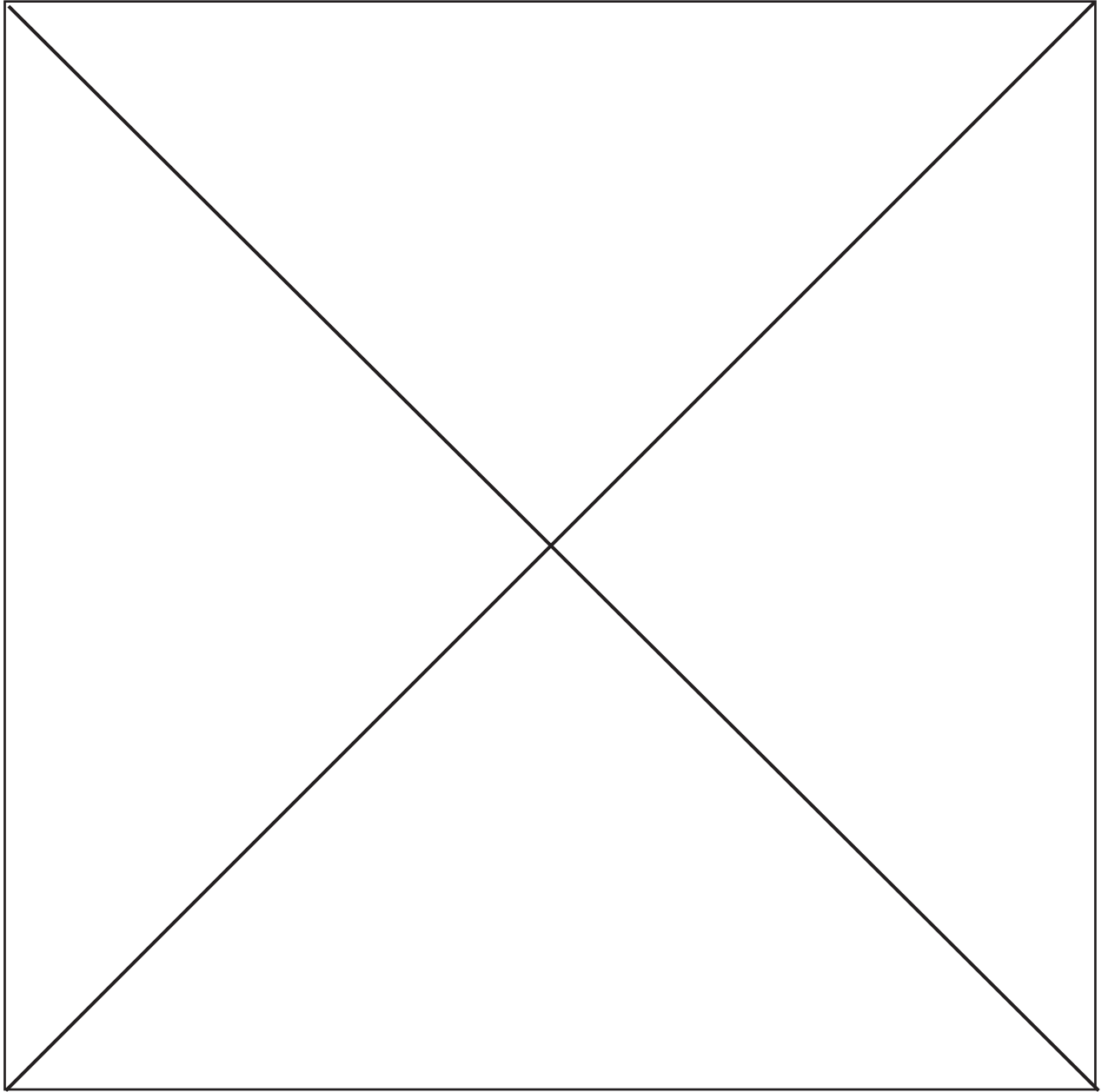
그림 7.7-19



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

중간저장조 측정채널 구성도

그림 7.7-20




한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

원자로용기 공동냉각계통 측정채널 구성도

그림 7.7-21

				1	2	3	4	5	6	7						
										1						
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
		2			3			4								
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
				5		6			7		8		9			
32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46		
		10		11			12									
47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61		
				13		14			15		16					
62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
		17		18										19		
79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
		20			21			22		23			24			25
96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
			26			27					28					
113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
		29					30	31			32		33		34	
130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146
					36				37				38			
147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163
			39								40			41		
164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
		42		43				44				45		46		
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195		
					48			49		50						
196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210		
			51								52		53			
211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223				
			54		55			56		57						
		224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234				
						58			59			60				
				235	236	237	238	239	240	241						
				61												

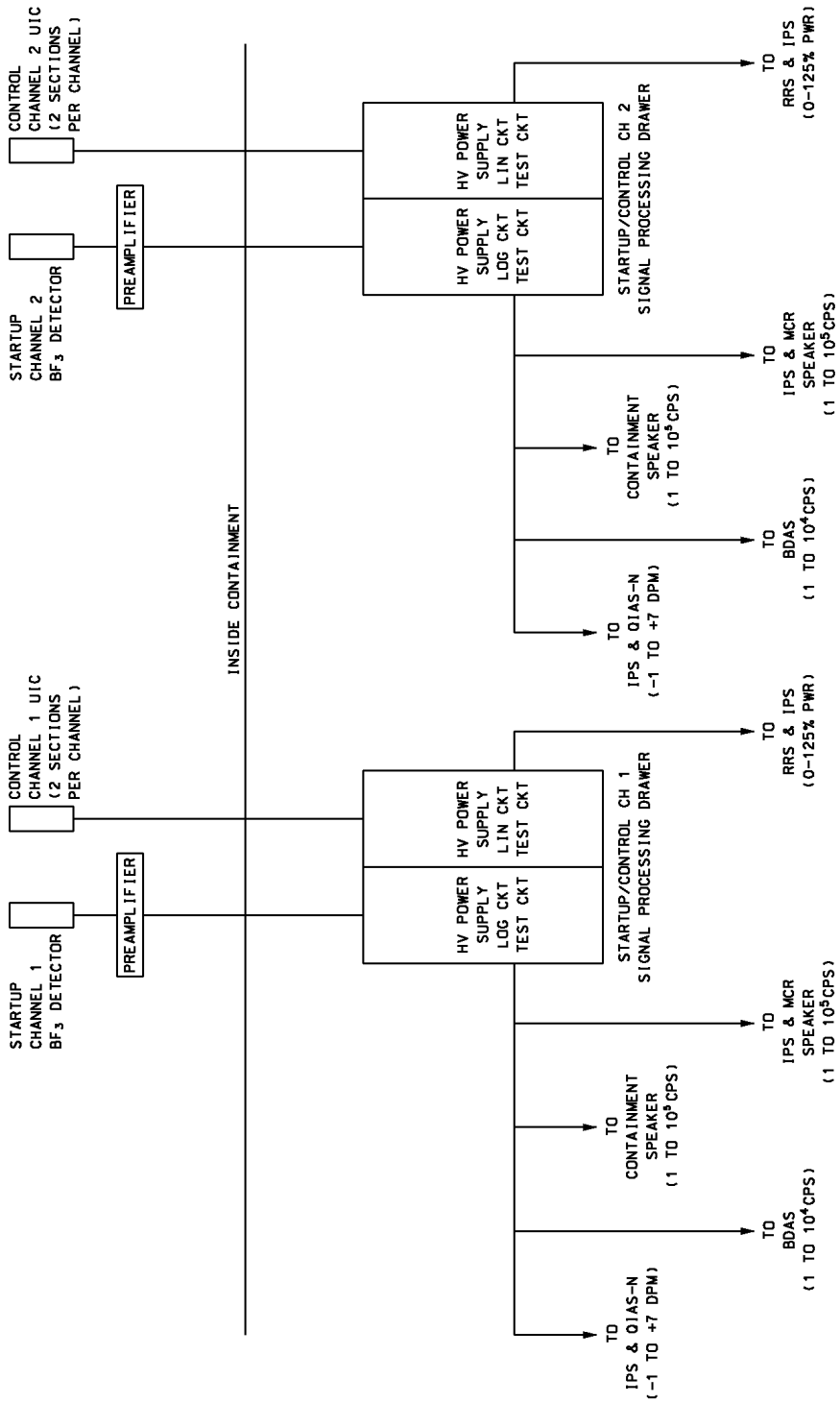
NNN : 핵연료집합체번호  
MM : 노내계측기집합체번호



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

노내계측기집합체 노심내부 배치도

그림 7.7-22



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

노외중성자속감시계통 기동채널 및  
제어채널 신호 흐름도

그림 7.7-23

## 7.8 다양성 계측제어계통

### 7.8.1 개요

본 절에서는 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통을 포함하는 안전등급 계측 제어계통의 공통원인고장에 대비하여 발전소를 보호하는 다양성계측제어계통 및 관련 기기에 대하여 기술한다. 본 절은 다음과 같은 계통이 포함된다.

가. 10 CFR 50.62의 원자로정지불능 예상과도상태 요건을 만족시키기 위한 다양성 보호계통 | 2

다양성보호계통은 예상운전과도(Anticipated Operational Occurrence, AOO)사건이 발생할 경우, 발전소보호계통의 원자로정지 부분의 고장에 의한 영향을 완화시킨다. | 2

나. SECY-93-087 및 관련 규제입장(Staff Requirements Memorandum)을 만족시키기 위한 다양성보호계통 | 2

다양성보호계통은 설계기준사건 환경에서 발전소보호계통을 포함한 디지털 안전계통의 공통유형고장에 의한 영향을 완화시킨다.

다. SECY-93-087 및 관련된 규제입장을 만족시키기 위한 다양성 수동제어기 및 다양성지시계통 | 2

다양성 수동제어기는 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통과 독립적이며 다양성을 갖춘 설비로서, 주요 안전기능 계통수준의 수동작동을 위해서 주제어실에 위치시킨다. 또한, 다양성지시계통은 안전계통과는 독립적이고 다양성을 갖춘 설비를 이용하여 디지털 계측제어계통의 공통유형고장발생과 설계기준사건발생시 발전소를 고온정지상태로 유지하는데 요구되는 지시정보를 제공한다.

한편, 7.5절은 운전원이 주제어실에서 안전에 중요한 수동 조작을 수행할 수 있도록 발전소의 모든 운전조건하에서 원자로, 원자로냉각재계통, 원자로건물 및 안전성관련 공정계통의 운전상태를 나타내는 안전성관련 지시계에 대하여 기술하고 있다.

### 7.8.2 계통설명

#### 7.8.2.1 다양성보호계통

다양성보호계통은 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제27조, 10 CFR 50.62에 기술된 원자로정지불능 예상과도상태로부터의 위험을 감소시키는 설비이다. 또한, 다양성보호계통은 설계기준사건과 동시에 일어나는 디지털컴퓨터기반 발전소보호계통과 공학적안전설비 기기제어계통의 공통유형고장에 의한 영향을 완화시킨다.

| 1

| 2

다양성보호계통은 원자로정지 및 보조급수작동 기능을 포함한다. 다양성보호계통의 원자

Intentionally  
Blank

로정지는 단순하지만 다양성을 갖춘 장치로서 원자로정지불능 예상과도상태에 의한 위험을 감소시키며, 디지털컴퓨터기반 발전소보호계통과 공학적안전설비 기기제어계통의 공통 유형고장에 의한 영향을 완화시킨다. 다양성보호계통의 보조급수작동기능은 원자로정지불능 예상과도상태를 완화시키는 보호기능을 부가적으로 보장한다. 이 계통의 측정채널은 그림 7.8-3, 4, 5, 6에 있다.

| 2

다양성보호계통은 표 7.8-1과 같이 가압기 압력이나 원자로건물 압력이 증가하여 설정치에 도달하거나, 증기발생기 압력이 감소하여 설정치에 도달할 때 원자로정지를 개시한다. 또한, 다양성보호계통은 원자로출력감발계통이 운전불능상태에 있을 때 터빈이 정지되면 원자로를 정지시킨다. 다양성보호계통의 터빈 정지에 의한 원자로정지기능은 주제어실에서 수동으로 선택할 수 있다. 다양성보호계통은 그림 7.8-1과 같이 제어봉구동장치의 전동발전기세트에 있는 출력차단기를 개방시키는 2/2 논리회로를 사용하여 제어봉구동장치로 공급되는 전원을 차단한다. 디지털제어봉제어계통에 있는 저전압계전기(undervoltage relay)는 제어봉구동장치에 공급되는 전원이 차단된 것을 감지하여 터빈정지신호를 보낸다. 그림 7.8-2는 원자로정지 및 터빈정지회로의 블록선도이다.

| 2

다양성보호계통은 표 7.8-1과 같이 증기발생기 수위가 감소하여 설정치에 도달할 때 보조급수작동을 개시한다. 다양성보호계통과 공학적안전설비 기기제어계통에서 독립적으로 발생하는 보조급수개시신호는 각 계통이 보조급수를 작동시킬 수 있도록 설계한다. 공학적안전설비 기기제어계통과의 전기적인 격리를 유지하기 위하여 공학적안전설비 기기제어계통에서 격리장치가 제공된다.

| 2

다양성보호계통은 1E급의 필수모선전원과는 독립적인 비안전등급의 필수전력공급계통으로부터 전원을 공급받는다.

#### 7.8.2.1.1 원자로정지신호

원자로정지신호는 전동발전기세트 출력차단기를 개방시킴으로써 제어봉집합체를 원자로 내부로 낙하시킨다. 다양성보호계통은 다음과 같은 입력신호를 받아서 논리를 수행하고 원자로정지신호를 발생시킨다.

##### 7.8.2.1.1.1 가압기 고압력

다양성보호계통은 가압기 압력이 증가하여 설정치에 도달할 때 자동으로 원자로정지신호를 발생시킨다.

| 2

##### 7.8.2.1.1.2 원자로건물 고압력

다양성보호계통은 원자로건물압력이 증가하여 설정치에 도달할 때 자동으로 원자로정지신호를 발생시킨다.

| 2

#### 7.8.2.1.1.3 증기발생기 저압력

다양성보호계통은 증기발생기 압력이 감소하여 설정치에 도달할 때 자동으로 원자로정지 신호를 발생시킨다.

2

#### 7.8.2.1.1.4 터빈정지에 의한 원자로정지

다양성보호계통의 터빈정지에 의한 원자로정지기능은 주제어실에서 수동으로 동작 또는 부동작을 선택할 수 있다. 원자로출력감발계통이 수동 모드로 운전하거나 고장 경보가 발생할 경우, 운전원은 안전제어반의 터빈정지에 의한 원자로정지 스위치를 동작으로 전환한다. 이때, 다양성보호계통은 터빈정지가 감지되면 원자로정지 신호를 발생시킨다.

2

2

#### 7.8.2.1.1.5 수동 원자로정지

운전원은 수동 원자로정지가 요구될 경우, 주제어실 안전제어반의 스위치를 조작하여 다양성보호계통에 의한 수동 원자로정지를 실행할 수 있다.

2

2

#### 7.8.2.1.2 터빈정지신호

다양성보호계통에서 원자로정지가 발생할 경우, 전동발전기세트의 출력전원이 차단되고 디지털제어봉제어계통의 제어봉 구동을 위한 전원공급이 차단되어 디지털제어봉제어계통으로부터 터빈정지신호가 발생된다(그림 7.8-1 참조). 제어봉구동장치의 구동전원이 차단되면 디지털제어봉제어계통에 있는 4개의 저전압계전기가 작동한다. 각각의 저전압계전기는 터빈정지를 작동시키기 위하여 터빈제어계통(TCS)으로 터빈정지신호를 제공한다.

#### 7.8.2.1.3 보조급수작동신호

##### 7.8.2.1.3.1 증기발생기 저수위

다양성보호계통은 증기발생기 수위가 감소하여 설정치에 도달할 때 자동으로 사이클링 보조급수작동신호와 래칭 보조급수작동신호를 발생시킨다. 공학적안전설비 기기제어계통의 제어기에서 보조급수작동신호가 발생하지 않으면, 공학적안전설비 기기제어계통은 다양성보호계통의 래칭 보조급수작동신호에 따라서 보조급수펌프를 작동하고 사이클링 보조급수작동신호에 따라서 조절밸브를 완전히 개방하며 사이클링과 래칭 보조급수작동신호를 조합하여 증기발생기 수위 변화에 따른 격리밸브의 열림과 닫힘 작동을 반복적으로 수행한다. 증기발생기 수위가 미리 설정된 수위로 회복되면 다양성보호계통캐비닛에서 래칭 보조급수작동신호를 수동으로 리셋할 수 있다. 다양성보호계통에서 개시된 보조급수작동신호는 공학적안전설비 기기제어계통을 거쳐서 현장기기연계모듈까지 실배선으로 연결된다. 다양성보호계통에 의한 보조급수계통의 작동은 10.4.9.2.4절 "보조급수계통 운전 및 제어"에 기술되어 있다. 다양성보호계통과 공학적안전설비 기기제어계통사이의 전

2

기적 독립성을 위해 안전등급의 격리장치가 공학적안전설비 기기제어계통에 제공된다.

#### 7.8.2.2 다양성 수동 공학적안전설비 작동스위치 | 2

다양성 수동 공학적안전설비 작동스witch는 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어 계통의 공통원인고장시 주제어실에서 운전원이 공학적안전설비를 작동시킬 수 있도록 하는 설비로서 그 기능은 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통의 디지털 기기에 의해 수행되는 수동 및 자동 논리회로 기능을 사용하지 않는 하드웨어 스위치를 이용하여 관련기기를 직접 제어하도록 제공된다. | 2

##### 7.8.2.2.1 다양성 공학적안전설비 작동신호

Intentionally  
Blank

다양성 공학적안전설비 작동신호는 안전주입신호, 주증기격리신호, 원자로건물격리작동신호, 원자로건물살수작동신호, 보조급수작동신호-1 및 보조급수작동신호-2로 구성된다.

다양성 공학적안전설비 수동작동신호는 공학적안전설비 기기제어계통 최하부 실행단계까지 실배선으로 연결되고 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통과는 독립적이며 다양성을 갖도록 설계된다.

### 7.8.2.3 다양성지시계통

다양성지시계통은 디지털안전계통의 공통유형고장시 운전원이 발전소를 고온정지상태에 도달하게 하고 그 상태를 유지하는데 필요한 변수를 감시하는 기능을 제공한다. 또한 다양성지시계통은 공통유형고장시 가열열전대의 가열기 전원을 제어한다. 즉 가열열전대의 전원은 정상운전시 주요변수지시 및 경보계통-P가 제어하며, 공통유형고장이 발생할 경우 주요변수지시 및 경보계통-P 채널 A로 부터 다양성지시계통으로 수동 전환하여 다양성지시계통이 가열열전대의 가열기전원 채널 A를 제어하도록 한다.

다양성지시계통은 한(1)개의 채널로 구성되며, 모든 입력신호는 디지털 안전계통의 공통유형고장과는 무관한 신호분배기 및 신호격리기를 통해 실배선으로 다양성지시계통으로 입력되며, 또한 디지털안전계통과는 독립적이고 다양한 하드웨어와 소프트웨어를 사용하여 신호를 처리하므로, 디지털안전계통과는 독립성과 다양성을 유지한다.

## 7.8.3 설계기준

### 7.8.3.1 다양성보호계통

다양성보호계통은 원자로정지불능 예상운전과도사건시에 발전소보호계통의 원자로정지 실패에 의한 영향을 완화시키도록 설계한다. 또한, 다양성보호계통은 설계기준사건과 동시에 일어나는 디지털컴퓨터기반 발전소보호계통과 공학적안전설비 기기제어계통의 공통유형고장에 의한 영향을 완화시키는 기능을 포함한다.

다양성보호계통의 보호기능이 적절히 수행될 수 있도록 다음 기준에 따라서 설계된다.

가. 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 및 10 CFR 50 부록 A, "General Design Criteria for Nuclear Power Plants"의 적용 가능한 다음 기준을 만족한다.

- |                    |                              |   |
|--------------------|------------------------------|---|
| 1) 규칙 제12조 및 기준 1  | - 품질표준 및 기록 : 적합성은 3.1.8절 참조 | 2 |
| 2) 규칙 제20조 및 기준 13 | - 계측 및 제어 : 적합성은 3.1.16절 참조  | 2 |

3) 규칙 제25조 및 기준 19	- 주제어실 : 적합성은 3.1.21절 참조	2
4) 규칙 제26조 및 기준 24	- 보호계통과 제어계통 간의 격리 : 적합성은 3.1.22절 참조	2
나. IEEE 603-1998, "Standard Criteria for Safety Systems for Nuclear Power Generating Stations" 5.6.3절에 안전계통과 다른 계통 간의 독립성을 확보하기 위한 계통의 계측, 기능 및 운전.		
다양성보호계통과 공학적안전설비 기기제어계통의 전기적 격리를 유지하기 위하여 다양성보호계통에서 발생하는 보조급수작동신호는 공학적안전설비 기기제어계통의 격리장치를 경유하여 공학적안전설비 기기제어계통의 보조급수작동신호와 함께 기기연계모듈로 제공된다.		
다.	다양성보호계통은 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제27조, 10CFR 50.62의 요건에 따라 설계된다. 다양성보호계통은 발전소보호계통의 원자로정지 부분의 고장에 따른 예상운전과도사건중 적절한 보호기능을 제공하도록 설계된다.	1
라.	SECY-93-087, II.Q(심층방어 및 다양성) 및 관련된 규제입장(SRM)을 만족한다. 다양성보호계통은 설계기준사건과 동시에 일어나는 발전소보호계통과 공학적안전설비 기기제어계통의 디지털 컴퓨터 논리 공통유형고장에 의한 영향을 완화시키기 위해서 원자로정지신호와 보조급수작동신호를 자동으로 발생시킨다.	2
상기의 기준을 만족하기 위해 다양성보호계통은 표 3.2-1에 명시된 바와 같이 비안전등급으로서 전기등급 비 1E급, 품질등급 A 및 내진범주 II급을 만족하도록 설계되며, 원자로정지, 터빈정지 및 보조급수작동 기능을 수행하도록 설계된다. 각 기능에 대한 상세한 설명은 7.8.2.1절에 기술되어 있다.		
7.8.3.2	<u>다양성 수동 공학적안전설비 작동스위치</u>	2
다양성 수동 공학적안전설비 작동스witch는 운전원이 주제어실에서 공학적안전설비를 작동시키기 위해서 공학적안전설비작동계통의 일부로서 제공된다. 이러한 다양성 수동 공학적안전설비 작동스위치의 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통의 디지털 기기에 의해 수행되는 수동 및 자동 논리회로 기능과는 달리 다양성을 갖는다.		
다양성 수동 공학적안전설비 작동스위치의 보호기능이 적절히 수행될 수 있도록 다음 기준에 따라서 설계한다.		

가. 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 및 10 CFR 50 부록 A, "General Design Criteria for Nuclear Power Plants"의 적용 가능한 설계기준을 만족한다. 기본적인 설계기준은 7.8.3.1절과 동일하다.

나. SECY-93-087, II.Q(심층방어 및 다양성)과 관련된 규제입장을 만족한다.

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통 디지털 논리회로의 공통원인고장시 수동제어 가능한 다양성 수동 공학적안전설비 작동스위치가 제공된다. | 2

### 7.8.3.3 다양성지시계통

다양성지시계통은 설계기준사고와 디지털안전계통의 공통유형고장이 동시에 발생하였을 때, 운전원이 발전소상태를 파악하여 발전소를 고온정지상태에 도달시키는데 필요한 조치를 취하는데 요구되는 변수를 제공한다. 제공되는 변수는 부록 7A, 2.2절에 기술한 바와 같으며, 해당 변수의 선정기준은 다음과 같다. | 2

- 1) 사고 후 감시계측 범주 1 변수(일부)
- 2) 부록 7A의 분석내용 중에서 사고 후 30분 이전에 운전원의 조치가 요구되는 지시 정보 및 운전원이 발전소를 고온정지상태에 도달하게 하고 유지시키는데 필요한 지시정보(일부)
- 3) 부적절한 노심냉각을 감시하기 위한 변수

다양성지시계통의 변수표시기능이 적절히 수행될 수 있도록 다음 기준에 따라서 설계한다.

가. 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙, 10 CFR 50 부록 A, "General Design Criteria for Nuclear Power Plants"의 적용 가능한 설계기준을 만족한다. | 1

나. SECY-93-087, II. Q 및 SRP BTP HICB-19(개정4)(심층방어 및 다양성)와 관련된 규제입장을 만족한다. | 2

다양성지시계통은 디지털안전계통으로부터 검증된 격리기를 통해 신호를 받으므로 다양성지시계통에서 발생하는 어떠한 고장도 연계되는 디지털안전계통으로 전달되지 않도록 설계하여 독립성 요건을 만족하고 있으며, 안전계통과는 다른 플랫폼을 사용하여 다양성을 갖도록 설계된다.

### 7.8.4 분석

#### 7.8.4.1 개요

디지털컴퓨터 기반의 발전소보호계통과 공학적안전설비 기기제어계통의 공통유형고장 사건과 동반한 6장과 15장의 사고원인에 대응하는 발전소 대응능력을 보여주기 위해 평가가 수행된다. 디지털 컴퓨터를 기반으로 하는 안전계통의 모든 자동작동 및 수동작동은 보수적으로 불능상태에 있다고 가정한다. 이 평가는 정상 초기조건, 원자로냉각재펌프의 정상운전(원자로냉각재펌프의 자체 고장이 사고의 원인인 경우는 제외), 핵증기공급계통 제어계통의 신뢰성에 관련하여 최적분석방법론을 적용한다. 또한, 가압기 고압력, 원자로 건물 고압력 또는 증기발생기 저압력에 의한 자동 원자로정지신호 및 증기발생기 저수위에 의한 자동 보조급수작동신호를 제공하는 다양성보호계통의 운전은 정상으로 가정한다. 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통의 공통유형고장을 운전원이 감지하고 평가하여 적절한 완화조치를 취할 수 있을 만큼 충분한 정보와 시간이 제공된다면 운전원 조치를 신뢰할 수 있다.

#### 7.8.4.2 평가범위

공통유형고장이 발생하여 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통과 관련된 안전 기기들의 작동 및 제어(자동과 수동)가 동작하지 않으며 주요변수지시 및 경보계통을 통한 발전소 감시기능이 동작하지 않는다고 가정한다. 공통유형고장에 의해서 작동되지 않는 발전소보호계통과 공학적안전설비 기기제어계통의 보호기능은 표 7.8-2와 같다. 발전소보호계통과 공학적안전설비 기기제어계통의 공통유형고장시 사고 완화를 위해 작동 가능한 발전소 기능 및 계통은 표 7.8-3과 같다.

각 사고에 대하여 단기 영향을 줄이고 차후 복구조치를 취하기 위해 운전원조치가 필요하다. 발전소 기기 및 소프트웨어의 다양성으로 인하여 적절한 계측제어설비가 이용 가능함을 보장함으로써 발전소보호계통과 공학적안전설비 기기제어계통의 공통유형고장을 동반한 설계기준사고를 적시에 판단하여 공통유형고장의 영향을 완화시킬 수 있다.

공통유형고장에 의해서 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통으로부터 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N으로 전송되는 정보는 이용이 불가능하다. 그러므로 운전원이 그 정보를 이용할 수 없다. 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통 이외의 계통으로부터 오는 정보는 유효하며, 운전원이 이용가능하다.

#### 7.8.4.3 설계기준 사고평가

##### 7.8.4.3.1 정성적 평가

정성적 평가는 6장 및 15장의 안전성관련 설계기준사고의 분석결과를 기준으로 하여 발

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

전소보호계통과 공학적안전설비 기기제어계통의 공통유형고장에 따른 사고원인에 대응하는 발전소설계의 심층방어 및 다양성을 평가한다.

정성적 평가는 발전소보호계통과 공학적안전설비 기기제어계통의 자동응답 및 수동작동 능력을 배제하고 수행한다. 7.8.4.1절에 기술된 최적분석방법론에 근거한 가정이 정성적 평가에 적용된다. 최적분석방법론에 근거한 정성적 평가의 결과는 각각의 사고원인에 대한 허용기준에 대해 평가된다.

정성적 평가의 결과는 부록 7A, "설계기준사고에 대한 공통유형고장 평가"에 기술되어 있다.

### 7.8.4.3.2 정량적 해석

컴퓨터 프로그램을 사용한 상세한 정량적 해석은 허용기준의 적합성을 결정하기 위해 상세한 정성적 해석을 필요로 하는 사고에 대해 수행된다.

정량적 해석에 대한 결과는 부록 7A, "설계기준사고에 대한 공통유형고장 평가"에 기술되어 있다.

### 7.8.5 기술요건사항

다양성보호계통 계측설비에 대한 계통요구사항, 점검요구사항, 점검주기 및 적용모드는 표 7.8-4를 적용한다.

표 7.8-1

다양성보호계통 변수

감시변수	형식	감지기수량	계측범위	트립설정치
가압기 압력	압력계	2		
원자로건물 압력	압력계	2		
증기발생기 압력	압력계	2/SG		
증기발생기 수위(광역)	차압계	2/SG		
터빈정지	EHC토출 압력스위치	2	접점	접점

2

표 7.8-2

공동유형고장에 영향 받는 발전소보호계통과 공학적안전설비 기기제어계통의 기능

영향 받는 기능	관련 계통	작동 모드
1. 원자로정지	발전소보호계통	자동
2. 안전주입 작동	공학적안전설비 기기제어계통	자동
3. 원자로건물 격리 작동	공학적안전설비 기기제어계통	자동
4. 원자로건물 살수 작동	공학적안전설비 기기제어계통	자동
5. 주증기 격리 작동	공학적안전설비 기기제어계통	자동
6. 보조급수 작동	공학적안전설비 기기제어계통	자동
7. 공학적안전설비작동계통 수동작동/리셋	공학적안전설비 기기제어계통	수동

표 7.8-3

공통유형고장시 다양성을 갖는 작동 가능한 기능

작동 가능한 기능	관련 계통	작동 모드
1. 다양성보호계통 - 가압기 고압력에 의한 원자로 정지 - 원자로건물 고압력에 의한 원자로 정지 - 증기발생기 저압력에 의한 원자로 정지 - 증기발생기 저수위에 의한 보조급수 작동 - 수동 원자로 정지	다양성보호계통	자동 또는 수동
2. 핵증기공급계통 제어계통 - 증기우회제어계통 - 급수제어계통 - 가압기수위제어계통 - 가압기압력제어계통 - 원자로출력급감발계통 - 원자로출력제어계통 - 디지털제어봉제어계통	- 핵증기공급계통 공정제어계통 - 출력제어계통	자동 또는 수동
3. 수동 원자로정지(주제어실/원격정지실)	원자로보호계통	수동
4. 다양성 공학적안전설비 수동작동(계통수준)	공학적안전설비 기기제어계통	수동
5. 현장 수동 조작(기기별)	-	수동
6. 정보처리계통에 의해 제공되는 지시, 표시 및 경보(발전소보호계통과 공학적안전설비 기기 제어계통에서 입력되는 정보는 제외)	정보처리계통	-
7. 다양성지시계통에 의해 제공되는 정보	다양성지시계통	-
8. 가열접점열전대 전원 제어	다양성지시계통	수동 절체 후 자동

표 7.8-4 (3 중 1)

다양성보호계통 계측설비

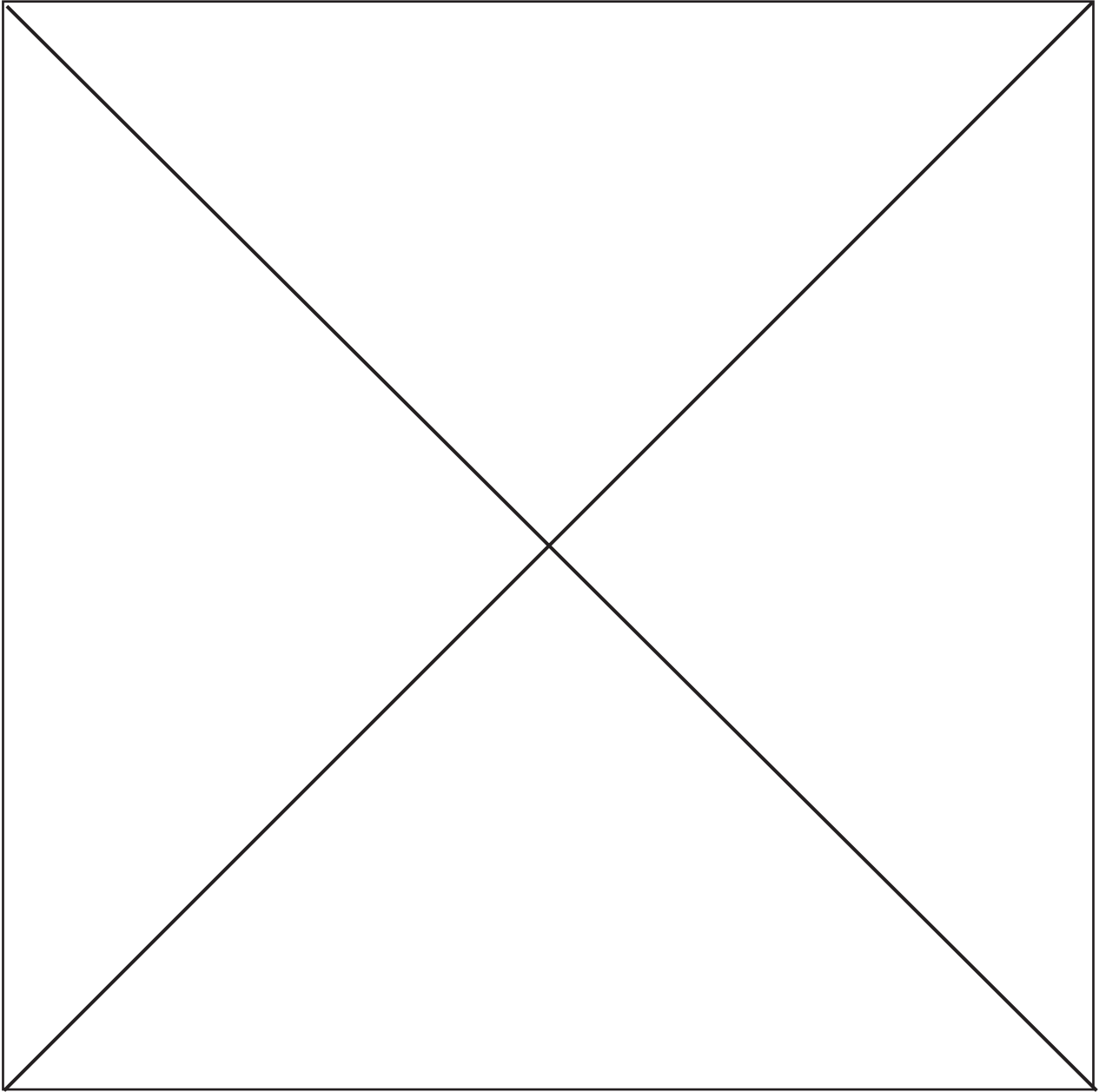
계통요구사항	점검요구사항	점검주기	적용모드
1. 표 7.8-4 부록 1에 보여진 다양성보호계통의 채널은 최소한 표 7.8-4 부록 2에 나타난 응답시간을 갖고 운전가능하여야 한다.	<div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>	<div></div> <div></div> <div></div> <div></div>	<div></div>



표 7.8-4 (3 중 3)


신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

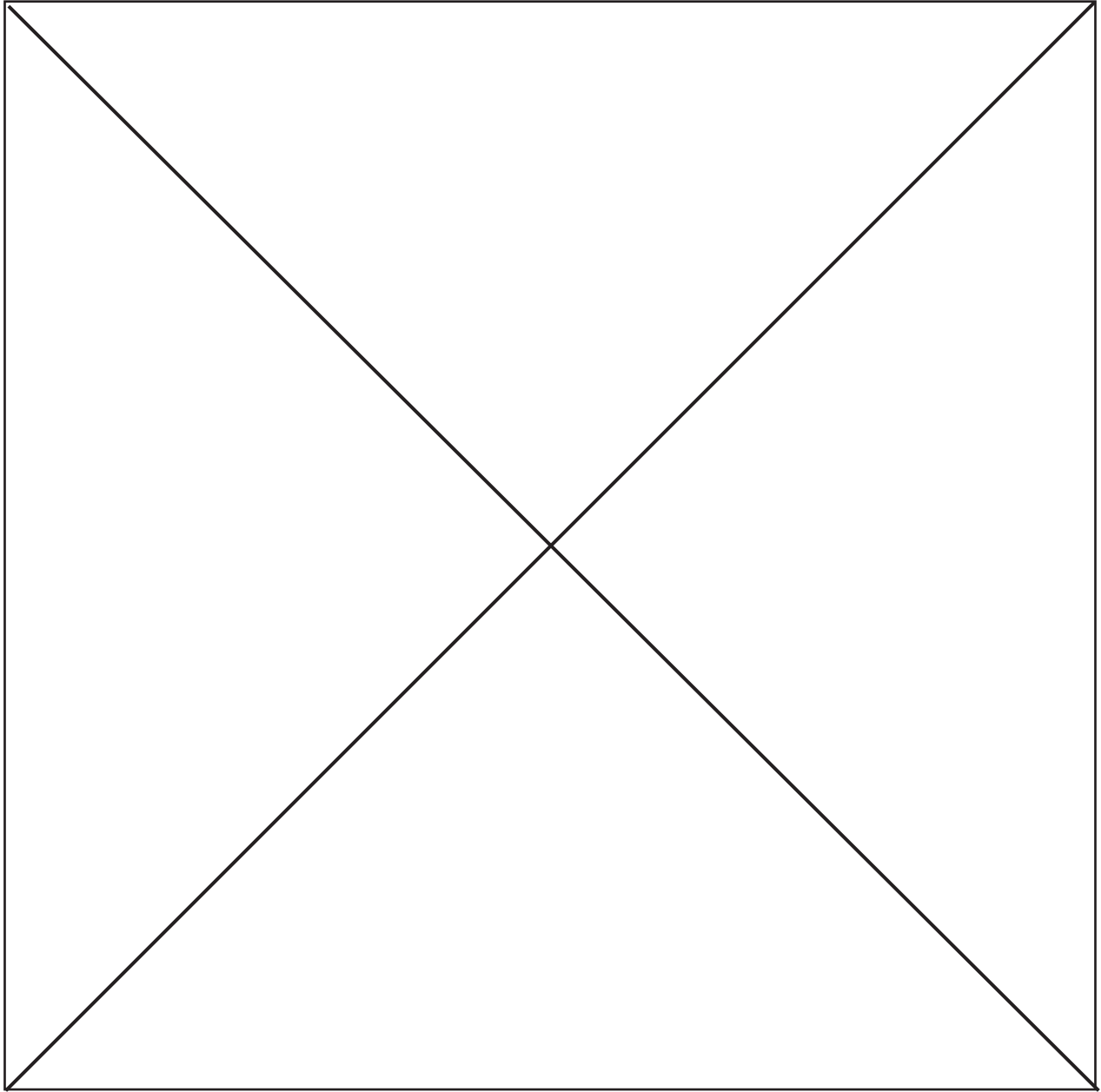

7.8-14

한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

다양성보호계통 블록선도

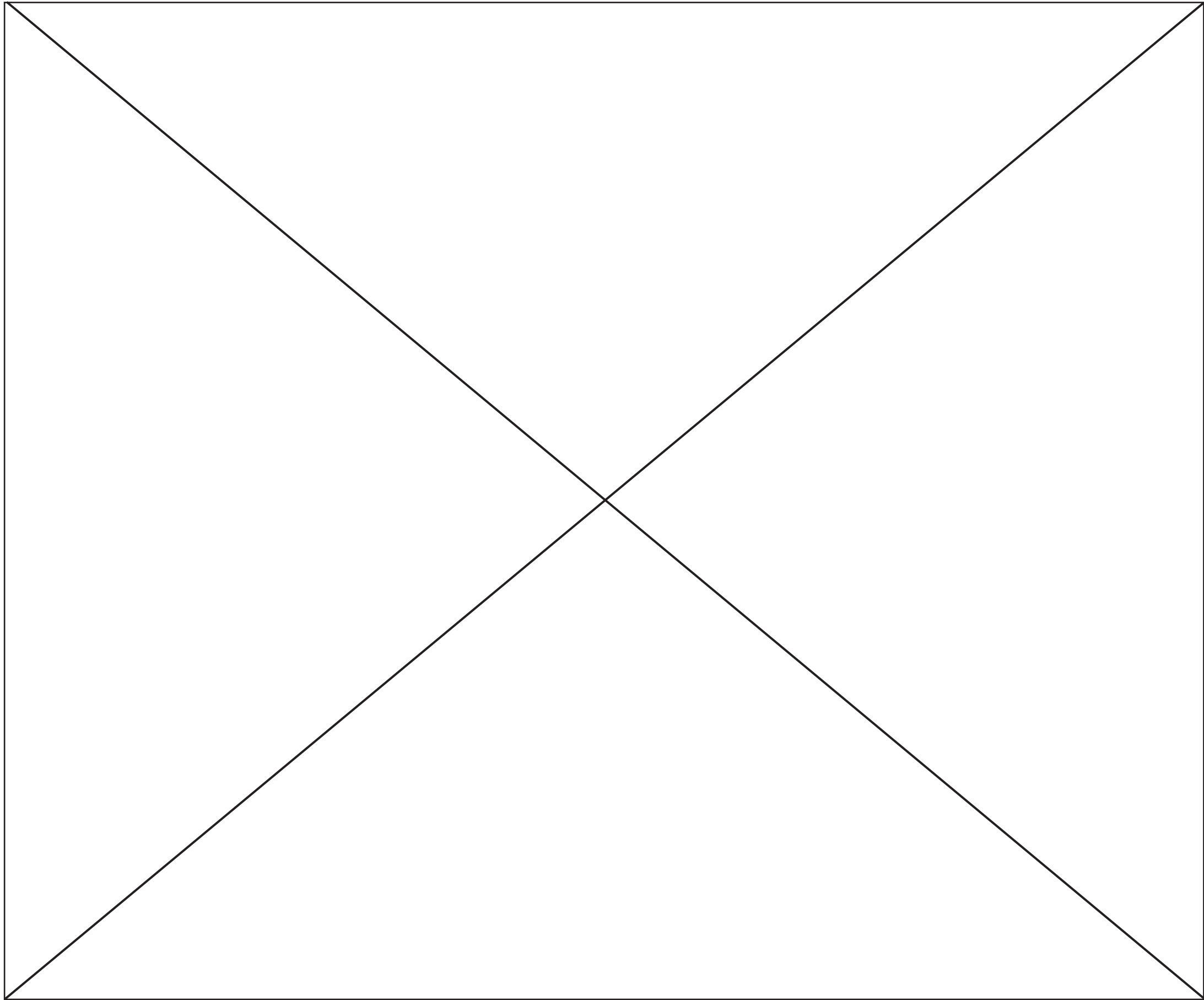
그림 7.8-1



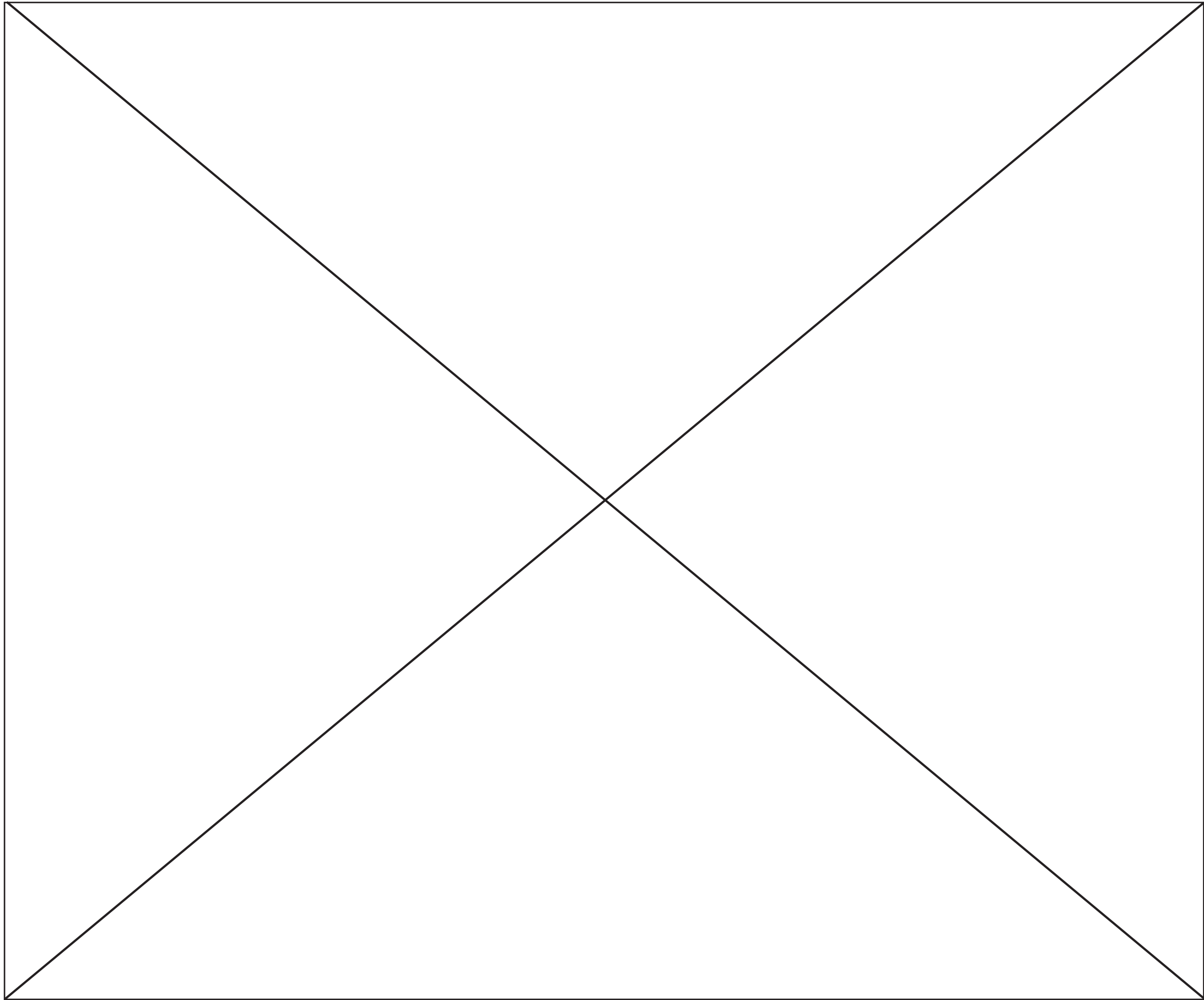
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

다양성 원자로정지 및 보조급수 작동

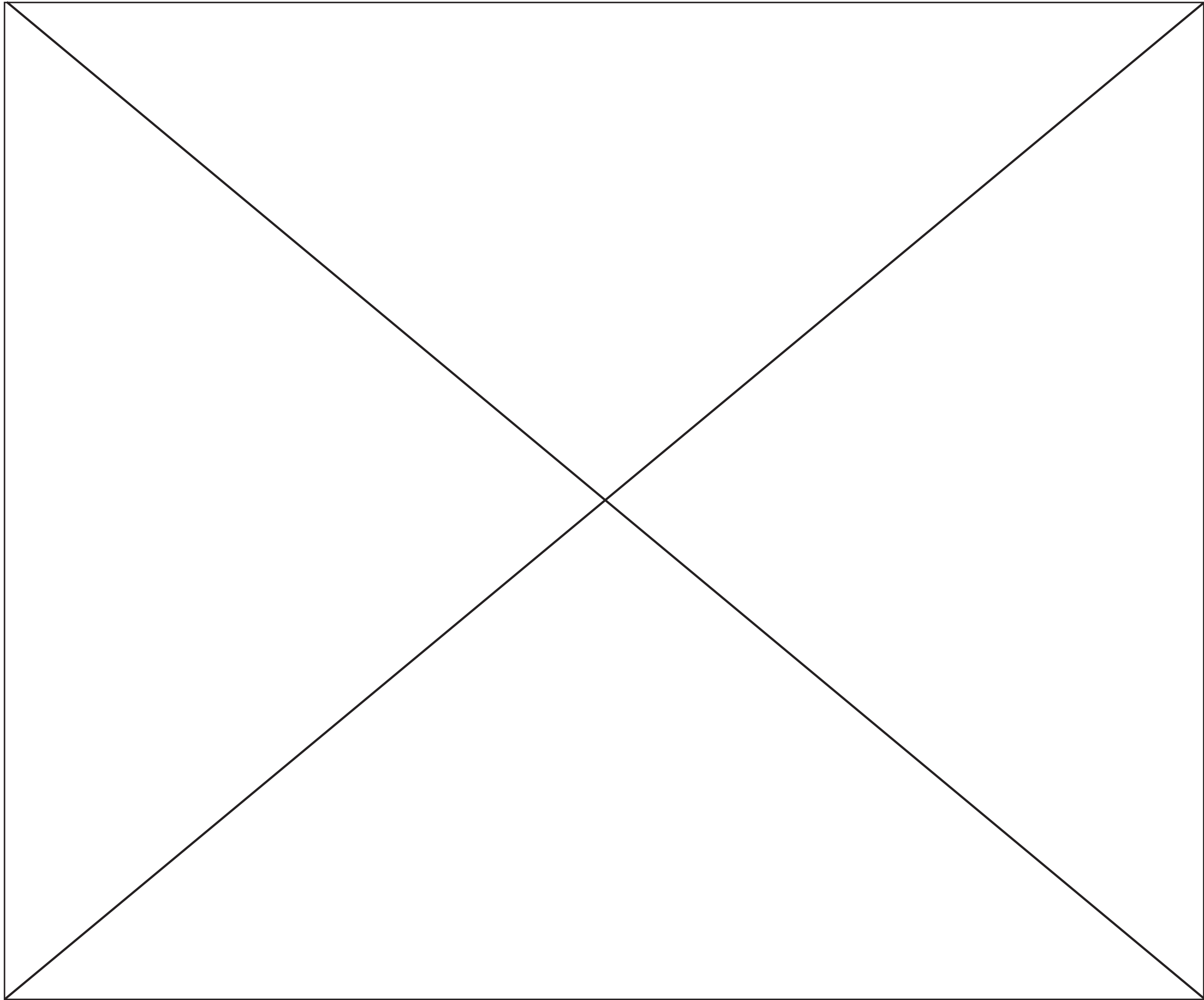
그림 7.8-2



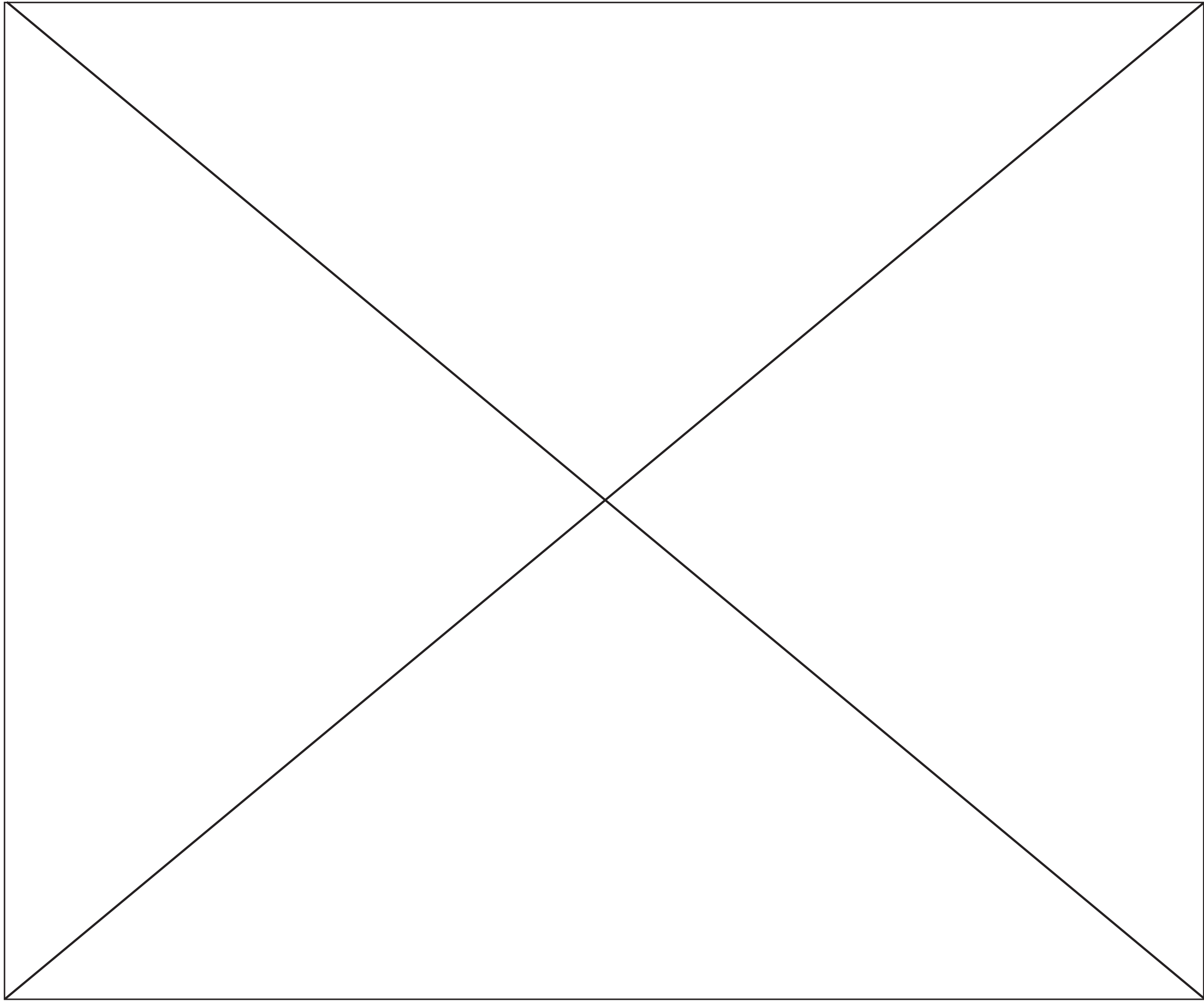
	<p>한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서</p>
<p>다양성보호계통 가압기 압력 블록선도</p> <p>그림 7.8-3</p>	



	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	다양성보호계통 증기발생기 1 수위 및 압력 블록선도
그림 7.8-4	



	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	다양성보호계통 증기발생기 2 수위 및 압력 블록선도
그림 7.8-5	



	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	다양성보호계통 원자로건물 압력 블록선도
그림 7.8-6	

## 7.9 데이터통신계통

### 7.9.1 설명

데이터통신계통은 원격에 위치한 계통 간에 고속 및 오류장애가 없는 통신을 제공한다. 데이터통신계통은 하드웨어, 프로토콜, 그리고 연결 케이블로 구성된다.

데이터통신계통은 제어/보호계통과 정보계통 사이 또는 정보계통 내의 정확하고 신뢰성 있고 시기적절한 자료전송을 제공하도록 설계된다. 루프제어기는 발전소 데이터를 수집, 그리고 수집한 데이터를 제어 및 보호계통으로 전송한다.

정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N은 이들 네트워크로부터 정보를 수집하고 데이터를 처리하며 표시장치와 다른 주변장치로 정보를 제공한다.

데이터통신계통에서는 안전데이터링크(HR-SDL, High Reliability-Safety Data Link), 안전데이터네트워크(HR-SDN, High Reliability-Safety Data Network), 이더넷(Ethernet) 등이 적용된다.

데이터통신계통의 세부 통신망은 표 7.9-1, 통신방식은 표 7.9-2와 같다.

#### 가. 안전데이터링크 (HR-SDL)

안전데이터링크의 통신 프로토콜은 PROFIBUS-FDL로서 각 물리적 패킷은 순행중복검사(CRC)를 통하여 데이터 건전성을 확인한다. 안전데이터링크는 최대 12 Mbps의 통신용량을 가지며, 1 대 1 혹은 1대 다의 통신으로 구성되고, 광케이블 혹은 광분배기를 통해 연계된다. 이들은 다중통신 기능이 없고, 단일 방향으로 데이터를 브로드캐스팅(Broadcasting)하는 전송방식을 이용한다.

#### 나. 안전데이터네트워크 (HR-SDN)

안전데이터네트워크의 통신 프로토콜은 PROFIBUS-FDL로서 각 물리적 패킷은 순행중복검사(CRC)를 통하여 데이터 건전성을 확인한다. 안전데이터네트워크는 9.6 K~12 Mbps 수준의 통신용량을 가지며, 다 대 다의 통신으로 구성되고, 광변환기를 통해 전기적으로 격리된다. 이들은 다중통신을 사용하고, 데이터를 브로드캐스팅(Broadcasting) 방식으로 전송한다.

#### 다. 이더넷 (Ethernet)

이더넷 통신 프로토콜은 안전 및 비안전계통의 응용프로그램에서 제공하는 Transmission Control Protocol/ Internet Protocol(TCP/IP) 또는 User Datagram Protocol (UDP)을 이용하여 송수신된다.

안전계통과 비안전계통사이의 이더넷 통신은 1 대 1 혹은 1 대 다로 구성되며, 물리적 패킷은 순행중복검사(CRC)를 통해 데이터 건전성을 확인하고 응용프로그램에서는 Data Format을 검사하여 불일치 데이터 패킷의 경우 사용되지 않는다. 이더넷 네트워크는 최대 100 Mbps의 통신용량을 가지며, 격리요건이 필요한 구간에서는 단방향 광변환기를 통해 전기적으로 격리된다.

#### 7.9.1.1 안전계통 데이터 통신

##### 7.9.1.1.1 제어/보호계통 데이터 통신

제어 및 보호계통은 루프제어기를 통해 발전소 데이터를 수집하고 이를 데이터 통신을 통해 정보처리계통 및 주요변수지시 및 경보계통-N에 제공한다.

안전계통의 통신 프로토콜은 결정론적 통신 프로토콜이 이용된다. 통신연결의 처리량, 용량, 대기시간 그리고 데이터 정밀도가 지원 계통의 요건을 만족한다는 것을 보증하기 위한 평가가 수행된다. 또한 예상되는 오류 수준, 계통 안전영향, 신뢰도 및 성능이 평가된다. 프로토콜은 기술이 검증되었다고 판단되는 공급자 표준제품을 근거로 한다.

안전계통 내에 통신고장이 검출되면, 이 통신고장이 안전계통의 고유한 안전기능 수행을 방해하지 않도록 설계된다. 각 안전계통에 대해 이 고장유형을 확인하기 위한 평가가 수행된다.

또한, 정보처리계통은 주제어실의 대형정보표시반에 위치한 성공경로 경보창을 통해 성공 경로감시(SPM) 상태를 연속적으로 표시한다.

성공경로감시 상태는 정보처리계통에 의해 구동되는 정보처리계통 평면표시기에서도 볼 수 있다. 정보처리계통 평면표시기는 주제어실 운전원콘솔, 원격정지실에 설치되어 있다.

##### 7.9.1.1.1.1 공학적안전설비 기기제어계통 통신

공학적안전설비 기기제어계통의 통신 설계 내용은 아래와 같다.

#### 가. 공학적안전설비 기기제어계통 통신

프로그래머블 논리제어기(Programmable Logic Controller) 채널 내부 네트워크는 한 채널(그룹제어기, 루프제어기, 보수시험반, 연계시험프로세서, 운전원 모듈 등)의 모든 프로그래머블 논리제어기 스테이션을 연결한다. 이는 각 스테이션으로부터 제공되는 모든 상태 및 시험 정보를 포함한다. 보수시험반은 우회, 설정치 변경 그리고 일반 계통 상태를 감시할 목적으로 프로그래머블 논

리제어기 채널 내부 네트워크로 연결된다. 프로그래머블 논리제어기 채널 내부 네트워크의 고장으로 인하여 안전채널 운전이 의도된 안전기능 수행을 방해받아서 안 된다.

공학적인안전설비 기기제어계통 한 채널 내의 채널 내부 네트워크는 안전필수 등급 데이터 연계를 위한 루프제어기용 데이터 링크(GLDL, GC-LC Data Link), 제어채널게이트웨이용 데이터 링크(CGDL, CCG Data Link), 제어반다중신호기용 데이터링크(MCDL, CPM Data Link), 원격정지실 제어반다중신호기용 데이터링크(RCDL, RCPM Data Link)와 채널 내부 상태 및 시험 관련 데이터 연계를 위한 채널상태 전송용 데이터 네트워크(EDSN, ESF-CCS Division Status Network)로 구분된다. 이들 각 네트워크는 다음과 같은 공학적인안전설비 기기제어계통 내의 세그먼트 간에 데이터 통신을 제공한다.

공학적인안전설비 기기제어계통 구성도는 그림 7.3-3에 제공되어 있다.

루프제어기용 데이터 링크(GLDL)

- 1) 그룹제어기 2) 루프제어기

제어채널게이트웨이용 데이터링크(CGDL)

- 1) 제어채널게이트웨이 2) 그룹제어기 3) 제어반다중신호기
- 4) 원격정지실 제어반다중신호기

제어반다중신호기용 데이터링크(MCDL)

- 1) 제어반다중신호기 2) 그룹제어기 3) 제어채널게이트웨이

원격정지실 제어반다중신호기용 데이터링크(RCDL)

- 1) 원격정지실 제어반다중신호기 2) 그룹제어기 3) 제어채널게이트웨이

채널상태 전송용 데이터 네트워크(EDSN)

- 1) 그룹제어기 2) 루프제어기 3) 제어채널게이트웨이
- 4) 연계시험프로세서 5) 보수시험반 6) 제어반다중신호기
- 7) 운전원모듈

나. 소프트웨어 통신 (DCN=M1, M2)

소프트제어기는 제어채널 게이트웨이에 의해 별도의 소프트웨어 전용 네트워크를 통해 공학적인안전설비 기기제어계통 채널에 연결된다. 제어채널 게이트웨이와 소프트웨어 간의 데이터통신은 고장허용 특성 및 결정론적 특성을 갖는 네트워크로 설계된다. 따라서 해당 네트워크는 제어응답을 예상할 수 있는 결정론적 성능을 제공한다. 각 노드 간에는 전기적 격리가 제공된다.

소프트웨어시스템의 구성은 그림 7.3-5에서 제공되어 있다.

#### 다. 루프제어기 통신

루프제어기(Loop Controller)는 원격의 발전소 센서 데이터를 수집하고 이를 제어시스템 및 안전시스템에 제공하기 위해 이용된다. 안전시스템 루프제어기의 통신연결은 환경적으로 검증되고 채널 간에 전기적으로 분리된다. 이들은 비안전시스템 통신 연결과도 전기적으로 분리된다. 또한 이러한 통신연결에는 전자파방해(Electro Magnetic Interference)/무선주파수간섭(Radio Frequency Interference) 시험이 수행된다.

루프제어기의 고장, 또는 루프제어기간의 데이터 통신연결 고장의 영향을 제한하기 위해 신호 기능 할당이 수행된다. 기능할당은 단일 루프제어기의 고장, 또는 루프제어기 간의 연결 고장이 다중채널시스템의 타 채널에 영향을 미치지 않는다는 것을 보증한다.

루프제어기와 이들 설비와 연결되는 제어기 간의 데이터통신 응답시간 시험이 수행된다. 다중 1E급 채널 간 그리고 안전채널과 제어채널 간에 루프제어기는 독립되게 설계된다. 이들 설비는 IEEE 384-1992 및 규제지침서 1.75의 설계기준을 충족하도록 설계한다. 이에 따라, 루프제어기는 채널 독립성을 저해하는 단일고장요인이 되지 않는다.

루프제어기는 통신고장을 지속적으로 점검한다. 통신고장이 검출되면 제어기는 통신 고장을 정보처리시스템으로 전달하여 주제어실 운전원에게 알려준다. 진단 시험은 통신 오류의 원인을 제거하기 위해 사용된다.

추가로, 루프제어기 프로세서는 센서 데이터의 품질 상태를 점검하여 주제어실로 제공한다.

#### 7.9.1.1.1.2 발전소보호시스템 통신

발전소보호시스템은 통신기능 수행을 위해 데이터링크 및 네트워크를 이용한다. 통신 설계 내용은 아래와 같다. 발전소보호시스템 개략도는 그림 7.2-1에 제공되어 있다.

#### 가. 교차채널통신 안전데이터링크(CCC SDLs) 및 채널내 안전데이터링크

다중의 발전소보호시스템(PPS) 채널당 2세트의 교차채널통신 안전데이터링크가 있다. 각 비교논리 프로세서는 안전데이터링크로 연결된 모든 채널에 있는 동

시논리 프로세서로 데이터를 전송하며, 각 동시논리 프로세서는 안전데이터링크로 연결된 모든 채널에 있는 공학적안전설비 기기제어시스템의 그룹제어기로 데이터를 전송한다. 안전데이터링크는 독립성과 격리를 제공하는 광케이블을 사용한다.

발전소보호시스템에 사용된 광통신 설비는 고성능 안전데이터링크(HR-SDL) 전송경로이다. 교차채널통신 기능은 동시논리 프로세서에서 수행되는 2/4 동시논리 수행을 위해 비교논리 프로세서의 트립 상태, 우회요청 및 관련 품질 신호등을 제공한다. 또한, 발전소보호시스템의 동시논리 프로세서에서 공학적안전설비 기기제어시스템 그룹제어기 간의 교차채널 통신도 안전데이터링크가 사용된다.

#### 나. 채널내부 네트워크

채널내부 네트워크는 한 채널(비교논리프로세서, 동시논리프로세서, 보수시험반, 연계시험프로세서, 운전원모듈 등)의 모든 프로그래머블 논리제어기 스테이션을 연결한다.

#### 다. 연계시험프로세서 통신

다중 채널의 발전소보호시스템의 연계시험프로세서는 안전데이터 네트워크를 통해 연결되어 공정입력신호 비교 및 채널 우회 정보 등의 상태 정보를 교환한다. 또한 발전소보호시스템의 연계시험프로세서는 안전데이터링크를 통해 공학적안전설비 기기제어시스템의 연계시험프로세서로 시험신호 인터록 정보를 상호 제공한다.

### 7.9.1.1.1.3 보수시험반 및 연계시험 프로세스 통신

#### 가. 연계시험프로세서(ITP) - 주요변수지시 및 경보계통-N 통신

발전소보호시스템, 원자로노심보호시스템, 주요변수지시 및 경보계통-P, 공학적안전설비 기기제어시스템의 각 채널별 연계시험프로세서는 주요변수지시 및 경보계통-N과 안전등급 데이터링크(HR-SDL, High Reliability-Safety Data Link)를 통해 연결된다. 연계시험프로세서는 안전계통의 감시 및/또는 시험을 위한 정보를 전송하며, 주요변수지시 및 경보계통-N에 필요한 안전계통 데이터를 전송하는 게이트웨이 역할을 수행한다. 연계시험프로세서로부터 주요변수지시 및 경보계통-N으로 정보데이터를 전송하기 위한 데이터 흐름은 단방향이다. 주요변수지시 및 경보계통-N은 단지 데이터를 수신하도록 프로그램되고, 프로그램되지 않은 어떤 데이터도 연계시험프로세서로 전송되는 것이 허용되지 않는다. 이 네트워크의 고장은 안전계통의 고유한 안전기능을 방해하지 않는다.

#### 나. 보수시험반(MTP) - 정보처리계통 통신

발전소보호계통, 원자로노심보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통, 주요변수지시 및 경보계통-P, 주요변수지시 및 경보계통-N의 각 채널 별 보수시험반으로부터 정보처리계통으로 데이터를 전송하기 위한 네트워크이다. 보수시험반으로부터 정보처리계통으로 정보데이터를 전달하기 위한 데이터 흐름은 단방향이며, 예외적으로 주요변수지시 및 경보계통-N의 MTP와 정보처리계통간 데이터 흐름은 양방향이다. 입력 버퍼(발전소 감시계통)를 관리하는 정보처리계통 소프트웨어는 단지 내부 버퍼로부터 데이터를 수신하도록 프로그램되고, 그리고 프로그램되지 않은 어떤 데이터 명령도 보수시험반으로 돌려보내는 것을 허용하지 않는다. 보수시험반 프로세서는 버퍼를 가진 게이트웨이처럼 동작한다. 이 버퍼는 보수시험반과 정보처리계통 간의 데이터 전송기능을 제공하며, 이러한 연계는 이더넷 네트워크를 통해 이루어진다. 이 네트워크가 고장 나더라도 발전소보호계통과 공학적안전설비작동계통의 안전기능 수행이 방해받아서 안 된다.

##### 7.9.1.1.1.4 원자로노심보호계통 통신방식

원자로노심보호계통의 통신은 아래와 같은 네트워크를 이용하여 이루어진다.

원자로노심보호계통의 구조는 그림 7.2-7에서 확인할 수 있다.

#### 가. 제어봉집합체 안전데이터링크 통신

제어봉 편차 페널티인자 계산을 위하여 채널통신프로세서는 안전데이터링크를 경유하여 동일 채널에 있는 제어봉집합체프로세서와 다른 채널에 있는 채널통신프로세서에 제어봉집합체 위치신호를 전송한다. 제어봉집합체프로세서는 안전데이터링크를 통하여 모든 채널에 있는 노심보호프로세서로 페널티인자를 전송한다. 채널통신프로세서는 안전데이터링크를 통하여 동일 채널내의 노심보호프로세서로 표적 제어봉 집합체 위치신호를 전송한다.

#### 나. 채널내부 네트워크

채널내부 네트워크는 한 채널(노심보호프로세서, 제어봉집합체프로세서, 채널통신프로세서, 보수시험반, 연계시험프로세서, 운전원모듈 등)의 모든 스테이션과 연결된다. 채널내부 네트워크는 운전원이 계통의 운전상태를 감시하고 가변상수변경 등의 기능을 수행하기 위해 각 프로세서와 연결된다.

채널내부 네트워크는 자료 송수신 범위를 각 안전채널 내부로 제한되며, 이러한 통신구조들은 모두 서로 독립적이다.

#### 7.9.1.1.1.5 주요변수지시 및 경보계통-P의 통신

주요변수지시 및 경보계통-P의 통신은 아래와 같은 네트워크를 이용하여 이루어진다.

주요변수지시 및 경보계통-P의 구조는 그림 7.5-7에서 확인할 수 있다.

##### 가. 주요변수지시 및 경보계통-P 연계통신

주요변수지시 및 경보계통-P는 타 안전계통으로부터 동 채널의 안전데이터링크를 통하여 입력을 받는다. 주요변수지시 및 경보계통-P의 센서 입력값, 계산변수 그리고 상태정보는 통신 격리기능과 전기적 격리기능을 제공하는 보수시험반(MTP)/연계시험프로세서(ITP)를 통해 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N으로 전송된다.

##### 나. 주요변수지시 및 경보계통-P 내부통신

주요변수지시 및 경보계통-P는 계통 내부의 프로세서, 보수시험반(MTP), 연계시험프로세서(ITP) 및 주요변수지시 및 경보계통-P 운전원 모듈간의 통신을 위해 채널내의 안전데이터네트워크를 사용한다.

#### 7.9.1.2 비안전계통 데이터통신

##### 7.9.1.2.1 정보처리계통용 네트워크(DCN-I)

정보처리계통용 네트워크는 다음의 감시, 제어 및 안전계통의 신호연결을 위해 사용된다.

가. 정보처리계통 서버 프로세서(IPS Server)

나. 정보처리계통 표시계통(I-FPD)

다. 주요변수지시 및 경보계통-N(QIAS-N)

라. 고정노심감시증폭기계통(FIDAS)

마. 발전소보호계통(PPS)

바. 원자로노심보호계통(RCOPS)

사. 공학적안전설비 기기제어계통(ESF-CCS)

- 아. 공정 기기제어계통(P-CCS)
- 자. 출력제어계통(PCS)
- 차. 핵증기공급계통 건전성감시계통(NIMS)
- 카. 다양성보호계통(DPS)
- 타. 보조설비계통 감시계통
  - 방사선감시계통(RMS)
  - 진동감시계통(VMS)
  - 여자기(Exciter)
- 파. 터빈/발전기제어계통(TCS)
- 하. 기타신호입력
  - 다양성지시계통(DIS)
  - 전산화절차서계통(CPS)
- 거. 주요변수지시 및 경보계통-P(QIAS-P)
- 너. 핵증기공급계통 공정제어계통(NPCS)
- 더. 대형정보표시반(LDP)
- 러. 비상대응설비(ERF)

정보처리계통용 네트워크는 주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크와 독립적이다. 정보처리계통용 네트워크와 주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크는 서로 다른 통신 하드웨어 및 통신 프로토콜을 사용한다.

정보처리계통용 네트워크와 안전성관련 계통 간의 모든 데이터 경로는 게이트웨이와 전기적인 격리를 제공하는 광케이블을 통해 이루어진다.

정보처리계통용 네트워크는 다중 네트워크이다. 정보처리계통용 네트워크는 각 기능에 따라 정보망과 제어망으로 분리되어 있으며, 각각의 네트워크는 이중화로 구성되어 있다. 정보용 네트워크는 발전소 감시를 위한 공정변수, 기기 상태정보 및 SOE 데이터 송수신을 담당하며, 제어용 네트워크는 소프트웨어의 제어신호 및 제어계통간의 변수 전송을

담당한다. 정보처리계통용 네트워크와 연결된 각 제어계통 및 안전계통은 다중 채널 또는 다중 통신경로를 통해 연결됨으로써 통신경로의 단일고장으로 인해 이들 계통과 정보처리계통용 네트워크 간의 모든 전송능력의 손실을 초래하지는 않는다. 정보처리계통 서버 프로세서 또한 다중 통신경로를 통해 정보처리계통용 네트워크와 연결됨으로써 통신경로의 단일고장이 정보처리계통 서버 프로세서와 정보처리계통용 네트워크 간의 데이터 전송 용량의 손실을 초래하지는 않는다.

정보처리계통 서버 프로세서는 정보처리계통용 네트워크 상의 정보처리계통 표시계통과 통신한다.

정보처리계통은 발전소 데이터를 취득, 처리하고 이들 데이터를 정보처리계통 표시계통, 대형정보표시반 그리고 프린터와 같은 다른 컴퓨터 주변장치로 정보를 제공하는 분산형 프로세서로 구성된다. 정보처리계통은 7.7.1.7절에 기술되어 있다.

정보처리계통 프로세서는 각 통신주기 동안 운전원콘솔의 정보처리계통 평면표시기 표시 변수와 심벌이 필요로 하는 갱신된 데이터를 제공한다.

정보처리계통 표시계통과 정보처리계통 서버 프로세서 간의 주요한 통신부하는 운전원콘솔 표시화면에 동적 파라미터를 갱신하기 위해 제공되는 데이터와 운전원 요구 데이터들이다. 표시화면 상의 정보의 배치 및 구성과 관련된 상세자료는 표시장치에 저장되기 때문에 운전원콘솔 표시화면이 변경되더라도 네트워크를 통해 통신될 필요가 없다.

각 갱신주기 동안 동일한 수의 변수들을 통신하므로 네트워크 통신 부하는 발전소의 운전조건에 따라 좌우되지 않는다. 네트워크 부하는 정보처리계통 프로세서가 활성화된 화면을 갱신하기 위해 네트워크에 올린 서로 다른 전체 변수 수량에 좌우된다.

정보처리계통은 최대계통부하에서도 주기적으로 동적데이터를 갱신하도록 설계된다. 이러한 운전조건은 표시장치의 최대 수와 업데이트되어야 할 변수의 최대 수를 기초로 한다.

정보처리계통용 네트워크에 사용된 프로토콜은 기술이 검증되었다고 판단되는 공급자 표준제품을 근거로 한다.

정보처리계통용 네트워크의 처리량, 용량, 응답시간과 데이터 정확도가 계측제어계통 요건을 만족한다는 것을 보증하기 위해 평가가 수행된다. 예상되는 오류수준과 계통안전 영향, 신뢰성 그리고 성능 또한 평가된다.

전송 데이터의 건전성을 보증하기 위해 정보처리계통용 네트워크 통신 프로토콜에 대한 에러 점검과 수정 기술이 적용된다. 정보처리용 네트워크 상의 검출하지 않는 순간적인

네트워크 오류로 인해 매  $10^{10}$  신호전송 동안 운전원 화면에 주요 오류가 한번 이상 자주 발생하지 않도록 제한되게 설계된다.

정보처리계통용 네트워크의 통신고장은 지속적으로 감시된다. 통신고장이 검출되면 정보처리계통은 주제어실 운전원에게 고장을 알려주어, 통신고장이 신속히 공지되도록 한다.

또한, 정보처리계통은 통신고장이 발생된 개별 제어계통 또는 안전계통의 센서 데이터에 이 데이터가 더 이상 유효하지 않다는 것을 나타내기 위해 포인트 태그를 붙이거나 또는 데이터 값에 “invalid”로 설정한다. 이러한 설계 방안은 정보처리계통의 유효변수 계산에서 자동적으로 이 포인트들이 사용되지 못하게 하는 정보처리계통 센서 검증 논리를 사용한다.

정보처리계통용 네트워크는 통신 성능과 오류를 기록하는 메커니즘을 제공한다. 각 정보처리계통용 네트워크 요소는 요청시 온라인 성능 통계를 제공한다. 통신통계(재전송과 연결 이용 빈도 등) 기록은 적절한 네트워크 운전을 확보하고, 네트워크 유지보수와 계획을 제공한다.

설치가 적절하게 되었는지를 검증하기 위하여 설치 후 시운전시험이 수행된다. 운전 시험은 운전이 적절하고 데이터통신 변수가 수용할 수 있는 설계제한치 내에 있는지를 확인하기 위해 수행한다.

정보처리계통용 네트워크 구조도는 그림 7.9-1에 제공되어 있다.

#### 7.9.1.2.2 주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크(DCN-MQ)

주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크는 다음의 감시, 제어 및 안전계통의 신호연결을 위해 사용된다.

- 가. 주요변수지시 및 경보계통-P
- 나. 발전소보호계통
- 다. 다양성보호계통
- 라. 원자로노심보호계통
- 마. 공학적안전설비 기기제어계통
- 바. 핵증기공급계통 건전성감시계통

사. 핵증기공급계통/보조설비계통 공정 기기제어계통

아. 정보처리계통

자. 출력제어계통

차. 보조설비계통 감시계통

카. 기타 신호입력

주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크와 정보처리계통용 네트워크는 서로 독립적이다. 주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크는 정보처리계통용 네트워크와 서로 다른 통신 하드웨어와 통신 프로토콜을 사용한다.

주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크와 안전성관련 계통 간의 모든 데이터 경로는 정보 게이트웨이와 전기적 격리를 제공하는 광케이블을 통해 이루어진다. 주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크는 지진에 대해 검증된다.

주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크는 다중 네트워크이다. 주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크와 연결된 각 제어계통 및 안전계통은 다중 채널 또는 다중 통신경로를 통해 연결됨으로써 통신경로의 단일고장으로 인해 이들 계통과 주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크 간의 모든 전송능력의 손실을 초래하지는 않는다. 주요변수지시 및 경보계통-N은 다중 통신경로를 통해 주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크와 연결됨으로써 통신 경로의 단일고장은 주요변수지시 및 경보계통-N과 주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크 간의 데이터 전송 용량의 손실은 초래하지 않는다.

주요변수지시 및 경보계통-N 평면표시기는 다중 통신 네트워크를 통해 주요변수지시 및 경보계통-N의 서버와 통신한다. 이 서버는 주요변수지시 및 경보계통-N 네트워크를 통해 주요변수지시 및 경보계통-N 프로세서와 연결되어 있다.

주요변수지시 및 경보계통-N은 발전소 데이터를 취득, 처리하고 이들 데이터를 평면표시기와 미니 대형정보표시판으로 정보를 제공하는 프로세서로 구성되어 있다. 주요변수지시 및 경보계통은 7.7.1.4절에 기술되어 있다.

주요변수지시 및 경보계통-N 서버와 주요변수지시 및 경보계통-N 평면표시기의 주요 통신 부하는 평면표시기에 동적 파라미터 갱신을 위해 제공되는 데이터들이다. 주요변수지시 및 경보계통-N 프로세서는 매 통신주기 마다 변수값들의 변경 유무와 관계없이 선택된 표시변수에 대한 갱신된 값을 제공한다.

각 평면표시기는 평면표시기 데이터 갱신시 일정한 움직임을 갖는 동적인 아이콘 표시기가 구비된다. 평면표시기와 주요변수지시 및 경보계통-N 서버 간의 통신고장 발생시, 동적 아이콘은 더 이상 동적으로 움직이지 않는다. 각 평면표시기는 통신 네트워크에 서로 독립적으로 연결되어, 어떤 단일 평면표시기 고장이 네트워크와 연결된 다른 평면표시기에 영향을 주지 않는다.

주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크에 사용된 프로토콜은 기술이 검증되었다고 판단되는 공급자 표준제품을 근거로 한다.

주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크의 처리량, 용량, 잠재 및 데이터 정확도가 주요변수지시 및 경보계통-N의 요건을 만족한다는 것을 보증하기 위해 평가가 수행된다. 예상되는 오류 수준과 계통안전 영향, 신뢰성 그리고 성능 또한 평가된다. 이것은 기기 주소와 신호 데이터 속성의 오류도 포함된다.

주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크는 사건기준(event-based) 보다 상태기준(state-based) 데이터 전송방식을 사용한다. 이것은 데이터의 변경과 관계없이 고정된 데이터세트를 일정한 시간 간격으로 전송되게 한다. 이 전송방식은 주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크에 항상 일정한 데이터 부하를 유지시킨다.

전송 데이터의 건전성을 보증하기 위해 주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크 통신 프로토콜에 대한 에러 점검 기술이 적용된다. 주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크 상의 검출하지 않는 순간적인 네트워크 오류로 인해 매  $10^{10}$  신호전송 동안 운전원 화면에 주요 오류가 한번 이상 자주 발생하지 않도록 제한되게 설계된다.

주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크의 통신고장은 지속적으로 감시된다. 통신고장이 검출되면 제어실 운전원에게 고장을 알려주어, 통신고장이 신속히 공지되도록 한다.

또한, 주요변수지시 및 경보계통-N은 통신고장이 발생된 개별 제어계통 또는 안전계통의 센서 데이터에 이 데이터가 더 이상 유효하지 않다는 것을 나타내기 위해 포인트 태그를 붙이거나 또는 데이터 값에 “invalid”로 설정한다. 이러한 설계 방안은 주요변수지시 및 경보계통-N의 유효변수 계산에서 자동적으로 이 포인트들이 사용되지 못하게 하는 주요변수지시 및 경보계통-N 센서 검증 논리를 사용한다.

네트워크 통신 통계(재전송과 연결 이용 빈도 등)기록은 적절한 네트워크 운전을 확보하고 네트워크 유지보수와 계획을 제공한다.

설치가 적절하게 되었는지를 검증하기 위하여 설치 후 시운전시험이 수행된다. 운전 시험은 운전이 적절하고 데이터통신 변수가 수용할 수 있는 설계제한치 내에 있는 지를 확인하기 위해 수행한다.

주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크 구조도는 그림 7.9-2에 제공되어 있다.

#### 7.9.1.2.3 대형정보표시반 통신

대형정보표시반은 정보처리계통용 네트워크를 통해 정보처리계통으로부터 정보를 받고, 미니 대형정보표시반은 주요변수지시 및 경보계통-N용 네트워크를 통해 주요변수지시 및 경보계통-N으로부터 정보를 받는다.

대형정보표시반 및 미니 대형정보표시반은 정보처리계통 및 주요변수지시 및 경보계통-N과 격리를 유지하고 있기 때문에 대형정보표시반 및 미니 대형정보표시반의 고장이 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N에 영향을 주지 않는다.

대형정보표시반 통신은 적절한 운전을 확인하기 위한 통합 및 검증 시험이 수행된다. 응답시간 시험은 계통 성능요건을 만족하는지를 보증하기 위해 수행된다.

#### 7.9.1.2.4 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N 통신

정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N은 전용 통신연결을 통해 데이터와 상태 정보를 양방향으로 주기적으로 교환한다. 통신 경로는 주요변수지시 및 경보계통-N 네트워크와 정보처리계통의 정보처리계통용 네트워크 간의 상호연결 기능을 제공하는 게이트웨이 장치를 통해 이루어진다. 전기적 분리는 주요변수지시 및 경보계통-N 네트워크와 정보처리계통용 네트워크 간의 게이트웨이와 광케이블에 의해 구현된다. 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N 간의 전기적 격리가 유지되므로 정보처리계통의 고장이 주요변수지시 및 경보계통-N에 영향을 줄 수 없고, 그리고 주요변수지시 및 경보계통-N의 고장이 정보처리계통에 영향을 줄 수 없다.

정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N 간의 통신 처리량, 용량, 대기시간 및 데이터 정확도가 계측제어계통 요건을 만족한다는 것을 보증하기 위해 평가가 수행된다. 잠재적인 오류와 계통의 신뢰성과 성능에 대한 영향 또한 평가된다.

전송 데이터의 건전성을 보증하기 위해 정보처리계통-주요변수지시 및 경보계통-N 간의 통신 프로토콜에 대한 에러 점검 기술이 적용된다.

정보처리계통은 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N 간의 통신고장에 대해 지속적으로 감시한다. 통신고장이 검출되면, 제어실 운전원에게 고장을 알려주어, 통신고장이 신속히 공지되도록 한다.

정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N 간의 통신이 계통 성능요건을 만족하는지

를 보증하고 적절히 운전되는지를 확인하기 위한 통합 및 검증 시험이 수행된다.

정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N 간의 데이터통신 연결이 실패하더라도 정보처리계통이나 주요변수지시 및 경보계통-N에 의해 수행되는 기능에 큰 영향은 없다.

#### 7.9.1.2.5 소프트제어기 통신

각 정보처리계통 표시계통은 관련 소프트웨어기와 통신한다. 정보처리계통 표시계통은 운전원이 제어를 위해 어떤 기기를 선택했는지를 소프트웨어기에 알려준다.

소프트제어기 통신의 처리량, 용량, 대기시간 및 데이터 정확도가 계측제어계통 요건을 만족한다는 것을 보증하기 위해 평가가 수행된다. 잠재적인 통신관련 오류와 계통의 신뢰성과 성능에 대한 영향 또한 평가된다.

전송 데이터의 건전성을 보증하기 위해 소프트웨어기 통신 프로토콜에 대한 에러 점검과 수정 기술이 적용된다.

정보처리계통은 소프트웨어기 운전을 위해 각 정보처리계통 표시계통을 항상 감시한다.

각 정보처리계통 표시계통은 관련 소프트웨어기와 독립적으로 연결된다. 따라서 정보처리계통 표시계통과 소프트웨어기 간의 데이터 연결의 고장은 다른 정보처리계통 표시계통 또는 다른 소프트웨어기, 또는 다른 정보처리계통 표시 계통과 소프트웨어기 간의 데이터 연결에 영향을 주지 않는다.

소프트제어기 통신은 적절한 운전을 확인하기 위한 통합 및 검증 시험이 수행된다. 응답 시간 시험은 계통 성능요건을 만족하는지를 보증하기 위해 수행된다.

### 7.9.2 분석

데이터통신은 안전계통 데이터통신과 비안전계통 데이터통신으로 구성되며, 이들은 전기적, 통신적, 기능적으로 독립되어 설계된다.

#### 7.9.2.1 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 및 일반설계기준

주요 설계기준은 다음과 같다.

가. 기기 및 모듈의 안전과 품질등급

데이터통신계통에서 사용되는 기기 및 모듈의 안전등급은 다음과 같다.

- 1) 보호기능을 수행하는 발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통과 원자로노심보호계통의 통신계통 기기 및 모듈은 1E급으로 설계된다.
- 2) 주요변수지시 및 경보계통-P 프로세서의 통신계통 기기 및 모듈은 1E급으로 설계된다.
- 3) 출력제어계통과 공정 기기제어계통의 통신계통 기기 및 모듈은 비1E급으로 설계된다.
- 4) 정보처리계통, 주요변수지시 및 경보계통-N의 네트워크와 주요변수지시 및 경보계통-N 네트워크의 통신계통 기기 및 모듈은 비 1E급으로 설계된다.

기기 및 모듈의 품질등급은 표 3.2-1과 같다.

나. 데이터통신계통 소프트웨어 품질

- 1) 안전등급 프로세서(발전소보호계통 비교논리 프로세서, 동시논리 프로세서, 원자로노심보호계통, 노심보호프로세서, 제어봉집합체연산기, 공학적안전설비 기기제어계통 그룹/루프 제어기)에 들어가는 통신 소프트웨어 품질은 안전필수등급(Safety Critical)이다. | 2
- 2) 보수시험반 및 연계시험 프로세서, 운전원 모듈 및 주요변수지시 및 정보처리계통-P에 설치되는 통신 소프트웨어 품질은 안전중요등급(Important to Safety)이다.
- 3) 발전소보호계통, 공학적안전설비 기기제어계통, 원자로노심보호계통, 주요변수지시 및 경보계통-P와 정보처리계통/주요변수지시 및 경보계통-N 간의 연결에 대한 통신 소프트웨어 품질은 다음과 같다. | 2
  - 가) 발전소보호계통, 원자로노심보호계통과 공학적안전설비 기기제어계통, 주요변수지시 및 경보계통-P, 주요변수지시 및 경보계통-N의 연계시험프로세서에 적용되는 통신 소프트웨어 품질은 안전중요등급이다
  - 나) 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N에 들어가는 통신 소프트웨어 품질은 안전중요등급(Important to Safety)이다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 4) 출력제어계통과 공정기기제어계통의 통신 소프트웨어 품질은 이용중요등급이다.

### 다. 성능(실시간 & 결정론적 시간)

데이터통신계통은 최대부하 조건에서 설계된 통신기능을 수행할 수 있는 충분한 성능을 갖도록 설계된다. 최대부하 조건은 가장 높은 데이터 전송 부하가 발생하는 발전소 사건을 근거로 한다. 고장고려, 운전원 동작, 자동시험 특성 등이 평가된다. 안전기능을 수행하는 통신계통은 결정론적 방식으로 설계한다.

### 라. 신뢰도

데이터통신계통의 하드웨어 구현 상태를 나타내는 신뢰도 모델이 만들어진다. 이 모델은 데이터통신계통의 추정 신뢰도와 이용도를 결정하기 위한 분석에 사용된다. 이 분석은 기기 제작자가 공급한 신뢰도 데이터를 기초로 한다.

### 마. 접근 제어

데이터통신계통 관련 기기는 관리상 권한이 없는 접근으로부터 보호하기 위해 기기 캐비닛에 잠금 장치가 달린 문으로 통제된다.

데이터 통신계통의 캐비닛 접근에 대한 원격표시기능은 캐비닛문의 스위치에 의해 제공된다.

캐비닛의 접근은 보통 계통시험, 교정 및 유지보수 동안에만 요구된다.

계통 소프트웨어는 관리자가 소프트웨어 매체 접근을 관리 통제함으로써 권한이 없는 변경을 막는다. 설정치 및 우회경로 변경에 대한 접근은 문 잠금 장치로 통제한다.

데이터통신계통으로 접근 설비 내의 운전원콘솔로의 접근은 관리상 통제 또는 비밀번호로 접근 통제한다.

### 바. 단일고장기준

데이터통신계통은 필수 데이터 통신이 필요한 곳에 다중 데이터 경로를 갖도록 설계된다. 발전소보호계통과 공학적안전설비 기기제어계통에 대해 수행되는 고장유형 영향분석은 네트워크 케이블과 기기 고장, 전송 고장, 오류 데이

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

터의 수/송신을 포함한 상세 평가를 기술하고 제공한다.

데이터통신계통은 단일고장기준 요건을 만족하도록 설계된다. 고장유형 영향 분석은 4개 다중 발전소보호계통 채널 중 하나 이상 또는 4개의 다중 공학적 안전설비 기기제어계통 구역 중 하나 이상을 사용불능 상태로 되게 하지 못한다는 것을 보여준다.

### 사. 독립성

데이터통신계통은 안전채널(A, B, C, D) 간 독립성과 안전채널과 비안전채널 간의 독립성을 유지하도록 설계된다.

광케이블은 규제지침서 1.75와 다른 관련 표준에 기술한 격리 및 독립성 요건을 만족시키기 위해 사용한다.

원자로노심보호계통간, 발전소보호계통 채널 간 그리고 공학적안전설비 기기제어계통 채널 간 통신은 광케이블을 통해 수행된다.

통신 네트워크의 독립성은 IEEE 7-4.3.2 붙임 E에 기술된 방법과 일관성을 유지한다.

### 아. 고장 모드(고장-안전 설계 전략 포함)

전력공급 요건과 관련하여 발전소보호계통 및 노심보호 연산기계통의 기능 수행에 필요한 데이터통신계통 전력공급의 고장은 다중 보호채널(고장-안전 설계)로 원자로정지로 귀착되도록 설계된다. 데이터통신계통의 공학적안전설비 작동신호는 데이터통신계통 전원 공급의 고장시 공학적안전설비작동신호 기능이 고장-정지 상태로 귀착하도록 설계된다.

### 자. 계통 시험 및 동작불능 감시

통신에 대한 계통시험과 동작불능 감시는 발전소보호계통, 원자로노심보호계통과 공학적안전설비 기기제어계통의 전체 설계의 한 부분으로 설계된다.

데이터통신계통의 우회와 동작불능 표시는 데이터통신계통이 포함된 관련 계통과 일관성을 가진다.

### 차. 전자파방해/무선주파수간섭 영향

데이터통신계통에 대한 전자파방해 품질시험은 각 계통관련 요건에 따라 수행된다.

데이터통신 매체는 고에너지 전기적 결합 또는 번개와 같은 환경영향에 대한 결합전파경로(다중 계통의 한 부분에서 다른 계통으로 또는 비안전계통에서 안전계통으로)를 제공하지 않는다.

#### 카. 심층방어와 다양성

데이터통신계통의 설계는 충분한 심층방어와 다양성을 가지며, 7.8절의 계층제어계통의 다양성을 참조한다.

#### 타. 데이터통신계통 내진검증

데이터통신계통의 내진검증은 연계된 계통들의 내진검증 요건에 따라 수행된다.

### 7.9.3 참고문헌

1. IEEE Std 7-4.3.2-2003, "Standard Criteria for Digital Computers in Safety Systems of Nuclear Power Generating System"
2. IEEE Std 384-1998, "Standard Criteria for Independence of Class 1E Equipment and Circuits "

표 7.9-1

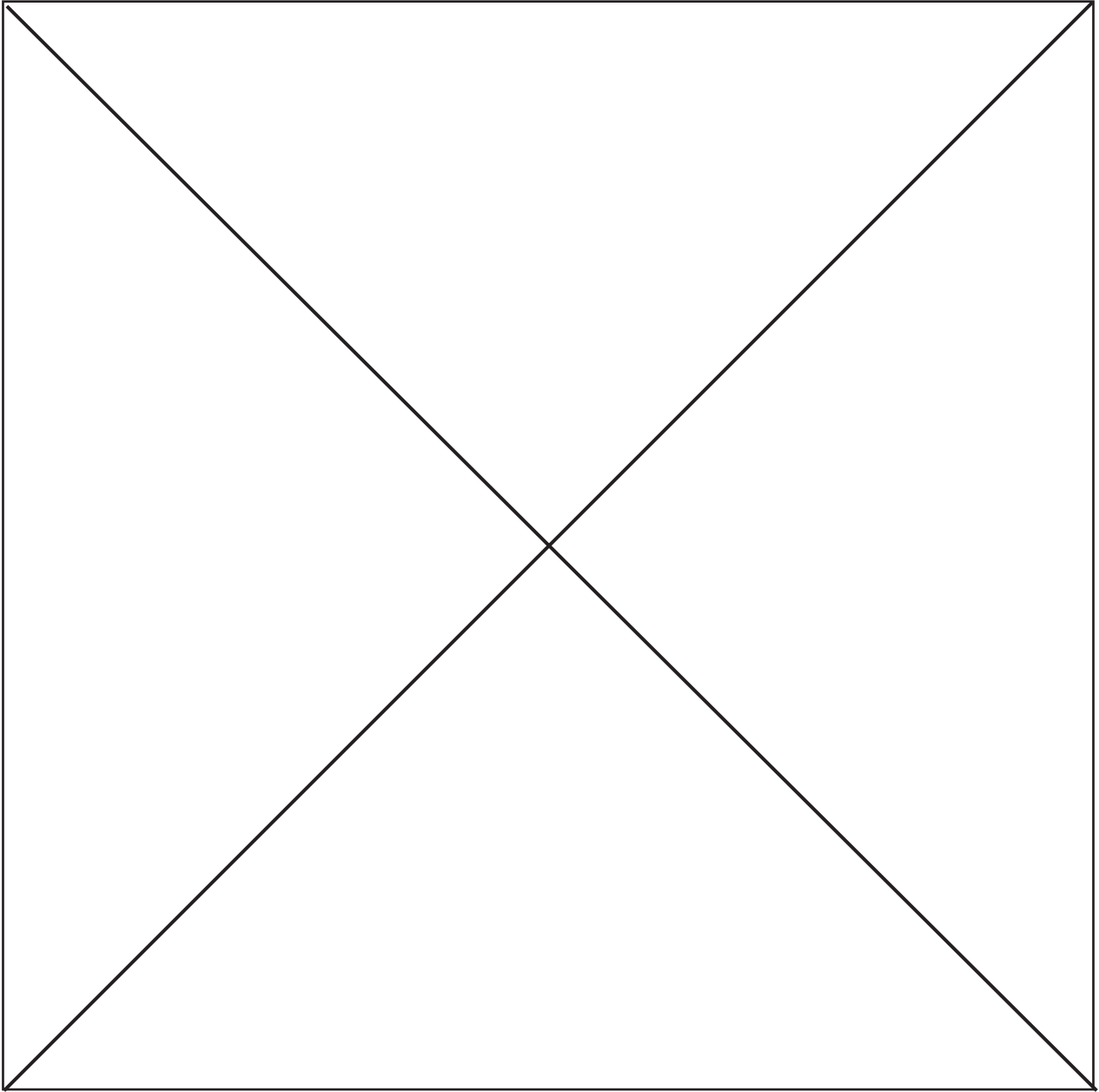
데이터통신계통 세부 통신망

데이터통신 구분	세부 통신망	통신 방식
각 안전계통 내부 통신	PPS Network (HR-SDL & HR-SDN) RCOPS Network (HR-SDL & HR-SDN) QIAS-P Network (HR-SDN) ESF-CCS Network (HR-SDL & HR-SDN) ESCM M1/M2 (ESF-CCS) Network (HR-SDN) ESF-CCS Inter-ITP Network (HR-SDN ) PPS ITP Inter-channel Network (HR-SDN)	HR-SDL HR-SDN
안전계통-안전 계통 연계 통신	PPS CP to ESF-CCS GC HR-SDL PPS ITP to ESF-CCS ITP HR-SDL ESF-CCS ITP to PPS ITP HR-SDL ESF-CCS MCPM to PPS BP HR-SDL PPS ITP to QIAS-P HR-SDL ESF-CCS ITP to QIAS-P HR-SDL	HR-SDL
안전계통-비안 전계통 연계 통신	PPS/RCOPS/ESF-CCS/QIAS-P ITP to QIAS-N Network	HR-SDL
	PPS/RCOPS/ESF-CCS/QIAS-P MTP to IPS Network (via CGW)	Ethernet(UDP)
	I-FPD to ESCM Interface	Ethernet(UDP)
비안전계통-비 안전계통 연계 통신	IPS Network (DCN-I)	Ethernet
	IPS-QIAS-N Network (via MCGW)	Ethernet
	IPS-NIMS Network (via DLS)	Ethernet
	IPS-FIDAS Network (via DLS)	Ethernet
	IPS-VMS/SMS Network (via DLS)	Ethernet (Modbus-TCP/IP)
각 비안전계통 내부 통신	QIAS-N Network (DCN-MQ)	HR-SDN
	NIMS Network	Ethernet
	DPS Network	Ethernet
	PCS Network	Ethernet (Modbus-TCP/IP)

표 7.9-2

데이터통신계통 통신방식

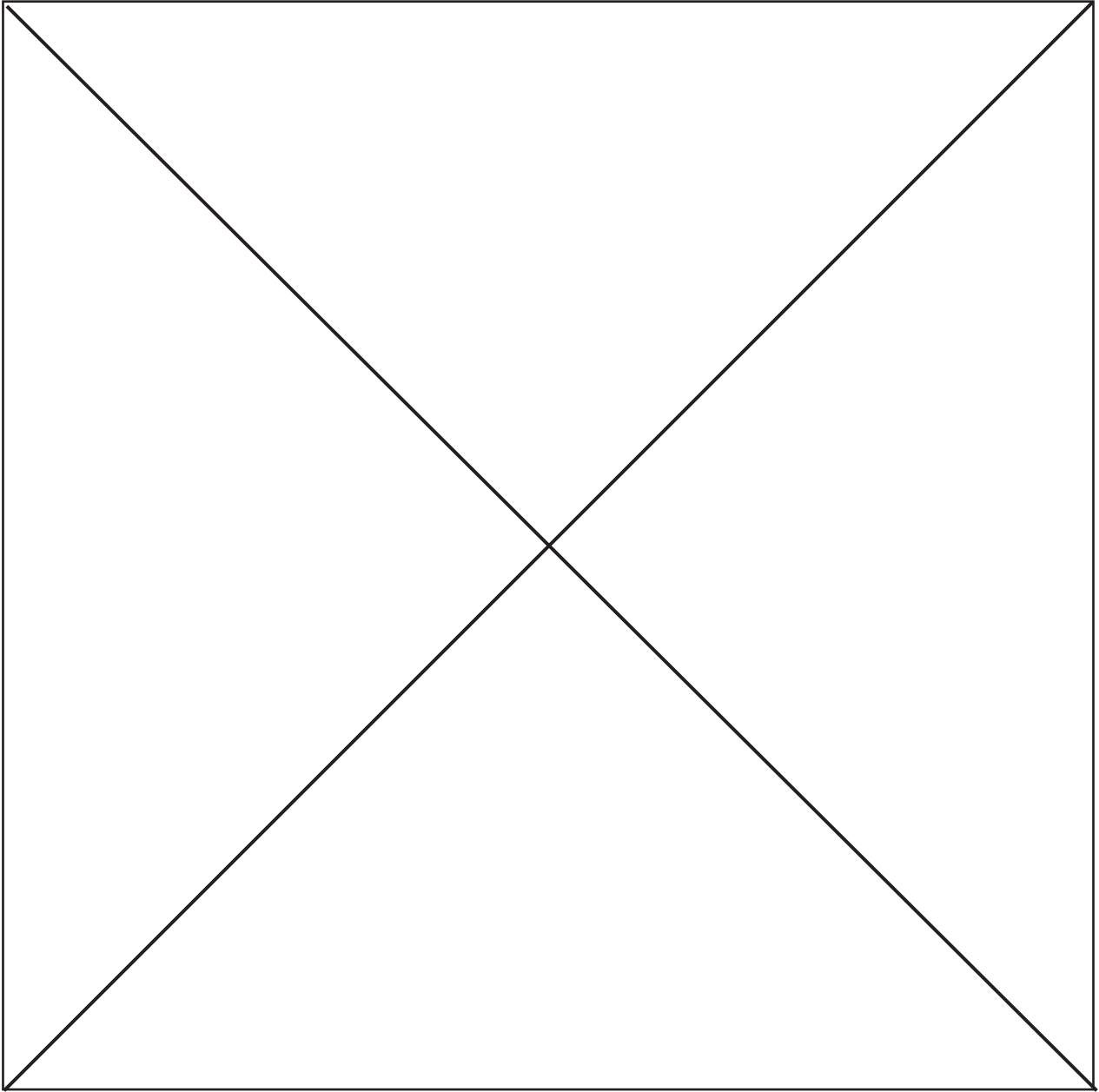
항목	HR-SDL	HR-SDN	Ethernet(UDP)	Ethernet(TCP)
다중통신 유무 및 다중통신 시 전송방식	다중통신 없으나, Broadcasting 전송 방식을 사용	다중통신 있으며, Broadcasting 전송 방식을 사용	다중통신 있으며, Broadcasting 전송 방식을 사용	다중통신 있으며, Unicast 전송 방식을 사용
통신 모듈 소프트웨어 품질등급	HR-SDL 모듈이 포함된 구성품의 소프트웨어 등급과 동일	HR-SDN 모듈이 포함된 구성품의 소프트웨어 등급과 동일	Ethernet(UDP) 모듈이 포함된 구성품 소프트웨어 등급과 동일	Ethernet(TCP) 모듈이 포함된 구성품의 소프트웨어 등급과 동일
통신사양	12 Mbps	9.6 K~12 Mbps	100 Mbps	100 Mbps
Topology	Bus	Bus	안전: Bus 비안전: Mesh	Mesh
통신 protocol	Profibus-FDL	Profibus-FDL	IPS STD Protocol	Modbus or Vendor Protocol
통신오류 검출방식 및 복구방식	수신 패킷에 대해 CRC, Data Format을 확인하여 검출하며, 오류가 있는 패킷은 폐기	수신 패킷에 대해 CRC, Data Format을 확인하여 검출하며, 오류가 있는 패킷은 폐기	수신 패킷에 대해 CRC, Data Format을 확인하여 검출하며, 오류가 있는 패킷은 폐기	수신 패킷에 대해 CRC, Data Format을 확인하여 검출하며, 오류가 있는 패킷은 폐기
통신의 독립성	IEEE 7-4.3.2의 통신독립성을 만족	IEEE 7-4.3.2의 통신독립성을 만족	IEEE 7-4.3.2의 통신독립성을 만족	N/A



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

정보처리계통용 네트워크(DCN-I) 구조도

그림 7.9-1



	<p>한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서</p>
<p>주요변수지시 및 경보계통-N 용 네트워크(DCN-MQ) 구조도</p> <p>그림 7.9-2</p>	

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 7.10 지진원자로자동정지계통

#### 7.10.1 계통 설명

지진원자로자동정지계통(Automatic Seismic Trip System : ASTS)은 일정 규모 이상의 지진 발생시 원자로를 보호하기 위하여 지진 감지기 신호들을 감시하고, 감지기 신호값이 설정치에 도달할 경우 원자로정지 개시신호를 자동으로 발생시킨다.

지진원자로자동정지계통은 4개의 감지기 모듈과 2개의 채널로 구성된 비안전계통이며, 원자로정지를 위하여 2/4의 동시논리를 적용한다. 기능시험 혹은 계통 유지보수동안 한 개의 감지기 모듈이 우회되면, 2/4동시논리가 2/3동시논리로 변경된다. 그림 7.10-1은 지진원자로자동정지계통의 제어 논리를 나타내며, 표 7.10-1은 지진원자로자동정지계통의 감시변수에 대한 정보를 제공한다.

전동발전기세트의 출력차단기가 지진원자로자동정지계통의 원자로정지를 위한 작동기기로 사용된다. 지진원자로자동정지계통의 원자로정지 개시신호에 의해 전동발전기세트의 출력차단기가 개방되면 디지털제어봉제어계통으로 제공되는 전원이 차단됨으로써, 제어봉이 낙하되어 원자로가 정지하게 된다.

지진원자로자동정지계통의 상태 및 경보에 관한 정보는 정보처리계통과 주요변수지시 및 정보계통-N으로 전송된다.

지진원자로자동정지계통의 무정전전원공급장치는 30분간 전원공급이 가능하도록 설계된다.

#### 7.10.2 분석

지진원자로자동정지계통은 비안전등급으로 설계되므로, 15장 사고해석 시 포함되지 않는다.

비안전계통인 지진원자로자동정지계통은 안전계통과의 연계가 없으므로, 지진원자로자동정지계통의 고장은 안전기능의 저하나 상실을 유발하지 않는다.

안전정지지진(SSE)에 근접한 지진 발생 시에도 지진원자로자동정지계통은 원자로정지 기능을 수행할 수 있도록 내진요건에 따라 설계된다.

지진원자로자동정지계통은 부주의한 작동 방지 및 이중화 설계를 적용함으로써, 불필요한 원자로정지를 방지한다.

7.10.3 기술요건사항

지진원자로자동정지시스템의 유지관리는 규제지침서 1.12 및 ANS 2.2의 기술기준을 준용한다.

지진원자로자동정지시스템 계측설비에 대한 계통요구사항, 점검요구사항, 점검주기 및 운전모드는 표 7.10-2를 적용한다.

표 7.10-1

지진원자료자동정지계통 감시변수

감시변수	감지기 수량	계측 범위	트립 설정치
지진가속도준위	■	■	■ ■

표 7.10-2 (2 중 1)

지진원자로자동정지계통 계측설비

계통요구사항	점검요구사항	점검주기	운전모드
1. 표 7.10-2 부록 1에 보여진 지진원자로자동정지계통의 채널은 최소한 표 7.10-2 부록 2에 나타난 응답시간을 갖고 운전가능하여야 한다.			

7.10-4

표 7.10-2 (2 중 2)

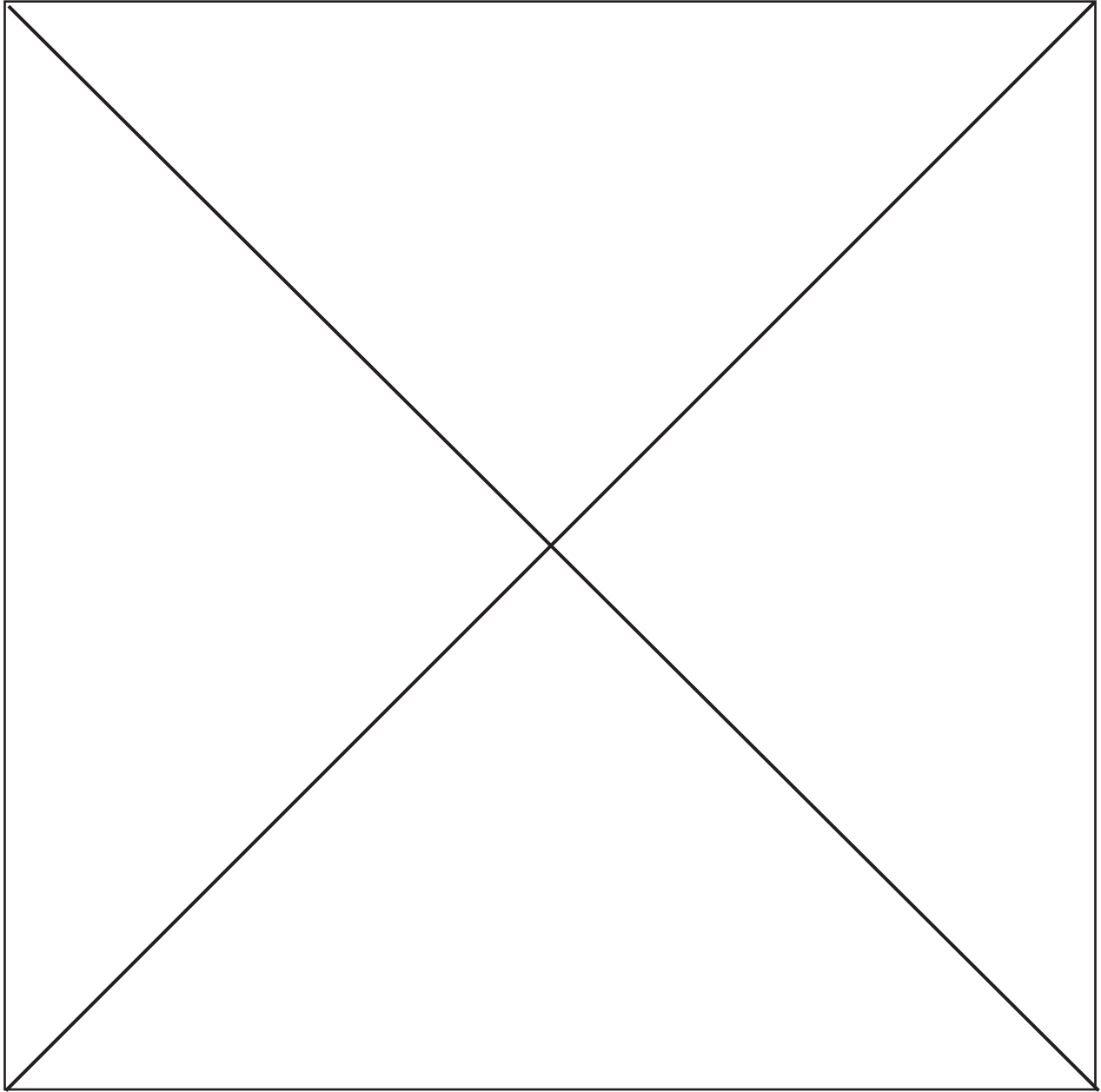
[Redacted]

[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted] [Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]	[Redacted]
[Redacted] [Redacted]	[Redacted] [Redacted]

- [Redacted]  
[Redacted]
- [Redacted]  
[Redacted]



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

지진원자로자동정지계통 제어논리도

그림 7.10-1

부록 7A

설계기준사고에 대한 공통유형고장 평가

부록 7A

목 차 (3 중 1)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>	
1.0	<u>서론</u>	7A-1	
2.0	<u>본론</u>	7A-1	
2.1	<u>분석 방법</u>	7A-1	
2.2	<u>운전원이 이용 가능한 계측기</u>	7A-2	
2.3	<u>운전원 조치시간</u>	7A-4	
2.4	<u>노심냉각능력 기준</u>	7A-5	
2.5	<u>사건 정의</u>	7A-5	
2.6	계통의 작동	7A-6	2
3.0	<u>개별 사건분석 결과 및 결론</u>	7A-6	
3.1	<u>급수유량 증가</u>	7A-6	
3.1.1	사건 개요	7A-6	
3.1.2	영향분석 및 결과	7A-7	
3.1.3	결론	7A-8	
3.2	<u>원자로건물 외부에서의 주증기관파단</u>	7A-8	
3.2.1	사건 개요	7A-8	
3.2.2	영향분석 및 결과	7A-8	
3.2.3	결론	7A-10	

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 목 차 (3 중 2)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
3.3	<u>원자로냉각재 유량 완전상실</u>	7A-10
3.3.1	사건 개요	7A-10
3.3.2	영향분석 및 결과	7A-11
3.3.3	결론	7A-12
3.4	<u>단일 원자로냉각재펌프 회전자고착 및 축파단</u>	7A-12
3.4.1	사건 개요	7A-12
3.4.2	영향분석 및 결과	7A-12
3.4.3	결론	7A-13
3.5	<u>제어봉집합체 이탈</u>	7A-13
3.5.1	사건 개요	7A-13
3.5.2	영향분석 및 결과	7A-14
3.5.3	결론	7A-15
3.6	<u>증기발생기 전열관파열</u>	7A-15
3.6.1	사건 개요	7A-15
3.6.2	영향분석 및 결과	7A-16
3.6.3	결론	7A-17
3.7	<u>냉각재상실사고</u>	7A-17
3.7.1	사건 개요	7A-17
3.7.2	영향분석 및 결과	7A-18
3.7.3	결론	7A-20

목 차 (3 중 3)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
3.8	<u>원자로건물 내부에서의 주증기관 파단</u>	7A-21
3.8.1	사건 개요	7A-21
3.8.2	영향분석 및 결과	7A-21
3.8.3	결론	7A-22
3.9	사용후연료 취급사고	7A-22
3.9.1	사건 개요	7A-22
3.9.2	영향분석 및 결과	7A-22
4.0	<u>참고문헌</u>	7A-22a   2

부록 7A

표 목 차

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
표 7A.2-1	사용해석에 사용된 다양성보호계통 설정치 및 응답시간	7A-23a   2
표 7A.3-1	급수유량 증가사건에 대한 초기조건 및 가정	7A-24   1
표 7A.3-2	원자로건물 외부에서의 증기관파단사고에 대한 초기조건 및 가정	7A-25
표 7A.3-3	원자로냉각재 유량 완전상실사고에 대한 초기조건 및 가정	7A-26
표 7A.3-4	단일 원자로냉각재펌프 회전자고착 및 축파단사고에 대한 초기조건 및 가정	7A-27
표 7A.3-5	제어봉집합체이탈사고에 대한 초기조건 및 가정	7A-28
표 7A.3-6	증기발생기전열관파열사고에 대한 초기조건 및 가정	7A-29
표 7A.3-7	냉각재상실사고에 대한 초기조건 및 가정	7A-30
표 7A.3-8	원자로건물 내부에서의 증기관파단사고에 대한 초기조건	7A-31

부록 7A

그림 목차 (4 중 1)

번호	제 목	
그림 7A.3.1-1	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 급수유량 증가사건시 노심출력 변화	1
그림 7A.3.1-2	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 급수유량 증가사건시 원자로냉각재계통 압력 변화	
그림 7A.3.1-3	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 급수유량 증가사건시 원자로냉각재 온도 변화	
그림 7A.3.1-4	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 급수유량 증가사건시 노심유량 변화	
그림 7A.3.1-5	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 급수유량 증가사건시 핵비등이탈률 변화	
그림 7A.3.2-1	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로건물 외부에서의 증기관파단사고시 노심출력 변화	1
그림 7A.3.2-2	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로건물 외부에서의 증기관파단사고시 원자로냉각재계통 압력 변화	
그림 7A.3.2-3	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로건물 외부에서의 증기관파단사고시 반응도 변화	
그림 7A.3.2-4	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로건물 외부에서의 증기관파단사고시 증기발생기 재고량 변화	
그림 7A.3.2-5	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로건물 외부에서의 증기관파단사고시 원자로냉각재 온도 변화	
그림 7A.3.2-6	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로건물 외부에서의 증기관파단사고시 핵비등이탈률 변화	
그림 7A.3.2-7	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로건물 외부에서의 증기관파단사고시 핵연료 중심 온도 변화	
그림 7A.3.2-8	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로건물 외부에서의 증기관파단사고시 핵연료피복재 온도 변화	
그림 7A.3.3-1	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재 유량 완전 상실사고시 노심출력 변화(장기)	1
그림 7A.3.3-2	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재 유량 완전 상실사고시 노심출력 변화(단기)	
그림 7A.3.3-3	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재 유량 완전 상실사고시 원자로냉각재계통 압력 변화(장기)	

그림 목차 (4 중 2)

<u>번호</u>	<u>제 목</u>
그림 7A.3.3-4	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재 유량 완전 상실사고시 원자로냉각재 온도 변화
그림 7A.3.3-5	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재 유량 완전 상실사고시 노심유량 변화(단기)
그림 7A.3.3-6	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재 유량 완전 상실사고시 핵비등이탈률 변화
그림 7A.3.4-1	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재펌프 회전자고착 및 축파단사고시 노심출력 변화
그림 7A.3.4-2	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재펌프 회전자고착 및 축파단사고시 원자로냉각재계통 압력 변화
그림 7A.3.4-3	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재펌프 회전자고착 및 축파단사고시 원자로냉각재 온도 변화
그림 7A.3.4-4	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재펌프 회전자고착 및 축파단사고시 노심유량 변화(장기)
그림 7A.3.4-5	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재펌프 회전자고착 및 축파단사고시 노심유량 변화(단기)
그림 7A.3.4-6	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재펌프 회전자고착 및 축파단사고시 핵비등이탈률 변화(단기)
그림 7A.3.4-7	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재펌프 회전자고착 및 축파단사고시 핵비등이탈률 변화(장기)
그림 7A.3.5-1	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 제어봉이탈사고시 노심출력 변화
그림 7A.3.5-2	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 제어봉이탈사고시 원자로냉각재계통 압력 변화
그림 7A.3.5-3	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 제어봉이탈사고시 노심유량 변화
그림 7A.3.5-4	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 제어봉이탈사고시 원자로냉각재 온도 변화
그림 7A.3.5-5	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 제어봉이탈사고시 핵비등이탈률 변화
그림 7A.3.5-6	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 제어봉이탈사고시 핵연료피복재 온도 변화
그림 7A.3.5-7	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 제어봉이탈사고시 핵연료 중심 온도 변화

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 그림 목차 (4 중 3)

<u>번호</u>	<u>제 목</u>
그림 7A.3.6-1	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 증기발생기전열관파열사고시 원자로냉각재계통 압력 변화
그림 7A.3.6-2	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 증기발생기전열관파열사고시 핵비등이탈률 변화
그림 7A.3.7-1	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 196.85 mm(7.75 in) 가압기 파이롯트구동 안전방출밸브 노즐의 소형파단 냉각재상실사고시 노심출력 변화
그림 7A.3.7-2	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 196.85 mm(7.75 in) 가압기 파이롯트구동 안전방출밸브 노즐의 소형파단 냉각재상실사고시 가압기 압력 변화
그림 7A.3.7-3	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 196.85 mm(7.75 in) 가압기 파이롯트구동 안전방출밸브 노즐의 소형파단 냉각재상실사고시 노심 유량 변화
그림 7A.3.7-4	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 196.85 mm(7.75 in) 가압기 파이롯트구동 안전방출밸브 노즐의 소형파단 냉각재상실사고시 파단 유량 변화
그림 7A.3.7-5	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 196.85 mm(7.75 in) 가압기 파이롯트구동 안전방출밸브 노즐의 소형파단 냉각재상실사고시 한 대의 안전주입탱크로부터의 주입유량 변화
그림 7A.3.7-6	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 196.85 mm(7.75 in) 가압기 파이롯트구동 안전방출밸브 노즐의 소형파단 냉각재상실사고시 핵연료피복재 최고 온도 변화

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 그림 목차 (4 중 4)

<u>번호</u>	<u>제 목</u>
그림 7A.3.7-7	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 67.46 mm(2.656 in)가압기 살수배관 저온관 노즐의 소형파단 냉각재상실사고시 노심 출력 변화
그림 7A.3.7-8	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 67.46 mm(2.656 in)가압기 살수배관 저온관 노즐의 소형파단 냉각재상실사고시 가압기 압력 변화
그림 7A.3.7-9	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 67.46 mm(2.656 in)가압기 살수배관 저온관 노즐의 소형파단 냉각재상실사고시 노심 유량 변화
그림 7A.3.7-10	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 67.46 mm(2.656 in)가압기 살수배관 저온관 노즐의 소형파단 냉각재상실사고시 파단 유량 변화
그림 7A.3.7-11	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 67.46 mm(2.656 in)가압기 살수배관 저온관 노즐의 소형파단 냉각재상실사고시 한 대의 안전주입 탱크로부터의 주입유량 변화
그림 7A.3.7-12	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 67.46 mm(2.656 in) 가압기 살수배관 저온관 노즐의 소형파단 냉각재상실사고시 핵연료피복재 최고 온도 변화
그림 7A.3.7-13	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 69.29 mm(2.728 in) 원자로압력용기덮개 노즐의 소형파단 냉각재상실사고시 노심 출력 변화
그림 7A.3.7-14	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 69.29 mm(2.728 in) 원자로압력용기덮개 노즐의 소형파단 냉각재상실사고시 가압기 압력 변화
그림 7A.3.7-15	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 69.29 mm(2.728 in) 원자로압력용기덮개 노즐의 소형파단 냉각재상실사고시 노심 유량 변화
그림 7A.3.7-16	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 69.29 mm(2.728 in) 원자로압력용기덮개 노즐의 소형파단 냉각재상실사고시 파단 유량 변화
그림 7A.3.7-17	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 69.29 mm(2.728 in) 원자로압력용기덮개 노즐의 소형파단 냉각재상실사고시 한 대의 안전주입 탱크로부터의 주입유량 변화
그림 7A.3.7-18	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 69.29 mm(2.728 in) 원자로압력용기덮개 노즐의 소형파단 냉각재상실사고시 핵연료피복재 최고 온도 변화
그림 7A.3.8-1	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로건물 내부에서의 주증기관파단사고시 원자로건물 압력 변화

## 1.0 서론

원자로보호계통에 디지털 방식을 적용할 경우 규제기관은 이 계통의 공통유형고장에 대하여 평가할 것을 요구하고 있다(참고문헌 1, 2). 즉, 소프트웨어를 포함한 발전소보호계통에 공통유형고장이 이미 존재하고 있다는 가정하에 기존의 안전성분석보고서에 기술된 안전관련 설계기준사고에 대한 발전소 설계의 대처능력을 평가하여야 한다. 이에 대한 다양성 관점의 발전소 대처능력 평가방법으로 소프트웨어를 사용하는 발전소보호계통의 모든 자동응답 및 수동작동을 배제하고 정성적 평가 및 정량적 분석을 수행하였다.

공통유형고장 평가에서는 먼저 모든 평가 대상 사고에 대하여 공통유형고장 사고해석에 관한 허용기준 만족 관점에서 정성적인 평가를 수행하여 보다 상세한 정량적 분석이 필요한 사고를 도출한다. 1단계로 수행된 정성적 평가에 적용된 기본 가정은 다음과 같다. 첫째, 각각의 사고 발생시 발전소는 정상운전 상태이며 둘째, 발전소보호계통과는 다양하게 설계된 다양성보호계통은 정상적으로 작동하고 셋째, 정상적인 제어계통의 작동 및 적절한 운전원 조치를 신뢰한다. 상기 정성적 평가를 통하여 아홉 가지 사고가 정량적 분석이 필요한 사고로 판명되었다.

| 2

신한울 1,2호기에는 그림 7.3-24에 나타난 바와 같이 공학적안전설비의 다양한 수동작동 및 제어 기능이 제공되며, 이는 참고문헌 1과 2에 제시된 디지털 방식 계측제어설비의 공통유형고장 대응과 관련된 지침 중 네 번째 지침을 충분히 만족시킨다. 본 부록에 기술된 바와 같이 아홉 가지 사고에 대한 정량적 분석 수행 결과에 의하면 디지털 방식의 발전소보호계통에 공통유형고장이 발생한 상태에서 안전관련 설계기준사고가 발생하더라도 발전소보호계통에 대해 다양성을 갖춘 설비 및 합리적인 운전원 조치에 의해 원자로를 적절히 보호할 수 있는 것으로 확인되었다.

| 2

## 2.0 본론

본 절에서는 정성적 평가에 의해 상세한 정량적 분석이 요구되는 아홉 가지 사고에 대한 분석방법론을 기술한다. 본 절을 구성하고 있는 주요 내용은 초기조건 및 가정, 운전원 조치시간 산정에 필요한 운전원이 이용 가능한 계측기, 운전원 조치시간, 제어봉이탈사고의 허용기준 중 하나인 노심냉각능력에 대한 기준 및 본 공통유형고장에 대한 정량적 분석 대상 사건에 대한 정의로 구성되어 있다. 개별 사건에 대한 정량적 분석 결과 및 결론은 3.0절에 기술하였다.

| 2

### 2.1 분석 방법

정성적 평가에 의해 상세한 정량적 분석이 필요한 사고로 도출된 아홉 가지 사고는 다음과 같다.

| 2

가. 급수유량 증가

나. 원자로건물 외부에서의 증기관 파단

다. 원자로냉각재 유량 완전상실

라. 단일 원자로냉각재펌프 회전자 고착/축 파단

마. 제어봉집합체 이탈

바. 증기발생기 전열관 파열

사. 냉각재상실사고

아. 원자로건물 내부에서의 증기관 파열(질량 및 에너지 방출)

자. 사용후연료 취급사고

| 2

상기 분석 대상 사고가 발생하기 전에 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통이 공통유형고장으로 작동불능 상태에 있다고 가정하여 분석을 수행하였다. 분석방법론으로는 규제기관에서 허용한 최적분석방법론을 적용하였다. 사고 초기조건으로 설계기준 사고에 적용된 보수적인 초기조건 대신 정격 운전조건을 가정하였다. 원자로냉각재펌프 및 비안전등급의 제어계통은 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통의 공통유형고장에 영향을 받지 않기 때문에 정상적으로 작동한다고 가정하였다. 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통과는 다양하게 설계된 비안전등급의 다양성보호계통은 정상적으로 작동한다고 가정하였다. 이에 따라 다양성보호계통의 가압기 고압력, 원자로건물 고압력 및 증기발생기 저압력에 의한 원자로정지 기능과 증기발생기 저수위에 의한 보조급수 공급 기능을 분석시 신뢰하였다. 또한 적절하게 산정한 운전원 조치시간을 분석에 적용할 수 있다는 규제기관의 분석 지침(참고문헌 3)에 따라 운전원조치를 신뢰할 수 있으나, 본 평가에서는 모든 사고에 대해 보수적으로 30분 동안 운전원조치를 가정하지 않았다. 분석 결과는 노심의 냉각능력 보유, 원자로냉각재계통과 원자로건물의 건전성 유지 및 과도한 소외 방사선량 방출 방지 관점의 허용기준과 비교하였다.

| 2

## 2.2 운전원이 이용 가능한 계측기

각 설계기준사고에 대해 공통유형고장의 단기적인 영향을 완화시키고, 후속 복구조치를 원활하게 수행하기 위해서는 운전원의 조치가 필요하다. 신한울 1,2호기는 기기 및 소프트웨어의 다양화를 통하여 안전관련 계측제어계통에 가상의 공통유형고장이 존재하여도 각 사건을 적시에 진단하여 완화시키는데 필요한 계측제어 설비를 갖추고 있다.

신한울 1,2호기는 다음과 같이 네 가지 방법으로 표시장치가 구현되고 있다.

- 주요변수지시 및 경보계통-P (QIAS-P)
- 주요변수지시 및 경보계통-N (QIAS-N)
- 정보처리계통 (IPS)
- 다양성지시계통 (DIS)

안전관련 계측제어계통의 가상 공통유형고장에 대해 보수적인 관점에서 평가할 수 있도록, 위에서 언급한 표시장치 중에서 안전계통인 주요변수지시 및 경보계통-P와 동일한 플랫폼을 적용하는 주요변수지시 및 경보계통-N을 통해서 나타나는 표시나 경보는 공통 유형고장 사건 발생시에 신뢰하지 않는다.

모든 신호의 연계가 실배선으로 이루어지는 다양성지시계통은 안전관련 계측제어계통의 가상 공통유형고장에 영향을 받지 않는다. 다양성지시계통의 이러한 표시방식은 참고문헌 1의 디지털 방식 계측제어설비의 공통유형고장 대응과 관련된 지침 중 네 번째 지침을 충실하게 따른다. 다양성지시계통에 표시되는 발전소 변수들은 다음과 같다.

- 노심출구 온도 (대표값)
- 원자로용기내 냉각재 수위
- 상부헤드 온도
- 상부헤드 온도기준 포화여유도
- 상부헤드 압력기준 포화여유도
- 원자로냉각재계통 온도기준 포화여유도
- 원자로냉각재계통 압력기준 포화여유도
- 노심출구온도 온도기준 포화여유도
- 노심출구온도 압력기준 포화여유도
- 원자로건물 압력
- 원자로건물 온도
- 원자로건물 수위
- 원자로건물 수소농도
- 원자로건물내부 재장전수탱크 온도
- 원자로건물내부 재장전수탱크 수위
- 원자로건물내부 재장전수탱크 수소농도
- 가압기 수위
- 가압기 압력
- 원자로냉각재계통 고온관온도
- 원자로냉각재계통 저온관온도
- 원자로 출력
- 증기발생기 수위
- 증기발생기 압력
- 안전주입펌프 직접주입관 유량

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 원자로건물 살수펌프 유량
- 충전수 유량
- 보조급수 유량
- 보조급수저장탱크 수위
- 원자로건물 대기중 방사선 (요오드)
- 보조건물 집수조 수위
- 안전주입탱크 압력

정보처리계통은 주요변수지시 및 경보계통-N에서 제공하는 지시 및 경보에 대해 다양성을 갖는 표시기능을 제공한다. 정보처리계통은 공정기기제어계통, 다양성보호계통 및 출력제어계통, 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통으로부터의 표시 및 경보를 사용한다. 공정 기기제어계통, 다양성보호계통 및 출력제어계통은 안전관련 계측제어계통의 가상 공통유형고장의 영향을 받지 않는다.

출력제어계통은 별도의 독립적인 제어채널 노외중성자속 감지기로부터 노외 중성자속 입력을 취득하며 제어봉의 낙하를 감지한다. 그러므로 노심출력의 표시와 성공적인 원자로 정지여부를 나타내는 MMI(Man-Machine Interface) 화면은 안전관련 계측제어계통의 공통유형고장에 영향을 받지 않는다.

발전소보호계통과 공학적안전설비 기기제어계통에서 정보처리계통으로 제공되는 정보는 안전관련 계측제어계통의 공통유형고장에 영향을 받는 것으로 간주한다. 정보처리계통은 안전등급 계측제어계통의 공통유형고장에 영향을 받지 않는 원자로정지 관련 경보(즉, 전동발전기의 출력차단기 트립 경보)를 제공한다.

정보처리계통의 지원을 받아서 대형정보표시반에 표시되는 필수 안전기능의 상태 및 주요 운전변수들은 가상 공통유형고장의 영향을 받지 않는다. 단, 대형정보표시반의 필수 안전기능 중에서 노심열제거 상태표시 내용은 주요변수지시 및 경보계통-P로부터 전달되므로 안전관련 계측제어계통의 공통유형고장 영향을 받는다. 노심열제거 관련 발전소의 상태는 다양성지시계통에서 지시가 가능하므로 안전계통의 공통유형고장 영향을 받지 않고 운전원에게 정보제공이 가능하다.

고방사선 준위는 별도의 방사선감시계통에 의하여 감지되기 때문에 가상 공통유형고장의 영향을 받지 않는다. 방사선감시계통으로부터 얻어진 정보는 정보처리계통과 주요변수지시 및 경보계통-N에 연결된다. 따라서 고방사선 경보의 정보처리계통 표시는 가상 공통유형고장 사건이 발생하여도 사용이 가능하다.

### 2.3 운전원 조치시간

발전소보호계통에 공통유형고장이 존재하는 상태에서 안전관련 설계기준사고가 발생하는

상황으로부터 발전소가 적절하게 보호되고 있는지를 평가할 때 적절한 운전원 조치를 신뢰할 수 있다. 수동 조작을 위한 운전원 조치시간은 비상운전절차서에서 규정하고 있는 일련의 조치단계들을 검토하여 산정하며, 각각의 조치단계에서 소요되는 시간은 ANSI/ANS 58.8, "Time Response Design Criteria for Safety-Related Operator Actions" 및 그 부록(참고문헌 4), 그리고 사고방지그룹(Accident Protection Group, APG) 보고서인 "Bridging Document Between Simulator Data on Operator Response Time and ANS-58.8 Standard"(참고문헌 5)에 제시된 정보에 근거한다.

본 부록에 기술된 아홉 가지 사고에 대한 정량적 분석 수행결과에 의하면, 디지털 방식의 안전관련 계측제어계통에서 설계기준사고와 함께 공통유형고장이 발생하더라도 안전관련 계측제어계통에 대해 다양성을 갖춘 설비에 의해서 사고 후 30분 동안 발전소의 안전을 유지할 수 있는 것으로 확인되었다. 따라서 본 평가에서는 모든 사고에 대해 사고 후 30분 동안 보수적으로 운전원 조치를 가정하지 않는다. 아울러, 운전원은 필수안전기능에 대한 감시와 관련 제어수단의 작동에 대한 정보를 다양성지시계통 등을 통해 확보할 수 있으므로, 사고발생 30분 후 운전원은 주제어실에서 다양성 공학적안전설비 수동작동 스위치 및 가용한 기기를 사용하여 필수안전기능의 수동작동이 가능하다.

| 2

#### 2.4 노심냉각능력 기준

제어봉집합체이탈사고시의 노심냉각능력에 대한 기준으로 모든 핵연료봉의 어떤 축방향 위치에서도 반경방향 평균 엔탈피가 230 cal/g을 초과하지 말아야 한다는 규제지침서 1.77의 기준을 적용하고 있다. 이 기준은 모든 제어봉집합체이탈사고를 포함한 모든 비냉각 재상실사고의 노심냉각능력에 대한 기준으로 적용된다. 냉각재상실사고에 대한 노심냉각능력 기준으로는 원자력안전위원회고시 제2017-23호(가압경수로의 비상노심냉각계통의 성능에 관한 기준) 및 10 CFR 50.46에서 규정한 첨두 핵연료피복재 온도가 1,204 °C (2,200 °F) 미만이어야 한다는 기준을 적용한다.

| 2

| 2

#### 2.5 사건 정의

소형냉각재상실사고에 대해서는 디지털 방식의 발전소보호계통에 대한 다양성 기기 및 운전원 조치의 대응 능력에 대한 평가를 수행하였다. 이 때 노심 냉각능력에 대한 기준으로 냉각재상실사고에 대한 원자력안전위원회고시 제2017-23호(가압경수로의 비상노심냉각계통의 성능에 관한 기준) 및 10 CFR 50.46의 기준을 적용하였다. 정량적 사고분석에서는 사고 완화를 위한 운전원 조치를 고려하지 않았으며 초기 운전조건으로는 현실적인 정격운전조건을 기기의 운전성에 대해서는 현실적인 가정을 적용하였다. 대형냉각재상실사고의 경우에는 대형 파단이 발생하기 전에 누설측정장치에 의해 미리 1차측 냉각재의 누설을 감지할 수 있으므로 정량적 분석 대상에서 제외하였다.

| 2

주증기관파단사고의 경우에는 냉각재상실사고와는 달리 주증기관에 파단전누설(Leak Before Break, LBB) 설계가 되어 있지 않아 모든 파단스펙트럼에 대해 평가를 수행하였다. 원자로건물 외부에서의 증기관파단사고에 대한 평가는 주로 노심 과출력, 노심 냉각 능력, 소외 방사선량 및 원자로냉각재계통 침투압력에 대해 수행되었다. 공통유형고장에 대해 다양한 기기를 이용하여 파단측 증기발생기를 격리하고 안전주입을 작동시키는데 필요한 운전원 조치시간으로는 2.4절의 운전원 조치시간 평가 결과보다 더 보수적인 30분을 가정하였다. 즉, 사고 발생 후 30분 동안 운전원이 아무런 조치를 수행하지 않는다고 가정하였다. 원자로건물 내부에서의 증기관파단사고에 대한 평가는 원자로건물 건전성 관점에서 평가를 수행하였다. 원자로 내부에서 증기관파단사고가 발생하면 가상적 공통유형고장의 영향을 받지 않는 다양성보호계통의 원자로건물 고압력에 의한 원자로 정지신호에 의해 원자로가 자동으로 정지된다. 원자로건물 건전성과 관련된 허용기준으로 ASME 계수하중범주(factored load category)의 제한치를 사용하였으며 이 값은 약  $8.697 \text{ kg/cm}^2\text{A}(123.7 \text{ psia})$ 에 해당한다.

급수유량 증가, 원자로냉각재유량 완전상실, 원자로냉각재펌프축 고착/축 파단 및 제어봉 집합체이탈사고는 주로 핵연료 건전성 측면에서 평가하였다. 초기 운전조건으로 정격운전조건을 가정하기 때문에 과출력여유도가 정격운전조건에서부터 운전제한조건까지의 출력 증가분으로 정의되는 허용과출력여유도를 적용할 수 있다. 핵연료 건전성 평가는 핵비등이탈률에 의한 피복재 파손 및 국부출력밀도에 의한 핵연료 손상 관점으로 나눌 수 있다. 제어봉집합체이탈사고를 제외한 사고들은 핵비등이탈률에 의한 피복재 파손 관점에서만 평가하였지만 제어봉집합체이탈사고는 피복재 파손뿐만 아니라 노심 냉각능력 및 침투 반경방향 평균엔탈피와 같은 국부출력밀도에 의한 핵연료 손상 관점에서의 평가도 수행하였다. 1차계통 파단을 일으키는 제어봉집합체이탈사고에 대해서는 원자력안전위원회고시 제2017-23호(가압경수로의 비상노심냉각계통의 성능에 관한 기준 고시)와 10 CFR 50.46의 기준 및 소외 방사선량 평가도 수행하였다.

2

## 2.6 계통의 작동

사건이 진행되면 다양성보호계통이 작동하게 된다. 다양성보호계통은 7.8.2.1절에 기술되어 있다. 7A에 기술된 사건분석시 사용할 수 있는 각각의 다양성보호계통에 의한 기능과 이에 대한 분석설정치, 감지기 반응시간 및 지연시간은 표 7A.2-1에 주어져 있다.

2

## 3.0 개별 사건분석 결과 및 결론

### 3.1 급수유량 증가

#### 3.1.1 사건 개요

급수유량 증가는 예상운전과도사건으로 분류되며 급수유량 제어밸브를 과도하게 열거나

급수펌프 속도의 증가에 의해서 발생한다. 전출력 조건에서 최대 급수유량 증가분은 주 급수계통 정격유량의 ■% 미만이다.

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 공통유형고장이 발생하지 않는다면 급수유량 증가사건시 원자로는 가변 과출력 설정치나 증기발생기 고수위 설정치에 의하여 자동적으로 정지되고, 아울러 증기발생기 고수위에 의하여 주증기계통도 자동적으로

| 1

Intentionally  
Blank

격리될 것이다. 그러나 공통유형고장이 사건 이전에 발생하였다고 가정하면 이러한 자동 원자로정지 및 주증기계통 격리는 발생하지 않는다. 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통으로부터 독립적이며 다양하게 설계된 핵증기공급계통의 제어계통은 공통유형고장이 발생하더라도 급수유량 증가에 대하여 정상적으로 작동한다고 가정한다.

### 3.1.2 영향분석 및 결과

#### 가. 수학적 모델

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 공통유형고장을 수반했을 때의 급수유량 증가사건에 대한 핵증기공급계통 열수력학적인 거동은 CESEC-III 전산프로그램(참고문헌 13)을 이용하여 모사한다. 최소핵비등이탈률은 CETOP-D 전산프로그램(참고문헌 7)을 이용하여 계산하며 KCE-1 임계 열속상관식을 사용하고 있다.

1


#### 나. 초기조건 및 가정

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 공통유형고장을 수반했을 때의 급수유량 증가사건에 대하여 핵증기공급계통 및 원자로 노심의 열수력학적인 거동을 분석하기 위하여 사용된 초기조건 및 가정은 표 7A.3-1에 제시되어 있다.

#### 다. 결과

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 공통유형고장을 수반했을 때의 급수유량 증가사건에 따른 핵증기공급계통 주요 변수의 시간에 따른 거동을 그림 7A.3.1-1에서 그림 7A.3.1-5까지 나타내었다. 주급수유량 증가로 1차계통의 냉각재 온도가 감소하며, 이에 따른 감속재 및 핵연료온도 제환효과에 의하여 노심 출력이 증가한다.

1

발전소보호계통에서의 가상적인 공통유형고장으로 인하여 원자로 자동정지 기능이 작동하지 않으며 발전소는 새로운 준평형상태에 도달하게 된다. 사건 발생 후 약 8초에 가변 과출력 정지설정치에 도달하고 32.0초에 증기발생기 고수위 설정치에 도달하지만 발전소보호계통으로부터 원자로정지신호가 발생하지 않는다. 원자로냉각재계통의 감압으로 인하여 가압기의 비례전열기는 약 8초에, 그리고 보조전열기는 약 12초에 완전히 켜지게 된다. 이때 열적여유도 감소는 주로 노심출력 증가에 기인한다. 최소 핵비등이탈률 값은 약 이며 30분에 발생한다.

1

2

사건발생 후 30분이 경과하면 운전원이 적절한 복구절차에 따라 발전소를 수동 제어하는 것으로 가정한다. 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 가상의 공통유형고장이 발생하여도 공통유형고장의 영향을 받지 않는 기기를 통한 정보 및 지시가 표시되어 운전원이 원자로를 수동으로 정지하는 조치를 보조한다. 노심 고출력 정보는 원자로를 수동으로 정지시키도록 하며 사건발생 1분 내에 발생한다. 그러나 해석에서는 보수적으로 30분 동안 발전소를 정지시키지 않는다고 가정한다. 그림 7A.3.1-1에서 그림 7A.3.1-5까지의 결과에 의하면 사건발생 후 약 10분부터 발전소는 안정된 상태를 유지한다.

| 1  
| 1

### 3.1.3 결론

최소 핵비등이탈률은 허용핵연료설계제한치보다 상당히 큰 값을 유지하기 때문에 핵연료 손상은 발생하지 않는다. 또한 발전소는 사건발생 후 30분 이내로 안정된 상태로 진입하며, 이 때부터 운전원은 충분한 시간을 가지고 수동으로 발전소의 제어냉각을 실시할 수 있다.

| 1

## 3.2 원자로건물 외부에서의 주증기관파단

### 3.2.1 사건 개요

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통의 공통유형고장을 수반한 주증기관파단 사고에서는 원자로보호계통에 의한 자동 원자로정지가 발생하지 않으며, 공학적안전설비 기기제어계통 고장으로 주증기 및 주급수가 자동적으로 격리되지 않으므로 과도한 냉각에 의한 출력 상승으로 핵연료 건전성을 위협할 수 있다. 그러나 노심에 고유하게 존재하는 가용과출력여유도(AOPM) 및 도플러반응도 궤환효과로 인하여 출력폭주에 제약을 가하며, 이는 또한 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통의 공통유형고장이라는 가상적 상황에 대한 영향을 완화시키는데 크게 기여한다.

| 1  
| 1

### 3.2.2 영향분석 및 결과

#### 가. 수학적 모델

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 공통유형고장을 수반했을 때의 원자로건물 외부에서의 주증기관파단사고에 대한 핵증기공급계통의 열수력학적 거동은 CESEC-III 전산프로그램을 이용하여 모사한다. CESEC-III 계산 결과는 다시 STRIKIN-II 전산프로그램(참고문헌 9)의 입력으로 핵연료중심 온도 및 핵연료피복재 온도를 계산하는데 사용되는 한편 CETOP-D 전산프로그램의 입력으로 최소 핵비등이탈률 및 핵연료 손상 비율을 계산하는데 사용된다.

| 1

나. 초기조건 및 가정

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 공통유형고장을 수반했을 때의 원자로건물 외부에서의 주증기관양단파단사고에 대하여 핵증기공급계통 및 원자로 노심의 열수력학적 거동을 분석하기 위하여 사용된 초기조건 및 가정 그리고 이로 인한 소외 방사선량을 계산하기 위한 가정이 표 7A.3-2에 제시되어 있다.

다. 결과

그림 7A.3.2-1부터 그림 7A.3.2-8까지는 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 가상적인 공통유형고장을 수반했을 때 원자로건물 외부에서의 주증기관양단파단사고에 대한 핵증기공급계통 주요 변수의 시간에 따른 거동을 보여 주고 있다.

주증기관의 파단면을 통한 과도한 에너지 방출로 인하여 증기발생기 압력이 급격히 감소하며, 사고발생 후 약 10초에 다양성보호계통의 증기발생기 저압력 설정치에 의하여 원자로가 정지된다. 일차계통의 과냉각으로 인하여 노심출력이 급격하게 상승하며 사고발생 후 10초에 약 140%의 첨두 값에 도달한다. 최소핵비등이탈률 값은 약 11초에 2.25이다. 시간에 따른 핵연료 중심 온도 변화는 노심출력의 변화와 비슷한 경향을 보이며 사고발생 후 피복재온도는 서서히 감소하며, 약 12초에 최대 핵연료 중심 온도는 2,220.6 °C(4,029 °F)로 2,696.1 °C(4,885 °F)보다 낮으므로 용융이 발생하지 않는다.

사고발생 후 약 9초에는 다양성보호계통의 보조급수 작동 설정치에 도달하여 보조급수계통이 작동되며, 보조급수는 1.1분에 증기발생기에 도달하기 시작한다. 가압기 압력은 안전주입 설정치에 도달하지만 공학적안전설비 기기제어계통으로부터 안전주입작동신호가 발생하지 않는다. 원자로냉각재계통 압력은 지속적으로 감소되어 약 97초에 안전주입탱크의 주입이 시작된다. 안전주입탱크에 의해 주입된 봉소는 노심반응도를 감소시킨다.

2

핵연료피복재 및 핵연료 중심 온도의 최대 계산치는 이 사고에 대하여 핵연료 건전성이 유지됨을 보여주었으며, 최소 핵비등이탈률을 기준으로 핵연료 손상이 발생하지 않는 것으로 평가되었다.

이에 따른 제한구역경계에서의 2시간동안 갑상선 및 전신선량은 각각 75.1 mSv, 0.104 mSv로 평가되었으며 저인구지대에서의 8시간동안 갑상선 및 전신선량은 각각 12.2 mSv, 0.017 mSv로 평가되었다. 이 값들은 BTP HICB-19에 제시된 제한치를 만족한다.

2

### 3.2.3 결론

본 분석에 의하면 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 가상적인 공통유형 고장을 수반한 원자로건물 외부에서의 주증기관양단파단이 발생하여도 핵연료피복재 최대 온도 및 핵연료봉 중심 온도 계산 결과에 의하면 핵연료 건전성 및 노심 냉각 능력이 유지된다. 핵연료봉 손상은 발생하지 않았으며 방사선피폭량도 BTP HICB-19 제한치를 만족한다. 최대 원자로냉각재계통 압력도 Service Level C 제한치인 226 kg/cm<sup>2</sup>(3,200 psia)보다 작아 1차측 건전성이 유지된다.

2

1

## 3.3 원자로냉각재 유량 완전상실

### 3.3.1 사건 개요

이 사건은 원자로냉각재펌프에 전력을 공급하는 13.8kV 모선들에 전원이 동시에 상실되어 발생한다. 실제로 이들 모선에 전력이 동시에 상실되기 위해서는 발전소의 주변압기 및 보조변압기로 공급되는 소외전원이 완전히 상실되는 것이 유일한 경우이다. 또한 소외전원이 상실되면 터빈-발전기가 정지되어 발전소 장비에 대한 정상적인 전력의 공급도 상실된다.

원자로냉각재 유량 완전상실시에는 원자로노심보호계통의 원자로냉각재펌프 축 저속도

설정치나 원자로냉각재 저유량 설정치에 의하여 원자로가 자동적으로 정지되지만 디지털 설계인 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통의 가상적인 공통유형고장으로 인하여 원자로보호계통에 의한 원자로정지가 발생하지 않는 것으로 가정한다.

발전소 장비에 대한 정상전원의 상실은 4.16 kV 비IE급 모선들의 전력상실을 포함한다. 이들 모선은 제어봉구동장치에 전력을 공급하는 전동발전기세트에 전력을 공급한다. 발전소 장비에 대한 정상적인 전력상실로 인하여 제어봉구동장치 전동발전기세트는 서서히 감속하기 시작하며, 저전압 계전기출력 차단기를 열게 된다. 이는 제어봉구동장치로의 전원공급을 차단하고 따라서 제어봉은 중력에 의하여 노심으로 삽입된다. 각각의 전동발전기세트에 있는 출력 차단기는 모선에 전력이 상실된 뒤 약 1초 후에 개방되어 제어봉구동장치로의 전원공급을 차단하고 이와 동시에 제어봉집합체를 노심에 낙하시킴으로써 보다 빠른 조치가 취해질 수도 있다.

1

### 3.3.2 영향분석 및 결과

#### 가. 수학적 모델

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재 유량 완전상실사고에 대한 핵증기공급계통의 열수력학적인 거동은 CESEC-III 전산프로그램을 이용하여 모사한다. 최소 핵비등이탈률은 KCE-1 임계열속 상관식을 사용하는 CETOP-D 전산프로그램을 이용하여 계산한다.

1

#### 나. 초기조건 및 가정

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재 유량 완전상실사고에 대한 핵증기공급계통 및 원자로 노심의 열수력학적인 거동 분석에 사용한 초기조건 및 가정은 표 7A.3-3에 제시된 바와 같다.

#### 다. 결과

그림 7A.3.3-1부터 그림 7A.3.3-6까지는 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 가상적인 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재 유량 완전상실사고에 따른 핵증기공급계통 주요 변수의 시간에 따른 거동을 보여 주고 있다.

1

소외전원상실(1초에 발생한다고 가정함)로 인하여 터빈 정지, 주급수의 상실, 복수기의 작동불능, 4대의 원자로냉각재펌프의 관성서행 등이 동시에 발생한다. 소외전원상실로 인해 제어봉구동장치로의 전원공급이 차단되면 원자로정

지 차단기가 4.0초에 열리고 제어봉집합체가 삽입된다. 다양성보호계통에 의한 가압기 고압력 원자로정지신호는 4.25초에 발생한다. 제어봉집합체가 낙하하기 이전에는 노심 출력은 전출력을 유지하지만 원자로냉각재 유량은 감소하므로 핵비등이탈률은 감소한다. 제어봉집합체의 삽입에 의하여 핵비등이탈률은 다시 증가한다. 최소 핵비등이탈률의 값은 ■■■이며 6.3초에 발생한다. 핵비등이탈률의 값은 지속적으로 증가하며, 사고 30분 후에는 운전원이 적절한 회복절차에 따라 발전소를 수동으로 제어한다고 가정한다. 그림 7A.3.3-1, 3 및 4에서 알 수 있듯이 사건 발생 후 30분 이내에 발전소는 안정된 상태를 유지한다.

| 1  
| 1

### 3.3.3 결론

최소 핵비등이탈률은 허용 핵연료설계제한치보다는 상당히 큰 값을 유지하므로 핵연료 손상이 발생하지 않는다. 또한 발전소는 사고발생 후 30분 이내에 안정된 상태로 진입하며 운전원은 충분한 시간을 가지고 수동으로 발전소의 제어능각을 실시할 수 있다.

## 3.4 단일 원자로냉각재펌프 회전자고착 및 축파단

### 3.4.1 사건 개요

원자로냉각재펌프 회전자 고착은 상부 혹은 하부 추력 베어링의 고착에 의해서 발생한다. 원자로냉각재펌프 축 파단은 펌프 축의 기계적 파손(축의 절단)에 의해서 야기될 수 있다. 원자로냉각재펌프 축 파단으로 인한 유량의 관성서행은 펌프 회전자 고착보다 덜 제한적이다. 따라서 단일 원자로냉각재펌프 회전자고착사고만 분석을 수행한다.

### 3.4.2 영향분석 및 결과

#### 가. 수학적 모델

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 공통유형고장을 수반한 단일 원자로냉각재펌프 회전자 고착사고에 대한 핵증기공급계통 열수력학적인 거동은 CESEC-III 전산프로그램을 이용하여 모사한다. 최소 핵비등이탈률은 CETOP-D 전산프로그램을 이용하여 계산하며, 이때 사용된 임계열속은 KCE-1 임계열속상관식이다.

| 1

#### 나. 초기조건 및 가정

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재펌프 회전자 고착사고에 대한 핵증기공급계통 및 원자로 노심의 열

수력학적인 거동 분석에 사용한 초기조건 및 가정은 표 7A.3-4에 제시된 바와 같다.

#### 다. 결과

그림 7A.3.4-1로부터 그림 7A.3.4-7까지는 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 가상적인 공통유형고장을 수반했을 때 단일 원자로냉각재펌프 회전자 고착사고에 따른 핵증기공급계통 주요 변수의 시간에 따른 거동을 보여 주고 있다.

4대의 원자로냉각재펌프 가운데 1대의 회전자가 고착되면 원자로냉각재 유량이 급속하게 줄어든다. 유량 감소는 수초 안에 종료되어 정격 유량의 80 % 부근에서 안정화된다. 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에서의 가상적인 공통유형고장으로 인하여 원자로냉각재 저유량 정지신호는 발생하지 않는 것으로 가정한다. 사건 초기의 과도기간에는 유량감소로 인하여 핵비등이탈률이 감소한다. 사건 초기의 수초 동안에는 핵연료온도 궤환효과로 인하여 노심 출력이 감소하지만 이후 감속재온도 궤환효과로 인하여 거의 정상상태 출력 준위로 회복된다. 핵연료 및 감속재온도 궤환효과로 인하여 원자로는 반응도 평형을 이루는 준평형상태에 도달한다.

핵비등이탈률은 사고 발생 후 0.55초에 [ ]의 최소값을 가진다. 그 이후에는 핵비등이탈률이 서서히 증가하다가 일정한 값을 유지하게 된다. 사건발생 30분이 지난 후에는 운전원이 수동으로 원자로를 정지시키는 것으로 가정하며 이때 핵비등이탈률은 다시 증가하게 된다. 그 다음으로 운전원은 적절한 복구 절차에 따라 발전소의 제어냉각을 실시한다. 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 가상적인 공통유형고장이 발생하여도 공통유형고장의 영향을 받지 않는 기기를 통한 경보 및 지시가 표시되어 운전원이 원자로를 수동으로 정지하는 조치를 보조한다. 그림에서 알 수 있듯이 발전소는 사고 발생 후 30분 이내에 안정된 상태를 유지한다.

#### 3.4.3 결론

최소핵비등이탈률은 허용핵연료설계제한치보다는 큰 값을 유지하기 때문에 핵연료 파손이 발생하지 않는다. 또한 발전소는 사고 발생 후 30분 동안 안정된 상태를 유지하며, 운전원은 충분한 시간을 가지고 수동으로 발전소의 제어냉각을 실시할 수 있다.

### 3.5 제어봉집합체 이탈

#### 3.5.1 사건 개요

제어봉집합체 이탈은 제어봉구동장치 노즐의 하우징에 원주방향으로의 파열이 있을 때 발생한다. 그러나 본 분석에서는 정성적 평가결과에 따라 1차계통에서의 파열이 발생하지 않은 상태에서의 제어봉집합체 이탈만 취급한다. 1차계통의 파열에 의한 제어봉집합체 이탈은 냉각재 상실사고에 해당되므로 본 부록 3.7절에서 다루어진다.

| 1

### 3.5.2 영향분석 및 결과

#### 가. 수학적 모델

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통의 공통유형고장을 수반했을 때의 제어봉집합체 이탈사고에 대한 핵증기공급계통의 열수력학적인 거동은 CESEC-III 전산프로그램을 이용하여 모사한다. CESEC-III 전산프로그램 계산 결과는 핵연료중심 온도 및 핵연료피복재 온도를 계산하기 위해 STRIKIN-II 전산프로그램의 입력으로 사용되며, 과도상태에서의 핵비등이탈률 변화 및 최소 핵비등이탈률을 계산하기 위해 CETOP-D 전산프로그램의 입력으로 사용된다.

| 1

#### 나. 초기조건 및 가정

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 공통유형고장을 수반했을 때의 제어봉집합체 이탈사고시 핵증기공급계통 및 원자로 노심의 열수력학적인 거동을 분석하기 위하여 사용된 초기조건 및 가정은 표 7A.3-5에 제시되어 있다.

#### 다. 결과

그림 7A.3.5-1로부터 그림 7A.3.5-7까지는 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 가상적인 공통유형고장을 수반했을 때 제어봉집합체 이탈사고에 따른 핵증기공급계통 주요 변수의 시간에 따른 거동을 보여 주고 있다.

제어봉집합체가 이탈하면 반응도 증가로 인해 노심 출력이 1초 내에 약 ■ % 출력으로 급속히 증가한다. 이러한 출력폭주에 따른 온도 상승으로 인하여 원자로냉각재계통의 압력도 증가한다. 사고 발생 후 약 26초에 원자로냉각재계통의 압력이 최대치인 167.39 kg/cm<sup>2</sup>A(2,380.93 psia)에 이르며 그 이후에는 가압기압력제어계통이 제어봉집합체 이탈에 따르는 계통 변수의 변화에 대하여 정상적으로 작동하여 정상상태 값으로 서서히 줄어든다. 노심 출력은 사고 발생 후 1초 이내에 ■ % 출력준위로 급속히 증가하지만, 이러한 노심 출력의 급격한 증가에 의한 1차측 냉각재 가열로 인해 도플러 및 감속재반응도 궤환효과가 나타나며 터빈에서의 출력 수요

| 1

| 1

| 1

| 1

가 일정하므로 사고 발생 후 100초 이내에 100 % 출력 부근으로 재안정화된다. | 1

핵비등이탈률은 제어봉집합체 이탈에 의한 노심 출력의 급격한 증가로 인하여 급격히 감소한다. 사고 발생 후 약 3초에서 최소 핵비등이탈률의 값은 [ ]에 도달하며, 이 값은 허용핵연료설계제한치에 비해서는 높은 값이므로 핵연료 손상은 발생하지 않는다. 이후 출력이 감소하므로 핵비등이탈률은 증가한다. | 1

제어봉집합체 이탈에 의한 과도기간에 계산된 최대 핵연료피복재 온도는 [ ] °C([ ] °F)보다 작으며 이 값은 제한치인 1,204 °C(2,200 °F)에 대해 충분한 여유가 있다. 또한 최대 핵연료 중심 온도도 [ ] °C([ ] °F)보다 작으며 이 값도 핵연료 용융이 발생하는 2,704.5 °C(4,900 °F)에 대해 충분한 여유가 있다. 반경 방향 평균 핵연료 엔탈피의 최대값도 제어봉집합체 이탈시의 허용 한계치인 230 cal/g보다 작다. 사고 발생 30분 후에 운전원이 수동으로 발전소 제어를 시작하여 원자로를 정지시키고 적절한 복구절차에 따라 발전소의 제어냉각을 실시한다. 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 가상적인 공통유형고장이 발생하여도 공통유형고장의 영향을 받지 않는 기기를 통한 경보 및 지시가 표시되어 운전원이 원자로를 수동으로 정지하는 조치를 보조한다. | 1  
| 2

### 3.5.3 결론

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 가상적인 공통유형고장을 수반한 제어봉집합체 이탈이 발생하더라도 본 분석에 의하면 최소 핵비등이탈률의 값이 허용핵연료설계제한치보다 큰 값을 유지하므로 핵연료 손상이 발생하지 않는다. 또한 최대 핵연료피복재 온도도 제한치인 1,204 °C(2,200 °F)보다 훨씬 작다. 핵연료 용융도 발생하지 않으며 반경방향 평균 핵연료엔탈피 최대치는 제한치인 230 cal/g 보다 작다. 원자로냉각재 계통의 최대 압력도 Service level C 제한치인 226 kg/cm<sup>2</sup>(3,200 psig)보다 작게 유지되어 1차측 건전성이 유지된다. | 2  
| 1

## 3.6 증기발생기 전열관파열

### 3.6.1 사건 개요

증기발생기 전열관파열사고는 증기발생기 내의 U자형 전열관이 파손되어 원자로냉각재 계통과 주증기계통 사이의 방호벽이 손상되는 사고이다. 이는 U자형 전열관에 형성된 부식공이나 작은 균열이 확대되어 생길 수도 있고, 전열관과 전열관시트 사이의 용접부위에 형성된 균열이 발전하여 생길 수도 있다. 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 공통유형고장이 발생한 경우 가장 심각한 증기발생기 전열관파열사고는 전출력 조건에서 U자형 전열관의 양단파단에 해당한다.

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통의 공통유형고장이 없다면 증기발생기 전열관파열사고시 원자로는 고온관 포화온도 정지나 원자로노심보호계통의 저핵비등이탈률 정지 또는 증기발생기 고수위 정지에 의하여 자동적으로 정지된다. 그러나 공통유형 고장이 사고 이전에 발생하였다고 가정하면 발전소보호계통에 의한 자동 원자로정지는 작동하지 않는다.

### 3.6.2 영향분석 및 결과

#### 가. 수학적 모델

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통의 공통유형고장을 수반한 증기발생기 전열관파열사고에 대한 핵증기공급계통의 열수력학적인 거동은 CESEC-III 전산프로그램을 이용하여 모사한다. 최소핵비등이탈률은 CETOP-D 전산프로그램을 이용하여 계산하며, 이에 채택되어있는 임계열속은 KCE-1 임계열속 상관식이다.

| 1

#### 나. 초기조건 및 가정

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통의 공통유형고장을 수반한 증기발생기 전열관파열사고에 대하여 핵증기공급계통 및 원자로 노심의 열수력학적인 거동을 분석하기 위하여 사용된 초기 조건은 표 7A.3-6에 제시되어 있다.

#### 다. 결과

그림 7A.3.6-1로부터 그림 7A.3.6-2까지는 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 가상적인 공통유형고장이 발생하였을 때의 증기발생기 전열관파열에 따른 핵증기공급계통 주요 변수의 시간에 따른 거동을 보여 주고 있다.

증기발생기 전열관파열로 인한 방사선영향 관점에서 핵연료 파손이 없는 경우에는 15장에서 다룬 설계기준사고의 경우가 본 절에서 다루고 있는 경우에 비하여 더 제한적인 것으로 평가되므로 본 분석에서는 핵비등이탈률의 계산에 중점을 두었다. 따라서 파열된 증기발생기를 격리할 수 있다면 소외 방사선 방출관점에서는 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통의 가상적인 공통유형고장을 수반한 증기발생기 전열관파열사고가 발생한 후 30분에 운전원이 수동으로 원자로를 정지시키는 경우가 15장에서 다루고 있는 설계기준사고의 결과에 비해서는 덜 제한적이다. 증기발생기 전열관파열사고가 발생한 후 30분에 운전원은 이용 가능한 기기를 이용하여 파열된 증기발생기를 수동으로 격리하는 것으로 가정한다. 사고발생시 N-16 모니터와 경보가 한 개의 증기발

| 1

| 2

생기에서 전열관 파단이 발생한 사실을 즉각적으로 지시해 주는 것을 고려하면 사고완화를 30분에 시작한다는 가정은 매우 보수적이다. | 2

증기발생기 전열관이 파열되면 원자로냉각재 재고량 감소로 인하여 원자로냉각재계의 압력이 감소한다. 원자로냉각재계의 압력이 감소함에 따라 핵비등이탈률이 감소한다. 핵비등이탈률 값은 운전원이 개입하여 원자로를 정지시키고 파열된 증기발생기를 격리할 때까지 계속하여 감소한다. 계산에 의하면 운전원이 개입하기 직전에 최소핵비등이탈률 값이 [ ]으로 나타났다. 이 값은 허용핵연료설계제한치보다 크기 때문에 핵연료 손상은 발생하지 않는다. 증기발생기 전열관파열이 일어나도 운전원이 조치를 취하기 이전에는 급수제어계가 정상적으로 작동하기 때문에 증기발생기 수위가 과도하게 증가하지 않는다. 운전원이 개입한 이후에도 비상운전절차서에 주어진 사고완화절차를 준수하면 증기발생기 수위가 과도하게 상승하는 경우는 발생하지 않는다. | 1

증기발생기 전열관파열사고에 의한 소외선량결과는 사고 전 요오드분출의 경우가 사고 후 요오드 분출의 경우에 비하여 제한적인 것으로 평가되었다. | 1

증기발생기 전열관파열사고에 따른 사고 전 요오드분출로 인한 제한구역경계 및 저인구지대에서의 갑상선량은 각각 1,719 mSv 및 132 mSv, 전신선량에 대해서는 4.15 mSv 및 0.3 mSv로 평가되었다. 이는 BTP HICB-19에 제시된 제한치를 만족한다. | 1

### 3.6.3 결론

최소핵비등이탈률은 허용핵연료설계제한치보다 큰 값을 유지하기 때문에 핵연료 손상이 발생하지 않는다. 또한 파열된 증기발생기 수위가 과도하게 상승하는 것도 방지된다. 방사선영향 관점에서는 15장의 증기발생기전열관파열사고 분석결과에 의해 제한되므로 소외 방사선량은 BTP HICB-19에 제시된 제한치를 만족한다.

## 3.7 냉각재상실사고

### 3.7.1 사건 개요

1차계통의 배관 가운데 본문 3.6.3절의 파단전누설 개념이 적용되는 대형 배관에 대해서는 중대한 파열이 발생하기 이전에 감지가 가능한 정도의 누설이 발생한다. 따라서 이와 같은 대형파단이 일어나기 이전에 운전원들이 충분한 시간을 가지고 원자로의 운전을 중지하고 발전소를 감압시킬 수 있다. 본 분석에서는 대형 배관의 이러한 특성과 대형파단 발생에 대비하는 누설감지장비를 신뢰한다. 파단전누설 개념이 적용되지 않는 소형배관에 대해서는 파단이 일어나기 전에 누설감지에 필요한 시간이 불충분할 수가 있다. 그러

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

므로 소형과단 냉각재상실사고는 사고완화를 위하여 다양화된 장비의 성능을 신뢰하는 추가 분석을 필요로 한다. 운전원조치시간 분석에 따르면 운전원은 30분 이내에 사고완화를 위해 적절한 조치를 취할 시간이 있으나 본 분석에서는 보수적으로 30분 이전의 운전원 조치는 고려하지 않았다.

Intentionally  
Blank

### 3.7.2 영향분석 및 결과

#### 가. 수학적 모델

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 공통유형고장을 수반한 소형파단 냉각재상실사고에 대한 핵증기공급계통의 열수력학적인 거동은 RELAP 5-ME 코드(참고문헌 12)를 사용하였다. RELAP 5-ME 코드는 KIMERA 방법론을 위해 개발된 코드이지만, 본 분석에서는 KIMERA 방법론에 적용되는 보수적인 모델인 벽면열전달계수 증배계수, 상간열전달계수 증배계수, 파단누출모델을 적용하지 않았으며, 핵증기공급계통의 열수력학적인 거동분석에 사용된 초기조건도 보수적인 가정을 배제하고 최적값을 사용하였다.

2

#### 나. 초기조건 및 가정

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통의 공통유형고장을 수반한 소형파단 냉각재상실사고에 대한 핵증기공급계통 및 원자로 노심의 열수력학적인 거동분석에 사용된 초기조건 및 가정은 표 7A.3-7과 같다.

#### 다. 결과

원자로냉각재계통에 연결되어 있는 파단전누설 개념이 적용되지 않는 분기관 파단에 따른 핵증기공급계통 주요 변수의 거동에 대해서 평가하였다. 여기서는 파단전누설 개념이 적용되지 않는 분기관 중에서 가장 직경이 큰 내경 196.85 mm(7.75 in) 가압기 파이롯트구동 안전방출밸브 노즐 파단 및 내경 67.46 mm(2.656 in) 가압기 살수배관 저온관 노즐 파단에 대한 결과를 수록하였다. 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통의 가상적인 공통유형고장을 수반한 소형파단 냉각재상실사고에 따른 핵증기공급계통 주요 변수의 동적인 거동으로서 196.85 mm(7.75 in) 파단에 대한 것은 그림 7A.3.7-1부터 그림 7A.3.7-6까지, 67.46 mm(2.656 in) 파단에 대한 것은 그림 7A.3.7-7부터 그림 7A.3.7-12에서 보여주고 있다.

또한 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통의 가상적인 공통유형고장을 수반한 제어봉집합체 이탈에 따른 방사선 영향분석을 위하여 원자력압력용기덮개 노즐의 내경 69.29 mm(2.728 in) 소형파단 냉각재상실사고를 평가하였다. 이러한 소형파단 냉각재상실사고에 대한 핵증기공급계통의 주요 변수에 대한 동적 거동은 그림 7A.3.7-13에서 그림 7A.3.7-18까지에 주어진 바와 같다.

내경 196.85 mm(7.75 in) 가압기 파이롯트구동 안전방출밸브 노즐에 양단파단이 발생하면 파단부로의 원자로냉각재 유출로 원자로냉각재계통이 급속하게 감압되며, 원자로건물의 압력이 상승한다. 원자로건물의 압력이 다양성 보호계통의

2

원자로건물 고압력 원자로정지 설정치에 도달(20.88초)하면 이에 따른 원자로 정지에 의해 급격히 감소한다. 원자로가 정지되면, 이에 따라 터빈 또한 정지된다.

2

원자로냉각재펌프는 운전원의 조치 이전에는 정지하지 않는 것으로 가정하였으나, 파단으로의 원자로냉각재 유출 및 이에 따른 감압으로 이상유동이 생겨 원자로냉각재계통 내의 유량은 급격히 줄어든다.

파단으로의 원자로냉각재 유출로 인하여 원자로냉각재계통 압력이 떨어져 안전주입탱크의 주입설정치에 도달(653초)하면, 안전주입탱크에서 안전주입이 시작된다. 차가운 안전주입수의 주입으로 원자로냉각재계통 내의 증기가 응축되어, 원자로냉각재계통의 압력은 또 한 번 급격히 감소하며, 원자로냉각재계통의 재고량 또한 증가하여 핵연료피복재의 냉각이 이루어진다.

2

이 사고가 진행되는 동안에 핵연료피복재 온도의 급격한 상승이 나타났으나 핵연료피복재 팽창 및 이에 따른 핵연료피복재 파열 또는 고온 산화 현상이 발생할 정도로 과도하게 상승하지는 않았다. 그러나 핵연료피복재 온도가 급격히 상승할 때에 핵연료피복재의 손상이 일어나 간극의 핵분열 생성물의 누출이 발생하는 것으로 보수적으로 가정하였다. 사고 발생 후 30분이 지나면 운전원은 발전소의 조절냉각을 포함한 냉각재상실사고에 대한 복구조치를 시작하여 발전소를 안전한 상태로 가져가는 것으로 가정하였다.

내경 67.46 mm(2.656 in) 가압기 살수 배관 저온관 노즐에서의 파단은 내경 196.85 mm (7.75 in) 가압기 상부에서의 파단에 비해서 원자로냉각재계통의 감압이 늦고, 원자로건물의 압력 상승 또한 늦다. 다양성보호계통의 원자로건물 고압력 설정치 도달(78.11초)에 따라 원자로가 정지되며, 이에 따라 터빈 또한 정지된다.

2

원자로냉각재펌프는 운전원의 조치 이전에는 정지하지 않는 것으로 가정하였으나, 파단으로의 원자로냉각재 유출 및 이에 따른 감압으로 이상유동이 생겨 원자로냉각재계통 내의 유량은 서서히 줄어든다.

내경 67.46 mm(2.656 in) 가압기 살수 배관 저온관 노즐에서의 파단의 경우에는 안전주입탱크 주입설정치까지 원자로냉각재계통의 압력이 떨어지지 않으며, 이에 따라 안전주입은 이루어지지 않는다.

이 사고가 진행되는 동안에 핵연료피복재 온도의 급격한 상승은 나타나지 않았으며, 초기에 감소하여 낮은 온도를 유지한다. 그러므로 핵연료피복재 팽창

및 이에 따른 핵연료피복재 파열 또는 고온 산화 현상은 일어나지 않는 것으로 예측된다. 사고 발생 후 30분이 지나면 운전원은 발전소의 조절냉각을 포함한 냉각재상실사고에 대한 복구조치를 시작하여 발전소를 안전한 상태로 가져가는 것으로 가정하였다.

가상적인 제어봉집합체 이탈로 인한 원자로 압력용기 상부헤드 노즐에 내경 69.29 mm(2.728 in) 소형파단 냉각재상실사고 시에도 내경 196.85 mm(7.75 in) 가압기 상부 노즐의 파단에 비해서 원자로냉각재계통의 감압이 늦고, 원자로건물의 압력 상승 또한 늦다. 다양성보호계통의 원자로건물 고압력 설정치 도달(81.23초)에 따라 원자로가 정지되며, 이에 따라 터빈 또한 정지된다.

원자로냉각재펌프는 운전원의 조치 이전에는 정지하지 않는 것으로 가정하였으나, 파단으로의 원자로냉각재 유출 및 이에 따른 감압으로 이상유동이 생겨 원자로냉각재계통 내의 유동량은 줄어든다.

가압기 상부헤드 노즐에 내경 69.29 mm(2.728 in) 소형파단 냉각재상실사고 시에는 안전주입탱크 주입설정치까지 원자로냉각재계통의 압력이 떨어지지 않으며, 이에 따라 안전주입은 이루어지지 않는다.

이 사고가 진행되는 동안에 핵연료피복재 온도의 급격한 상승은 나타나지 않았으며, 초기에 감소하여 낮은 온도를 유지한다. 그러므로, 핵연료피복재 팽창 및 이에 따른 핵연료피복재 파열 또는 고온 산화 현상은 일어나지 않는 것으로 예측된다. 사고 발생 후 30분이 지나면 운전원은 발전소의 조절냉각을 포함한 냉각재상실사고에 대한 복구조치를 시작하여 발전소를 안전한 상태로 가져가는 것으로 가정하였다.

소용량 퍼지밸브가 닫혀있고 원자로건물살수계통이 작동하지 않는다고 가정한 소외선량 계산결과에 의하면 제한구역경계에서의 2시간 동안의 갑상선 및 전신선량은 각각 2,080 mSv, 22.4 mSv로 평가되었으며 저인구지역에서의 30일 동안의 갑상선 및 전신선량은 각각 2,470 mSv, 6.87 mSv로 평가되었다. 이는 BTP HICB-19(참고문헌 1)에 언급한 10 CFR 100.11의 100 % 선량한도 이내이다.

### 3.7.3 결론

발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통에 가상적인 공통유형고장이 존재하고 원자로냉각재펌프가 운전된다는 조건에서 원자로냉각재계통에 연결된 본문 3.6.3절의 파단전누설 개념이 적용되지 않는 분기관 파단인 소형파단 냉각재상실사고에 대한 현실적인 평가 결과, 핵연료피복재 온도가 1,204.5 °C(2,200 °F)이상 상승하지 않는 것으로 나타났

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

다. 따라서 핵연료피복재 파열이나 고온 산화현상도 일어나지 않을 것이 예상된다. 아울러 이러한 소형파단 냉각재상실사고에 대한 소외피폭 방사선선량 평가결과에서도 BTP HICB-19의 제한치를 만족하는 것으로 나타났다.

### 3.8 원자로건물 내부에서의 주증기관 파단

#### 3.8.1 사건 개요

본 분석에서는 원자로건물 내부의 주증기관 중 증기발생기 증기노즐과 주증기격리밸브 사이에서 양단파단이 발생한 경우에 대해 평가한다. 공통유형고장에 의해 발전소보호계통의 자동 원자로정지 기능과 자동 주증기관 및 주급수관 격리기능이 상실되면 상기 사고가 발생할 경우 원자로건물의 건전성이 위협받을 수 있다. 그러나 다양성보호계통의 원자로건물 고압력에 의한 원자로정지 기능으로 급격한 원자로건물 압력의 증가를 방지할 수 있다. 본 부록 3.2절의 원자로건물 외부에서의 주증기관파단사고 분석에서는 주로 1차계통의 열수력학적 거동에 초점을 맞추었으나 본 분석에서는 원자로건물의 열수력학적 거동에 중점을 두어 평가하였다.

#### 3.8.2 영향분석 및 결과

##### 가. 수학적 모델

주증기관파단사고에 대한 원자로건물의 열수력학적 거동은 SGN-III 전산프로그램(참고문헌 10)을 이용하여 모사한다. SGN-III 전산프로그램에 있는 부프로그램인 CONTRANS 전산프로그램은 미국 원자력규제위원회로부터 원자로건물 설계용으로 승인 받은 것으로서 원자로건물 모델(참고문헌 11)을 사용하여 원자로건물의 압력 및 온도를 계산한다.

##### 나. 초기조건 및 가정

주증기관파단사고에 대한 원자로건물의 열수력학적 거동을 분석하기 위하여 사용된 초기 조건 및 가정은 표 7A.3-8에 제시되어 있다.

##### 다. 결과

원자로건물 압력은 그림 7A.3.8-1에 제시되어 있다. 원자로건물 내에서 주증기관이 파단 되면 증기발생기로부터 질량 및 에너지가 원자로건물 내로 방출되어 원자로건물 압력이 급격히 증가한다. 본 분석에서는 다양성보호계통의 원자로건물 고압력에 의해 원자로 정지가 ■초에 발생한다. 원자로정지 전의 급수유량은 펌프의 무부하(runout) 조건의 유량으로 양쪽 증기발생기에 주

입된다. 그러나 원자로정지 후에는 급수제어계에 의해 주급수유량이 정격유량의 10% 이하로 감소된다. 그림 7A.3.8-1에 나타난 바와 같이 원자로건물 침투압력은 ■초에 발생하며 그 후 약간 감소하다가 ■초에 다시 증가하기 시작한다. 사고가 발생한지 30분 동안에는 운전원 조치가 없다고 가정한다. 사고발생 30분에 운전원이 두 개의 원자로건물 살수계열을 작동시키고 파단측 증기발생기의 주증기격리밸브를 닫는다고 가정한다. 원자로건물압력, 증기발생기압력 및 수위에 대한 경보는 운전원 조치의 필요성을 지시한다. 원자로건물 살수계통의 작동은 원자로건물의 압력증가를 막고 압력을 감소시킨다.

원자로건물 침투압력은 ■ kg/cm<sup>2</sup>(■ psia)로 나타났으며 이는 ASME 계수하중범주(Factored Load Category, FLC)에 근거한 최대 원자로건물 허용압력인 8.697 kg/cm<sup>2</sup>A(123.7 psia)보다 낮다.

2

### 3.8.3 결론

주증기관파단사고시 원자로건물 침투압력은 계수하중범주에 근거한 허용기준인 8.697 kg/cm<sup>2</sup>A(123.7 psia)보다 작다. 따라서 본 해석에 근거하면 발전소보호계통 및 공학적안전설비 기기제어계통의 가상적인 공통유형고장을 수반한 주증기관파단사고의 경우에도 원자로건물에 대한 건전성이 유지되는 것으로 나타났다.

2

## 3.9 사용후연료 취급사고

### 3.9.1 사건 개요

사용후연료 취급사고시 작동이 요구되는 공학적안전설비의 작동신호는 원자로건물 격리신호 및 핵연료취급지역 비상환기계통의 작동신호이다. 원자로건물에서 사용후연료 취급사고가 발생하는 경우 원자로건물 격리신호가 요구되나, 공통유형고장 발생으로 원자로건물 방사선감시기에 의한 원자로건물 격리신호는 다양성보호계통에 포함되지 않으므로 원자로건물 격리신호가 발생하지 않는다. 따라서, 손상된 핵연료로부터 방출되는 핵분열생성물은 대용량퍼지계통을 통해 환경으로 방출된다.

2

반면에 핵연료취급지역에서 사용후연료 취급사고가 발생하는 경우 공학적안전설비인 핵연료 취급지역 비상환기계통의 작동이 요구되나 공통유형고장으로 핵연료취급지역 비상환기계통 작동신호가 발생하지 않으므로 핵연료취급지역 비상환기계통이 작동하지 않는다. 따라서, 손상된 사용후연료로부터 방출되는 핵분열생성물은 비상배기여과기를 통과하지 않고 정상배기여과기를 통해 환경으로 방출된다.

### 3.9.2 영향분석 및 결과

원자로건물 또는 핵연료취급지역에서 사용후연료 취급사고와 동시에 공동유형 고장으로 인한 소외 방사선량 계산방법은 손상된 핵연료로부터 재장전조나 사용후연료저장조 냉각수를 거쳐 원자로건물이나 핵연료취급지역으로 유출된 핵분열생성물이 전량 환경으로 방출되는 것으로 가정하므로, 두 경우 모두 핵연료취급지역 비상배기여과기에 의한 핵분열생성물의 제거효과를 고려하지 않는 것을 제외하고, 설계기준 사고의 경우에 계산하는 가정사항 및 방법과 동일하다.

2

원자로 건물 또는 핵연료취급지역에서 사용후연료 취급사고로 인한 제한구역경계 및 저인구지대에서의 갑상선량은 각각 828 mSv 및 63.7 mSv, 전신선량에 대해서는 4.33 mSv 및 0.333 mSv로 평가되었다. 이는 BTP HICB-19에 제시된 제한치를 만족한다.

#### 4.0 참고문헌

1. USNRC Branch Technical Position HICB-19, "Guidance for Evaluation of Defense-in-Depth and Diversity in Digital Computer-Based Instrumentation and Control Systems," Rev.4, June 1997.
2. Staff Requirements Memorandum on SECY-93-087, "Policy, Technical, and Licensing Issues Pertaining to Evolutionary and Advanced Light-Water Reactor(ALWR) Designs," July 1993.
3. NUREG/CR-6303, "Method of Performing Diversity and Defense-in-Depth Analysis of Reactor Protection Systems," December 1994.
4. ANSI/ANS-58.8-1994 Standard, "Time Response Design Criteria for Safety-Related Operator Actions," August 1994.
5. Accident Prevention Group Report #19, "Bridging Document Between Simulator Data on Operator Response Time and ANS-58.8 Standard."

Intentionally  
Blank

6. 삭제

2

7. CEN-214(A)-P, "CETOP-D Code Structure and Modeling Methods for Arkansas Nuclear One- Unit 2", July 1982.
8. CEN-420-P, "Small Break LOCA Realistic Evaluation Model, Volume 1, Part 1: Calculational Models," February 1993.
9. CENPD-135, STRIKIN-II, "A Cylindrical Geometry Fuel Rod Heat Transfer Program," April 1974.
10. "Description of the SGNPV Digital Computer Code Used in Developing Main Steam Line Break Mass/Energy Release Data for Containment Analysis, Nuclear Power System", C.E. Inc., Feb. 9, 1988.
11. CENPD-140-A, "Description of the CONTRANS Digital Computer Code for Containment Pressure and Temperature Transient Analysis", R. C. Mitchell, June 1976.
12. KEPCO E&C/ND/TR/12-008, Rev.0, "KIMERA 방법론의 APR1400 원전 적용성 평가," KEPCO E&C, May 2012.
13. LD-82-001 (dated 1/6/82), "CESEC Digital Simulation of a Combustion Engineering Nuclear Steam Supply System", Encloser 1-P to letter from A.E. Scherer to D. G. Eisenhut, December 1981.

1

표 7A.2-1

사고해석에 사용된 다양성보호계통 설정치 및 응답시간

사건	다양성보호계통	분석설정치	감지기 반응시간	지연시간
안전계통 공통유형고장 사건들	가압기 고압력	2,410 psia	0.30 sec	0.55 sec
	증기발생기 저수위	22.4 %WR	0.65 sec	0.60 sec
	원자로건물 고압력	4.0 psig	0.60 sec	0.55 sec
	증기발생기 저압력	845 psia	0.60 sec	0.55 sec

- 
- 1) 다양성보호계통 응답시간은 표 7.2-7에 기술됨.
  - 2) 총 응답시간은 감지기 반응시간과 지연시간을 합친 값으로 고려됨.

Intentionally  
Blank

표 7A.3-1

급수유량 증가사건에 대한 초기조건 및 가정

| 1

변 수	값
노심출력, MWt	3,983
노심입구 온도, °C(°F)	290.56(555)
가압기 압력, kg/cm <sup>2</sup> A(psia)	158.19(2,250)
원자로냉각재계통 질량 유량, 10 <sup>6</sup> kg/hr(lbm/hr)	75.57(166.6)
가압기 냉각재 체적, m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	33.16 (1,171)
증기발생기 재고량, kg/SG(lbm/SG)	100,413(220,436)
삭제	
축방향출력편차	0.197
반경방향침투계수	1.5046

| 1

| 2

표 7A.3-2

원자로건물 외부에서의 증기관파단사고에 대한 초기조건 및 가정

변 수	값
노심출력, MWt	3,983
노심입구 온도, °C(°F)	290.56(555)
가압기 압력, kg/cm <sup>2</sup> A(psia)	158.19(2,250)
원자로냉각재계통 질량 유량, 10 <sup>6</sup> kg/hr(lbm/hr)	75.57(166.6)
가압기 냉각재 체적, m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	33.16 (1,171.2)
증기발생기 재고량, kg/SG(lbm/SG)	100,413(220,436)
축방향출력편차	0.164
반경방향침투계수	1.4595

2

소외선량 평가에 적용된 가정

- 1) 사고발생 30분 후에 수동으로 주증기관 격리
- 2) 1차측에서 2차측으로의 누설량 - 0.393 L/min(0.104 gpm)
- 3) 2.3.4절의  $\chi/Q$  사용
- 4) 규제지침서 1.195 방사선원

2

표 7A.3-3

원자로냉각재 유량 완전상실사고에 대한 초기조건 및 가정

변 수	값
노심출력, MWt	3,983
노심입구 온도, °C(°F)	290.56(555)
가압기 압력, kg/cm <sup>2</sup> A(psia)	158.19(2,250)
원자로냉각재계통 질량 유량, 10 <sup>6</sup> kg/hr(lbm/hr)	75.57(166.6)
가압기 냉각재 체적, m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	33.16(1,171.2)
증기발생기 재고량, kg/SG(lbm/SG)	100,413(220,436)
축방향출력편차	- 0.07
반경방향침투계수	1.4313

표 7A.3-4

단일 원자로냉각재펌프 회전자고착 및 축 파단사고에 대한 초기조건 및 가정

변 수	값
노심출력, MWt	3,983
노심입구 온도, °C(°F)	290.56(555)
가압기 압력, kg/cm <sup>2</sup> A(psia)	158.19(2,250)
원자로냉각재계통 질량 유량, 10 <sup>6</sup> kg/hr(lbm/hr)	75.57(166.6)
가압기 냉각재 체적, m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	33.16(1,171.2)
증기발생기 재고량, kg/SG(lbm/SG)	100,413(220,436)
축방향출력편차	- 0.07
반경방향침투계수	1.4313

표 7A.3-5

제어봉집합체 이탈사고에 대한 초기조건 및 가정

변 수	값
노심출력, MWt	3,983
노심입구 온도, °C(°F)	290.56(555)
가압기 압력, kg/cm <sup>2</sup> A(psia)	158.19(2,250)
원자로냉각재계통 질량 유량, 10 <sup>6</sup> kg/hr(lbm/hr)	75.57(166.6)
가압기 냉각재 체적, m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	33.16(1,171.2)
증기발생기 재고량, kg/SG(lbm/SG)	100,413(220,436)
축방향출력편차	- 0.07
반경방향침투계수	1.4313

표 7A.3-6

증기발생기 전열관파열사고에 대한 초기조건 및 가정

변 수	값
노심출력, MWt	3,983
노심입구 온도, °C(°F)	290.56(555)
가압기 압력, kg/cm <sup>2</sup> A(psia)	158.19(2,250)
원자로냉각재계통 질량 유량, 10 <sup>6</sup> kg/hr(lbm/hr)	75.57(166.6)
가압기 냉각재 체적, m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	33.16(1,171.2)
증기발생기 재고량, kg/SG(lbm/SG)	100,413(220,436)
축방향출력편차	- 0.07
반경방향침투계수	1.4313

1

소외선량 평가에 적용된 가정

- 1) 사고발생 30분 후에 수동으로 원자로정지
- 2) 사고발생 30분 후에 증기발생기 격리 후 건전한 측 증기발생기만을 이용하여 1차측 냉각
- 3) 핵연료의 0%가 핵비등이탈률을 경험
- 4) 2.3.4절의  $\chi/Q$  사용
- 5) 규제지침서 1.195 방사선원

표 7A.3-7

냉각재상실사고에 대한 초기조건 및 가정

변 수	값
노심출력, MWt	3,983
노심입구 온도, °C(°F)	290.56(555)
가압기 압력, kg/cm <sup>2</sup> A(psia)	158.19(2,250)
원자로냉각재계통 질량 유량, 10 <sup>6</sup> kg/hr( lbm/hr)	75.57(166.6)
안전주입탱크 설정압력, kg/cm <sup>2</sup> A(psia)	43.92(624.7)
다양성보호계통의 원자로건물 고압력 원자로정지 신호 설정치, kg/cm <sup>2</sup> (psig)	0.21(3)

| 2

소외선량 평가에 적용된 가정

- 1) 사고발생 30분 후에 수동으로 원자로건물 격리<sup>1)</sup>
- 2) 사고발생 30분 후에 100 %의 간극 내 핵분열 생성물이 방출됨
- 3) 2.3.4절의  $\chi/Q$  사용
- 4) 규제지침서 1.195 방사선원

| 2

1) 소용량 퍼지밸브는 운전중 닫혀있으며, 사고해석 선량평가 시 보수적인 관점에서 열린 것으로 가정한 것임.

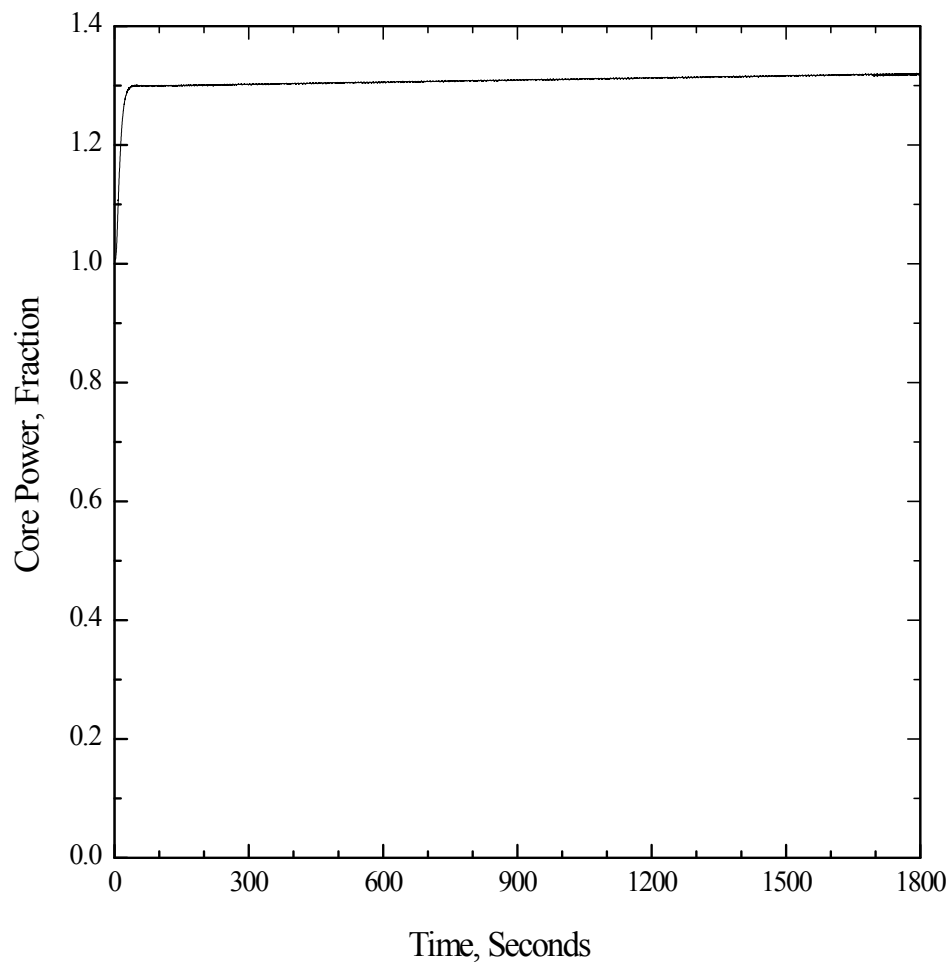
| 2

신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

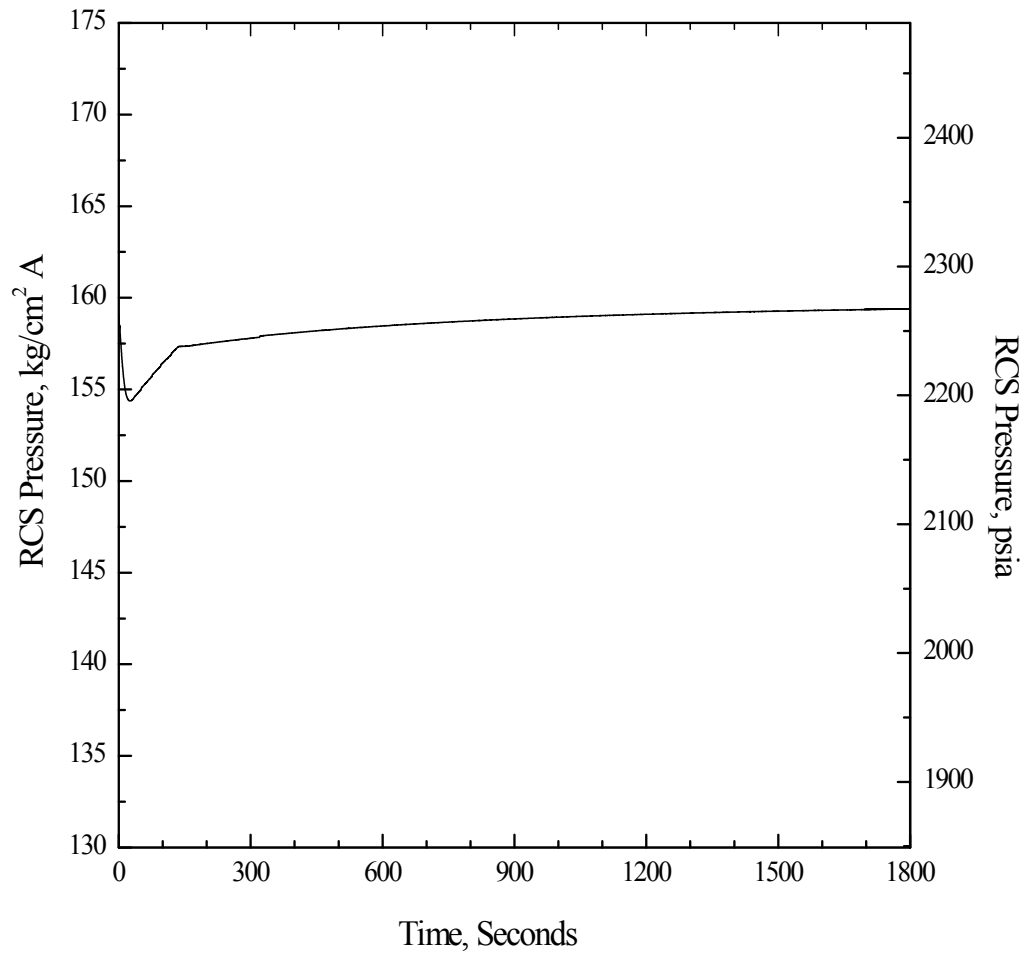
표 7A.3-8


원자로건물 내부에서의 증기관파단사고에 대한 초기조건

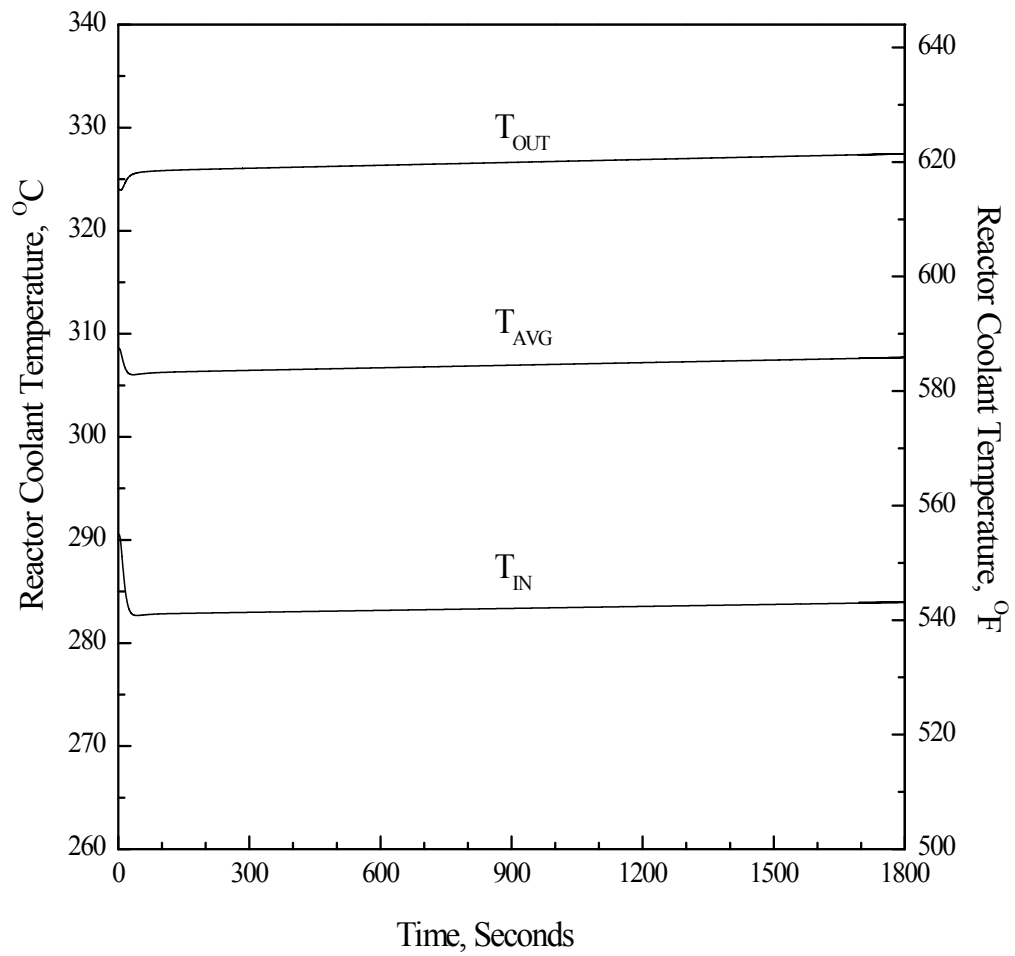
변 수	값
노심출력, MWt	3,983
노심입구 온도, °C(°F)	290.56(555)
가압기 압력, kg/cm <sup>2</sup> A(psia)	158.19(2,250)
증기발생기 압력, kg/cm <sup>2</sup> A(psia)	71.71(1,020)
원자로건물 압력, kg/cm <sup>2</sup> A(psia)	1.1(15.7)
원자로건물 온도, °C(°F)	48.9(120)
원자로건물 상대습도, %	5



	<p>한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서</p>
	<p>PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 급수유량 증가사건시 노심출력 변화</p> <p>그림 7A.3.1-1</p>



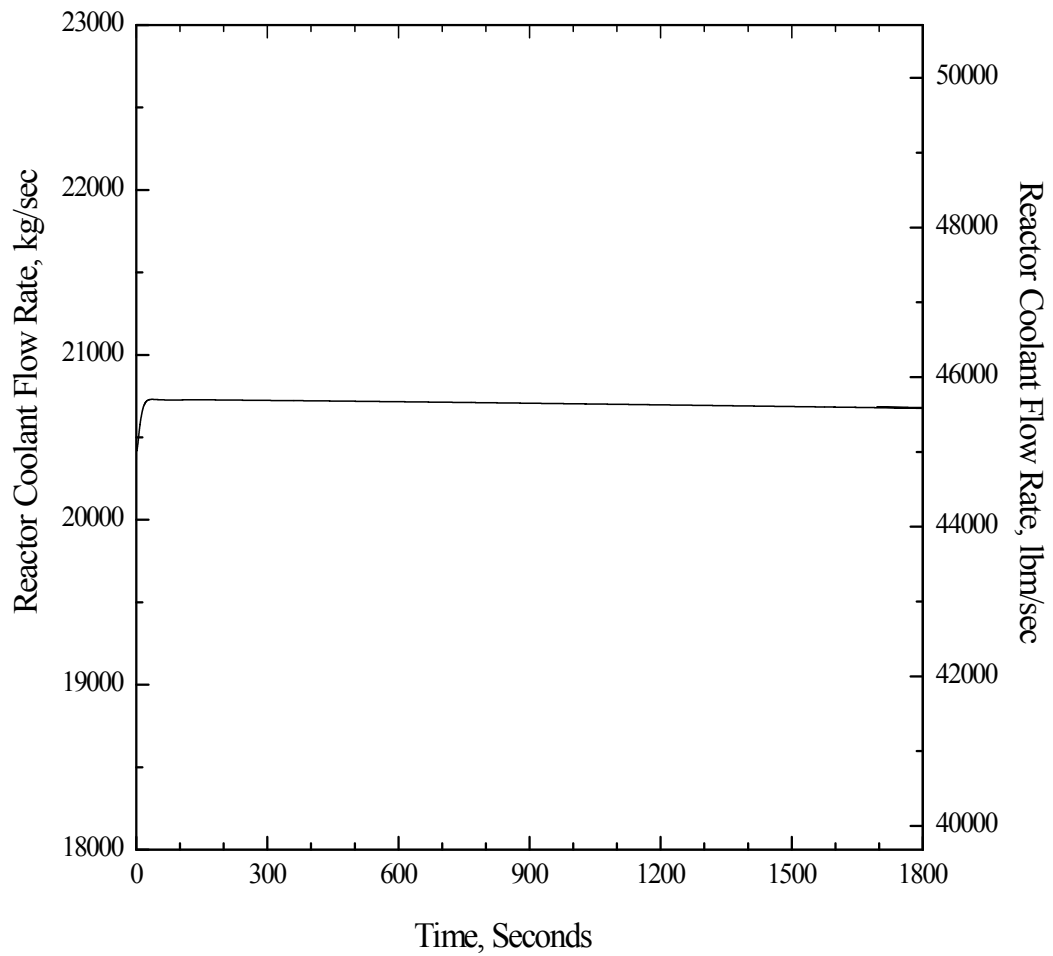
	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 급수유량 증가사건시 원자로냉각재계통 압력변화  그림 7A.3.1-2




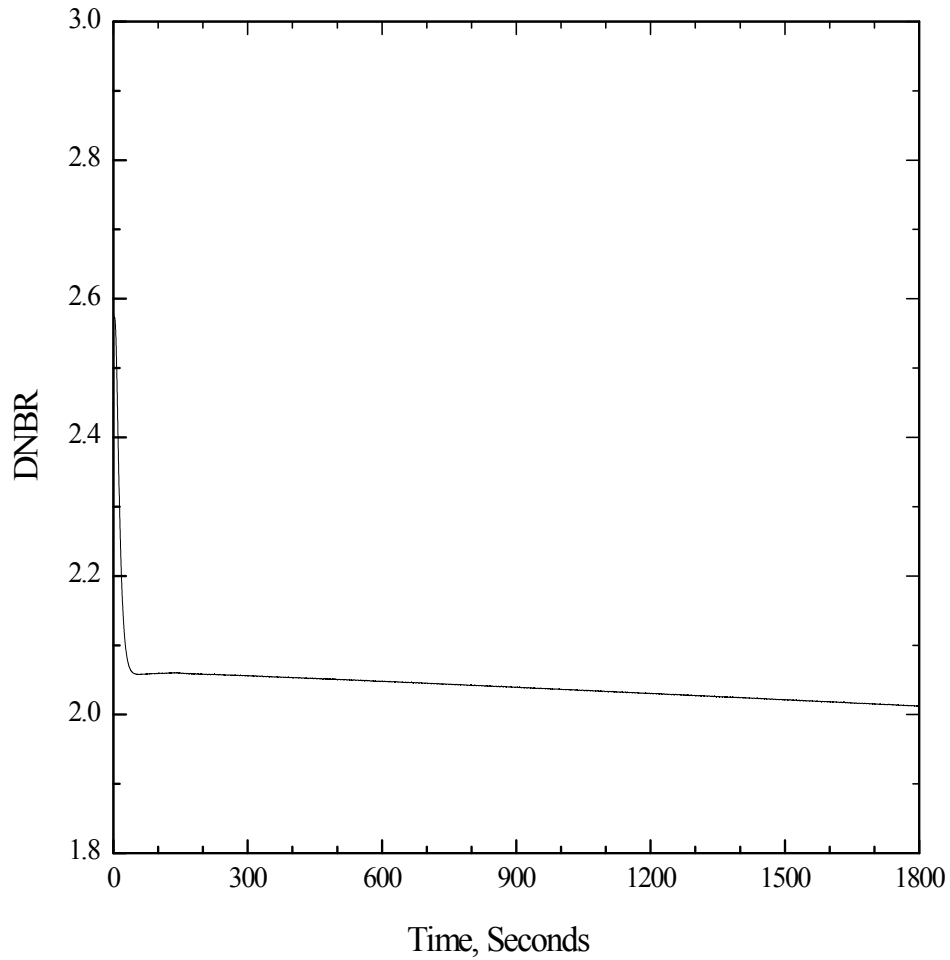
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
급수유량 증가사건시 원자로냉각재 온도 변화

그림 7A.3.1-3



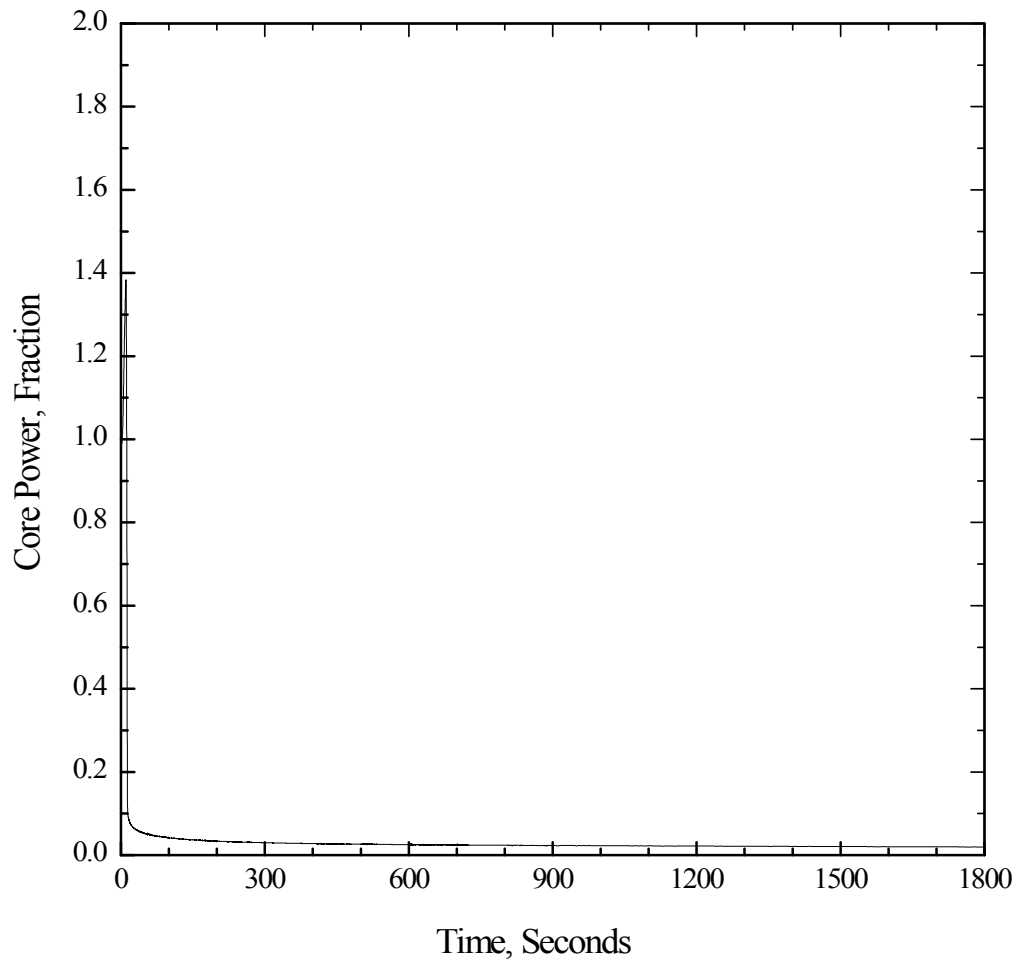
	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 급수유량 증가사건시 노심유량 변화  그림 7A.3.1-4



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
급수유량 증가사건시 핵비등이탈률 변화

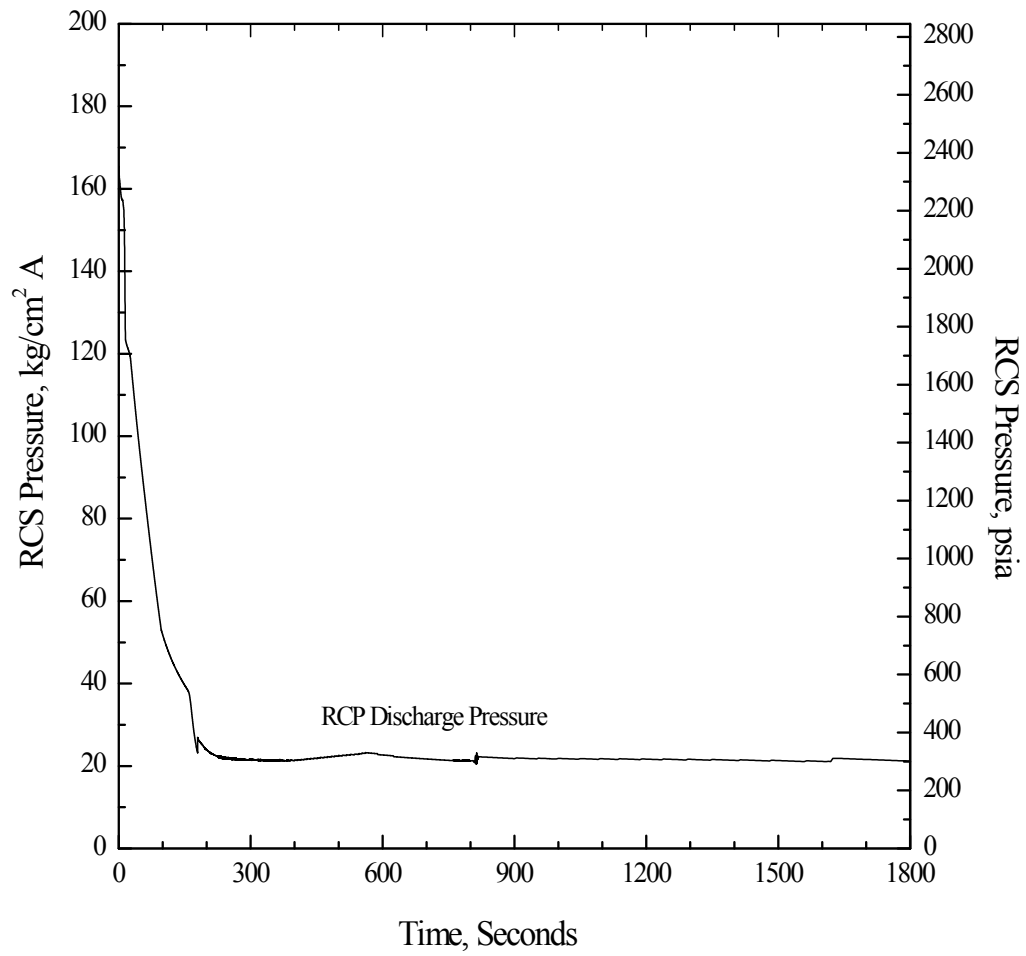
그림 7A.3.1-5



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
원자로건물 외부에서의 증기관파단사고시  
노심출력 변화

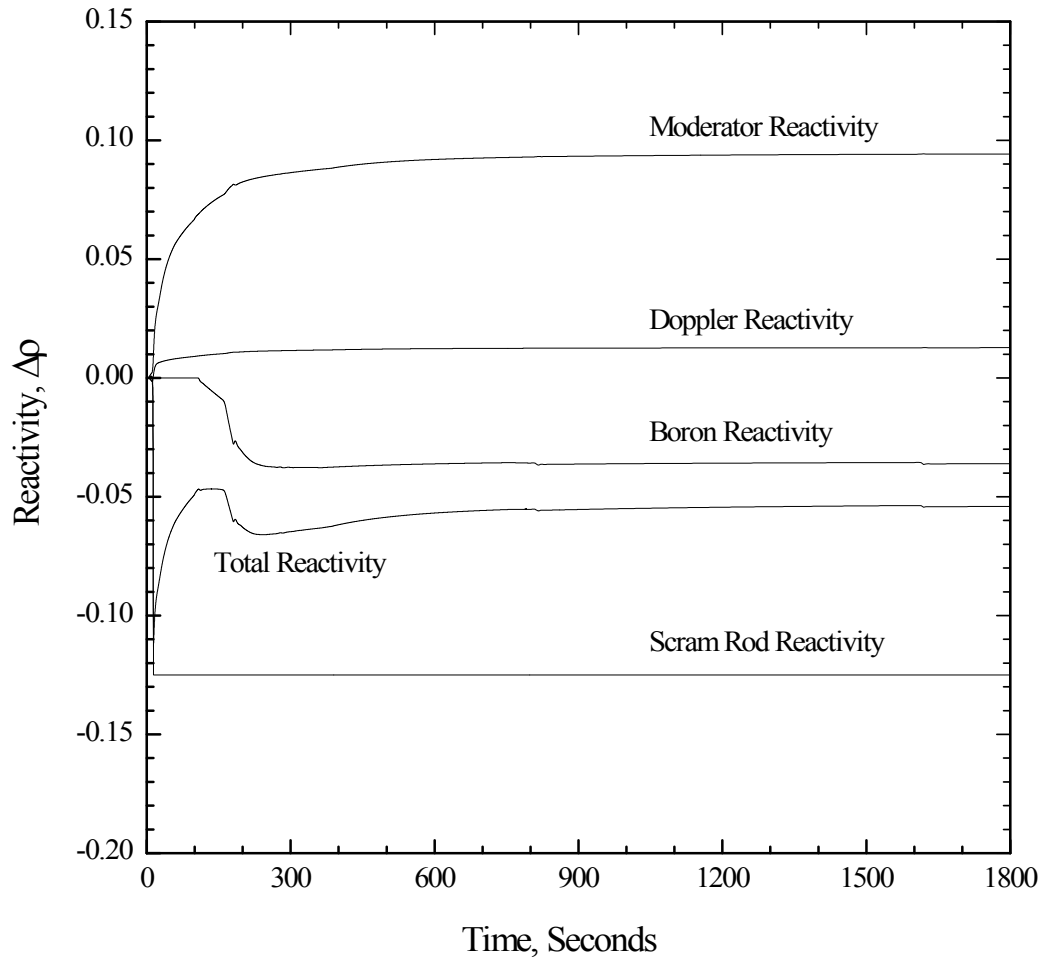
그림 7A.3.2-1



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
원자로건물 외부에서의 증기관파단사고시  
원자로냉각재계통 압력 변화

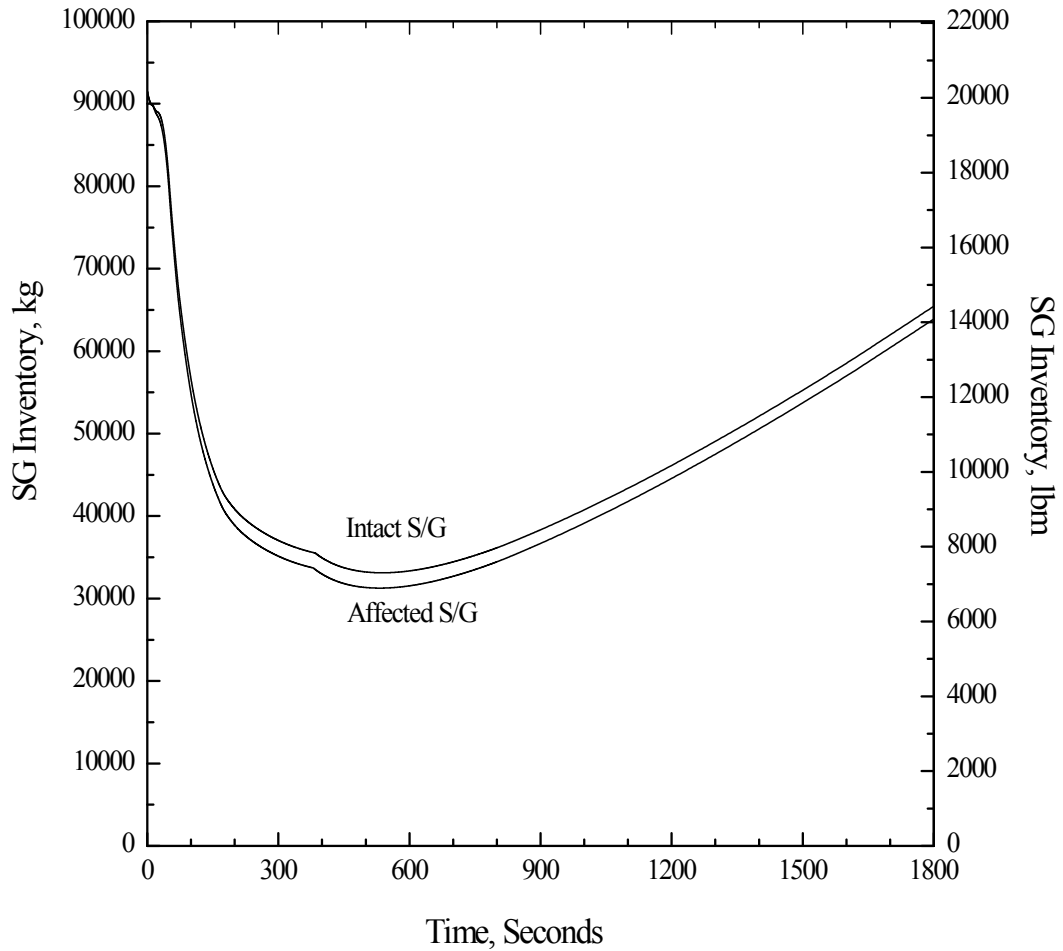
그림 7A.3.2-2



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
원자로건물 외부에서의 증기관파단사고시  
반응도 변화

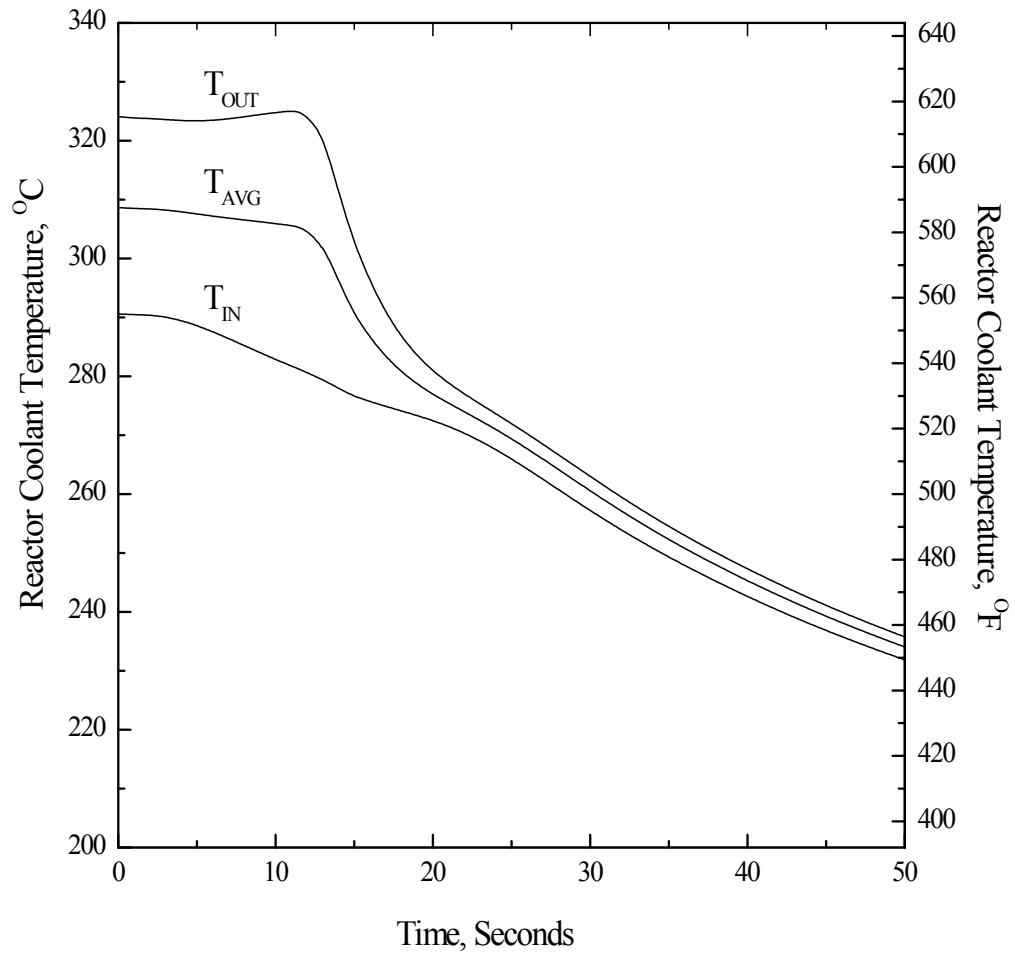
그림 7A.3.2-3



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
원자로건물 외부에서의 증기관파단사고시  
증기발생기 재고량 변화

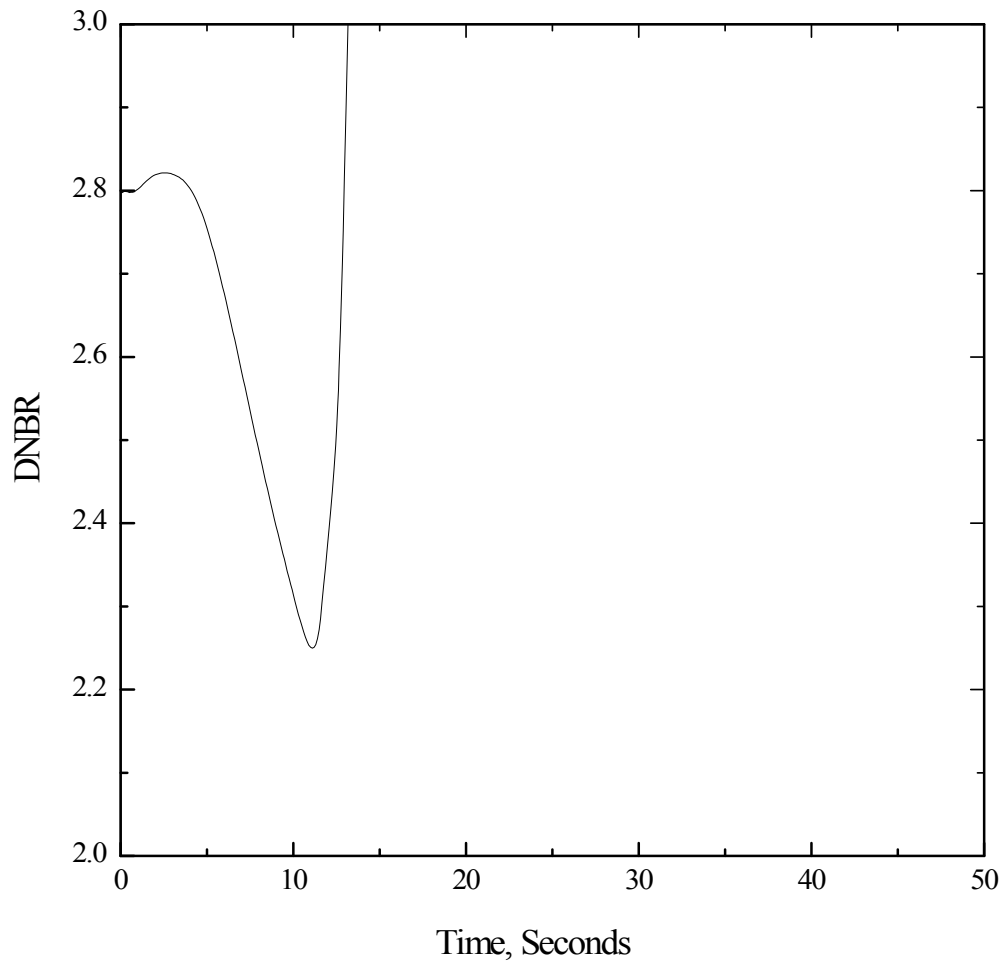
그림 7A.3.2-4



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
원자로건물 외부에서의 증기관파단사고시  
원자로냉각재 온도 변화

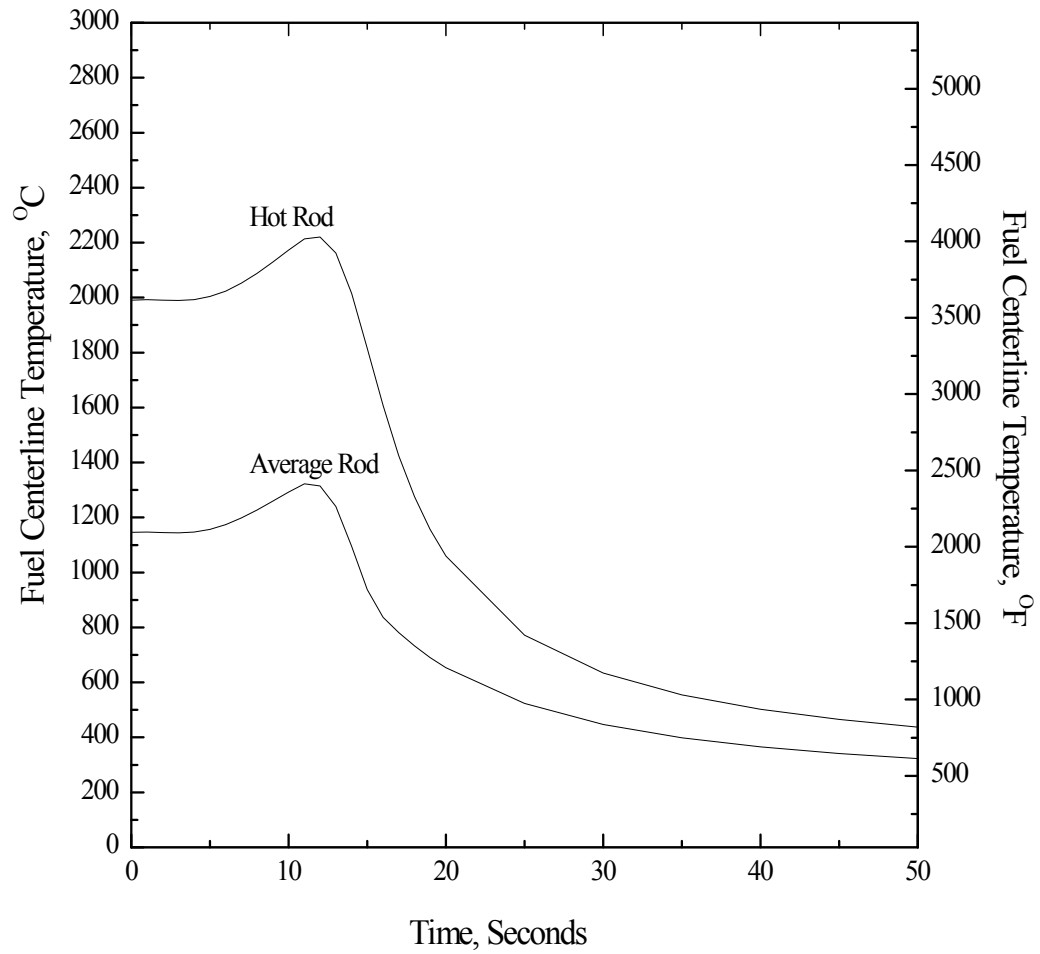
그림 7A.3.2-5



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
원자로건물 외부에서의 증기관파단사고시  
핵비등이탈률 변화

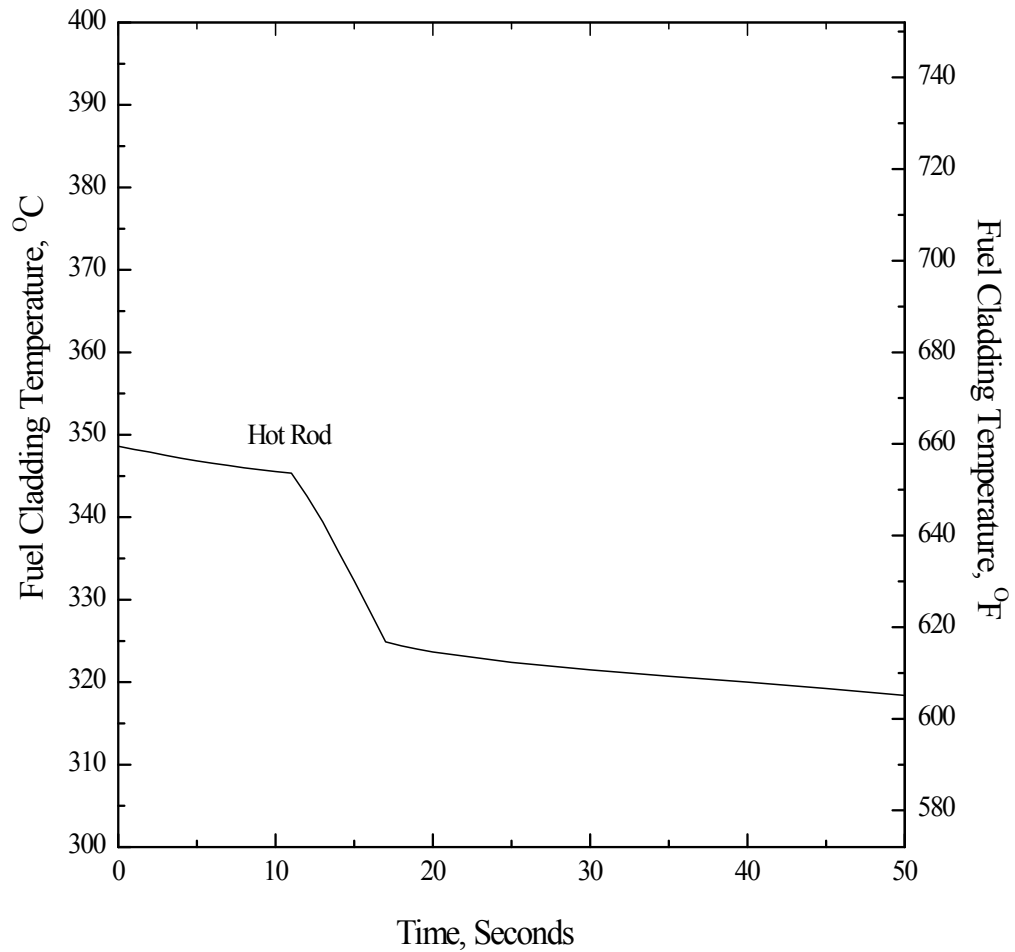
그림 7A.3.2-6



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
원자로건물 외부에서의 증기관파단사고시  
핵연료중심 온도 변화

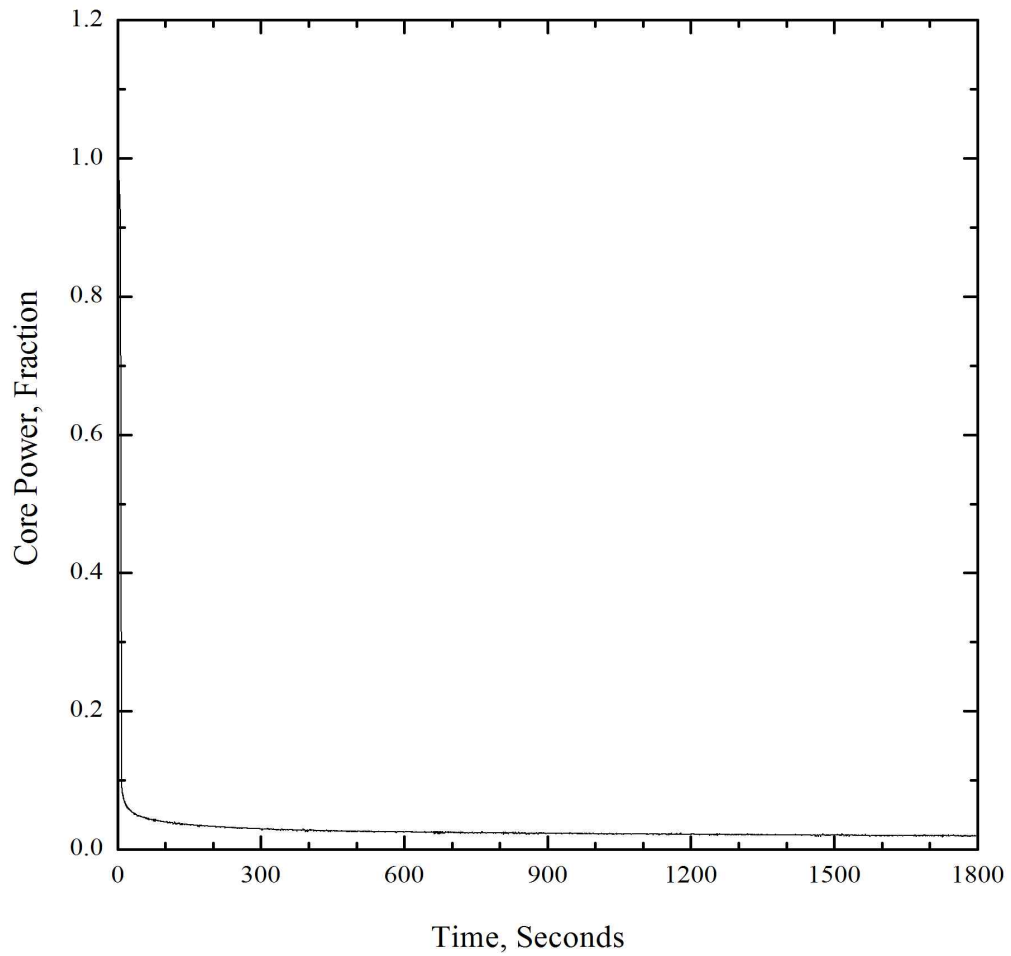
그림 7A.3.2-7



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
원자로건물 외부에서의 증기관파단사고시  
핵연료피복재 온도 변화

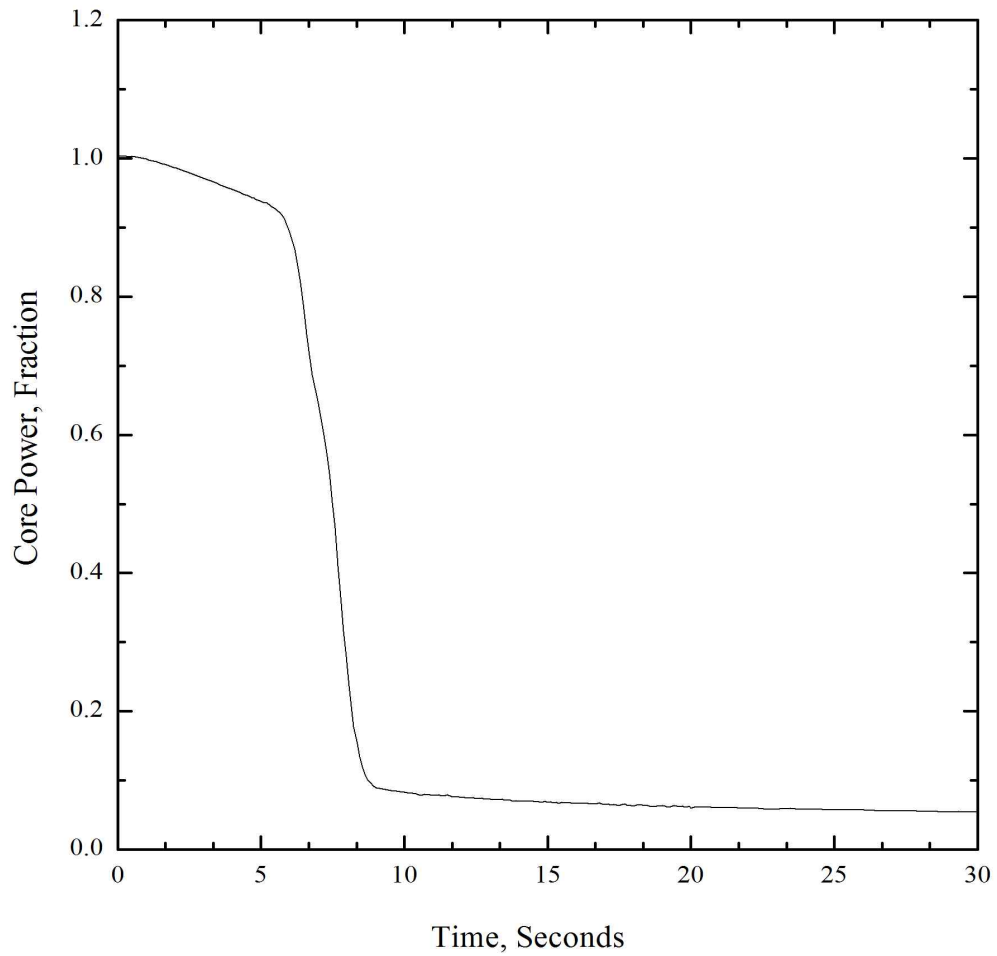
그림 7A.3.2-8




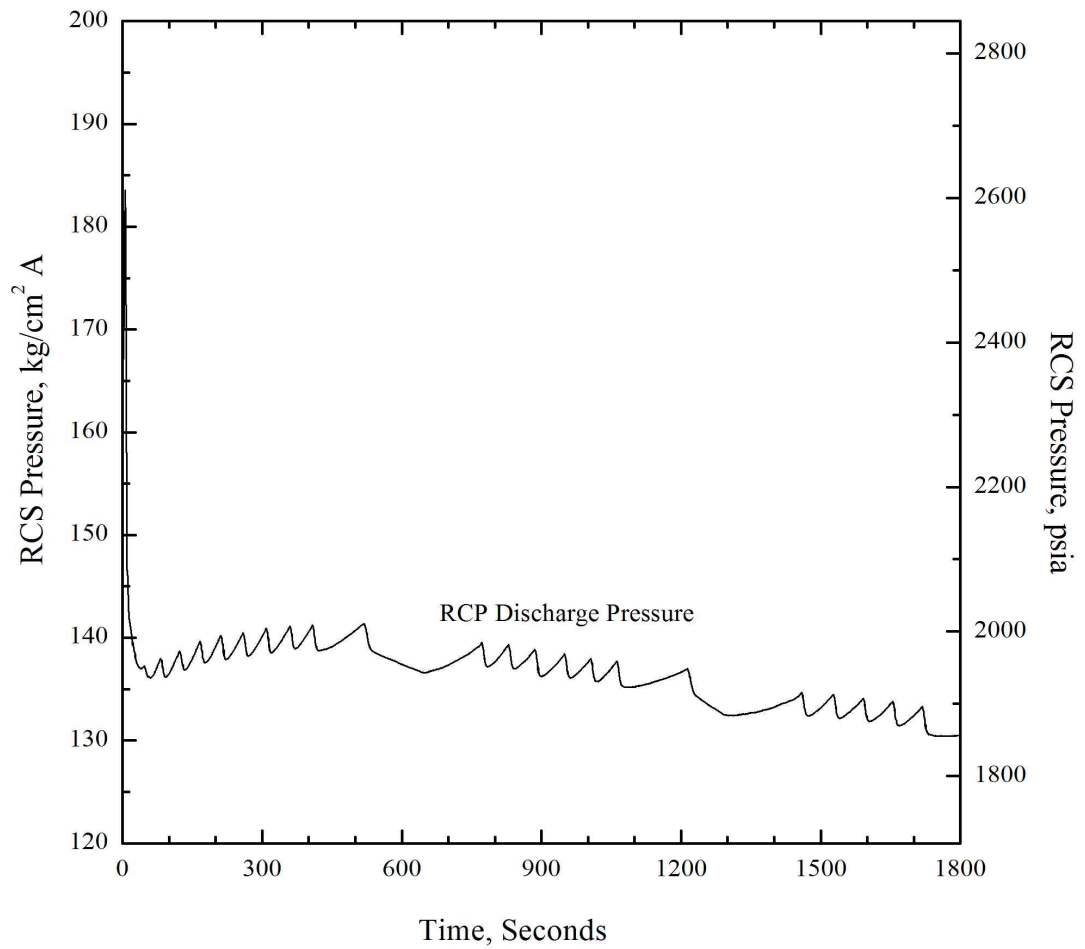
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서


PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
원자로냉각재 유량 완전상실사고시  
노심 출력 변화 (장기)

그림 7A.3.3-1



	<p>한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서</p>
	<p>PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재 유량 완전상실사고시 노심 출력 변화 (단기)</p> <p>그림 7A.3.3-2</p>

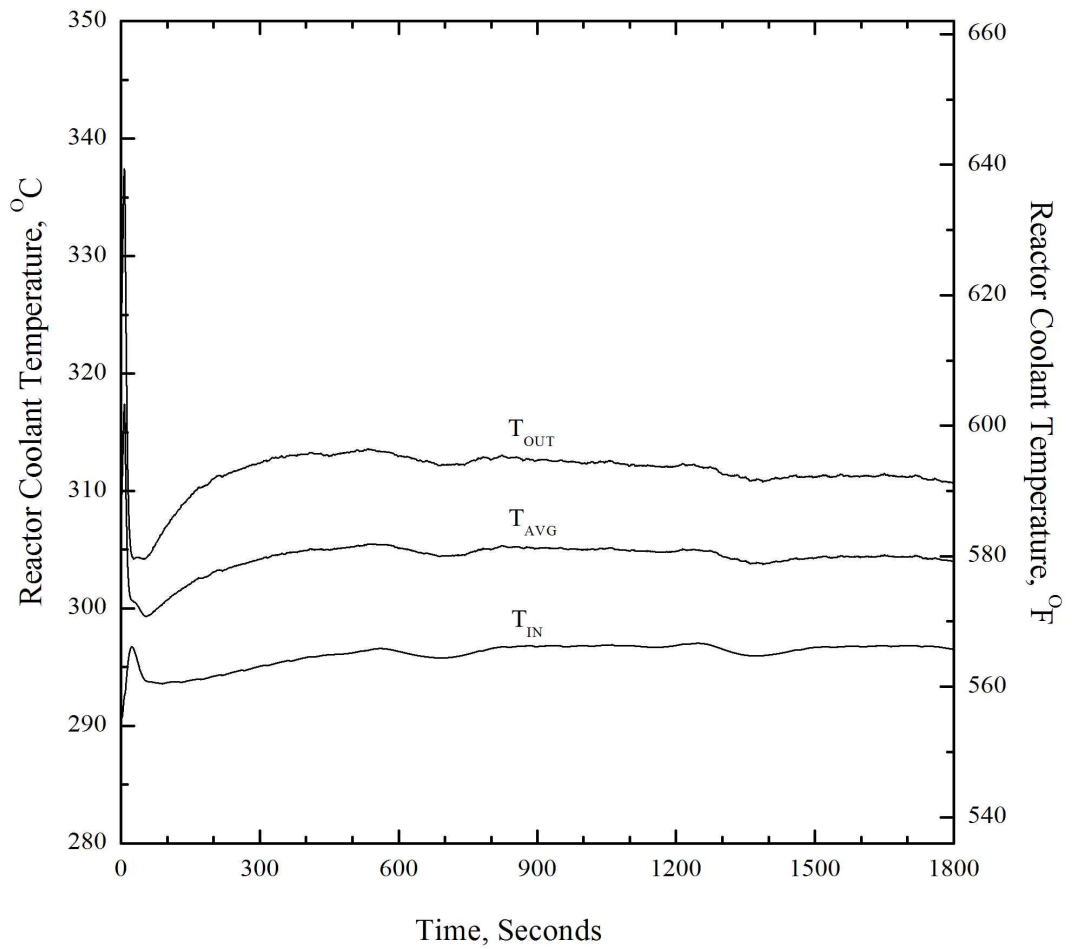





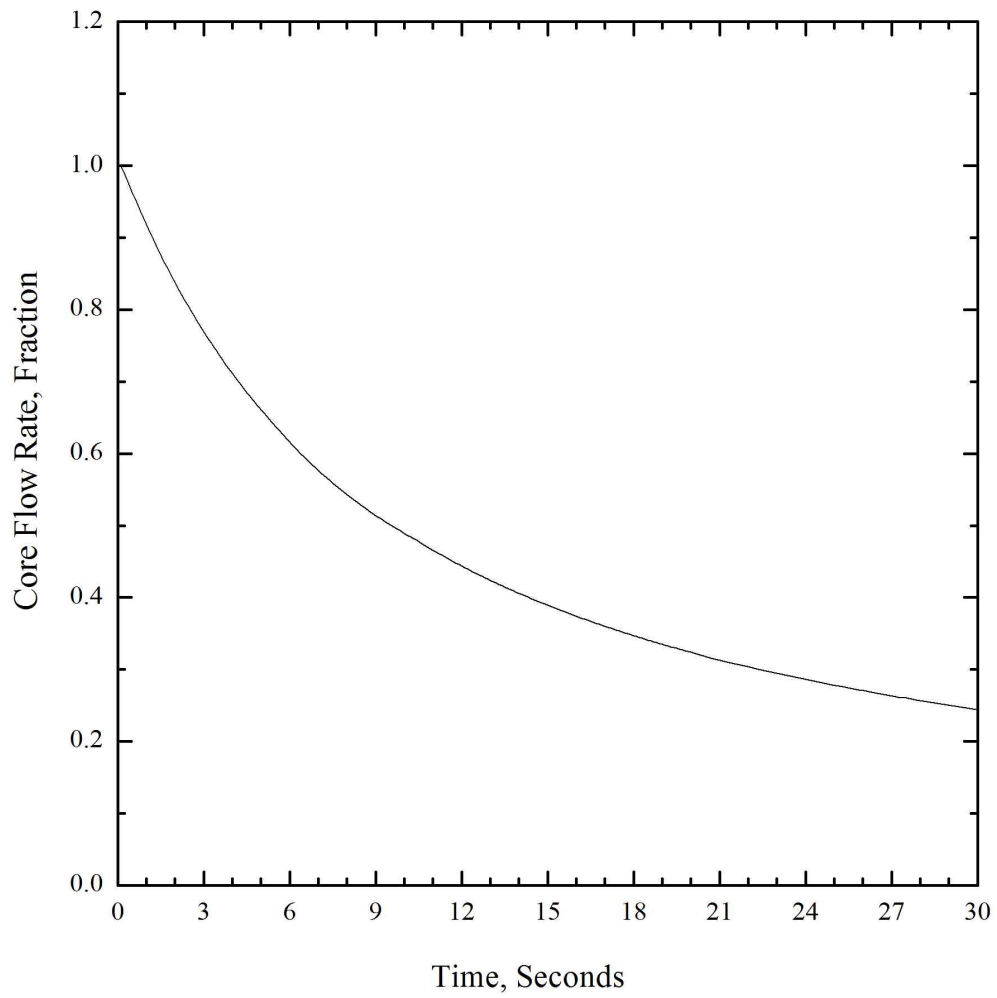
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서


PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
원자로냉각재 유량 완전상실사고시  
원자로냉각재계통 압력 변화 (장기)

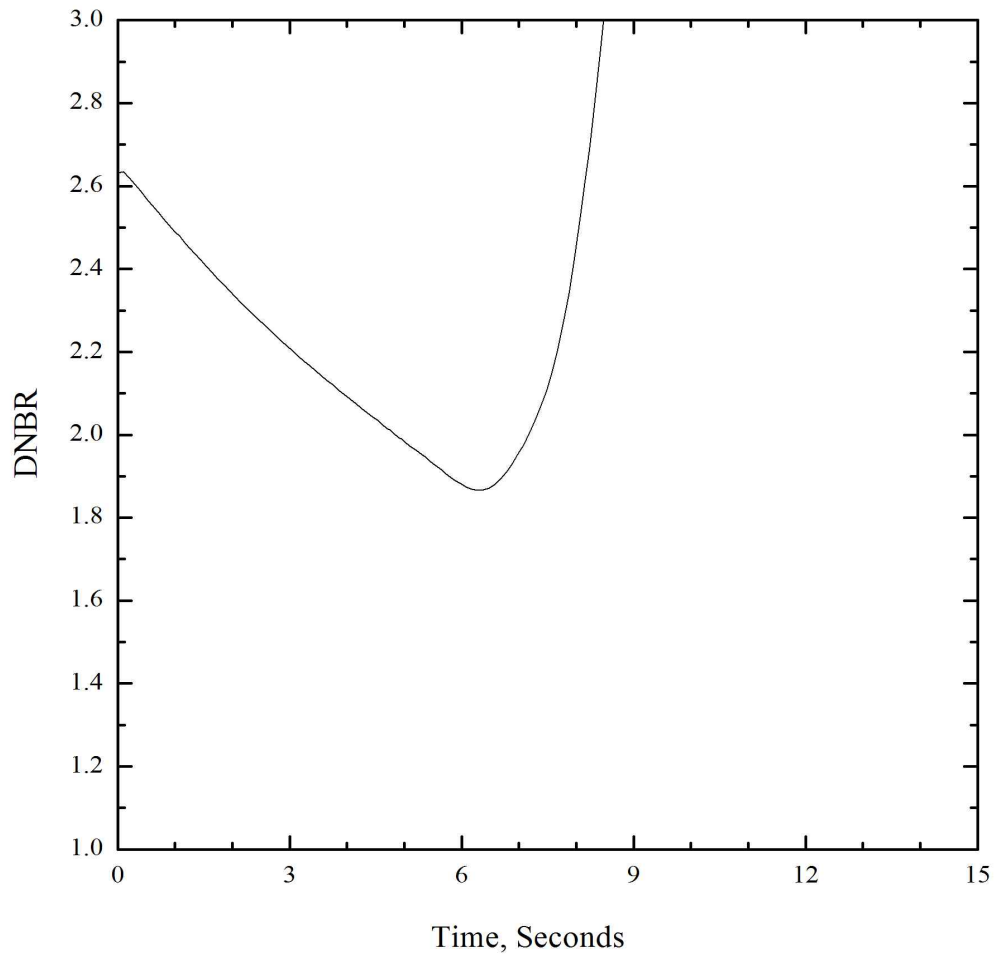
그림 7A.3.3-3




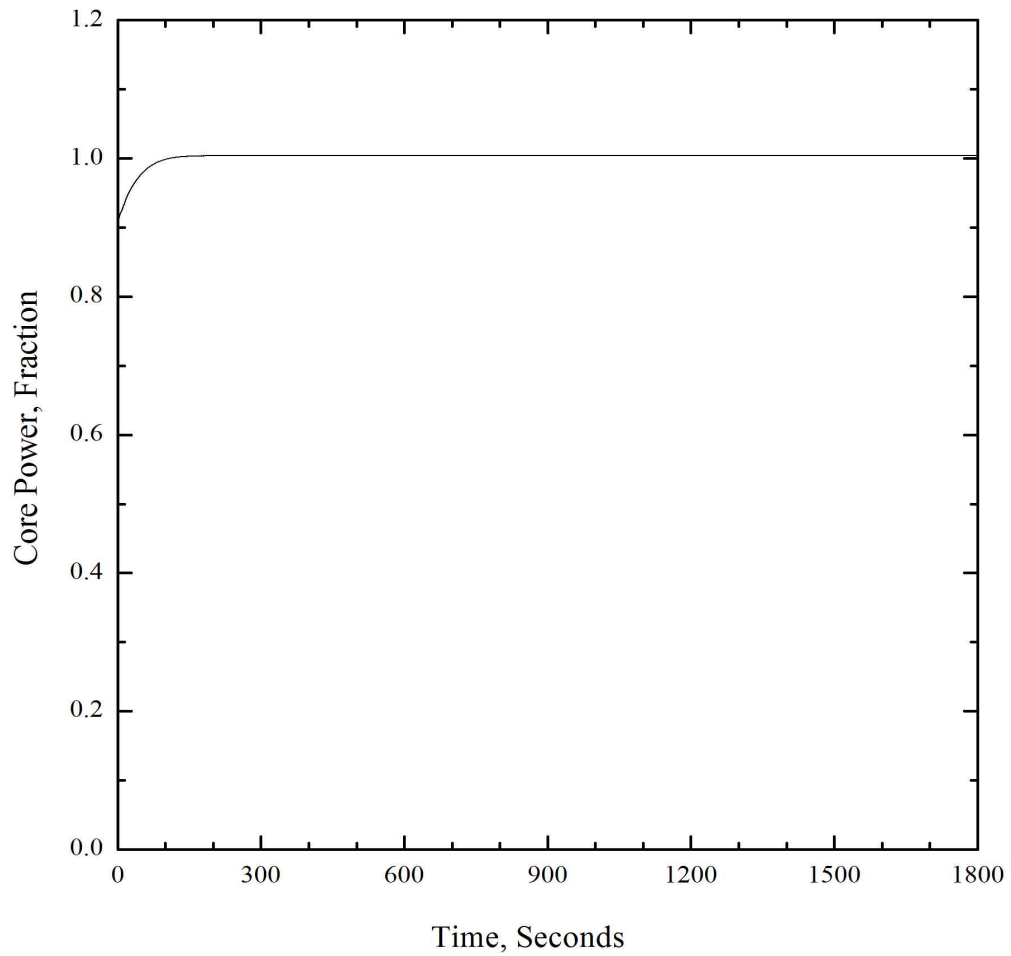
	<p>한국수력원자력주식회사          신한울 1,2호기          최종안전성분석보고서</p>
	<p>PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한          원자로냉각재 유량 완전상실사고시          원자로냉각재 온도 변화</p>
<p>그림 7A.3.3-4</p>	



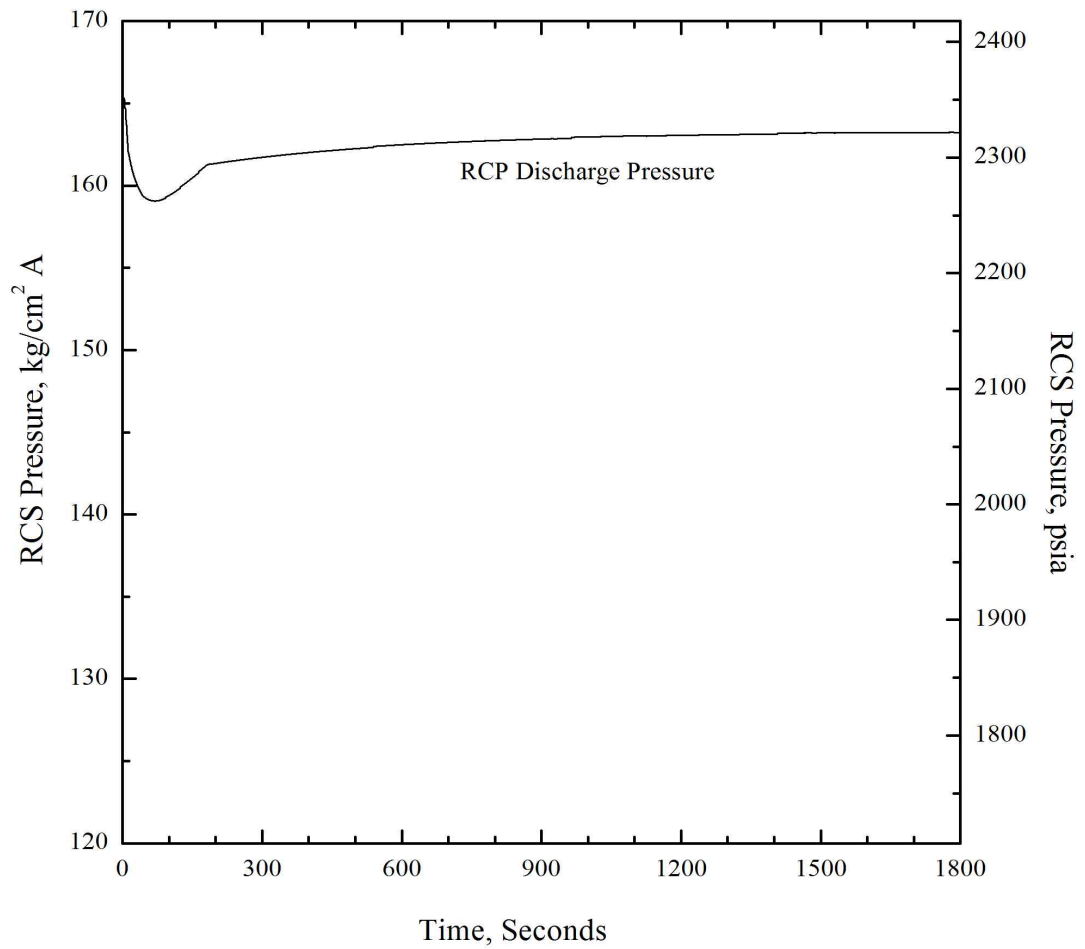
	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재 유량 완전상실사고시 노심 유량 변화 (단기)
그림 7A.3.3-5	



	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 원자로냉각재 유량 완전상실사고시 핵비등이탈률 변화  그림 7A.3.3-6



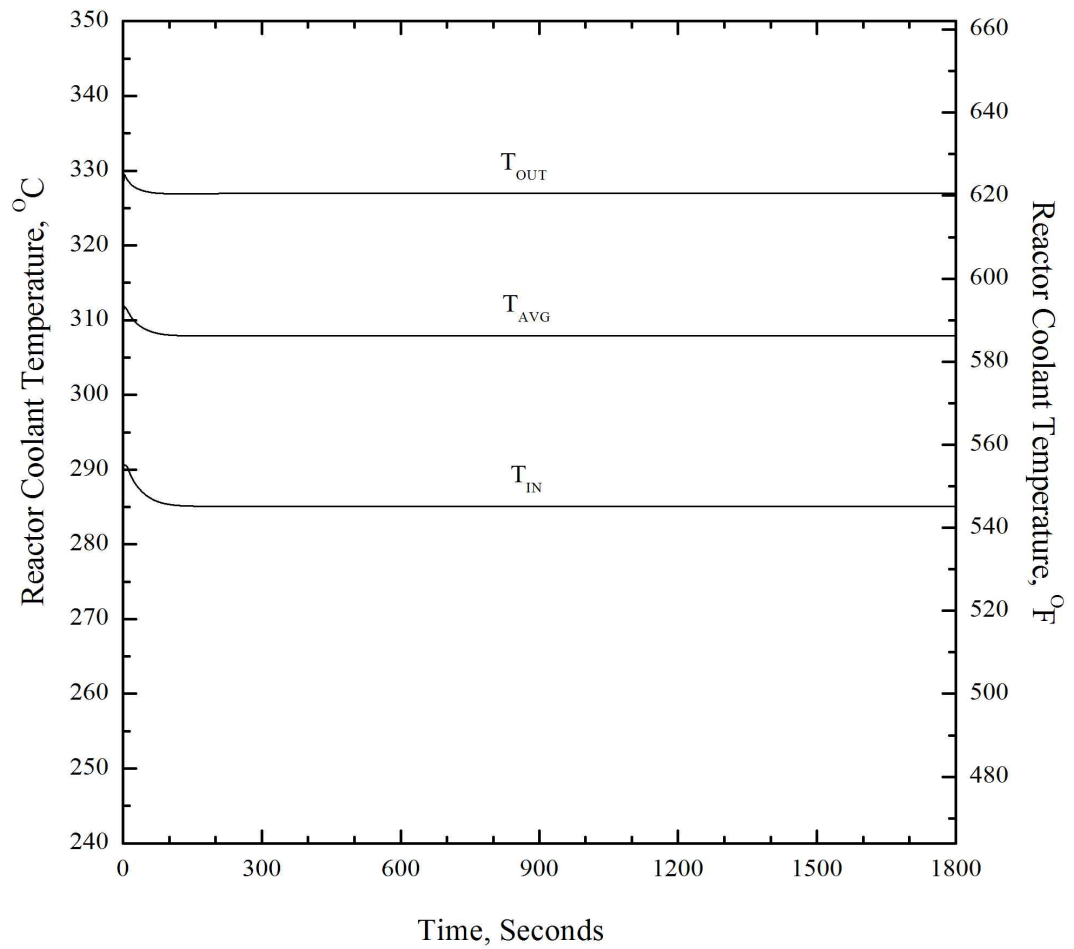
	<p>한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서</p>
	<p>PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 단일 원자로냉각재펌프 회전자고착 및 축파단 사고시 노심 출력 변화</p> <p>그림 7A.3.4-1</p>




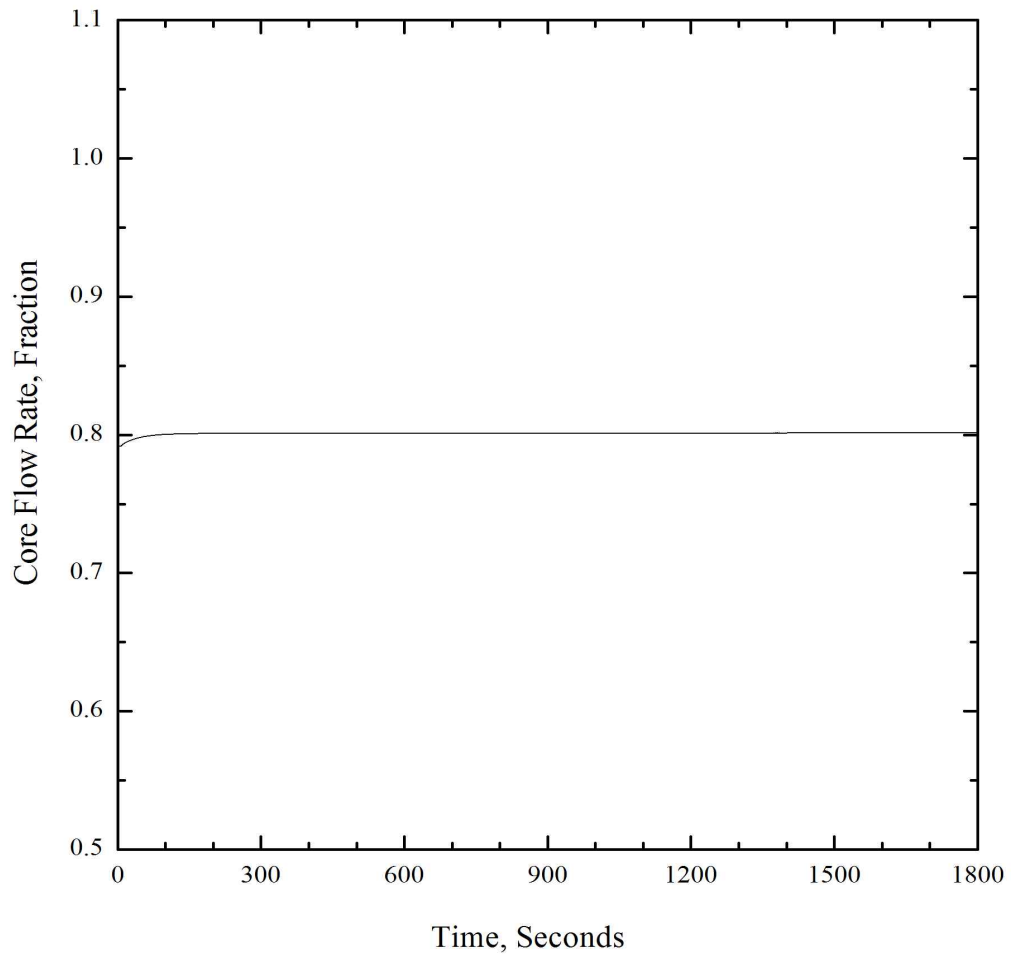
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
단일 원자로냉각재펌프 회전자고착 및  
축파단 사고시 원자로냉각재계통 압력 변화

그림 7A.3.4-2



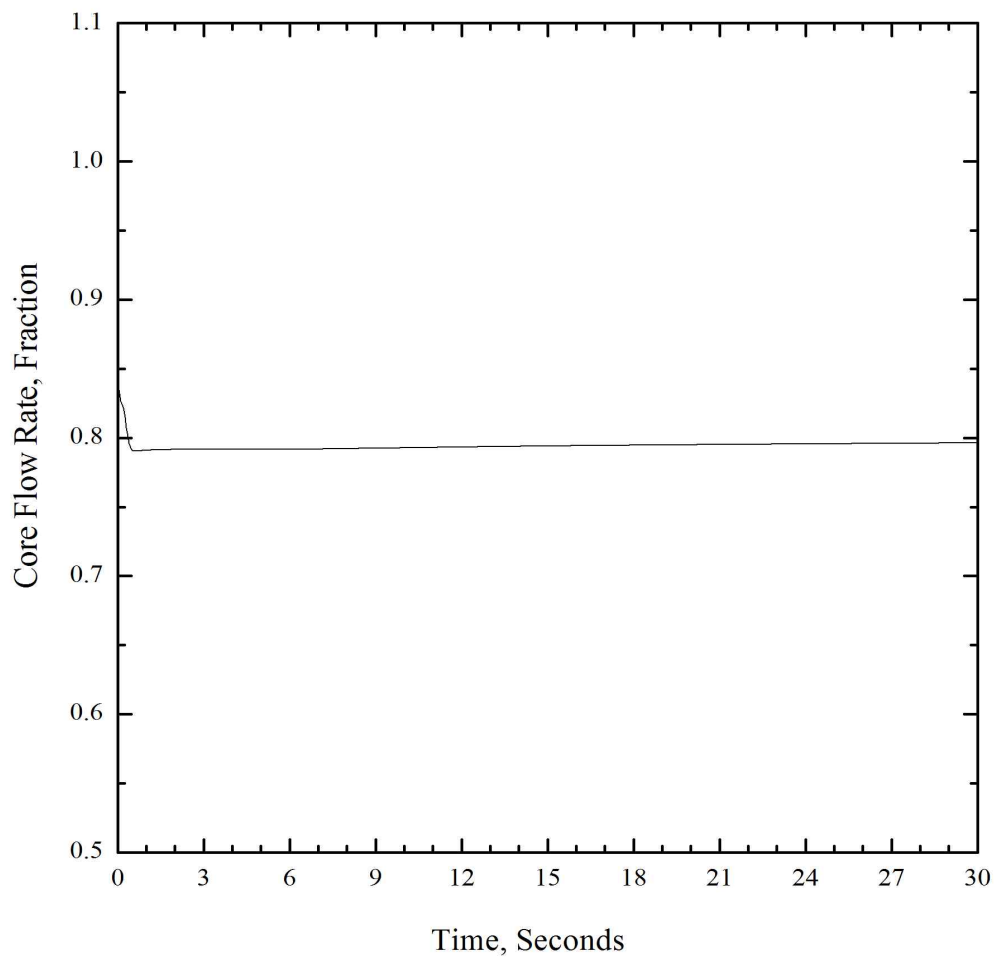
	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 단일 원자로냉각재펌프 회전자고착 및 축파단 사고시 원자로냉각재계통 온도 변화  그림 7A.3.4-3




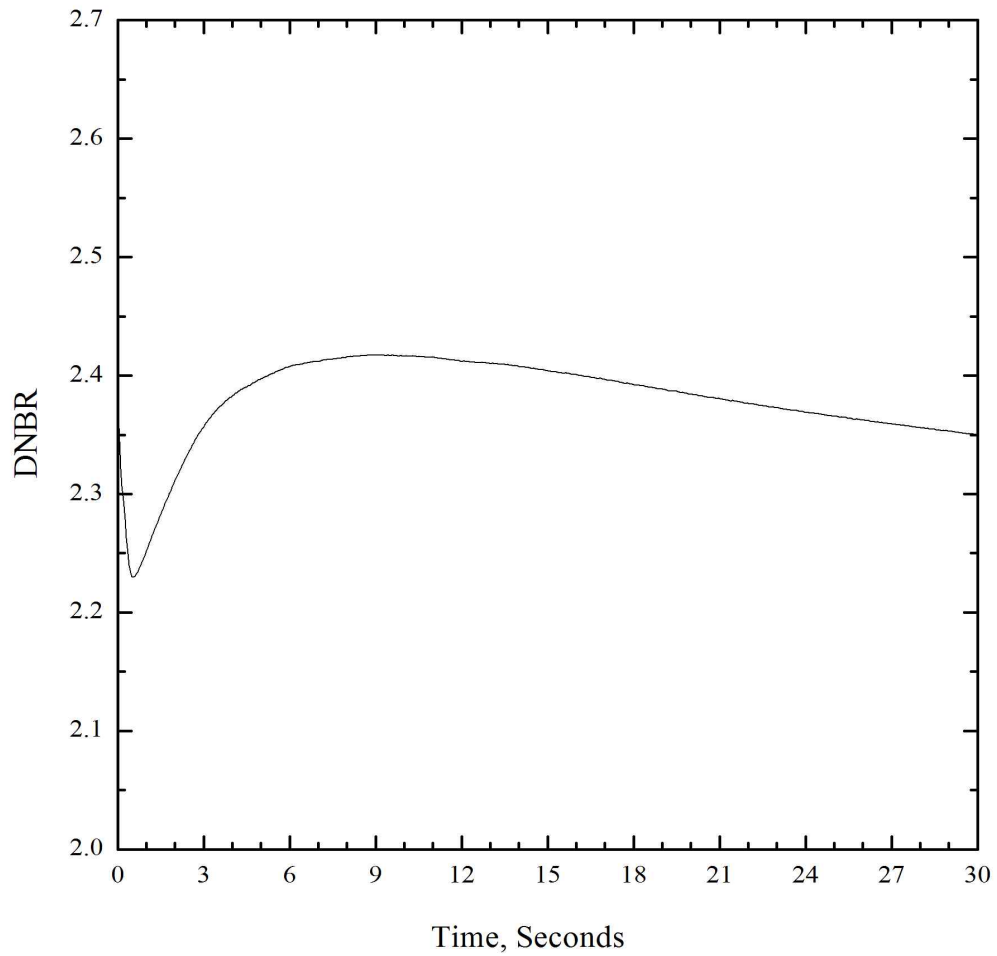
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
단일 원자로냉각재펌프 회전자고착  
및 축파단 사고시 노심 유량 변화 (장기)

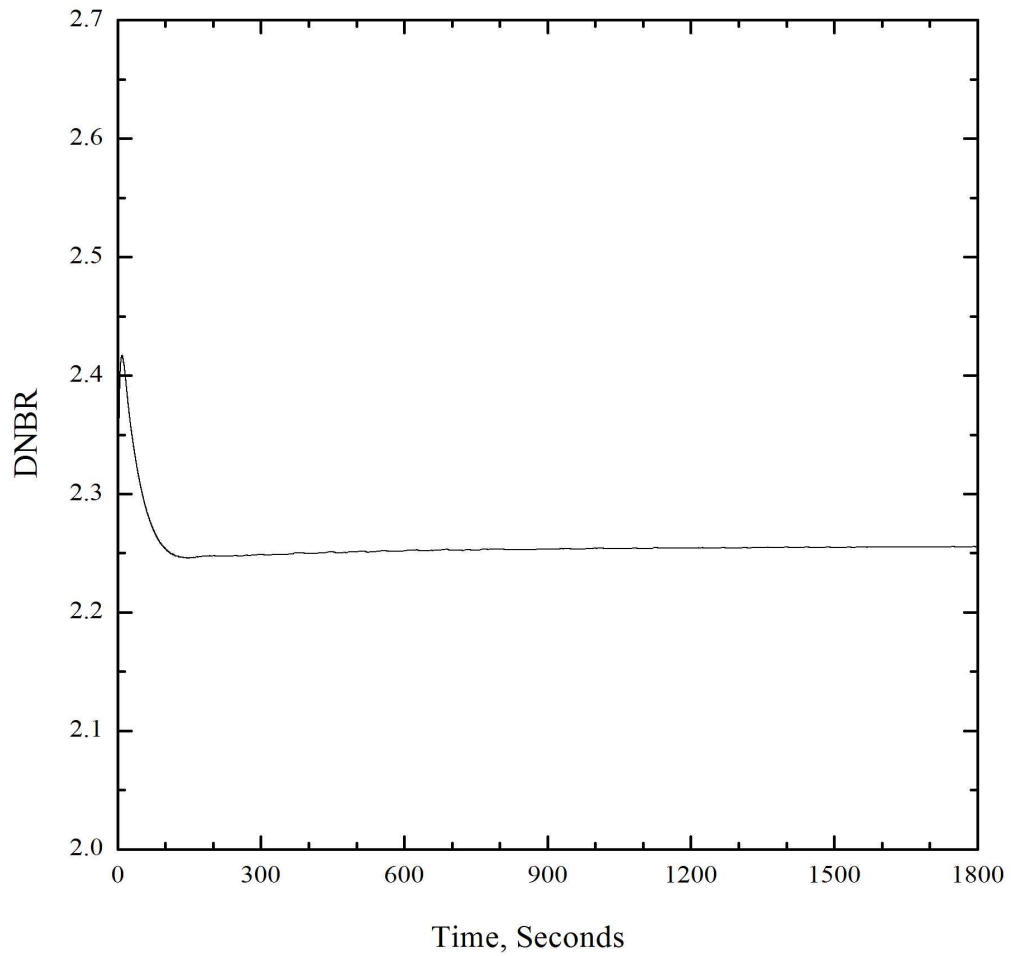
그림 7A.3.4-4



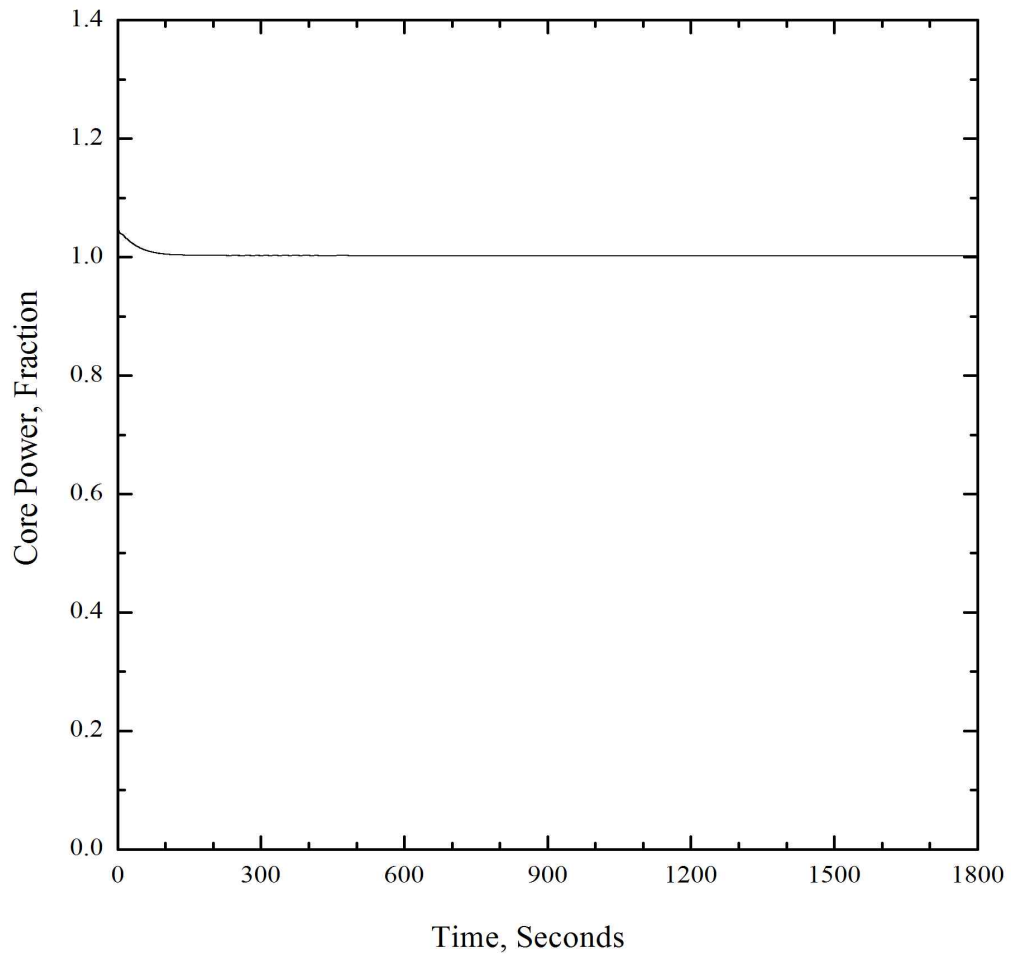
	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 단일 원자로냉각재펌프 회전자고착 및 축파단 사고시 노심 유량 변화 (단기)
그림 7A.3.4-5	



	<p>한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서</p>
	<p>PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 단일 원자로냉각재펌프 회전자고착 및 축과단 사고시 핵비등이탈률 변화 (단기)</p>
<p>그림 7A.3.4-6</p>	



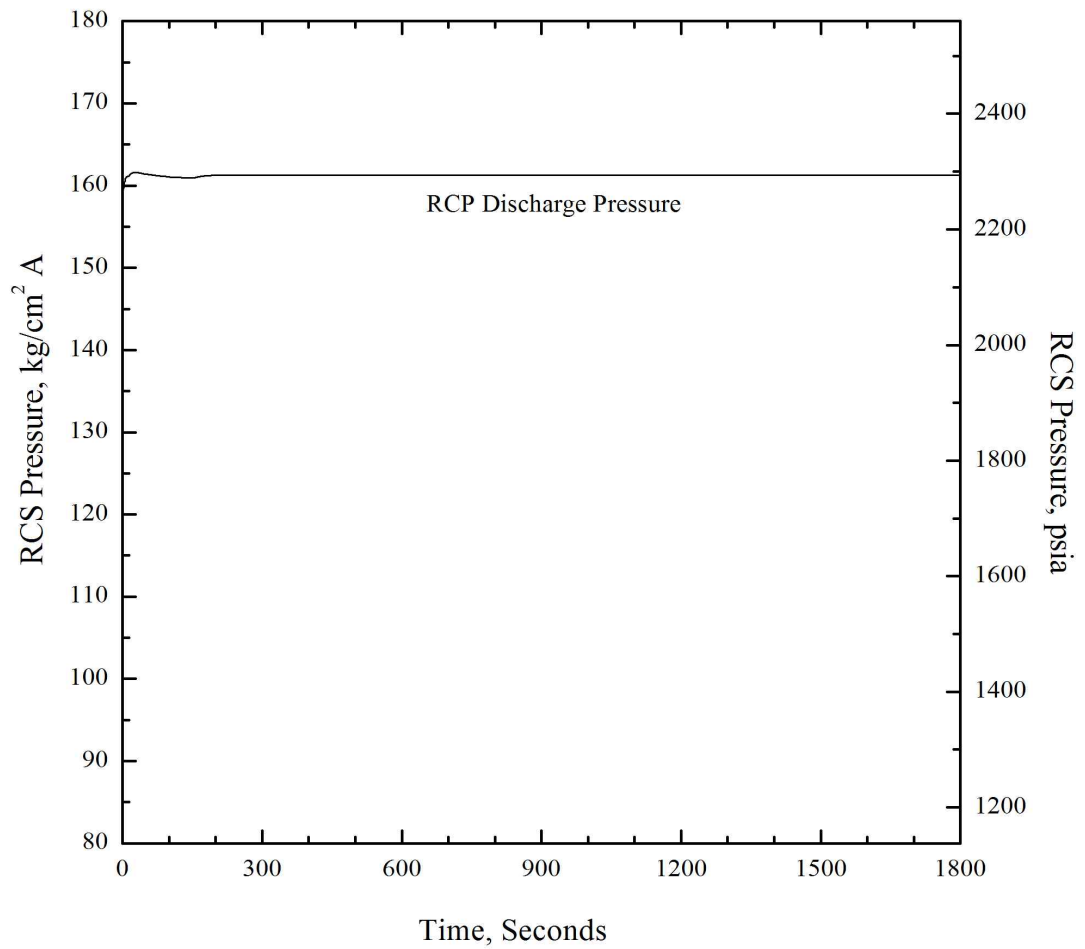
	<p>한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서</p>
	<p>PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 단일 원자로냉각재펌프 회전자고착 및 축파단 사고시 핵비등이탈률 변화 (장기)</p>
<p>그림 7A.3.4-7</p>	




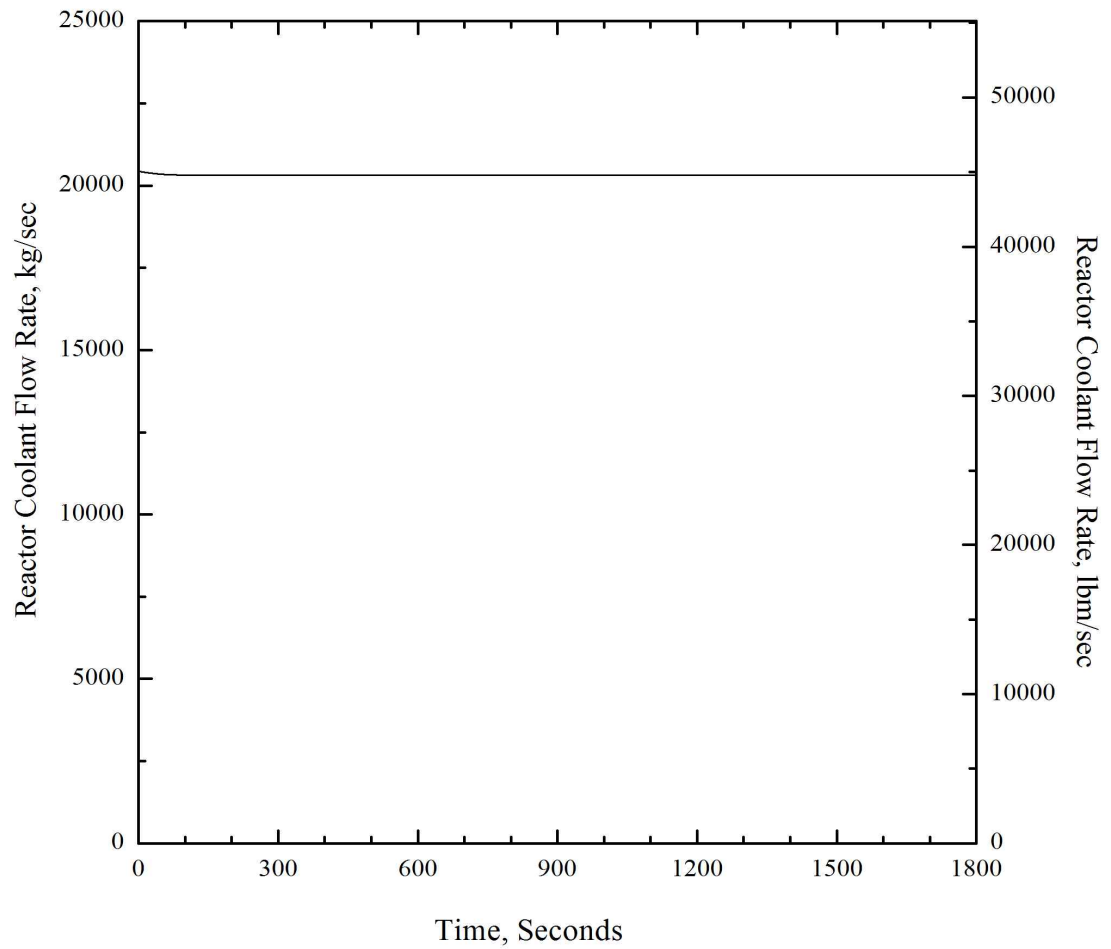
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
제어봉집합체 이탈사고시 노심출력 변화

그림 7A.35-1



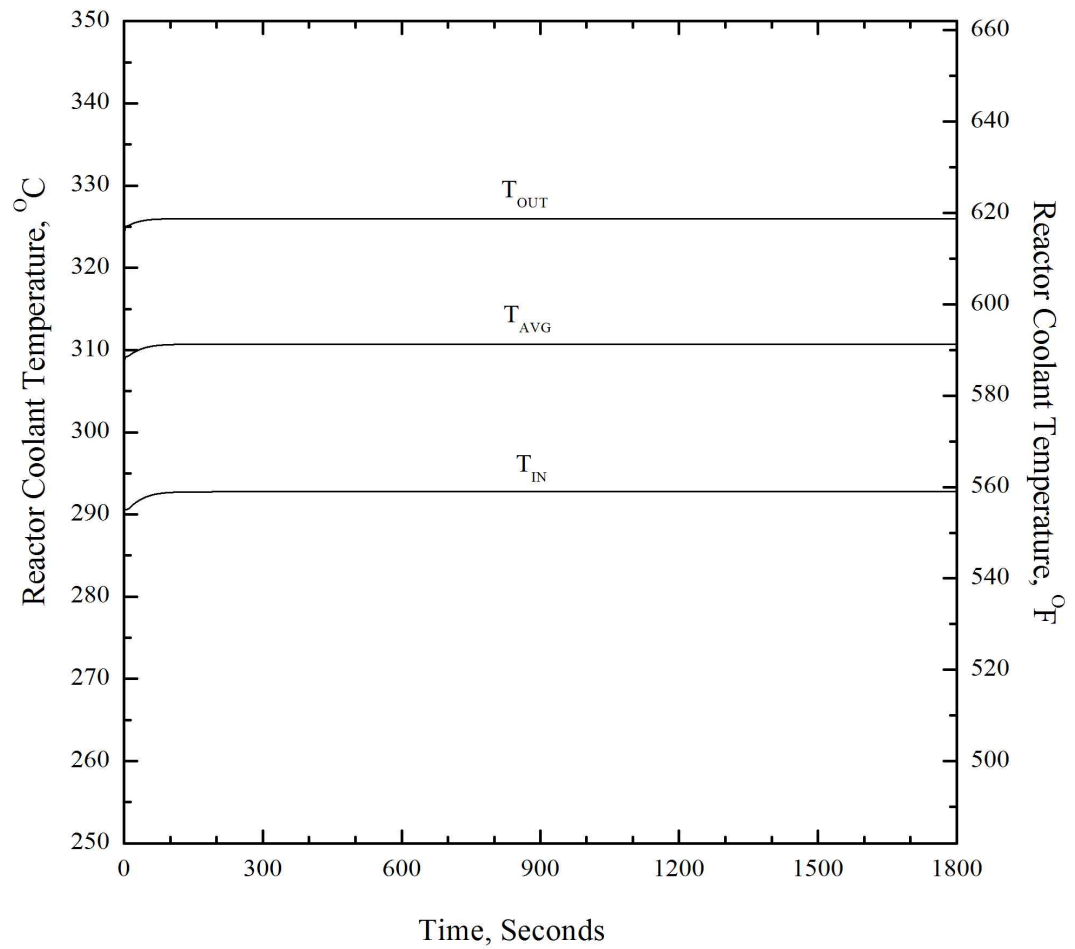
	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 제어봉집합체 이탈사고시 원자로냉각재계통 압력변화
그림 7A.3.5-2	




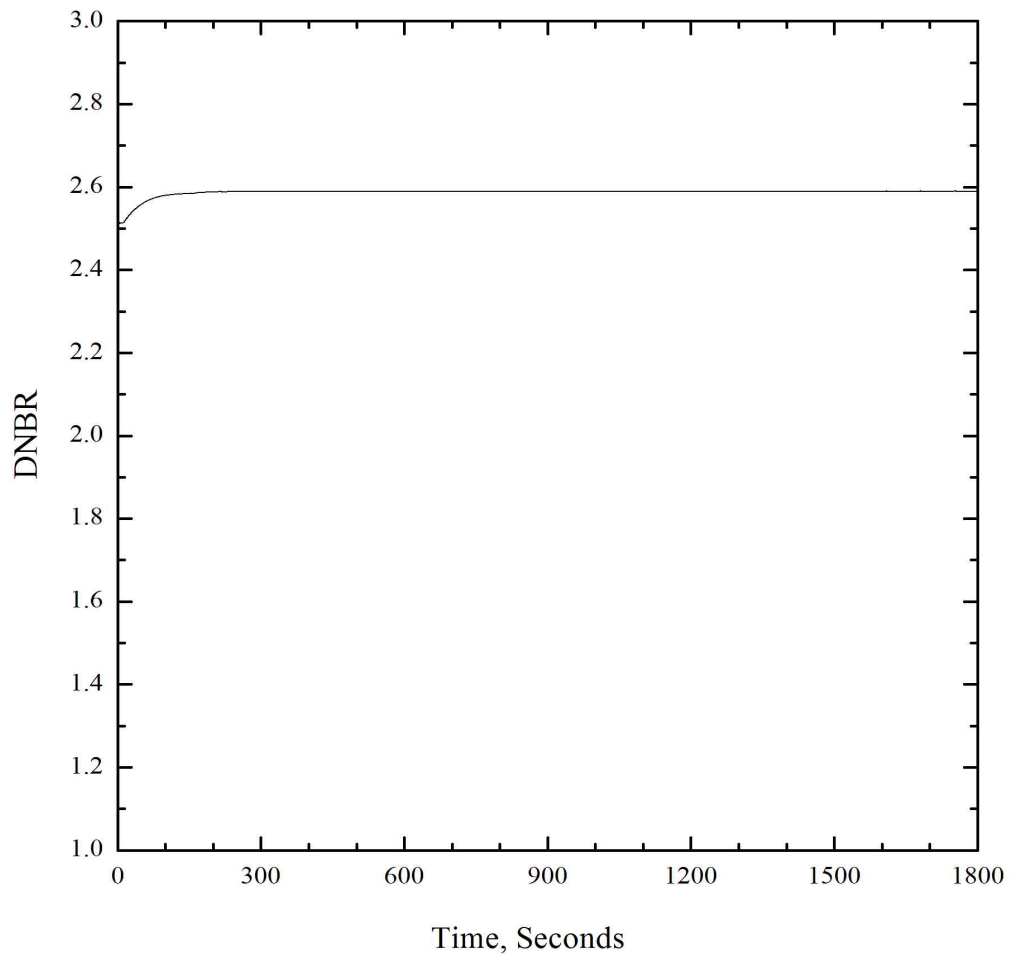
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
제어봉집합체 이탈사고시 노심유량 변화

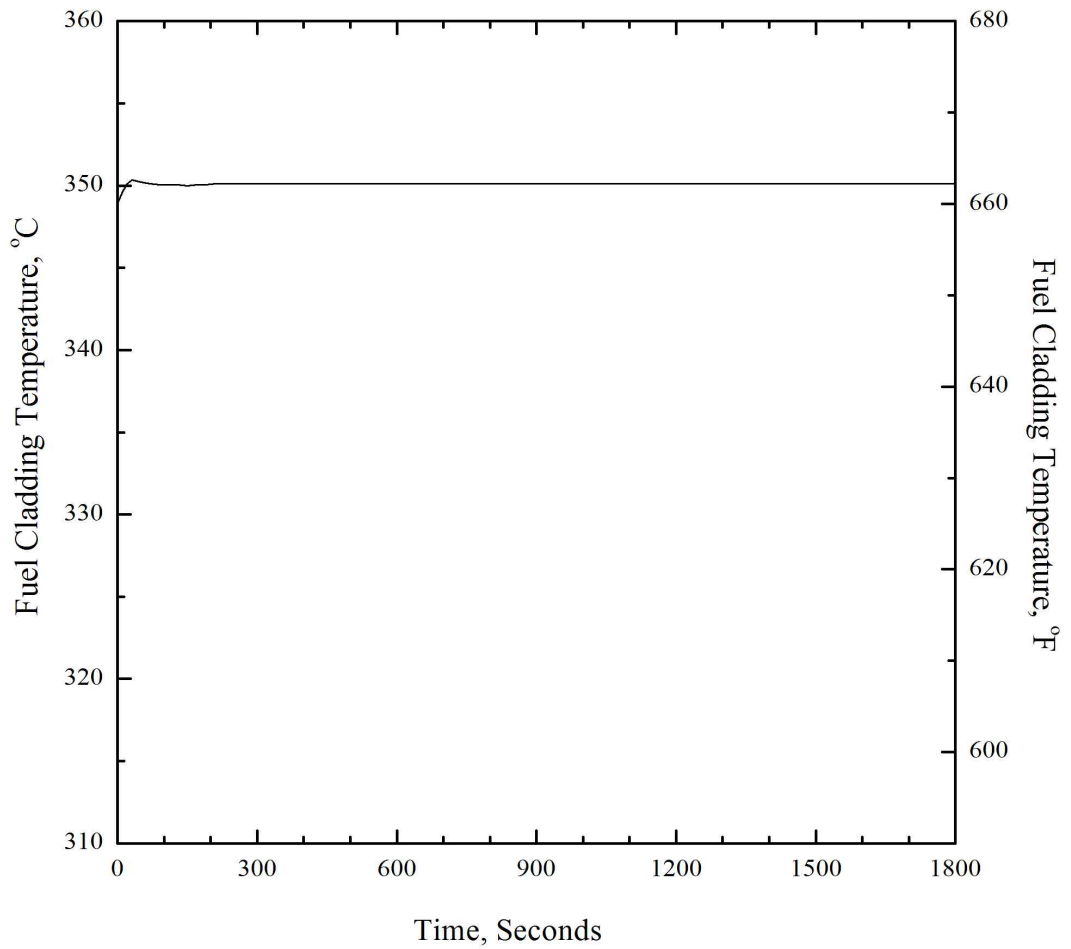
그림 7A.3.5-3



	<p>한국수력원자력주식회사  신한울 1,2호기  최종안전성분석보고서</p>
	<p>PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  제어봉집합체 이탈사고시 원자로냉각재  온도변화</p>
<p>그림 7A.3.5-4</p>	



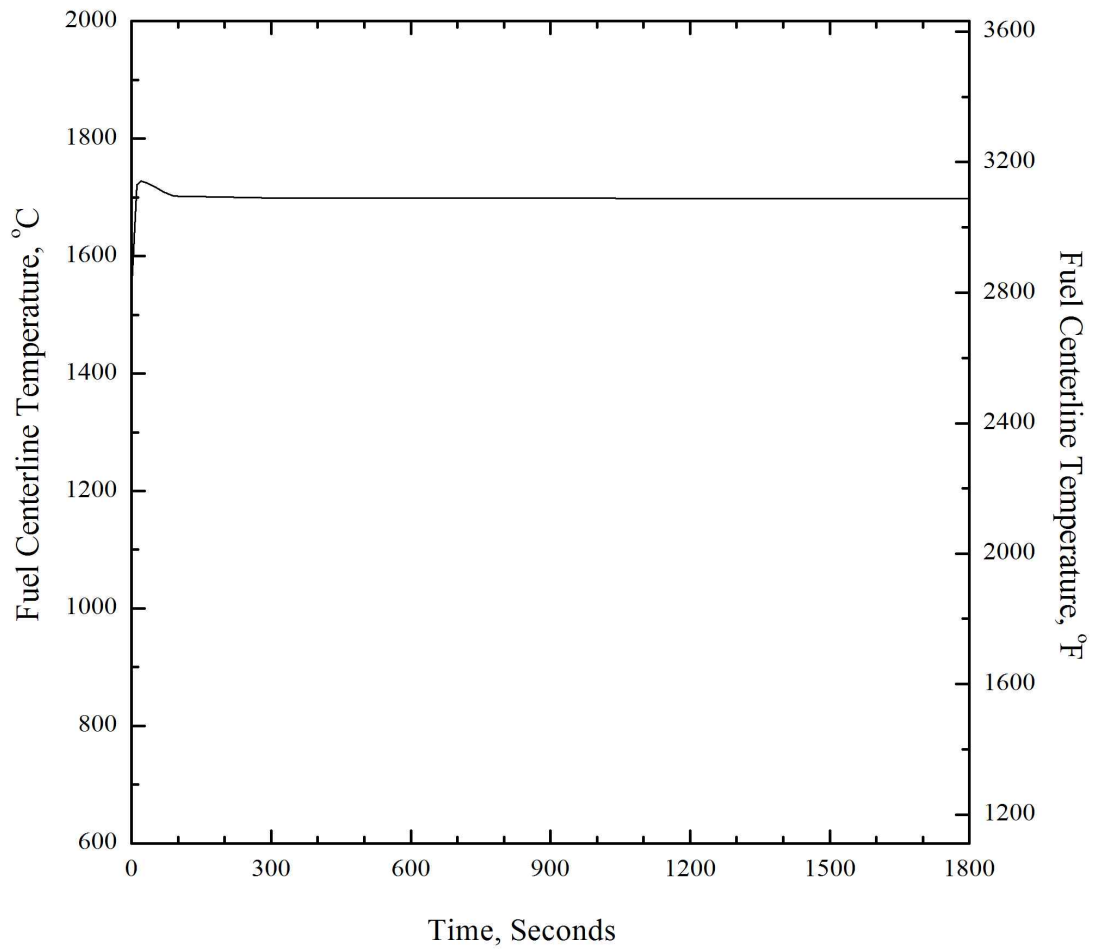
	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	<p>PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 제어봉집합체 이탈사고시 핵비등이탈률 변화</p> <p>그림 7A.3.5-5</p>



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을  
수반한 제어봉집합체 이탈사고시  
핵연료피복재 온도 변화

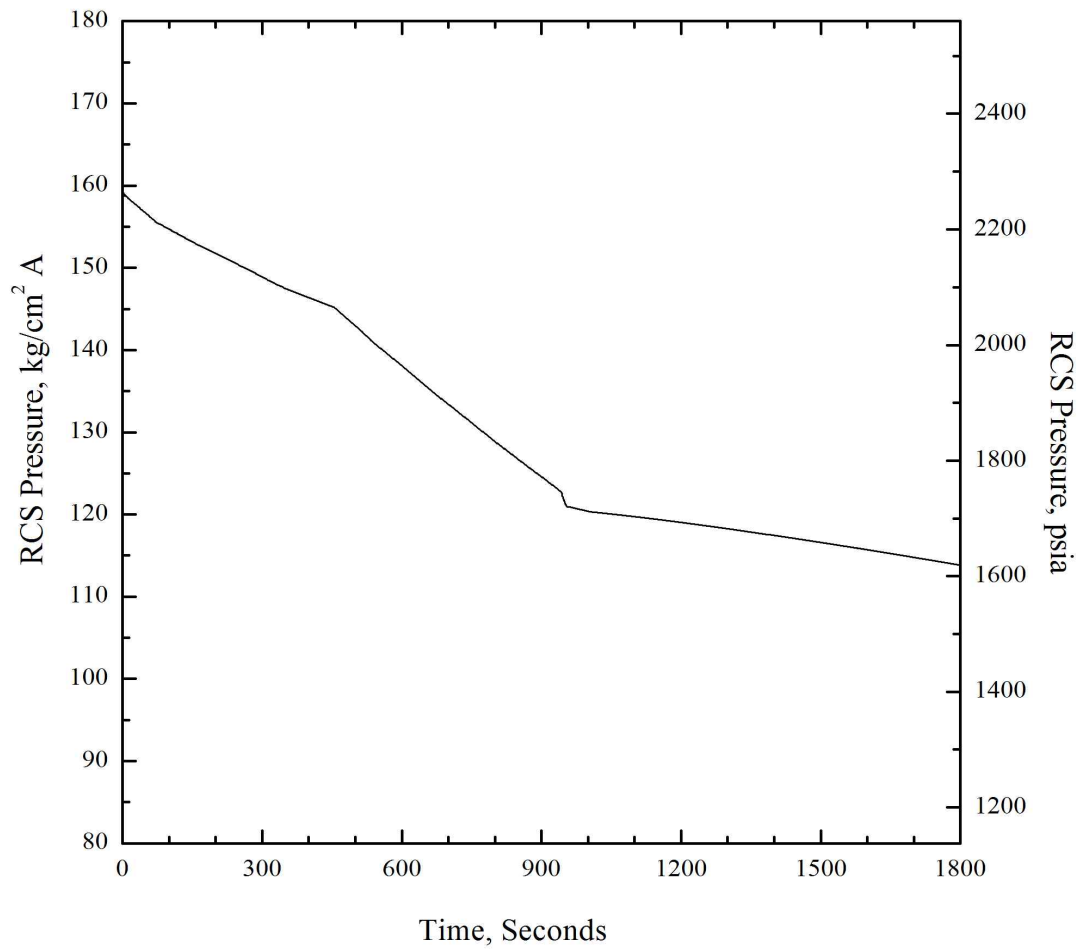
그림 7A.3.5-6



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을  
수반한 제어봉집합체 이탈사고시  
핵연료 중심 온도 변화

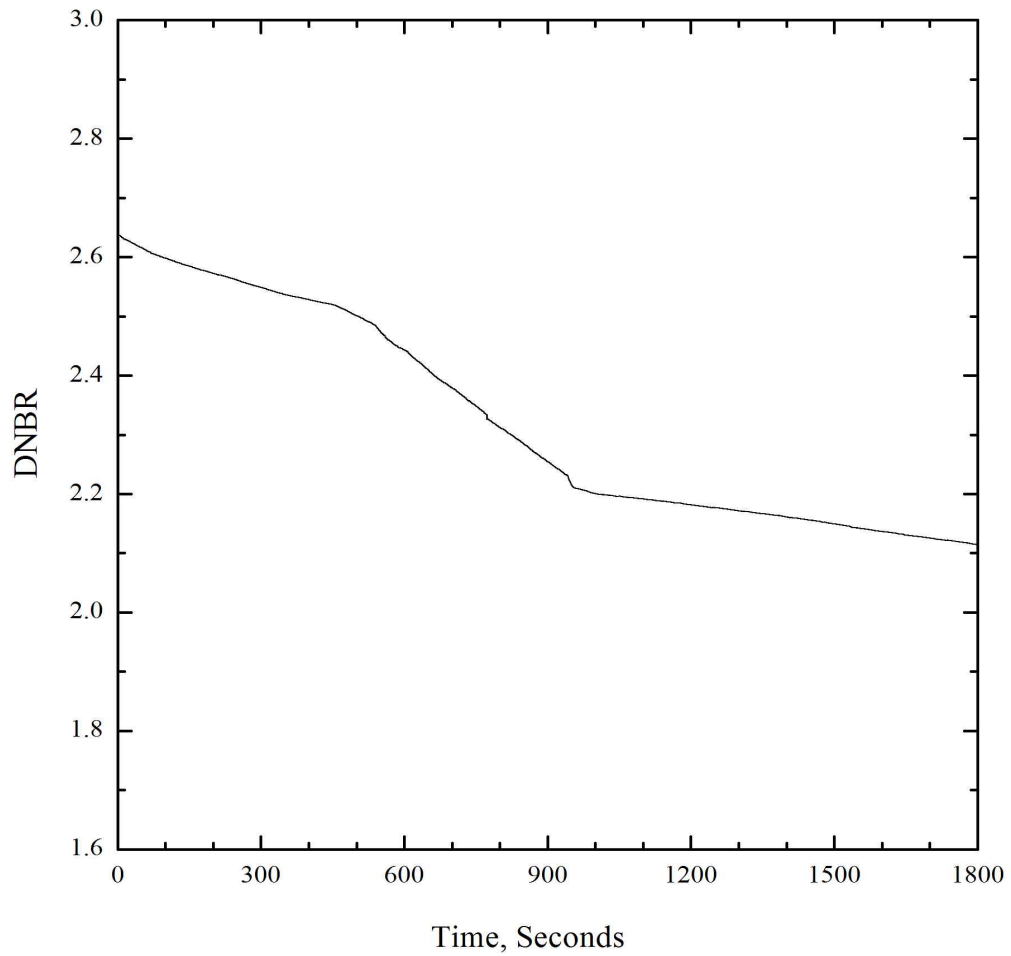
그림 7A.3.5-7




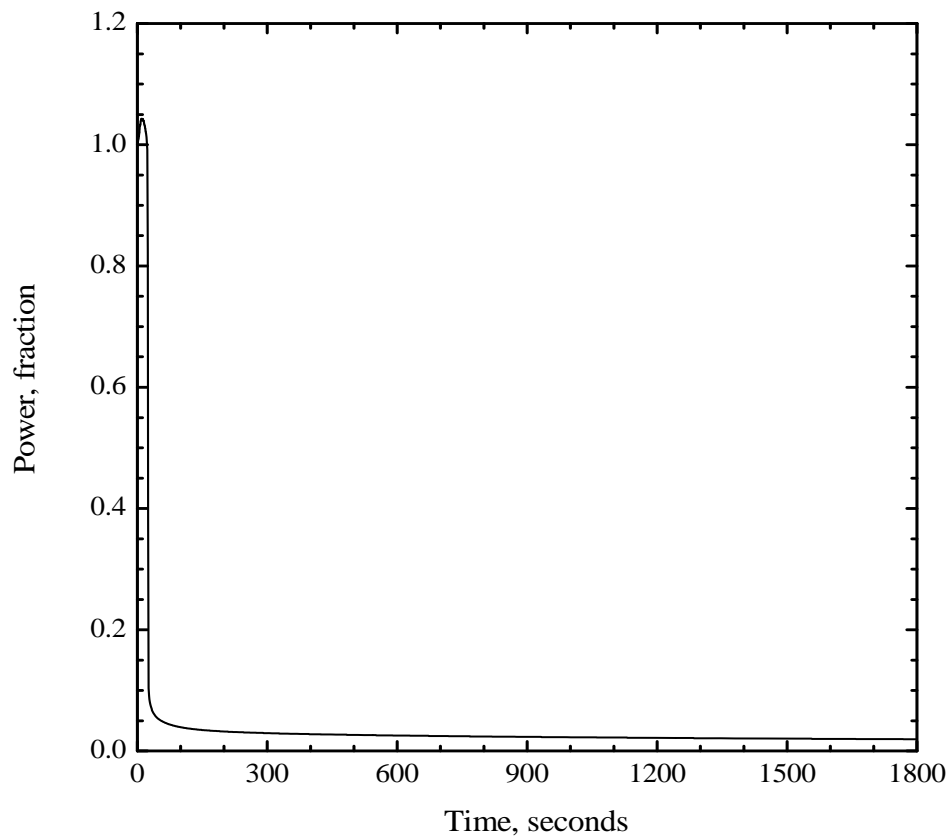
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
증기발생기전열관 파열사고시  
원자로냉각재계통 압력 변화

그림 7A.3.6-1



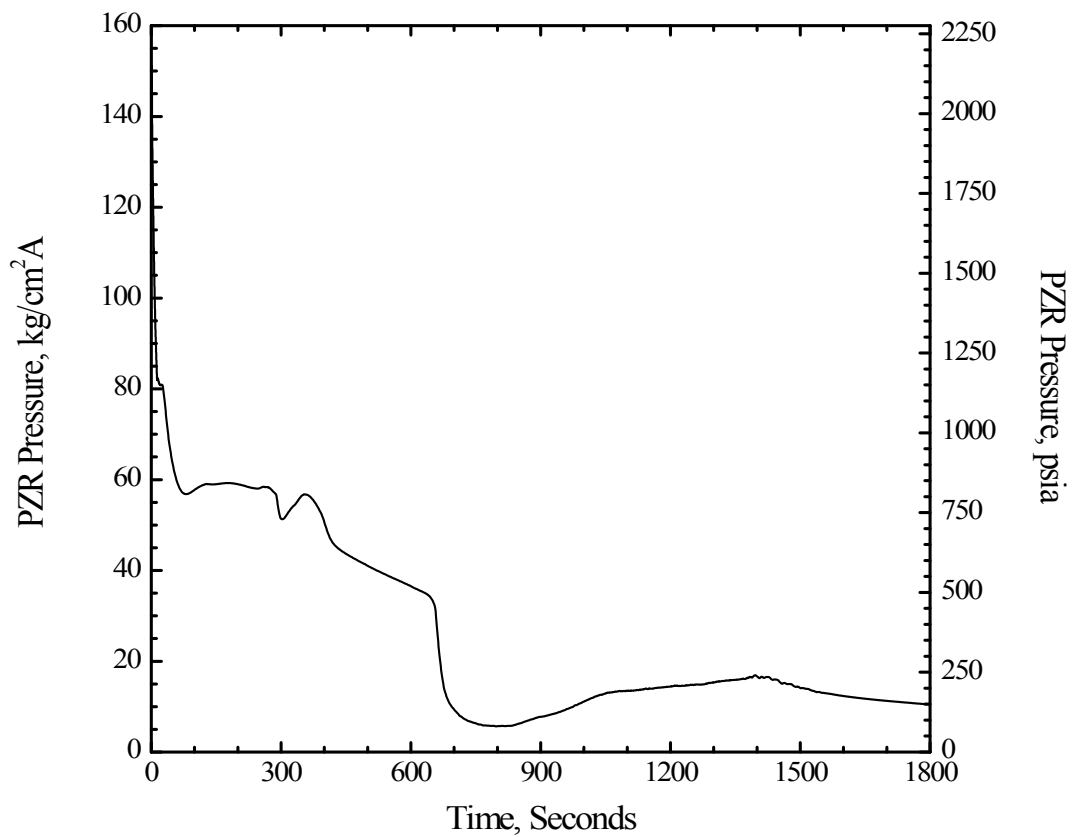
	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 증기발생기전열관 파열사고시 핵비등이탈률 변화  그림 7A.3.6-2



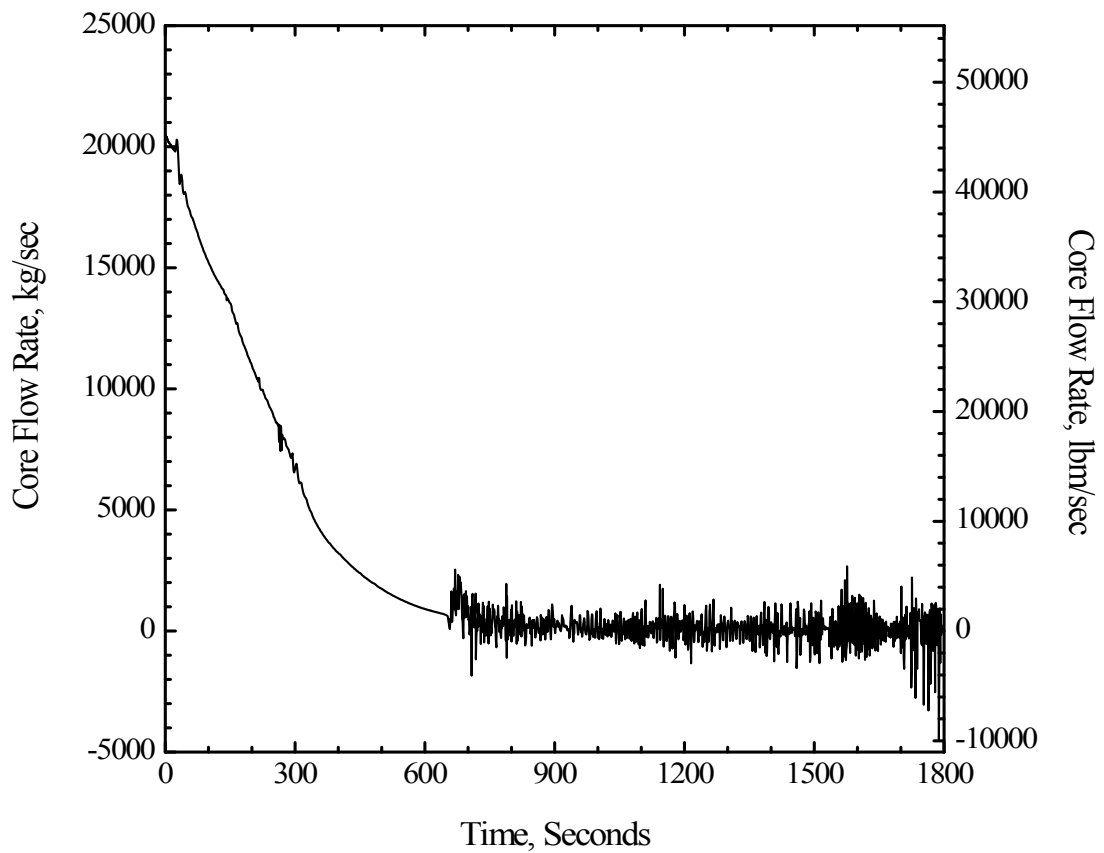
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
내경 196.85 mm (7.75 in) 가압기 파이롯트  
구동 안전방출밸브 노즐의 소형파단  
냉각재상실사고 시 노심 출력 변화

그림 7A.3.7-1



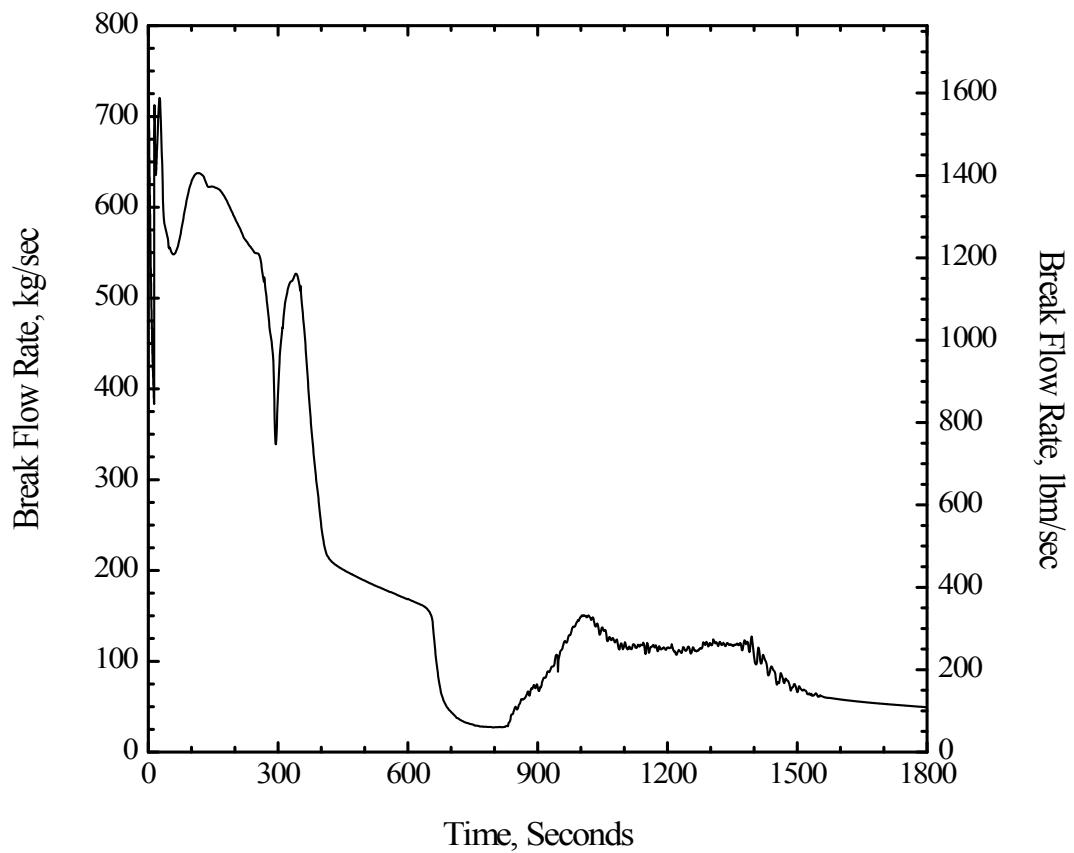
	<p>한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서</p>
	<p>PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 196.85 mm (7.75 in) 가압기 파이롯트 구동 안전방출밸브 노즐의 소형파단 냉각재상실사고 시 가압기 압력 변화</p>
<p>그림 7A.3.7-2</p>	




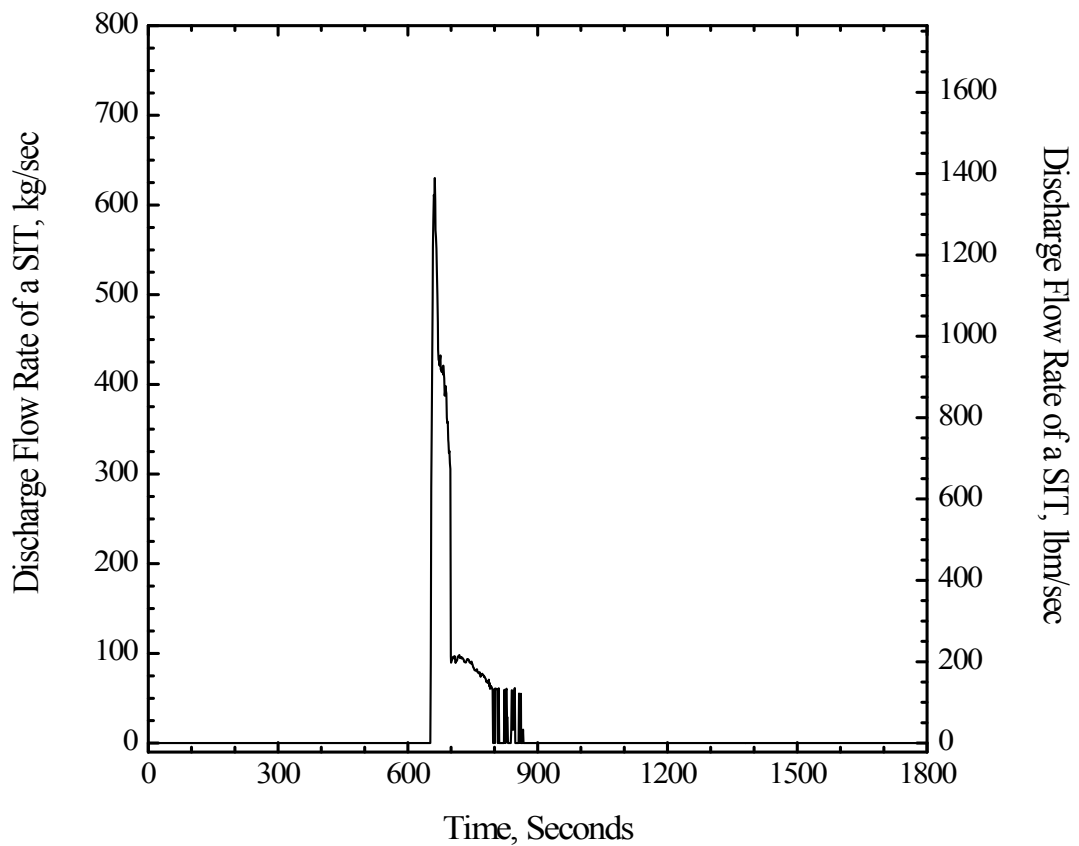
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
내경 196.85 mm (7.75 in) 가압기 파이롯트  
구동 안전방출밸브 노즐의 소형파단  
냉각재상실사고 시 노심 유량 변화

그림 7A.3.7-3



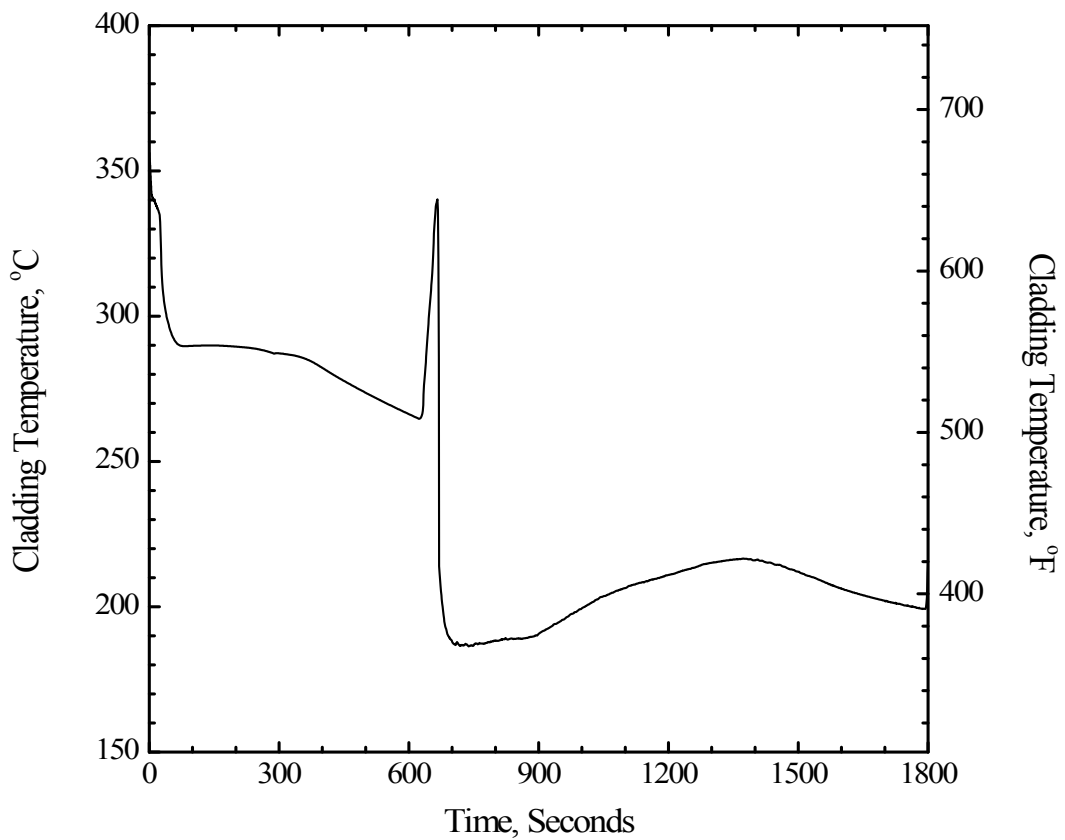
	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 196.85 mm (7.75 in) 가압기 파이롯트 구동 안전방출밸브 노즐의 소형파단 냉각재상실사고 시 파단 유량 변화 그림 7A.3.7-4



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
내경 196.85 mm (7.75 in) 가압기 파이롯트  
구동 안전방출밸브 노즐의 소형파단  
냉각재상실사고 시 한 대의  
안전주입탱크로부터의 주입유량 변화

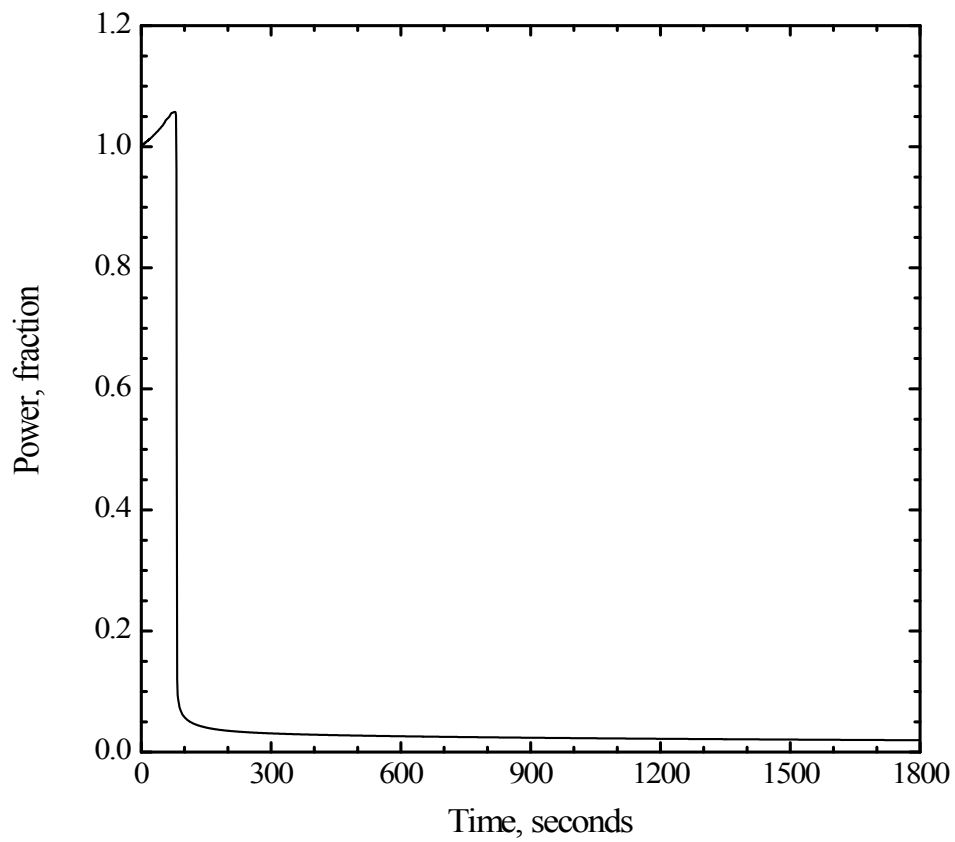
그림 7A.3.7-5



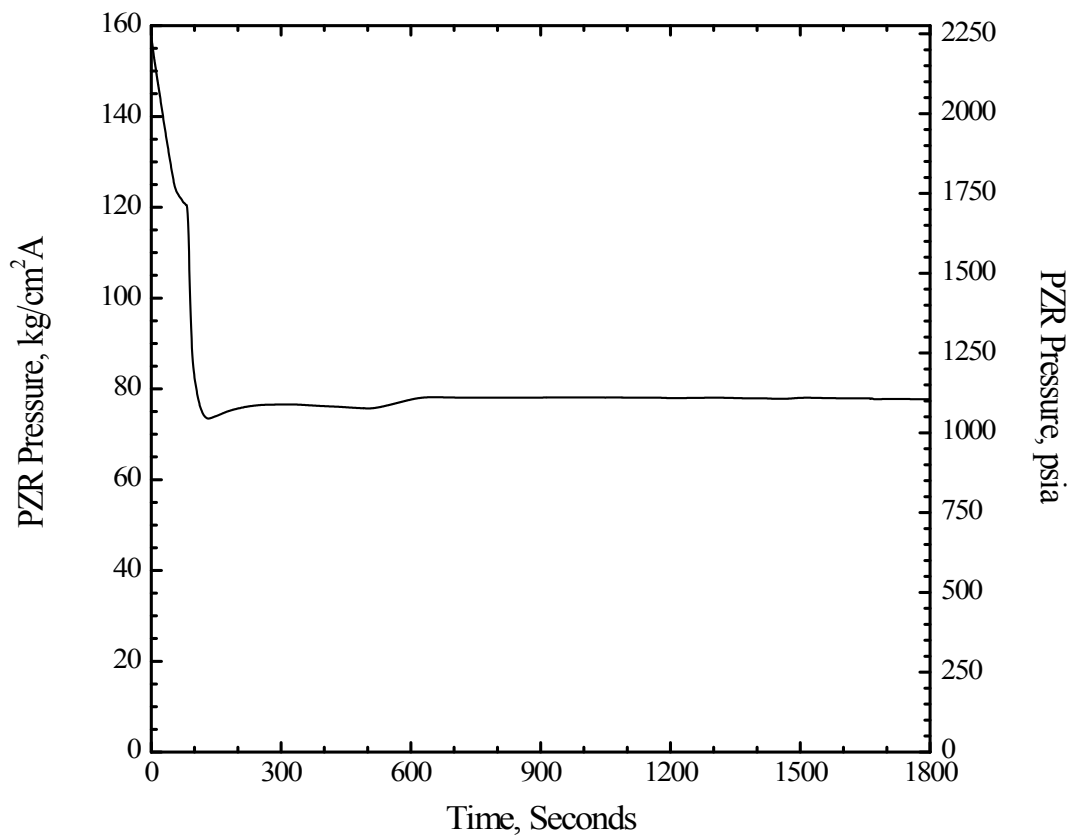
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
내경 196.85 mm (7.75 in) 가압기 파이롯트  
구동 안전방출밸브 노즐의 소형파단  
냉각재상실사고 시 핵연료피복재  
최고 온도 변화

그림 7A.3.7-6



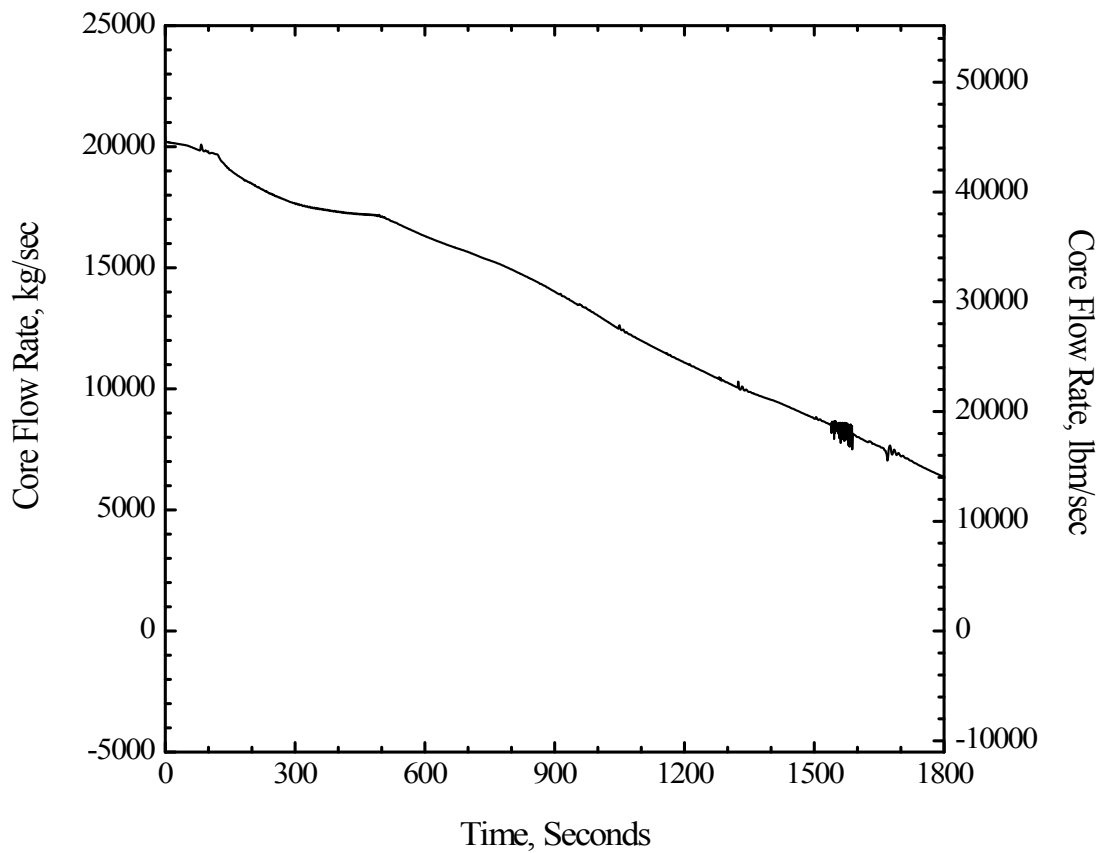
	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 67.46 mm (2.656 in) 가압기 살수배관 저온관 노즐의 소형파단 냉각재상실사고 시 노심 출력 변화	
그림 7A.3.7-7	




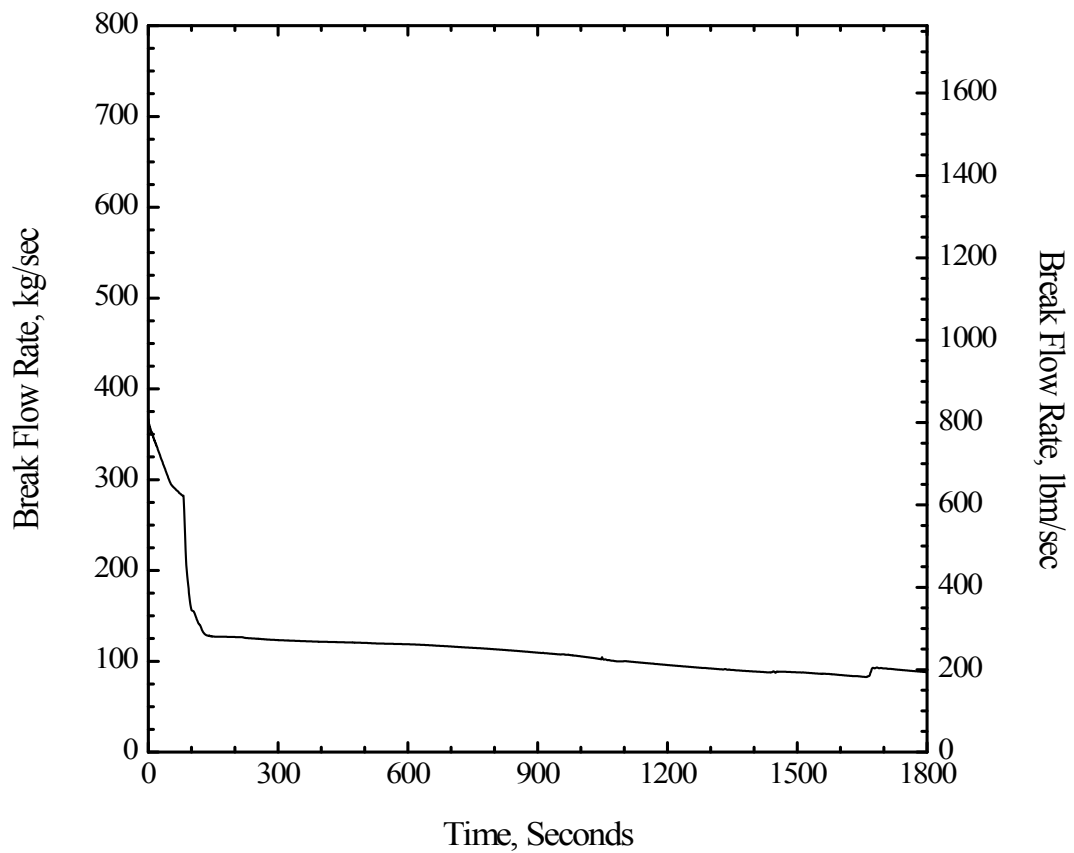
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서


PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
내경 67.46 mm (2.656 in) 가압기 살수배관  
저온관 노즐의 소형파단 냉각재상실사고 시  
가압기 압력 변화

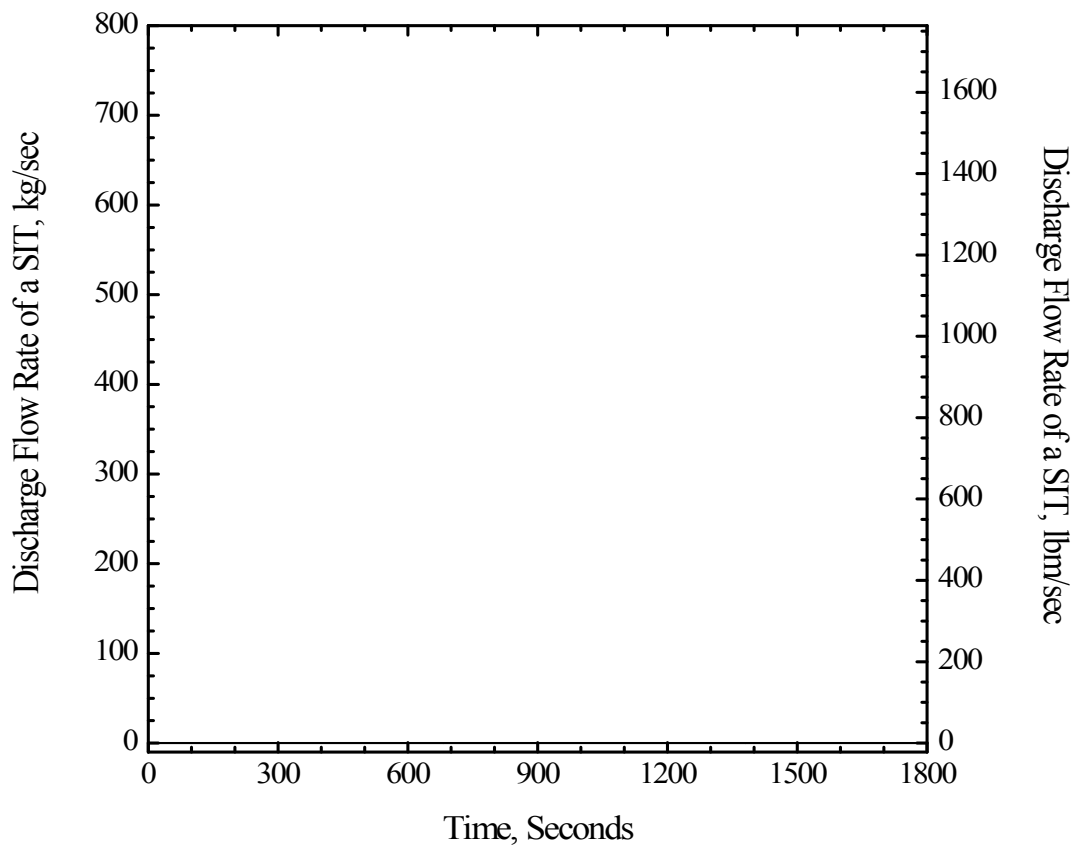
그림 7A.3.7-8



	한국수력원자력주식회사
	신한울 1,2호기
	최종안전성분석보고서
	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 67.46 mm (2.656 in) 가압기 살수배관 저온관 노즐의 소형파단 냉각재상실사고 시 노심 유량 변화
그림 7A.3.7-9	



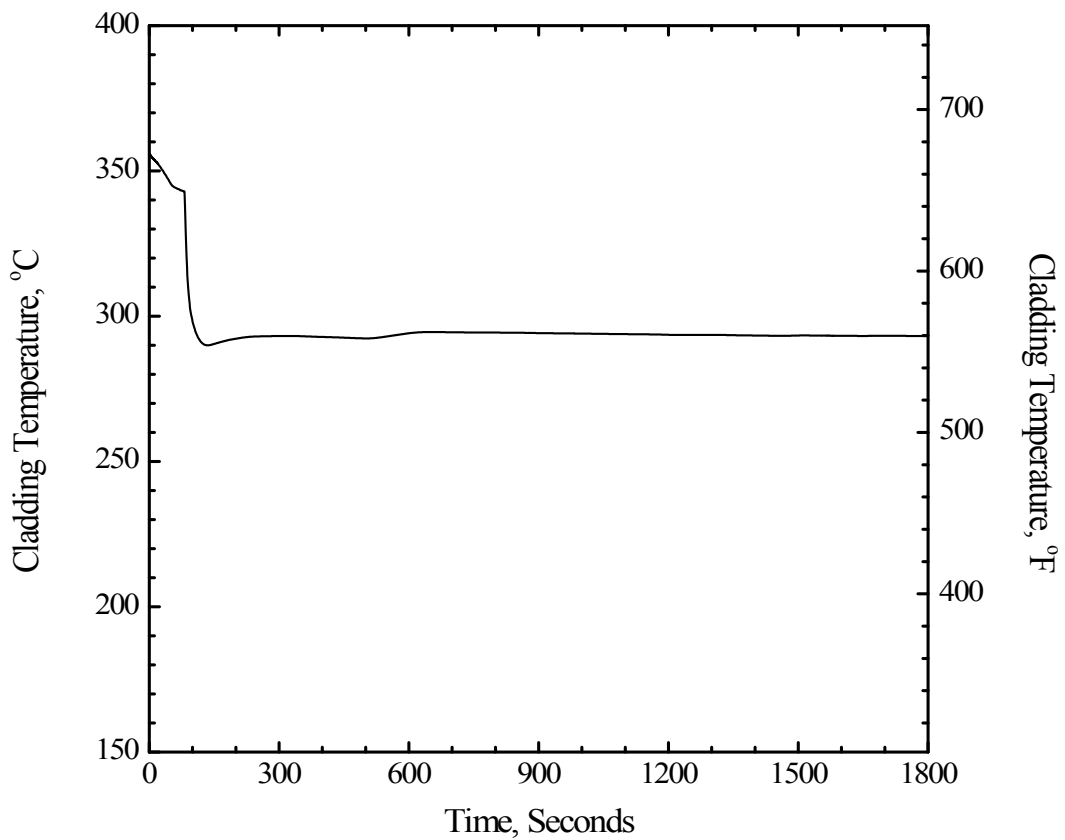
	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 67.46 mm (2.656 in) 가압기 살수배관 저온관 노즐의 소형파단 냉각재상실사고 시 파단 유량 변화 그림 7A.3.7-10




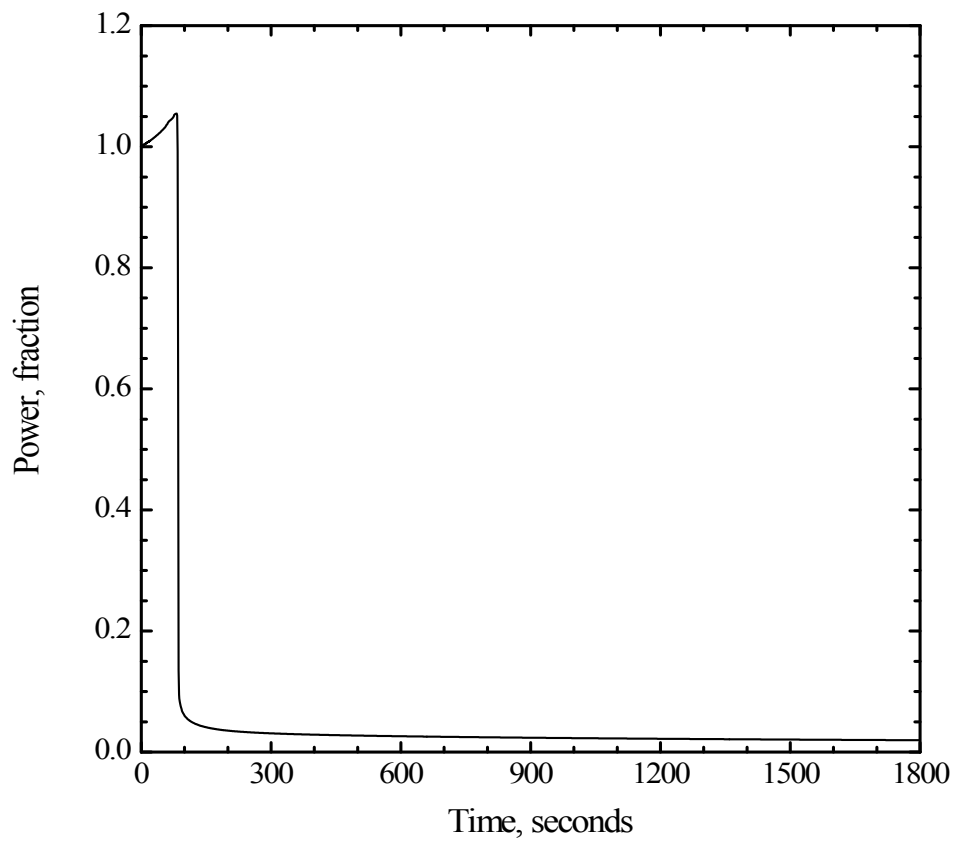
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
내경 67.46 mm (2.656 in) 가압기 살수배관  
저온관 노즐의 소형파단 냉각재상실사고 시  
한 대의 안전주입탱크로부터의 주입유량 변화

그림 7A.3.7-11



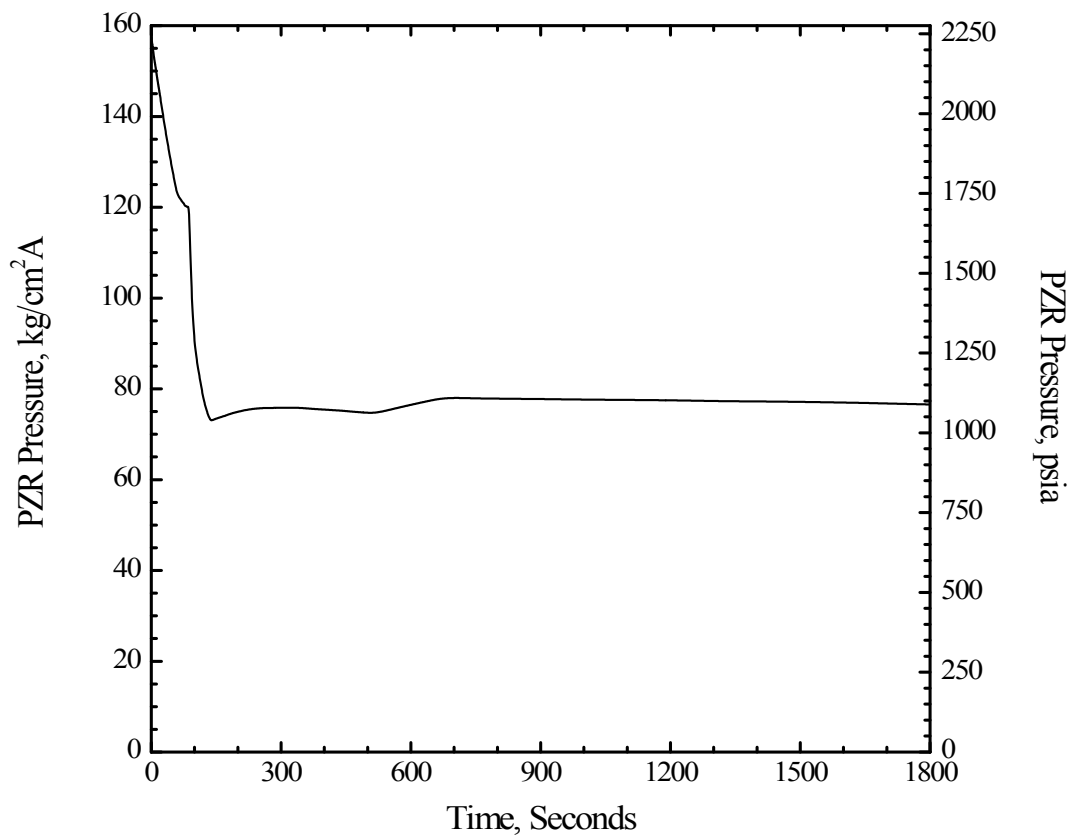
	한국수력원자력주식회사
	신한울 1,2호기
최종안전성분석보고서	
PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 67.46 mm (2.656 in) 가압기 살수배관 저온관 노즐의 소형파단 냉각재상실사고 시 핵연료피복재 최고 온도 변화	
그림 7A.3.7-12	




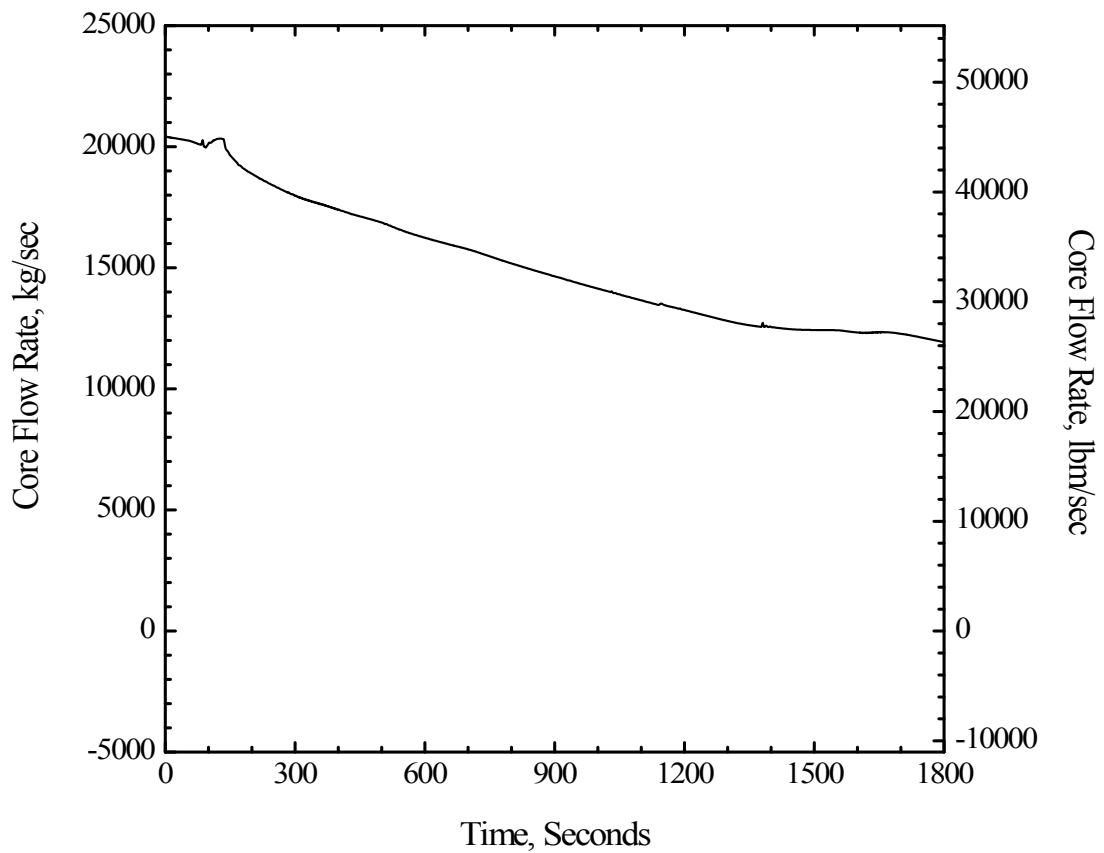
한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서


PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
내경 69.29 mm (2.728 in) 원자로압력용기  
덮개 노즐의 소형파단 냉각재상실사고 시  
노심 출력 변화

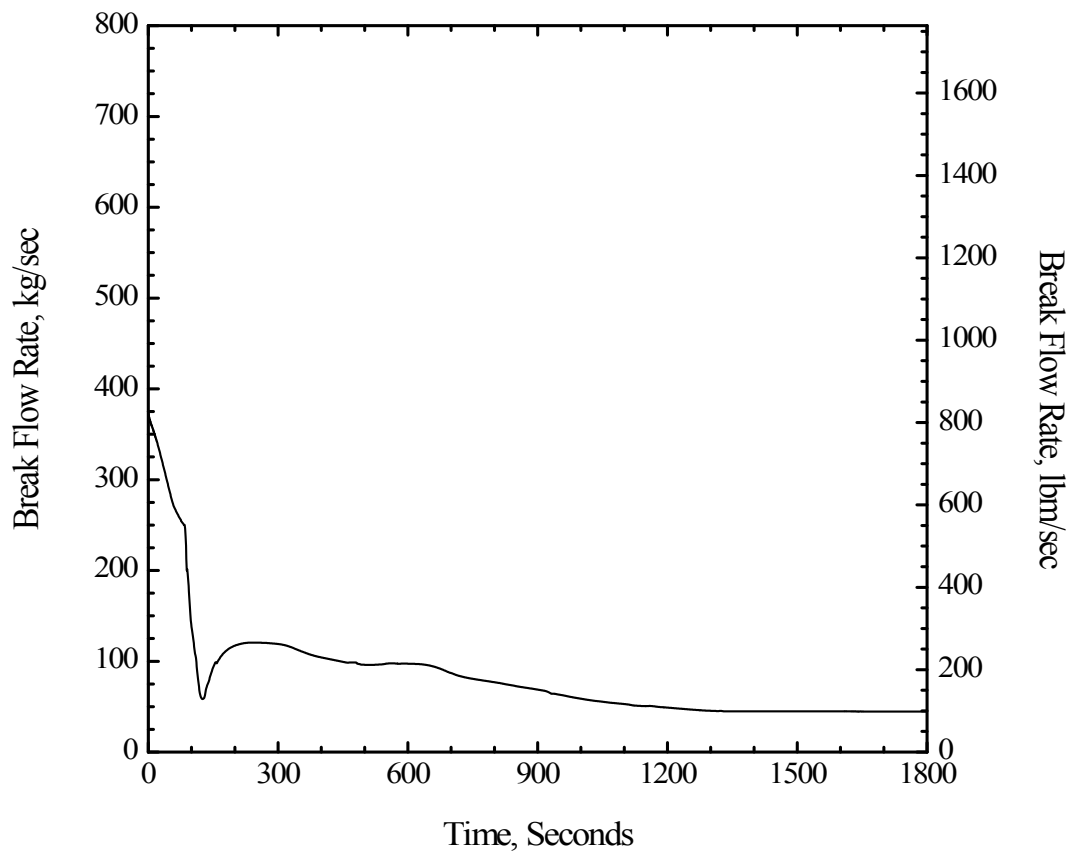
그림 7A.3.7-13




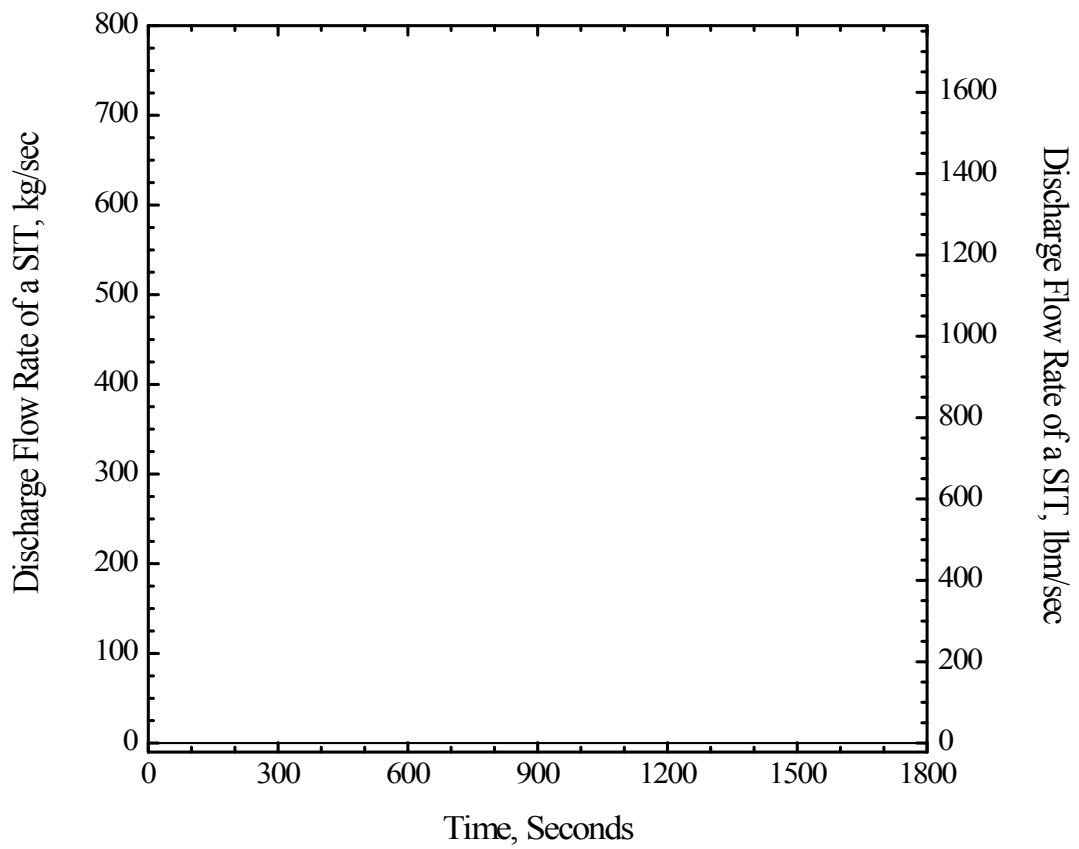
	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 69.29 mm (2.728 in) 원자로압력용기 덮개 노즐의 소형파단 냉각재상실사고 시 가압기 압력 변화 그림 7A.3.7-14



	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 69.29 mm (2.728 in) 원자로압력용기 덮개 노즐의 소형파단 냉각재상실사고 시 노심 유량 변화 그림 7A.3.7-15



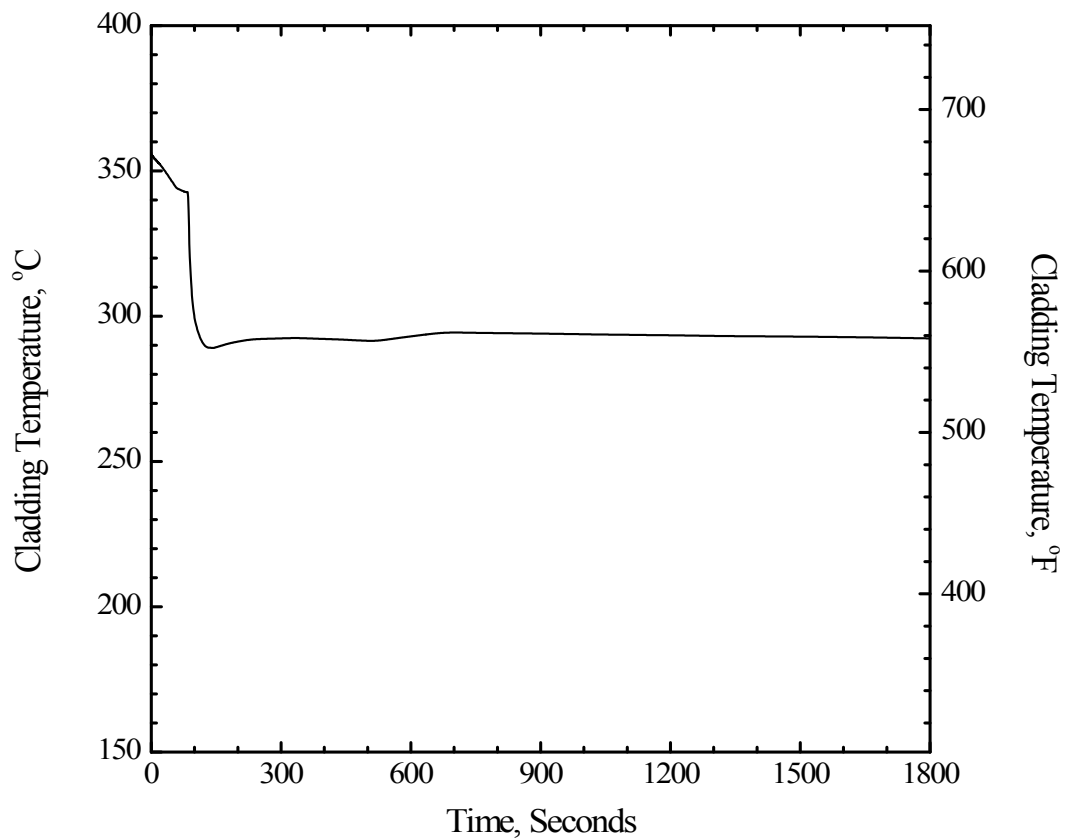
	한국수력원자력주식회사
	신한울 1,2호기
	최종안전성분석보고서
	PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한 내경 69.29 mm (2.728 in) 원자로압력용기 덮개 노즐의 소형파단 냉각재상실사고 시 파단 유량 변화 그림 7A.3.7-16



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
내경 69.29 mm (2.728 in) 원자로압력용기  
덮개 노즐의 소형파단 냉각재상실사고 시  
한 대의 안전주입탱크로부터의 주입유량 변화

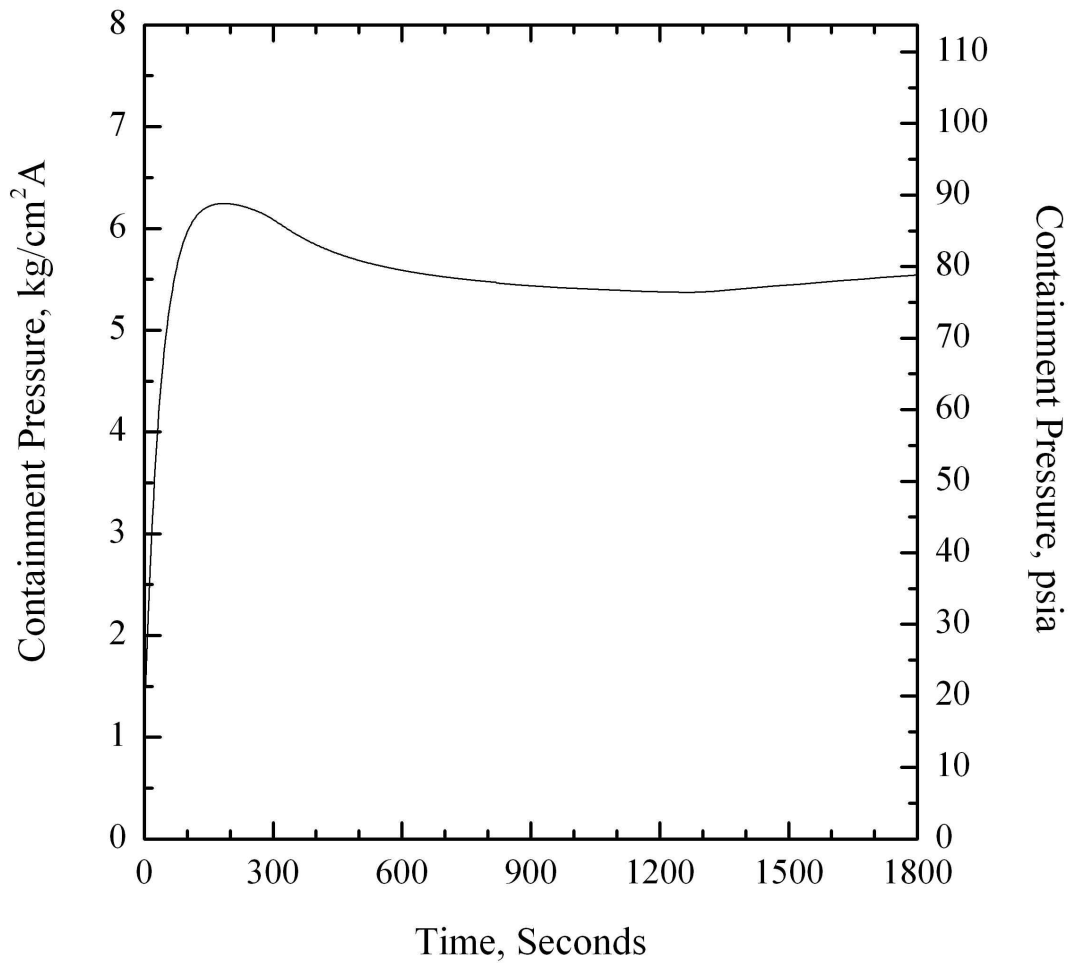
그림 7A.3.7-17



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
내경 69.29 mm (2.728 in) 원자로압력용기  
덮개 노즐의 소형파단 냉각재상실사고 시  
핵연료피복재 최고 온도 변화

그림 7A.3.7-18



한국수력원자력주식회사  
 신한울 1,2호기  
 최종안전성분석보고서

PPS/ESF-CCS의 공통유형고장을 수반한  
 원자로건물 내부에서의 주증기관 파단사고시  
 원자로건물 압력 변화

그림 7A.3.8-1

제 8 장 - 전력계통

목 차 (6 중 1)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
8	<u>전력계통</u>	8.1-1
8.1	개요	8.1-1
8.1.1	소외전력계통	8.1-1
8.1.2	소내전력계통	8.1-1
8.1.3	설계기준(Design Base)	8.1-2
8.1.4	안전성관련 부하	8.1-4
8.1.5	설계기준(Design Criteria)	8.1-4
8.1.5.1	원자로시설등의 기술기준에 관한 규칙 및 일반설계기준	8.1-5
8.1.5.2	미국 원자력규제위원회 규제지침서	8.1-5
8.1.5.3	전력기술기준(KEPIC)	8.1-10
8.1.5.4	전기전자기술자협회(IEEE) 표준	8.1-13
8.1.5.5	미국 원자력규제위원회(NRC) Branch Technical Positions	8.1-16c
8.1.5.6	국제화재방지협회(NFPA) 표준	8.1-18
8.2	<u>소외전력계통</u>	8.2-1
8.2.1	계통 설명	8.2-1
8.2.1.1	송전망계통	8.2-1
8.2.1.2	송전망과 스위치야드 연결	8.2-1
8.2.1.3	발전소 스위치야드	8.2-1
8.2.1.3.1	스위치야드 480V 교류 보조전력계통	8.2-3
8.2.1.3.2	스위치야드 125V 직류 전력계통	8.2-3
8.2.1.3.3	스위치야드 보호계전계통	8.2-3
8.2.1.3.4	스위치야드 제어계통	8.2-3
8.2.1.4	기술기준 준수	8.2-4
8.2.1.5	신뢰도 고려사항	8.2-4
8.2.1.6	접지와 낙뢰보호 기준	8.2-4
8.2.2	분석	8.2-5
8.2.2.1	계통 안정도 분석	8.2-5
8.2.2.2	소외전력계통 및 스위치야드 단일고장 분석	8.2-5

목 차 (6 중 1)(계속)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
8.2.3	<u>소외전력계통 운영</u>	8.2-5a
8.2.3.1	정의	8.2-5a
8.2.3.2	기기구성	8.2-5a
8.2.3.3	송수전계통	8.2-5a
8.2.3.4	보호계통	8.2-5b
8.2.3.5	보호 및 제어 전원 공급	8.2-5b
8.2.3.6	기기의 제어 및 표시	8.2-5b

2

Intentionally  
Blank

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 목 차 ( 6 중 2 )

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
8.3	<u>소내전력계통</u>	8.3-1
8.3.1	교류전력계통	8.3-1
8.3.1.1	계통 설명	8.3-1
8.3.1.1.1	비1E급 교류전력계통	8.3-1
8.3.1.1.1.1	주전력계통	8.3-1
8.3.1.1.1.2	소내보조변압기 및 대기보조변압기	8.3-3
8.3.1.1.1.3	13.8kV 보조전력계통	8.3-4
8.3.1.1.1.4	4.16kV 보조전력계통	8.3-5
8.3.1.1.1.5	480V 보조전력계통	8.3-6
8.3.1.1.1.6	480V 비1E급 디젤발전기	8.3-8
8.3.1.1.1.7	우선 전력공급원 I, 우선 전력공급원 II 및 대체교류전원 회로 분리	8.3-8
8.3.1.1.2	1E급 교류전력계통	8.3-9
8.3.1.1.2.1	전력공급원	8.3-10
8.3.1.1.2.2	모선 배열	8.3-10
8.3.1.1.2.3	각 모선으로부터 공급받는 부하	8.3-10
8.3.1.1.2.4	계열 간의 상호 연결	8.3-10
8.3.1.1.2.5	안전성관련 모선과 비안전성관련 모선의 상호연결	8.3-11
8.3.1.1.2.6	다중모선 격리	8.3-11
8.3.1.1.2.7	모선의 자동부하투입 및 탈락	8.3-11
8.3.1.1.2.8	안전성관련 기기 식별	8.3-11
8.3.1.1.2.9	계측 및 제어 전력계통	8.3-12
8.3.1.1.2.10	보호계전기계통	8.3-13
8.3.1.1.2.11	정상운전중 교류계통의 시험	8.3-14
8.3.1.1.2.12	호기 간 공유되는 계통 및 기기	8.3-14
8.3.1.1.3	시험	8.3-14
8.3.1.1.3.1	가동전시험	8.3-14
8.3.1.1.3.2	주기시험	8.3-14
8.3.1.1.4	1E급 비상디젤발전기	8.3-15
8.3.1.1.4.1	기동회로	8.3-16
8.3.1.1.4.2	기동계통	8.3-17

# 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

## 목 차 (6 중 3)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
8.3.1.1.4.3	비상디젤발전기 보호계통	8.3-17
8.3.1.1.4.4	연동	8.3-19
8.3.1.1.4.5	허용	8.3-19
8.3.1.1.4.6	부하차단과 순차적 투입	8.3-19
8.3.1.1.4.7	계측 및 제어계통	8.3-20
8.3.1.1.4.8	연료유계통	8.3-22
8.3.1.1.4.9	냉각계통	8.3-22
8.3.1.1.4.10	비상디젤발전기 입증기술	8.3-22
8.3.1.1.4.11	가동전시험과 주기시험	8.3-23
8.3.1.1.5	보호계전계통	8.3-24
8.3.1.1.6	소내 전원계통에 대한 감시 계측과 제어	8.3-26
8.3.1.1.7	1E급 전동기에 대한 설계기준	8.3-27
8.3.1.1.8	접지와 낙뢰보호기준	8.3-28
8.3.1.1.9	전기기기 배치	8.3-29
8.3.1.2	분석	8.3-30
8.3.1.2.1	규칙 제24조 및 일반설계기준 17과 규제지침서 1.32의 준수	8.3-30
8.3.1.2.2	규칙 제41조 및 일반설계기준 18의 준수	8.3-31
8.3.1.2.3	규제지침서 1.6의 준수	8.3-31
8.3.1.2.4	규제지침서 1.9의 준수	8.3-31
8.3.1.2.5	IEEE 308-2001, KEPIC ENB-6240 (해외구매 품목은 IEEE 387-1995)과 규제지침서 1.32의 준수	8.3-31
8.3.1.2.6	KEPIC ENB-2000과 규제지침서 1.75의 준수	8.3-32
8.3.1.2.7	KEPIC ENB-3000의 준수	8.3-32
8.3.1.2.8	규제지침서 1.63의 준수	8.3-32
8.3.1.2.9	규제지침서 1.106의 준수	8.3-33
8.3.1.2.10	1E급 기기 검증 요건	8.3-33
8.3.1.2.11	BTP 8-4의 준수	8.3-33
8.3.1.3	안전성관련 설비의 물리적인 식별	8.3-35
8.3.1.4	다중계통의 독립성	8.3-36
8.3.1.4.1	기술기준 및 설계기준	8.3-37
8.3.1.4.2	물리적 이격기준	8.3-37
8.3.1.4.2.1	1E급 기기 이격기준	8.3-37

# 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

## 목 차 ( 6 중 4)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
8.3.1.4.2.1.1	비상디젤발전기	8.3-37
8.3.1.4.2.1.2	스위치기어와 저압배전반	8.3-38
8.3.1.4.2.1.3	전동기제어반	8.3-38
8.3.1.4.2.1.4	축전지, 충전기, 인버터와 배전반	8.3-38
8.3.1.4.2.2	전선로 이격기준	8.3-38
8.3.1.4.2.2.1	전선로 구분	8.3-38
8.3.1.4.2.2.2	전선로 이격	8.3-39
8.3.1.4.3	케이블트레이 간 최소이격거리	8.3-39
8.3.1.4.3.1	제한된 위험지역(발전소 일반지역)	8.3-39
8.3.1.4.3.2	비위험지역(케이블 포설실)	8.3-39
8.3.1.4.4	제어반	8.3-39
8.3.1.4.5	케이블 및 전선로 설치	8.3-40
8.3.1.4.6	원자로건물 전기관통부집합체	8.3-41
8.3.1.5	케이블 정격감소와 케이블트레이 적재	8.3-41
8.3.1.5.1	케이블 정격감소	8.3-41
8.3.1.5.2	케이블트레이 적재 기준	8.3-41
8.3.1.5.3	절연	8.3-42
8.3.1.6	화재방호와 감지기	8.3-42
8.3.2	직류전력계통	8.3-42
8.3.2.1	계통 설명	8.3-42
8.3.2.1.1	비1E급 직류전력계통	8.3-43
8.3.2.1.1.1	125V 직류전력계통	8.3-43
8.3.2.1.1.2	120V 교류 계측 및 제어전력계통	8.3-43
8.3.2.1.1.3	250V 직류전력계통	8.3-43
8.3.2.1.1.4	대체교류전원발전기 125V 직류 전력계통	8.3-43
8.3.2.1.1.5	비1E급 축전지 및 충전기	8.3-44
8.3.2.1.2	1E급 직류전력계통	8.3-45
8.3.2.1.2.1	125V 직류전력계통과 120V 교류계측 및 제어전력계통	8.3-45
8.3.2.1.2.1.1	125V 직류 필수전력충전기	8.3-45
8.3.2.1.2.1.2	125V 직류전원 축전지	8.3-46
8.3.2.1.2.1.3	125V 직류제어반과 분전반	8.3-46
8.3.2.1.2.1.4	120V 교류 계측 및 제어전력계통	8.3-46

목 차 (6 중 5)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>	
8.3.2.1.2.1.5	125V 직류 전력계통과 120V 교류 계측 및 제어전력계통 상 태 정보	8.3-47	
8.3.2.1.2.1.6	삭제		2
8.3.2.1.2.2	시험	8.3-49	
8.3.2.1.2.2.1	가동전시험	8.3-49	
8.3.2.1.2.2.2	주기 시험	8.3-49	
8.3.2.2	분석	8.3-50	
8.3.2.2.1	원자로시설등의 기술기준에 관한 규칙 및 일반설계기준, 규제지침서, 산업 표준	8.3-50	
8.3.2.2.1.1	규칙 제24조 및 일반설계기준 17, 전력계통	8.3-50	
8.3.2.2.1.2	규칙 제41조 및 일반설계기준 18, 전력계통의 점검 및 시험	8.3-50	
8.3.2.2.1.3	규제지침서 1.6, 다중비상(소내)전원 간 및 해당 배전계통 간의 독립성	8.3-51	
8.3.2.2.1.4	규제지침서 1.32, IEEE 308-2001 사용, 원자력발전소 1E급 전기계통 기술기준	8.3-51	
8.3.2.2.1.5	규제지침서 1.41, 적정 부하그룹 배치를 확인하기 위한 다중 소내전력계통 가동전시험	8.3-51	
8.3.2.2.1.6	규제지침서 1.75, 전기계통의 물리적 독립성	8.3-52	
8.3.2.2.1.7	IEEE 308-2001, 원자력발전소 1E급 전기계통 기술기준	8.3-52	
8.3.2.2.1.8	KEPIC ENF-3400, 발전소 및 변전소용 대용량 거치형 납축전지 보수, 시험 및 교체에 관한 권고사항	8.3-54	
8.3.2.2.1.9	KEPIC ENB-6230, 원자력발전소 1E급 직류보조전력계통 설계에 관한 권고사항	8.3-54	
8.3.2.2.2	1E급 기기 검증요건	8.3-55	2
8.3.2.3	1E급 기기의 물리적 식별	8.3-55	
8.3.2.4	다중계통의 독립성	8.3-55	
8.3.3	전선계통의 화재방호	8.3-55	
8.4	<u>소내정전사고</u>	8.4-1	
8.4.1	대체교류전원	8.4-1	
8.4.1.1	비1E급 대체교류전원발전기	8.4-1	
8.4.1.1.1	대체교류전원 발전기의 기동과 부하투입	8.4-1a	1

목 차 (6 중 6)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>	
8.4.1.1.2	대체교류전원발전기의 보조계통	8.4-2	2
8.4.1.1.3	트립장치	8.4-2	
8.4.1.1.4	연동	8.4-3	
8.4.1.1.5	허용	8.4-3	
8.4.1.1.6	대체교류디젤발전기의 계측 및 제어	8.4-3	
8.4.1.1.7	대체교류전원발전기 주기시험	8.4-4	
8.4.2	분석	8.4-5	
8.4.2.1	소내정전사고 대처기간	8.4-6	2
8.4.2.2	소내정전사고 대처능력	8.4-7	
8.4.2.3	절차와 훈련	8.4-7	
8.4.2.4	품질보증	8.4-8	
8.4.3	이동형 발전기	8.4-8	
8.4.3.1	설계 기준	8.4-8	
8.4.3.1.1	이동형 발전기	8.4-8a	
8.4.3.1.2	이동형 발전기의 접속, 기동 및 부하투입	8.4-8a	
8.4.3.1.3	이동형 발전기의 보호 및 감시	8.4-8a	2
8.4.3.2	장기소내정전 사고 대처 분석	8.4-8b	
8.4.3.2.1	대처 분석	8.4-8b	
8.4.3.2.2	이동형 발전기 연료 공급	8.4-8c	
8.4.3.3	주기 시험	8.4-8c	

제 8 장 - 전력계통

표 목 차

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>	
표 8.1-1	안전성관련 부하의 종류 및 기능	8.1-19	
표 8.2-1	소외전력계통 고장 모드 및 영향 분석	8.2-6	
표 8.2-2	스위치야드 125 V DC 계통 고장 모드 및 영향 분석	8.2-8	
표 8.3.1-1	소내전력계통 고장유형 및 영향 분석	8.3-56	
표 8.3.1-2	계열 I 1E급 부하	8.3-67	
표 8.3.1-3	계열 II 1E급 부하	8.3-74	
표 8.3.1-4	전기 모선 부하	8.3-80	
표 8.3.1-5	제한된 위험지역의 최소 이격거리	8.3-83	
표 8.3.1-6	비위험지역의 최소 이격거리	8.3-84	
표 8.3.1-7	전기기기 보호장치 - 원자로건물 전기관통부 도체 과전류 보호장치	8.3-84a	2
표 8.3.1-8	전기기기 보호장치 - 전동기구동밸브의 열적 과부하 보호	8.3-84c	
표 8.3.1-9	열적 과부하 보호장치에 의해 보호받는 전동구동 밸브	8.3-84d	
표 8.3.2-1	125V 직류 1E급 필수전원계통 고장유형 및 영향 분석	8.3-85	
표 8.3.2-2	120V 교류 1E급 필수계측 및 제어전력계통 고장유형 및 영향 분석	8.3-87	
표 8.3.2-3	120V 교류 1E급 필수계측전원계통 부하	8.3-88	
표 8.3.2-4	125V 직류 1E급 필수전원계통 부하	8.3-90	
표 8.3.2-5	비1E급 직류계통 부하	8.3-96	
표 8.4-1	소내정전사고시 부하목록	8.4-9	
표 8.4-2	이동형 발전기 부하목록	8.4-10	2

제 8 장 - 전력계통

그림 목차

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>
그림 8.1-1	765 kV 및 345 kV 송전계통 구성도
그림 8.2-1	765 kV 스위치야드 단선도
그림 8.2-2	345 kV 스위치야드 단선도
그림 8.2-3	스위치야드 배치도
그림 8.3-1	발전소내 전력계통 단선도

## 8 전력계통

### 8.1 개요

발전소 정상운전 기간 동안에는 발전소 보조기기에 그리고 발전소 비정상 조건 및 사고 조건 동안에는 원자로보호계통과 공학적안전설비계통에 전력을 공급하도록 소외 및 소내 전력계통이 갖추어져있다.

#### 8.1.1 소외전력계통

한전 송전망계통은 다양한 전압의 서비스 구역에 전력을 공급하는 상호 연결된 수력, 화력 및 원자력 발전소들로 구성된다. 그림 8.1-1은 신한울 1,2호기의 송전계통 구성도를 나타낸다.

신한울 1,2호기의 765 kV 스위치야드는 765 kV 송전선로 2회선을 통하여 한전 송전망에 연결되며, 765 kV/345 kV 계통 연계용 변압기를 통하여 인근에 위치한 한울 5,6호기 스위치야드와 연결된다. 이와 독립된 345 kV 스위치야드는 한울 3,4호기 스위치야드와 각 2회선의 연결선로를 통하여 연결된다.

소내배전계통은 2개의 분리되고 독립된 회로를 통하여 765 kV 및 345 kV 스위치야드에 각각 연결된다.

765 kV 스위치야드는 주변압기를 통하여 소내 발전기차단기로 연결되어 있으며, 이 선로를 통해 발전소 정상운전기간 동안에는 송전망계통에 전력을 공급할 뿐만 아니라 즉시 가용할 수 있는 하나의 우선전력회로로 사용된다. 독립된 345 kV 스위치야드는 또 하나의 우선전력회로로 사용되며, 2대의 대기보조변압기를 통해 소내배전계통에 연결된다.

#### 8.1.2 소내전력계통

그림 8.3-1에 묘사된 것과 같이 발전소 소내전력계통은 주발전기, 발전기차단기, 주변압기, 소내보조변압기, 대기보조변압기, 비상디젤발전기, 대체교류전원발전기, 축전지, 그리고 보조전력계통으로 이루어져있다. 정상운전조건하에서, 주발전기는 상분리모선과 발전기 차단기를 통하여 주변압기와 소내보조변압기에 전력을 공급한다. 소내보조변압기는 발전기차단기와 주변압기 사이의 모선에 연결된다. 정상운전 동안 발전소 보조전력은 주발전기로부터 소내보조변압기를 통해 공급받는다. 발전소 기동과 운전정지 동안에는 발전기차단기가 개방되고, 발전소 보조전력은 스위치야드로부터 주변압기와 소내보조변압기를 통해 공급된다.

1E급 안전부하는 2개의 독립적이고 다중인 부하군 계열 I과 II로 나누어진다. 각 부하

계열은 우선순위대로 나열된 다음의 전원들로부터 전력을 공급받을 수 있다.

가. 주발전기

나. 주변압기와 소내보조변압기(우선 전력공급원-1)

다. 대기보조변압기(우선 전력공급원-2)

라. 비상디젤발전기

마. 대체교류전원발전기

바. 이동형 발전기

| 1

발전소정전사고(주발전기 정지, 소외전원 상실 및 소내 비상디젤발전기 기동실패)에 대비하기 위해 1E급 안전부하 2개의 계열 중 어느 한 계열의 안전정지부하는 10 CFR 50.63과 규제지침서 1.155의 요건에 따라 대체교류전원발전기로부터 독립적으로 전력을 공급받을 수 있다. 대체교류전원 발전기는 4개호기의 1E급 모선과 연결되는 1개의 비1E급 모선에 연결되며 각 1E급 모선은 1E급 모선과 비1E급 모선의 격리장치로 1E급 차단기를 두고 있다. 상세한 연결도는 그림 8.3-1로 제공되어있다. 대체교류전원발전기는 대체교류전원과 관련된 직류부하에게 전력을 공급하기 위하여 축전지와 충전기를 구비하고 있다.

| 1

이동형 발전기는 소내정전사고와 동시에 대체교류발전기 전원이 장기간 이용 불능인 조건에서 발전소 안전성 확보에 필요한 최소한의 부하들에 전원을 공급한다. 이동형 발전기에서 전원공급이 필요한 경우 운전원 조치에 의해 이동형 발전기를 연결단자함에 연결하고 계열(Division) I 또는 계열(Division) II의 안전급 고압차단기반과 접속하여 필요 부하에 2시간 이내에 전원공급이 가능하게 된다.

| 2

125 V 직류 필수계측 및 제어전원계통은 1E급 직류부하와 비상디젤발전기로 전력을 공급하는데 이용한다. 추가적으로, 이 계통은 인버터를 통해 1E급 120 V 교류부하에 전력을 공급한다.

발전소는 또한 비1E급 필수직류부하에 전력을 공급하는 125 V 직류 보조제어전원계통과 250 V 직류 보조전원계통을 구비하고 있다. 추가적으로, 이 계통도 또한 인버터를 통해 비1E급 120 V 교류 계측 및 제어부하에 전력을 공급한다.

소내전력계통은 8.3절에 상세히 기술되어 있다.

### 8.1.3 설계기준(Design Base)

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

소외 및 소내 전력계통에 대한 설계 기준이 아래에 제시되어있다.

### 가. 소외전력계통

- 1) 2개의 소외전력회로 각각은 충분한 용량을 가지고 있으며, 정상시 가압되어 있으며, 노심 냉각, 원자로건물 건전성 그리고 다른 필수 안전기능들이 유지되도록 냉각재상실사고에 이어 수 초 내에 발전소 안전성관련 계통으로 전력을 공급하는데 이용된다.

Intentionally  
Blank

- 2) 2개의 소외 전력회로는 정상 및 가상사고 조건하에서 이들 회로의 이용성을 확보하기 위하여 독립적이고 물리적으로 이격되도록 설계된다.

#### 나. 소내전력계통

- 1) 1E급 소내전력계통은 자연재해로부터 보호받도록 내진범주 I급 구조물 내에 위치한다.
- 2) 다중 1E급 소내전력계통 기기는 단일사고 발생시 발전소보호계통의 안전기능이 수행된다는 것을 보장하기 위하여 충분한 독립성을 갖는 격리된 방이나 화재방호구역에 위치한다.
- 3) 각 모선에서의 전압 레벨은 전원의 전압 변동 예상범위에 걸쳐 발생할 것으로 보는 전부하와 최소부하 조건에 대해 변압기의 전압 탭 설정을 조정하여 최적화된다.
- 4) 1E급 소내전력계통은 소외전원상실을 가정한 사고 영향을 완화하고 발전소를 안전하게 정지시키기에 충분한 용량을 갖는다.
- 5) 2대의 소내보조변압기와 2대의 대기보조변압기는 55℃/65℃ 온도상승과 유입자냉식/유입풍냉식(ONAN/ONAF)정격으로 부하군 내 모선들의 전부하에 전력을 공급할 수 있는 용량을 갖는다. 이들 모선은 계열별로 2개의 13.8 kV 비1E급 모선, 2개의 4.16 kV 비1E급 모선, 2개의 4.16 kV 1E급 모선 그리고 관련된 저압배전반과 전동기제어반으로 이루어진다.

향후 부하 증가를 위한 추가적인 여유가 다음과 같이 고려된다.

- 가) 소내보조변압기와 대기보조변압기는 55℃ 온도상승에서 100%의 부하 그리고 65℃ 온도상승에서 112%의 부하를 허용하기 위하여 55/65℃ 온도상승 용량정격을 갖는다.

- 나) 소내보조변압기와 대기보조변압기의 유입풍냉식(ONAF) 정격은 유입자냉식(ONAN) 정격의 133.33% 이다.

- 6) 1E급 소내전력계통은 계통의 연속성과 부품의 상태를 평가하기 위하여 적절한 감시, 주기적인 검사 그리고 중요한 부분과 기기의 시험을 할 수 있도록 설계된다.
- 7) 비상디젤발전기는 사고 또는 소외전원상실 발생시 자동으로 기동되도록 설

계된다. 비상디젤발전기는 1E급 모선의 전체 kW와 kVA 부하에 전력을 공급하도록 선정된다. 비상디젤발전기는 또한 규제지침서 1.9에 언급된 전압과 주파수 허용 제한치를 초과하지 않고 부하인가 순서대로 모든 부하를 기동할 수 있는 용량으로 선정된다. 디젤기관은 전체 kW에 10%의 여유를 포함한 용량으로 발전기는 최소한, 연속정격 내에서 역률 0.8에서의 kW 단위의 용량으로 선정된다. 전선과 1E급 저압배전반 변압기에서의 손실이 디젤발전기의 정격에 포함된다.

- 8) 필수 축전지는 단일고장을 가정한 가상사고시 요구되는 안전기능들을 수행하는데 필요한 직류전원을 충전기 없이 공급할 수 있는 충분한 용량을 갖는다.
- 9) 각 필수 충전기는 축전지를 재충전하는 동시에 할당된 정상상태(steady-state)부하에 전력을 공급하기 위한 충분한 용량을 갖는다.
- 10) 비1E급 대체교류전원발전기는 규제지침서 1.155에 따라 소내정전사고(SBO)의 영향을 완화하기 위해 제공된다. 비 1E급 이동형 발전기는 대체 교류전원이 이용 불가능한 상황을 위해 제공된다.
- 11) 배전계통은 7.4.1.1.10절과 7.7.1.3절에 언급된 바와 같이 주제어실과 원격정지반 사이의 독립성이 유지되도록 설계하여 두 장소 중의 어느 한 장소의 화재가 다른 장소에서의 운전을 방해할 수 없게 한다.
- 12) 발전소의 정상운전, 사고 또는 사고 후 운전 기간 동안에 비1E급 전기기기의 고장으로 인하여 1E급 전기기기에 악영향을 미치지 않도록 설계된다.

1E급 기기가 사고 후 환경이나 지진사고로 인해 비1E급 전기기기로부터 악영향의 위험이 있는 경우, 비1E급 전기기기를 1E급 기기와 같은 검증기준에 따라 1E급 전기기기에 악영향이 발생치 않도록 검증한다.

#### 8.1.4 안전성관련 부하

안전기능수행을 위하여 1E급 전력이 요구되는 안전성관련 부하 및 부하들의 안전기능에 대한 설명은 표 8.1-1에 나타나 있다.

#### 8.1.5 설계기준(Design Criteria)

1E급 교류와 직류 전력계통 설계에 고려된 원자로시설등의 기술기준에 관한 규칙 및 일반설계기준(GDC), 미국 원자력규제위원회 규제지침서, 전력기술기준(KEPIC), 국제화재방지협회(NFPA) 표준 그리고 전기전자기술자협회(IEEE) 표준을 포함하는 설계기준이 아래

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

에 제시되고 기술되어 있다.

### 8.1.5.1 원자로시설등의 기술기준에 관한 규칙 및 일반설계기준

전력계통은 원자로시설등의 기술기준에 관한 규칙 제13조, 15조, 16조, 23조, 24조, 41조와 10 CFR 50, 부록 A의 일반설계기준(GDC) 2, 4, 5, 17, 18 및 50의 기준을 만족한다. 원자로시설등의 기술기준에 관한 규칙 및 일반설계기준의 준수 내용은 3.1절에 기술되어 있다.

### 8.1.5.2 미국 원자력규제위원회 규제지침서

#### 가. 규제지침서 1.6

교류와 직류 모두를 포함하는 1E급 소내전력계통의 설계는 8.3.1.2.3절과 8.3.2.2.1.3절에 기술된 바와 같이 규제지침서 1.6의 내용을 만족한다.

#### 나. 규제지침서 1.9

예비 전력원으로 이용되는 비상디젤발전기의 선정 기준은 8.3.1.2.4절에 언급된 바와 같이 규제지침서 1.9의 내용을 만족한다.

#### 다. 규제지침서 1.26

소내전력계통 주요 기기의 1E급 부분에 대한 품질그룹 분류는 3.2.2절에 식별되어 있다.

#### 라. 규제지침서 1.29

1E급 전력계통 기기는 규제지침서 1.29 내용에 따라 내진범주 I급으로 분류된다. 내진범주 I급 전기기기의 검증이 3.10절에 기술되어 있다.

#### 마. 규제지침서 1.30

1E급 전기기기의 설치, 검사, 시험에 대한 품질보증 요건들이 17장 품질보증계획에 기술되어 있다.

#### 바. 규제지침서 1.32

교류와 직류 모두를 포함한 1E급 소내전력계통의 설계는 8.3.1.2.5절과 8.3.2.2.1

절에 언급된 바와 같이 규제지침서 1.32의 권장 내용을 만족한다.

사. 규제지침서 1.41

1E급 전력계통에 대한 부하 배정을 검증하기 위한 가동전시험이 14장에 기술된 시험들에 포함되어 있으며, 이 규제지침서의 내용과 일치한다.

아. 규제지침서 1.47

우회 및 운전불능상태에 대한 자동지시가 7.3.1.1.3.3절과 7.5.2.6절 및 8.3.1.2.11절에 기술된 바와 같이 안전성이 요구되는 1E급 전력계통에 대해서 제공된다.

| 2

자. 규제지침서 1.53

교류와 직류 모두를 포함한 1E급 소내전력계통은 8.3.1.1.2절과 8.3.2.1.2절에 기술된 것과 같이 단일고장사고시 안전기능을 수행하기에 충분한 독립성과 다중성을 갖는다.

차. 규제지침서 1.62

안전성이 요구되는 1E급 전력계통의 수동작동 수단이 8.3.1.1.4.1절에 서술된 것과 같이 규제지침서 1.62 권고 사항을 만족하도록 주제어실 내에 설치된다.

카. 규제지침서 1.63

원자로건물 내 전기 관통부 집합체의 설계, 구조, 설치에 대해 규제지침서 1.63에 설명된 기계적, 전기적 그리고 시험 요건을 만족한다.

전기관통부에 대한 내환경검증에 관한 정보는 3.11절을 참고한다.

타. 규제지침서 1.68

가동전시험은 14장에 기술된 것과 같이 이 규제지침서의 내용을 만족한다.

파. 규제지침서 1.73

원자로건물 내부에 위치한 1E급 전기구동밸브의 검증이 3.11절에 기술되어 있다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 거. 규제지침서 1.75

1E와 연계케이블 및 감지기로부터의 감지선로의 포설은 규제지침서 1.75와 1.151의 내용을 만족한다. 이들은 공통모드고장의 가능성을 최소화하도록 배치된다. 규제지침서는 원자로보호계통과 같이 4개의 안전 채널들에 대한 선로는 각각 분리하여 포설되도록 요구한다. 그러나 한 채널 내에 있는 다른 안전기능의 케이블들은 같이 포설될 수 있다. 저 전력 신호케이블은 모든 전력용 케이블로부터 이격하여 포설한다. 안전성관련 다중 감지기들은 이격된다. 안전성관련 케이블의 이격은 그 케이블들이 각각 다른 전선로로 포설되는 것을 필요로 한다. 다중 채널로부터의 연계 회로의 케이블 포설은 1E급 케이블 포설과 동일하게 취급한다.

안전성관련 회로의 다중 채널과 연계되는 케이블 포설은 단일사고가 여러 개의 채널에 오동작을 유발시키거나 채널들 사이에 간섭이 일어나지 않도록 포설된다.

1E급 또는 연계회로 및 케이블의 근접한 곳에 위치한 비1E급 계측회로와 케이블(저전력)은 이들 비1E급에 취해진 조치가 1E급 회로에 악 영향을 주지 않는다는 것을 증명하는 분석이나 시험이 없다면 연계회로로서 취급된다. 비1E급 채널 M과 N의 계측 및 제어회로와 선로는 서로 이격되어진다.

다중 계통의 독립성은 8.3.1.4절에 더 자세히 기술되어 있다.

### 너. 규제지침서 1.81

8.3.1.1.2절과 8.3.2.1.2절에 기술된 바와 같이 1E급 교류와 직류 전력계통은 발전소 간에 서로 공유하지 않으며, 이 지침서의 내용과 일치한다.

### 더. 규제지침서 1.89

규제지침서 1.89에 대한 준수 내용이 3.11절에 기술되어 있다.

### 러. 규제지침서 1.93

운전제한조건에 대한 전력원의 이용률이 운영기술지침서에 제시되어있다.

### 머. 규제지침서 1.97

사고감시계측장비의 설계와 설치는 규제지침서 1.97의 내용을 준수한다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 버. 규제지침서 1.100

내진범주 I급의 계측장비와 전기기기의 내진검증이 3.10절에 기술되어 있다.

### 서. 규제지침서 1.106

1E급 전동기구동밸브 회로 내에 있는 열적과부하 보호장치의 적용은 규제지침서 1.106의 내용을 준수한다. 열적과부하 보호장치는 8.3.1.1.2.10절에 기술된 것과 같이 트립으로 사용되며, 트립정정치는 해당 밸브의 안전기능 수행에 문제가 없도록 선정된다.

### 어. 규제지침서 1.118

1E급 전력계통의 주기시험에 관한 8.3.1.1.3.2절과 8.3.2.1.2.2.2절의 기술내용은 규제지침서 1.118의 내용을 준수한다. 주기시험 요건은 운영기술지침서에 제시되어 있다.

### 저. 규제지침서 1.128

1E급 축전지의 설계와 설치는 8.3.2.1.2.1절에 기술한 것과 같이 규제지침서 1.128의 내용을 준수한다.

### 처. 규제지침서 1.129

대용량 납축전지의 보수, 시험, 교체는 규제지침서 1.129의 내용을 준수한다.

### 커. 규제지침서 1.153

안전성관련 계통의 동력, 계측, 제어부분의 설계, 신뢰도, 검증 그리고 시험성은 규제지침서 1.153의 내용을 준수한다. 여기에 기술한 동력이란 의미는 전기적, 공기적, 유압적인 힘을 포함하고 있다.

### 터. 규제지침서 1.155

소내대체교류(AAC)전원 계통의 설치와 설계는 발전소정전에 대한 규제지침서 1.155의 내용을 준수한다. 대체교류전원은 발전소가 10 CFR 50의 50.63절에 따라 노심 냉각과 원자로의 건전성을 유지시킬 수 있도록, 발전소완전정전(SBO) 개시 10분 내에 하나의 1E급 부하 계열의 모선에 전력을 공급할 수 있도록 설

계된다.

대체교류전원발전기는 발전소 주 또는 대기 소외전력원 또는 1E급 안전계열 배전계통에 정상적으로는 직접 연결되지 않는다. 소외전력계통 또는 비상디젤 발전기들과의 공통유형고장의 가능성을 최소화하여야 한다.

대체교류전원발전기는 8.4.1.1절에 자세히 기술되어 있다.

퍼. 규제지침서 1.158

1E급 납축전지의 검증시험은 규제지침서 1.158의 내용을 준수한다.

고. 규제지침서 1.160

비상디젤발전기는 8.3.1.1.4절에 기술된 것과 같이 규제지침서 1.160에 따른 보수프로그램을 갖는다.

노. 규제지침서 1.168

디지털 계전기 소프트웨어에 대한 확인, 검증, 검토 및 감사는 규제지침서 1.168의 내용을 준수한다.

도. 규제지침서 1.169

디지털 계전기 소프트웨어에 대한 형상관리는 규제지침서 1.169의 내용을 준수한다.

로. 규제지침서 1.170

디지털 계전기 소프트웨어에 대한 소프트웨어 시험 문서는 규제지침서 1.170의 내용을 준수한다.

모. 규제지침서 1.171

디지털 계전기 소프트웨어에 대한 단위시험은 규제지침서 1.171의 내용을 준수한다.

보. 규제지침서 1.172

디지털 계전기 소프트웨어에 대한 요건사항서는 규제지침서 1.172의 내용을 준수한다.

소. 규제지침서 1.173

디지털 계전기 소프트웨어에 대한 생명주기개발은 규제지침서 1.173의 내용을 준수한다.

오. 규제지침서 1.180

1E급 계측 및 제어계통 내에서 전자파장해(EMI/RFI)를 평가하기 위한 지침은 7.1.2.38절에 기술한 것과 같이 규제지침서 1.180의 내용을 준수한다.

조. 규제지침서 1.204

낙뢰로부터 발생하는 Fast Transient Overvoltage에 대비한 낙뢰방지계통의 설계와 관련된 지침으로 규제지침서 1.204의 내용을 준수한다.

초. 규제지침서 1.210

1E급 충전기 및 인버터 내환경 검증은 규제지침서 1.210의 내용을 준수한다.

코. 규제지침서 1.211

원자력발전소의 안전성관련 전기케이블과 현장전선 이음에 대한 검증 시험은 규제지침서 1.211의 내용을 준수한다.

8.1.5.3 전력기술기준(KEPIC)

가. KEPIC EED-1200

저압차단기의 정격차단용량은 8.3.1.1.1.5에 기술된 바와 같이 KEPIC EED-1200의 요건을 따르고 있다.

나. KEPIC EEG-1100

대용량 납축전지의 보관, 장소, 설치, 환기, 계측, 사전 조립, 조립, 충전에 대해 권고되는 설계 경험과 절차들이 8.3.2.1절에 제공되어 있다.

대용량 납축전지의 용량 선정에 권고되는 설계 경험들이 8.3.2.1절에 기술된 것과 같이 KEPIC EEG-1100의 요건을 준수하고 있다.

다. KEPIC EEL-1000

발전소에 사용하는 저전압 무정전 전원장치에 대한 적용 및 성능요건에 대해 기술되어 있다.

라. KEPIC ENB-2000

전기 1E급 계통기기 회로의 식별 및 물리적인 이격은 8.3.1.3 및 8.3.1.4.2에 기술된 바와 같이 KEPIC ENB-2000의 요건을 따르고 있다.

마. KEPIC ENB-2100

전기 1E급 계통의 회로 및 기기 구성 또는 전기 1E급과 연계 회로에 대한 격리요건은 KEPIC ENB 2100을 따르고 있다.

바. KEPIC ENB-5000

1E급과 비1E급 모선의 전압저하와 전압상실 상태에 대한 보호가 8.3.1.1.2.10절에 기술되어 있다.

사. KEPIC ENB-6100

원자력발전소의 원자로 보호 계통의 안전성 관련 기능적 성능과 신뢰도에 관한 최소한의 요건은 KEPIC ENB-6100을 따르고 있다.

아. KEPIC ENB-6210

원자력발전소내의 교류, 직류, 계측 제어 전력계통 및 기기중 전기 1E급으로 분류되는 부분에 대한 적용은 KEPIC ENB-6210의 요건을 따르고 있다.

자. KEPIC ENB-6220

소외우선전력공급계통 및 소외계통과 소내전력계통과의 연계 설비는 KEPIC ENB-6220에 따라 설계된다. 소외전력공급계통은 8.2.1.3절과 8.2.1.4절에 언급된 것과 같이 2개의 독립된 송전선로로 구성되어있다. 이들 송전선로들은 송전탑 사고 또는 다른 송전선로와의 교차로 인하여 2개의 송전선로가 동시에

전력을 상실할 가능성이 최소화되도록 설계된다. 스위치야드 설계는 우선전력 공급선로 모두가 동시에 상실됨으로써 유발되는 단일기기고장 가능성을 최소화하도록 설계된다.

차. KEPIC ENB-6230

1E급 직류 보조전력 계통의 설계를 위해 권고되는 설계 경험이 8.3.2.1.2절에 기술된 것과 같이 KEPIC ENB-6230의 요건을 따르고 있다.

카. KEPIC ENB-6240

비상디젤발전기의 가동전시험과 주기시험은 8.3.1.1.4.11절에 기술된 바와 같이 KEPIC ENB-6240의 요건을 따르고 있다.

타. KEPIC ENB-6430

원자력발전소 전기 관통부 집합체의 설계, 제작, 검증, 시험 및 설치에 대한 요건은 KEPIC ENB-6430을 따르고 있다.

파. KEPIC END-3220

원자력발전소의 가혹한 환경과 온화한 환경(harsh and mild environment)에 모두 적용되는 전기 1급(Class 1E) 전동기 제어반에 대한 검증의 기본 원칙, 요건 및 방법을 규정한다.

하. KEPIC END-3500

원자력발전소에서 사용되는 1E급 납축전지와 가대에 대한 검증방법이 8.3.2.1절에 제공된다.

거. 삭제

너. KEPIC ENF-3400

개방형 납 축전지 정비, 시험 및 교체에 관한 권고사항이 8.3.2.2.1.8에 기술된 바와 같이 KEPIC ENF-3400의 요건을 따르고 있다.

커. KEPIC ENB-6210

원자력발전소의 전기 1E급 전력계통 설계에 대한 요건은 KEPIC ENB-6210을 따르고 있다.

터. KEPIC ENB-3000

단일고장 기준은 8.3.1.2.7에 기술된 바와 같이 KEPIC ENB-3000의 요건을 따르고 있다.

8.1.5.4 전기전자기술자협회(IEEE) 표준

미국 원자력규제위원회 규제지침서에 기술된 IEEE 표준들이 8.1.5.2절에 기술된 해당되는 규제지침서 내에 포함되어 있으며, 그 이외의 것들과 주요 표준들은 아래와 같다.

가. ANSI C37.16-2000

저압차단기에 대한 주요 정격이 8.3.1.1.5에 기술되어 있으며, ANSI C37.16-2000을 따르고 있다.

나. IEEE 43 - 2000

회전기기의 전기자와 계자 권선의 절연저항 측정을 위한 절차에 대해 IEEE 43-2000을 따르고 있다.

다. IEEE 67 - 2005

원통형 회전자를 가진 터빈 구동 동기 발전기의 운전, 로딩 및 보수에 대하여 IEEE 67-2005의 일반적인 권고 사항을 따르고 있다.

라. IEEE 308-2001(해외구매품목 해당)

원자력발전소의 전기 1E급 전력계통설계에 대한 주요 기술기준은 IEEE 308-2001을 따르고 있다.

마. IEEE 334-1994

전기 1급 기기가 선행하는 수 회에 걸친 운전 기준 지진(OBE)과 이후에 발생

하는 1회의 안전 정지 지진(SSE) 발생기간 동안 및 지진 이후에도 그 성능 요건을 만족함을 입증하는 데이터를 산출 할 절차의 확립 방법은 IEEE 334-1987을 준수한다.

바. IEEE 338-1987(R1993)

원자력 발전소 안전 계통 감시 프로그램(Surveillance program)의 일부인 주기 시험(Periodic) 수행에 관한 계획 및 운영 기준은 IEEE 338-1987을 준수한다.

사. IEEE 379-2000

원자력 발전소 안전 계통 중 전력, 계측 및 제어 계통 부분에 대한 단일 고장 기준의 적용에 대해 IEEE 379-2000를 준수한다.

아. IEEE 383-2003

원자력 발전소내의 사용되는 케이블은 IEEE 383-2003에 따라 난연성 시험이 통과했다는 내용이 8.3.1.6에 기술되어 있다.

자. IEEE 384-1992(해외구매품목 해당)

전기 1E급 계통의 회로 및 기기구성 또는 전기 1E급과 연계회로에 대한 독립성 요건은 IEEE 384-1992를 따르고 있다.

차. IEEE 387-1995(해외구매 품목 해당)

비상디젤발전기의 가동전시험과 주기시험은 8.3.1.1.4.11절에 기술된 것과 같이 IEEE 387-1995의 요건을 따르고 있다.

카. IEEE 420 - 1982

전기1E급(Class 1E) 제어반, 패널 및 랙에 대한 설계 및 검증에 적용한다.

타. IEEE 422 - 1986

발전소의 케이블 설계 및 설치에 대한 기준은 IEEE 422-1986을 따르고 있다.

파. IEEE 450-1995(해외구매품목 해당)

납 축전지 보수, 시험 및 교체관한 권고사항이 8.3.2.2.1.8에 기술되어 있으며,

IEEE 450-1995를 따르고 있다.

하. IEEE 484-1996(해외구매 품목 해당)

대용량 납축전지의 보관, 장소, 설치, 환기, 계측, 사전 조립, 조립, 충전에 대해 권고되는 설계 경험과 절차들이 8.3.2.1절에 제공되며 IEEE 484-1996을 준수하고 있다.

거. IEEE 485-1997(해외구매 품목 해당)

대용량 납축전지의 용량 선정에 권고되는 설계 경험들이 8.3.2.1절에 기술된 것과 같이 IEEE 485-1997의 요건을 준수하고 있다.

너. IEEE 535-1986(재확인 1994),(해외구매 품목 해당)

원자력 발전소에서 사용되는 1E급 납축전지와 가대에 대한 검증 방법이 8.3.2.1절에 제공되며 IEEE 535-1986을 준수하고 있다.

더. IEEE 603-1998

안전계통의 전력, 계측 및 제어계통 부분에 대한 최소한의 기능요건 및 설계 요건은 IEEE 603-1998을 따르고 있다.

러. IEEE 627 - 1980(R 1997)

안전 계통 기기의 설계 검증을 입증하기 위한 기본 원칙과 지침을 제시하는데 적용한다.

머. IEEE 628 - 1987(R 1993)

원자력 발전소 전기 기기 및 부품 외부의 전기1E급(Class 1E)회로에 대한 전선로 계통의 설계, 설치 및 검증 요건을 규정하는데 적용한다.

버. IEEE 638 - 1992

원자력 발전소의 온화한 환경에 위치한 전기1E급(Class 1E) 변압기가 안전기 능수행을 위해 타당함을 입증하기 위한 요건은 IEEE 638-1992를 따르고 있다.

서. IEEE 649 - 1991

원자력 발전소의 가혹한 환경과 온화한 환경(Harsh and mild environment)에 모두 적용되는 전기1E급(Class 1E) 전동기 제어반에 대한 검증의 기본 원칙, 요건 및 방법을 규정하는데 적용한다.

어. IEEE 650-2006

충전기 및 인버터 내환경 검증에 적용되는 주요 기술기준은 IEEE 650-2006을 준수하고 있다.

저. IEEE 650-2006(해외구매품목 해당)

충전기 및 인버터에 대한 기기 검증에 대한 기술기준은 IEEE 650-2006을 따르고 있다.

처. IEEE 665-1995

발전소 옥내, 옥외구조물 및 기기접지에 적용되는 주요 기술기준은 IEEE 665-1995를 준수하고 있다.

커. IEEE 666-1991

일반 기기접지에 적용되는 주요 기술기준은 IEEE 666-1991을 준수하고 있다.

터. IEEE 690 - 1984(R 1966)

원자력 발전소의 연계회로(Associated circuits)를 포함한 안전성관련 전기 케이블 계통의 설계 및 설치에 대한 지침을 규정하는데 적용한다.

퍼. IEEE 692-1997

원자력 발전소의 물리적 방호규정에 적용되는 주요 기술기준이 13.6절에 제공되어 있으며, IEEE 692-1997을 따르고 있다.

허. IEEE 741-1997(해외구매품목 해당)

1E급과 비1E급 모선의 전압 저하와 전압 상실상태에 대한 보호가 8.3.1.1.5절에 기술되어 있으며, IEEE 741-1997을 따르고 있다.

고. IEEE 828-1998

전기 1E급 디지털 설비의 소프트웨어 형상관리에 대한 주요 기술기준은 IEEE 828-1998을 따른다.

노. IEEE 829-1983

전기 1E급 디지털 설비의 소프트웨어 시험에 대한 주요 기술기준은 IEEE 829-1983을 따른다.

도. IEEE 830-1998

전기 1E급 디지털 설비의 소프트웨어 요건사양서에 대한 주요 기술기준은 IEEE 830-1998을 따른다.

로. IEEE 944 - 1986(R 1966)

발전소에 사용하는 저전압 무정전 전원장치(UPS)에 대한 적용 및 성능요건은 IEEE 944-1986을 따르고 있다.

모. IEEE 946-1992(해외구매품목 해당)

1E급 직류보조전력계통의 설계를 위해 권고되는 설계경험이 8.3.2.1.2절에 기술되어 있으며, IEEE 946-1992를 따르고 있다.

보. IEEE 1008-1987

전기 1E급 디지털 설비의 소프트웨어 단위시험에 대한 주요 기술기준은 IEEE 1008-1987을 따른다.

소. IEEE 1012-1998

전기 1E급 디지털 설비의 소프트웨어 V&V에 대한 주요 기술기준은 IEEE 1012-1998을 따른다.

오. IEEE 1028-1997

전기 1E급 디지털 설비의 소프트웨어 검토와 감사에 대한 주요 기술기준은 IEEE 1028-1997을 따른다.

조. IEEE 1050-2004

계기 및 제어기기에 적용되는 주요 기술기준은 IEEE 1050-2004를 준수하고 있다.

초. IEEE 1074-2006

전기 1E급 디지털 설비의 소프트웨어 생명주기개발에 대한 주요 기술기준은 IEEE 1074-2006을 따른다.

코. IEEE C37.013-1997

발전기차단기에 대한 주요 정격이 8.3.1.1.1.나. 항에 기술된 것과 같이 IEEE C37.013-1997을 준수하고 있다.

토. IEEE C37.06-2000(해외구매품목 해당)

고압차단기에 대한 주요 정격이 8.3.1.1.1.3 및 8.3.1.1.1.4에 기술되어 있으며, IEEE C37.06-2000을 따르고 있다.

포. IEEE C37.100-1992

전력 배전반을 위한 용어 및 정의는 IEEE C37.100-1992를 따르고 있다.

호. IEEE C37.90-1994

보호계전기에 적용되는 주요 기술기준은 IEEE C37.90-1994를 따르고 있다.

구. IEEE C50.13-2005

주발전기에 적용되는 주요 기술기준은 IEEE C50.13-2005를 따르고 있다.

누. IEEE C57.12.00-2000

주변압기에 적용되는 주요 기술기준은 IEEE C57.12.00-2000을 따르고 있다.

두. IEEE C62.22-1997

교류 계통에서 피뢰기의 적용기준은 IEEE C62.22-1997을 따르고 있다.

루. IEEE C62.23-1995

서지에 대한 보호와 관련하여 서지보호방법 및 과전압에 의한 통신, 제어 및 보호회로의 장애를 감소시키는 주요 기술기준은 IEEE C62.23-1995를 따르고

있다.

무. UL 489 - 2002

480 V 전동기제어반 배선용 차단기의 주요 기술기준은 UL 489-2002를 따르고 있다.

2

#### 8.1.5.5 미국 원자력규제위원회(NRC) Branch Technical Positions

가. Branch Technical Position 8-1(SRP 8.1) "Requirements on Motor-Operated Valves in the ECCS Accumulator Lines"

2

표준심사지침 8.1의 Branch Technical Position 4에서는 “운전중 우회”로서 안전주입탱크 전동기구동 격리밸브를 기술하고 있다. 원자로냉각재계통이 안전주입탱크의 운전성을 필요로 하는 조건일 때, 밸브가 열린다는 것을 확인하도록 제어 논리가 이행된다. 안전주입탱크에 대한 상세한 내용은 6.3.2.2.2절에 기술한다.

나. Branch Technical Position 8-2(SRP 8.1) "Use of Diesel Sets for Peaking"

2

신한울 1,2호기 설계는 비상디젤발전기의 부하시험이 필요한 정기적인 시험기간을 제외하고는 전력을 송전망으로 공급하기 위해 비상디젤발전기를 이용하지 않는다.

다. Branch Technical Position 8-3(SRP 8.1) "Stability of Offsite Power Systems"

2

송전계통 신뢰도 대책에 대해서 송전계통망에 연결되어 가장 큰 용량으로 운전 하는 발전기의 갑작스런 발전 상실이 전력계통 안정도를 상실시키는 결과

Intentionally  
Blank

- 를 야기하지 않는다. 상세한 내용은 8.2.1.5절 및 8.2.2.1절에 기술한다. | 1
- 라. Branch Technical Position 8-4(SRP 8.1) "Application of the Single Failure Criterion to Manually-Controlled Electrically-Operated Valve" | 2
- 신한울 1,2호기 설계는 8.3.1.2.11절에 기술된 것처럼 Branch Technical Position 18(SRP 8.1)의 지침과 고려사항을 반영한다.
- 마. Branch Technical Position 8-5(SRP 8.1) "Guidance for Application of Regulatory Guide 1.47" | 2
- 규제지침서 1.47과 관련한 Branch Technical Position 21(SRP 8.1)의 규정이 7.2.1.1.5절과 7.3.1.1.3절에 기술되어 있다.
- 바. Branch Technical Position 8-6(SRP 8.1) "Adequacy of Station Electric Distribution System Voltage" | 2
- 1E급 및 비1E급 모선에 대한 전압저하와 전압상실에 대한 보호가 8.3.1.1.5절에 기술된 것과 같이 제공된다.
- Branch Technical Position PSB-1의 3절에 따른 배전계통 모선의 전압수준을 결정하기 위한 전압 검토가 IEEE 141-1993 그리고/또는 허용 가능한 산업 표준 또는 설계경험에 따라 수행된다. 덧붙여 이 검토 결과는 PSB-1의 4절에 따른 시험에 의해서 검증된다.
- 발전소 배전계통 내 모든 변압기에 대한 전압 탭 설정 계산이 발전소 내 전압 수준을 최적화하기 위하여 수행된다.
- 1E급 스위치기어에 제공된 1단계와 2단계 부족전압 보호를 위한 계전기와 타이머의 정정은 Branch Technical Position PSB-1에 따라 계산된다.
- 사. Branch Technical Position 8-7(SRP 8.1) "Criteria for Alarms and Indications Associated with Diesel-Generator Unit Bypassed and Inoperable Status" | 2
- 비상디젤발전기의 이용률에 대한 규제지침서 1.47과 연관된 Branch Technical Position PSB-2(SRP 8.1)의 규정이 8.3.1.1.4.7절에 서술되어 있다.
- 아. 한국원자력안전기술원 안전심사지침 8.2 부록 8.2-1 "발전기차단기 및 부하차단스위치에 대한 지침"

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

발전기차단기는 8.3.1.1.1절과 8.3.1.1.3.2절에 기술된 것처럼 안전심사지침 8.2 부록 8.2-1의 특정 지침에 따라 정상상태 운전, 전력계통 과도 그리고 단락사고 동안 발전기차단기의 정해진 기능을 수행하도록 설계되고 시험된다.

- 자. 한국원자력안전기술원 안전심사지침 8.2 부록 8.2-2 “소내정전사고에 대한 대체교류전원의 검토 지침

대체교류전원설비는 8.4.1.1절에 기술된 것과 같이 안전심사지침 8.2 부록 8.2-2의 지침에 따라 그들의 정해진 기능을 수행하도록 설계된다.

### 8.1.5.6 국제화재방지협회(NFPA) 표준

- 가. NFPA 780

소내전력계통과 소외전력계통의 낙뢰보호 기술기준을 적용한다.

표 8.1-1 (2 중 1)

안전성관련 부하의 종류 및 기능

<u>안전성 관련 부하</u>	<u>기 능</u>	
가. 교류전력이 공급되는 부하/계통		
안전주입계통/정지냉각계통	비상노심냉각 및 정지냉각	2
원자로건물살수계통	원자로건물 비상냉각 및 핵분열생성물 제거	
1차측기기냉각수계통	공학적안전설비, 비상디젤발전기 및 안전성관련 교류전력 기기에 냉각수 공급	
1차측기기냉각해수계통	1차측기기냉각수열교환기용 냉각수 제공	
필수냉각수계통	공기조화계통의 냉각기에 냉각수 제공	
보조급수계통	주급수계통의 고장시 증기발생기에 공급	
화학 및 체적제어계통	원자로냉각재 화학성분 조절, 체적 제어	
사용후연료저장조 냉각계통	사용후연료 냉각	
안전성관련 공기조화 및 환기계통	1E급 전기, 제어 및 공학적안전설비 지역에 대한 냉각	

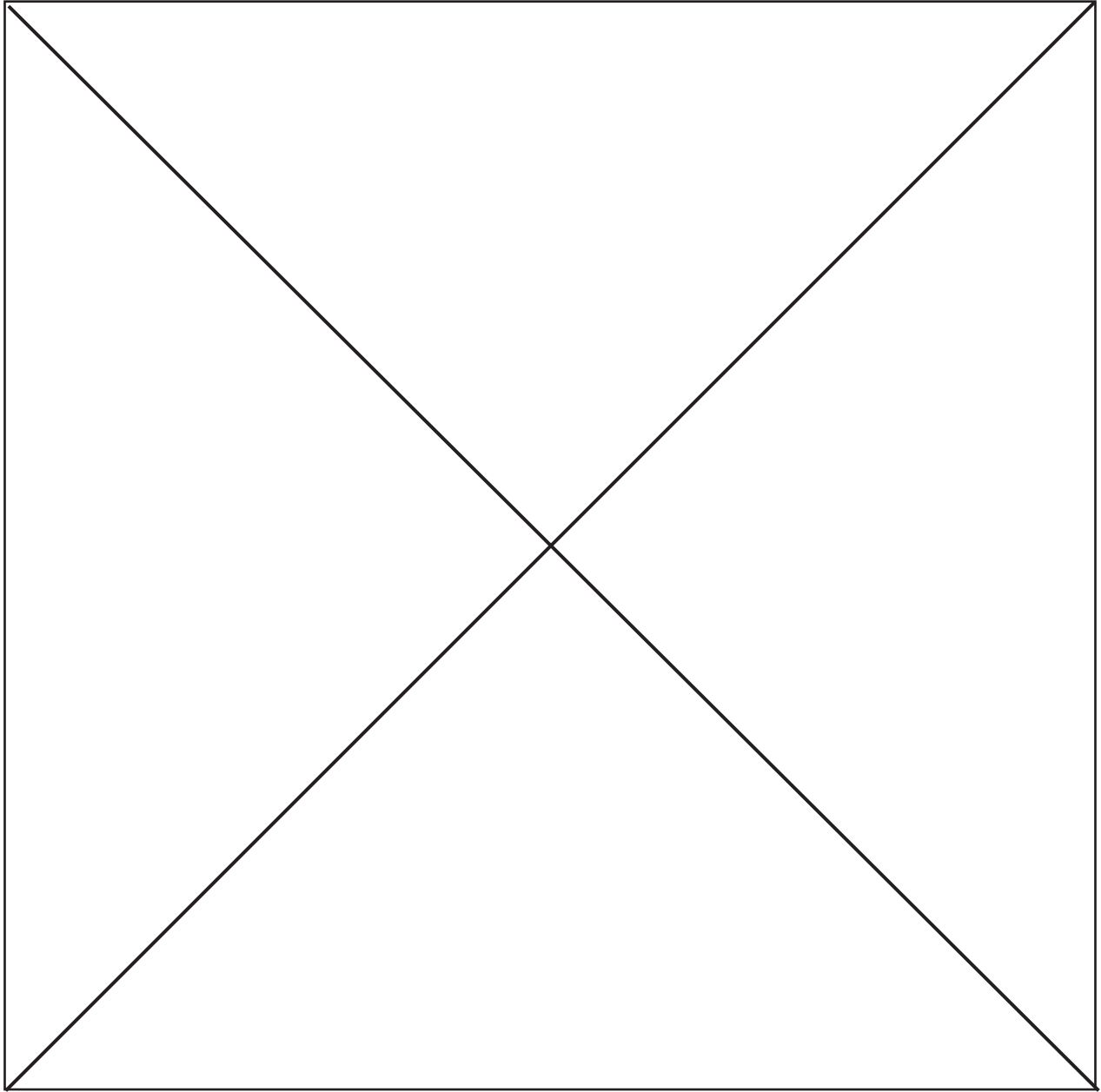
표 8.1-1 (2 중 2)

<u>안전성 관련 부하</u>	<u>기 능</u>
전동기구동밸브 (1E급만 적용)	관련 계통의 기능 수행을 위해 계통을 연계
방사선감시계통 (1E급만 적용)	사고의 영향을 완화하거나 방지
디젤발전기 지원부하 (1E급만 적용)	가동성을 유지하고 운전을 지원
원자로건물 수소제어계통	원자로건물 내 수소제어

| 2

나. 직류(또는 직류로부터 인버터에 의해 변환된 교류) 전력이 공급되는 부하/ 계통

원자로보호계통	원자로노심 보호
공학적안전설비계통	원자로노심 및 원자로건물 보호
필수계측 및 제어설비	안전성관련 계통에 대한 필수제어 및 감시계통
사고 후 감시계통 (1E급만 적용)	사고 후 지시 및 기록을 위해 제공



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

765 kV 및 345 kV 송전계통 구성도

그림 8.1-1

## 8.2 소외전력계통

### 8.2.1 계통 설명

신한울 1,2호기 소외전력계통은 1루트 2회선 765 kV 송전선로 1개와 물리적으로 독립된 345 kV 1루트 2회선 연락선로 1개로 구성되어 각각의 스위치야드에 연결된다. 765 kV 스위치야드는 765/345 kV 계통연계용 변압기를 통하여 한울 5,6호기와 공유된다.

2

송전망계통은 한전에 의해 제공되는 설비로서 한수원 공급 범위에서 제외된다. 다음 절은 신한울 1,2호기 설계의 적합성을 보증하기 위하여 만족되어야 할 연계 조건과 더불어 송전망계통 및 각 스위치야드에 대해 설명한다.

#### 8.2.1.1 송전망계통

송전망계통은 다양한 전압으로 서비스 구역에 전력을 공급하는 상호 연결된 수력발전소, 화력발전소 및 원자력발전소들로 구성된다. 또한 송전망계통은 소내배전계통에 대해 신뢰할 수 있고 안정적인 전력 공급원이다. 소외전력계통은 각각 충분한 용량을 갖는 우선 전력공급원을 포함하며, 상시 가압되어 있으며, 노심 냉각, 원자로건물 건전성 및 다른 필수 안전기능들이 유지되는 것을 보증하기 위해 냉각재상실사고에 이어 수 초 이내에 발전소 안전성관련 계통에 전원 공급이 가능하도록 설계된다. 우선전력공급원은 모든 설계 운전조건에서 각각의 소내 1E급 및 비1E급 부하의 부하 요건을 만족시킬 수 있도록 크기가 선정된다.

2

2

#### 8.2.1.2 송전망과 스위치야드 연결

신한울 1,2호기의 각 스위치야드는 물리적으로 독립된 소외 전력회로인 1루트 2회선의 765 kV 송전선로와 1루트 2회선 345 kV 연락선로로 구성되어 있으며 그림 8.1-1과 같이 765 kV 계통 한전 변전소와 한울 3,4호기 345 kV 스위치야드로 연결되며, 765 kV 스위치야드는 765/345 kV 계통연계용 변압기를 통하여 한울 5,6호기와 공유된다.

2

1루트 2회선의 765 kV 송전선로는 한울 3,4호기 345 kV 스위치야드에서 인출된 1루트 2회선의 345 kV 송전선로와 교차지점이 존재하나, 다중회로로 구성된 한울 원전 소외전력계통은 송전탑 붕괴나 단일 선로의 단전과 같은 단일사고가 신한울 1,2호기의 물리적으로 독립된 소외 전력회로(765 kV 송전선로, 345 kV 연락선로 각 1개)에 동시에 영향을 미쳐 적시에 관련 계통에 전력을 공급하지 못하여 핵연료 설계제한치 또는 원자로 냉각재압력 경계의 설계조건을 초과하는 사고가 발생하지 않도록 선로가 구성된다.

2

또한 소외전력계통 상정고장과 발전소 운전모드에 따라 전력계통을 안정하게 유지할 수

2

있는 고장파급 방지장치가 설치되어 있다. 고장파급 방지장치는 송전선로 상실 등 파급력이 큰 고장 발생 시 한울원전 8개 호기 중 1개 혹은 2개 호기를 전력계통으로부터 강제 탈락시켜 모든 호기에 고장이 파급되는 것을 방지하도록 설계되어 있다.

2

### 8.2.1.3 발전소 스위치야드

신한울 1,2호기의 스위치야드는 전폐형 가스절연변전소로서 765 kV 스위치야드와 이와는 독립된 345 kV 스위치야드로 구성되며, 765 kV 스위치야드는 765/345 kV 계통 연계용 변

Intentionally  
Blank

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

압기를 통하여 한울 5,6호기와 공유된다.

주변압기와 대기보조변압기는 독립되고 분리된 선로로 그림 8.2-1 및 그림 8.2-2와 같이 각각 765 kV 스위치야드 및 345 kV 스위치야드에 연결되며, 이들 선로와 관련된 계측 및 제어회로의 단일예상사건이 양쪽 소외전력회로의 동시 또는 연속적인 상실이 일어나는 원인이 되지 않도록 경로가 구성된다. 주변압기와 대기보조변압기는 8.3.1.1.7절에 기술된 것과 같이 화재나 환경적 영향으로 양쪽 소외전원의 이용불능이 발생되지 않도록 물리적으로 분리되어 있다.

765 kV 및 345 kV 스위치야드의 설계는 물리적으로도 단일기기고장으로 인해 양 소외 전력회로가 동시 또는 연속으로 상실되는 가능성을 최소화하도록 설계되며, 스위치야드 내 다중 전력, 계측 및 제어용 케이블은 우선전력공급원 2개 회로의 독립성이 유지되도록 매 입전선관, 덕트라인 또는 케이블트렌치 내에 분리되어 포설된다. 각 스위치야드의 구성 기기는 규칙 제41조 및 일반설계기준 18에 따라 주기검사와 시험이 가능하도록 설계되며, 이는 실제와 유사한 설계기능 상태에서 계통 구성기기의 동작성과 운전기능을 주기적으로 시험하는 성능을 포함한다.

765 kV 및 345 kV 스위치야드의 모든 계전기, 제어 및 감시기기에 125 V 직류전원을 제공하는 2개의 125 V 직류 전력계통이 구비되며, 각 스위치야드의 차단기에는 2개의 125 V 직류전원으로부터 공급되는 다중의 독립적인 트립회로가 구성된다. 만일 트립신호를 받은 차단기가 일정한 시간 내에 사고를 차단하지 못하면 인접하고 있는 모든 차단기가 트립되어 고장구간을 분리시킨다.

직격뢰에 대한 스위치야드 내에 기기 보호, 송전선과 배전선에서 인입된 서지, 제어/통신 및 내부발생 서지를 보호할 수 있도록 접지 설계를 한다.

765 kV 및 345 kV 스위치야드 내 가스절연모선 및 개폐설비의 주요 정격은 다음과 같다.

- 가. 765 kV 스위치야드 가스절연모선 및 개폐설비
  - 정격전압 800 kV
  - 정격전류 주모선 : 8,000 A  
주변압기 연결모선 : 2,000 A
  - 정격단시간(2초)전류 50 kA
  - 정격차단전류 50 kA
  - 정격차단시간 2 cycle
- 나. 345 kV 스위치야드 가스절연모선 및 개폐설비
  - 정격전압 362 kV
  - 정격전류 주모선 : 4,000 A

	대기보조변압기 연결모선 : 1,250 A
· 정격단시간(1초)전류	63 kA
· 정격차단전류	63 kA
· 정격차단시간	3 cycle

#### 8.2.1.3.1 스위치야드 480 V 교류 보조전력계통

스위치야드 480 V 교류 보조전력계통은 765 kV 및 345 kV 스위치야드의 조명, 스위치야드 제어건물의 공기조화, 충전기 및 전력용 차단기의 보조설비를 위한 신뢰성 있는 교류 전력을 공급하며, 모든 운영상태를 각 발전소의 주제어실에서는 물론 스위치야드 제어건물에 위치한 제어반에서도 감시된다.

#### 8.2.1.3.2 스위치야드 125 V 직류 전력계통

2개의 125 V 직류 전력계통이 765 kV 및 345 kV 스위치야드 내 모든 계전기, 제어 그리고 감시기기를 위한 연속적이고 신뢰성 있는 직류전원을 공급한다. 각 125 V 직류계통은 충전기, 축전지, 그리고 분전반으로 이루어져 있으며, 125 V 직류계통의 부족전압 또는 충전기의 교류전원의 상실과 같은 계통의 모든 비정상 상태에 대해 각 발전소의 주제어실과 스위치야드 제어반으로 경보신호를 송출한다.

2

축전지의 설치는 KEPIC EEG-1100(해외구매 품목은 IEEE 484-1996)의 내용을 만족하도록 설계되며, 축전지 용량은 KEPIC EEG-1100(해외구매 품목은 IEEE 485-1997)에 따라 선정된다. 또한, 축전지는 KEPIC ENF-3400(해외구매 품목은 IEEE 450-1995)에 따라 보수, 시험 및 교체하며, 직류전력계통 설계는 KEPIC ENB-6230(해외구매 품목은 IEEE 946-1992)에 따라 설계된다.

2

축전지 및 충전기에 대한 상세 내역은 8.3.2.1.1.5절에 기술되어 있다.

#### 8.2.1.3.3 스위치야드 보호계전계통

765 kV 및 345 kV 스위치야드 보호계전계통은 어떤 사고 혹은 비정상 상태에서부터 송전선로나 스위치야드 모선을 신속하고 확실하게 분리하여 전력계통 안정도에 기여하고 스위치야드 기기를 보호하도록 제공된다. 각 스위치야드는 모선, 송전선로 및 발전소 연결선로에 대한 보호구간으로 구분되며, 각 보호구간은 주보호와 후비보호의 보호계전계통을 가진다.

#### 8.2.1.3.4 스위치야드 제어계통

765 kV 및 345 kV 스위치야드의 제어계통은 각 스위치야드의 차단기(PCB)와 단로기 조작을 위한 제어회로들로 구성되어 있다. 765 kV 스위치야드 제어반은 주변압기 관련 양단 차단기를 제외하고 한전에서 765 kV 스위치야드의 모든 차단기 및 단로기의 조작이 가능하고, 345 kV 스위치야드 제어반에서는 한수원에서 345 kV 스위치야드 관련 모든 차단기 및 단로기의 수동조작이 가능하다. 각 발전소의 주제어실에서는 주변압기 및 대기

2

보조변압기 관련 차단기의 수동조작이 가능하도록 구성되며, 345 kV 수전선로와 관련된 차단기의 수동조작은 신한울 1호기의 주제어실에서 허용된다.

| 2

#### 8.2.1.4 기술기준 준수

##### 규칙 제24조 및 일반설계기준 17에 대한 준수

물리적으로 독립된 2개의 선로(765 kV 및 345 kV)에 의해 충분한 용량과 이용성을 가지는 전력이 공급되므로 규칙 제24조 및 일반설계기준 17의 요건을 만족시키고 있다.

##### 규칙 제41조 및 일반설계기준 18에 대한 준수

765 kV 및 345 kV 차단기와 송전선 보호계전기의 시험과 검사는 규칙 제41조 및 일반설계기준 18 요건에 따른다.

#### 8.2.1.5 신뢰도 고려사항

송전계통은 다음 중 어느 하나의 사고 발생이 계통 안정도에 영향을 주지 않도록 설계된다.

##### 가. 발전 상실

전력계통망 상에서 가장 큰 용량으로 운전중인 발전기 또는 계통 안정도에 미치는 영향이 가장 큰 발전기의 전 발전용량의 갑작스러운 상실

##### 나. 부하 상실

가장 큰 부하나 주요 부하군의 갑작스러운 상실

##### 다. 송전 상실

계통 안정도에 영향을 미치는 주요 송전선로의 갑작스러운 상실

추가적으로 송전계통과 관련된 사항 외에 소외전원상실 가능성을 최소화하기 위한 스위치야드 차단방식과 다중 계전방식이 신뢰도 고려사항에 포함된다.

#### 8.2.1.6 접지와 낙뢰보호 기준

스위치야드 접지계통의 설계와 분석은 IEEE 665-1995, 666-1991 및 1050-2004의 절차와 분석을 따르며, 직류계통은 비접지로 설계된다. 또한 낙뢰보호는 NFPA 780의 기준을 적용한다.

| 2

## 8.2.2 분석

### 8.2.2.1 계통 안정도 분석

신한울 1,2호기 소외전력망에 대하여 전산프로그램을 이용한 과도안정도분석을 수행하였다.

신한울 1호기가 계통병입되는 시점의 침두부하 계통과 기저부하 계통 및 신한울 2호기가 계통병입되는 시점의 침두부하 계통과 기저부하 계통에 대하여 최대발전용량 상실시, 단일 최대부하 상실시, 주요 송전선로 상실시, 그리고 신한울 1호기나 2호기 발전기 상실시의 동특성을 모의 분석하였다.

검토결과 765 kV 신한울-신태백 송전선로 및 신태백-신가평 송전선로의 2회선 고장이 발생할 경우 한울원자력 발전소 8기 중 1기 또는 2기를 계통에서 강제 탈락시키면 신한울 1,2호기 소외전력계통은 안정적으로 운전되고 송전선로의 전압이 정상적으로 회복되는 것을 입증하였다. 검토에 적용한 고장 제거 시간은 5 사이클(약 0.083 sec)이고, 고장파급 방지장치 동작 시간은 9 사이클(0.150 sec) 이다.

또한 신한울 1,2호기 중 어느 한 호기의 운전 상실을 초래하는 고장신호가 발생하더라도 계통안정도를 저해하거나 안전정지 부하들의 기동 및 가속을 위한 1E급 전력계통의 능력을 저해하지 않는다.

모든 765 kV, 345 kV 송수전선로가 동시에 정전될 가능성은 극히 희박하지만, 그러한 사고가 발생하더라도 발전소 안전정지에 지장을 주지 않도록 소내에 1E급 비상디젤발전기를 설치하여 안전정지에 필요한 전력을 공급할 수 있도록 하고 있다. 그러므로 소외전력이 상실된 상태에서 소내의 1E급 비상디젤발전기가 동시에 전력을 공급할 수 없는 상황이 발생할 가능성은 매우 적다. 그럼에도 불구하고, 이러한 상황에 대비해서 소내의 대체교류전원이 안전정지에 필요한 전력을 공급할 수 있도록 되어 있다. 소외전력계통 전압이 1E급 기기의 최저 운전전압보다 낮게 되면, 비상디젤발전기가 기동하도록 계전기 설정치를 정정하였다.

계통안정도 검토결과는 단일사고에 의해 계통에 연결된 주요 송전선로, 최대용량 발전기 및 단일 최대 부하 상실 사고가 발생하더라도 소외전력의 완전한 상실을 초래하지 않는다는 사실을 보여준다. 또한, 계통 주파수 저하율이 원자로냉각재펌프를 제동시킬 정도는 되지 않기 때문에 원자로 냉각재 유량 감소로 인한 불안정한 상태를 초래하지는 않는다는 것을 보여준다.

### 8.2.2.2 소외전력계통 및 스위치야드 단일고장 분석

소외전력계통의 설계는 표 8.2-1과 표 8.2-2의 고장유형 및 영향분석과 일치해야 한다.

### 8.2.3 소외전력계통 운영

#### 8.2.3.1 정의

신한울 1,2호기 소외전력계통은 한전송전망에 연결된 2회선의 765 kV 송전선로, 한울 5,6호기 스위치야드에 연결되어 765/345 kV 연계용 변압기를 거치는 2회선의 345 kV 송전선로 및 한울 3,4호기 스위치야드에 연결된 2회선의 345 kV 송전선로를 운영한다.

#### 8.2.3.2 기기구성

- 신태백 765 kV 변전소 연결 765 kV 송전선로 2회선
  - 765kV 차단기
- 한울 5,6호기 스위치야드 연결 765/345 kV 연계선로 2회선
  - 765 kV 차단기
  - 765/345 kV 강압변압기, 345 kV 송전선로 및 부대설비로 구성되며, 765/345 kV 강압변압기는 765 kV 스위치야드에, 2차측은 송전선로를 통하여 한울 5,6호기 345 kV 스위치야드에 연결된다.
- 한울 3,4호기 스위치야드 연결 345 kV 선로 2회선
  - 345 kV 차단기, 345 kV 송전선로
- 한류리액터(한울 3,4호기 스위치야드 - 한울 5,6호기 스위치야드 간)

#### 8.2.3.3 송수전계통

765/345 kV 강압변압기를 통하여 2회선의 345 kV 연계선로가 한울 5,6호기 스위치야드에 연결되고 대기보조변압기와 연결되는 2회선의 345 kV 수전선로가 한울 3,4호기 스위치야드에 연결된다.

한울 3,4호기와 5,6호기 사이에는 전력계통 고장시 전기적 분리를 위해 고장전류를 저감하는 한류리액터가 연결된다.

송수전선로는 상호간격을 충분히 이격시킴으로써 철탑(또는 지지구조물)붕괴나 단선사고와 같은 단일 사고시에도 동시사고로 파급되어 모든 765/345 kV 회로를 상실하는 일이 없도록 하였다.

송전철탑, 지지구조물 및 선로의 구조설계는 국내 설계기준을 적용한다. 낙뢰방지를 위하여 각 송전선로의 회선 상부에 가공지선을 설치한다. 소외전력은 소내전력과는 별도로 독립적으로 운전될 수 있도록 하며, 보호계전기, 차단기제어회로 및 전원공급장치를 별도로 구비하여 1개의 소외전력이 상실되더라도 나머지 회선이 동시에 상실되지 않도록 하였다.

#### 8.2.3.4 보호계통

765/345 kV 강압변압기, 345 kV 송전선로에는 고속도 보호계전기가 이중으로 구비되어 있어서 선로 및 변압기측 사고 또는 비정상상태 시에 구분된 보호구역을 신속하게 계통에서 분리시킴으로써 운전계통에 대한 파급효과를 최소화하도록 하였다.

#### 8.2.3.5 보호 및 제어 전원 공급

기기 보호 및 제어용으로 2개의 비1E급 125 V 직류계통이 설치되며, 각 직류계통은 충전기, 축전지 및 분전반으로 구성된다.

#### 8.2.3.6 기기의 제어 및 표시

345 kV 송전선로측 차단기는 스위치야드 제어건물 내에 있는 제어반에서 수동조작이 가능하며, 주제어실에서는 조작하지 않는다.

선로 및 변압기 보호계전기가 사고를 검출하면 해당 차단기가 자동으로 트립되어서 고장 구간을 분리시킨다. 345 kV 공급계통 설비의 조작 및 이상상태는 스위치야드 제어반에서 확인할 수 있으며, 주제어실 내에 위치한 제어반에서도 765/345 kV 강압변압기, 345 kV 송전선로의 이상상태를 경보창으로 확인할 수 있도록 한다.

표 8.2-1 (2 중 1)

소외전력계통 고장 모드 및 영향 분석

기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향 및 대체방안	고장감지방법
1. 765 kV 송전계통	우선소외전력 I (PPS I) 공급	전원상실	송전선로 고장 등	(a) 발전소와 765 kV 계통을 연결하는 스위치야드 차단기가 트립되어 발전소와 765 kV 송전계통 분리 (b) 주발전기가 이용 가능한 경우, 주발전기와 주발전기차단기(GCB)를 통하여 Class-1E 계통을 포함한 발전소 소내보조전력이 공급됨. (c) 주발전기가 이용불능인 경우, Class-1E 계통을 포함한 발전소 소내보조전력은 우선소외전력 II로부터 공급됨.	보호계전기에 의한 고장감지
2. 345 kV 수전계통	우선소외전력 II (PPS II) 공급	전원상실	수전선로 고장 등	(a) 발전소와 345 kV 계통을 연결하는 스위치야드 차단기가 트립되어 발전소와 345 kV 수전계통 분리 (b) 발전소에 영향을 주지 않음.	보호계전기에 의한 고장감지

표 8.2-1 (2 중 2)

기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향 및 대체방안	고장감지방법
3. 765 kV 스위치야드에서 주변압기까지의 우선소외전력 I 선로 구성 기기 (차단기, 연결회로 및 주변압기)	우선소외전력 I (PPS I) 공급	사고나 차단기 고장으로 인해 어느 하나가 상실	연결모선(GIB, IPB) 지락, 변압기 내부고장, 차단기 차단실패	(a) 보호계전기나 보호장치에 의해 고장구간 분리 (b) 다른 독립된 소외전원회로는 영향을 받지 않음. (c) 운전중이면 터빈/발전기 자동트립 (d) 다른 소외전원회로인 우선소외전력 II로부터 대기보조변압기를 통해 Class-1E 계통을 포함한 발전소 소내보조전력 공급.	보호계전기에 의한 고장감지
4. 345 kV 스위치야드에서 대기보조변압기까 지의 우선소외전력 II 선로 구성기기 (차단기, 연결회로 및 대기 보조변압기)	우선소외전력 II (PPS II) 공급	사고나 차단기 고장으로 인해 어느 하나가 상실	연결모선(GIB, cable) 지락, 변압기 내부고장	(a) 보호계전기나 보호장치에 의해 고장기기의 분리 (b) 다른 독립된 소외전원회로는 영향을 받지 않음. (c) 발전소에 영향을 주지 않음.	보호계전기에 의한 고장감지

표 8.2-2 (3 중 1)

스위치야드 125V DC 계통 고장 모드 및 영향 분석

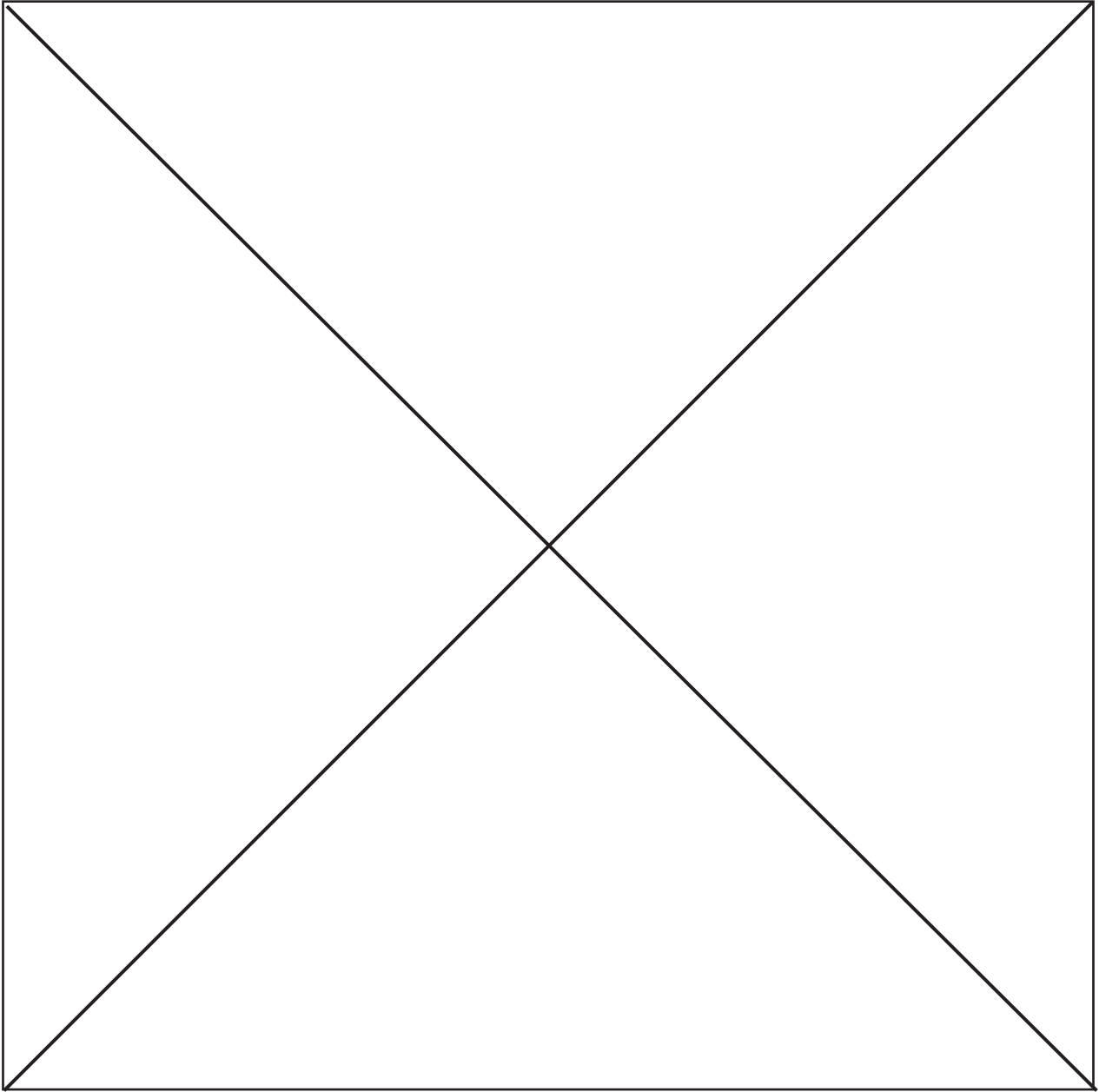
기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향 및 대체방안	고장감지방법
1. 충전기 공급전원	충전기에 전원공급	전원상실	480 V 전동기 제어반 전원상실, 전원공급케이블 단락 등	고장발생시 125 V 축전지로부터 전원 공급(8시간)이 가능함.	충전기 내 부족전압 계전기(27)에 의한 정보
2. 충전기	125 V 직류부하에 전원공급 125 V 직류축전지 충전	전원상실 출력저하 부정확한 출력	충전기 내부고장	<p>(a) 고장발생시 보호계전기가 동작 또는 퓨즈가 용단되어 충전기를 125 V 직류모선으로부터 분리함.</p> <p>(b) 아래의 경우를 제외하고는 125 V 축전지로부터 계속적인 전원공급(8시간)이 가능함.</p> <p>(c) 심각한 내부 사고는 차단기에 의해 고장이 분리되기 전까지 큰 단락전류와 그 결과에 따른 125 V 직류모선의 전압저하를 일으킬 수 있음.</p> <p>축전지 회로가 개방되는 경우 125 V 직류 모선의 완전한 전원상실을 일으킬 수 있음. 그러나 다중의 보호계전기가 또 하나의 125 V 직류 모선으로부터 전원을 공급받으므로 보호계통은 이상 없이 동작함.</p>	충전기 내 보호계전기 동작, 퓨즈용단

표 8.2-2 (3 중 2)

기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향 및 대체방안	고장감지방법
3. 125 V 직류 축전기	충전기 이용불능시 125 V 직류부하에 전원공급	전원상실	축전기 내부고장	(a) 충전기가 정상동작시, 축전지의 전원이 상실되더라도 직류전원 공급은 중단되지 않음. (b) 충전기 전원상실에 이은 축전기 전원 상실의 경우, 해당 축전지로부터 공급받는 125 V 직류분전반이 상실됨. 그러나 또 다른 다중 125 V 직류분전반은 영향을 받지 않으며 보호와 제어를 위한 전원공급을 계속함.	(a) 주기점검  (b) 125 V 직류 분전반 내 부족전압계 전기(27R) 에 의한 고 장감지
4. 125 V 직류분전반	125 V 직류부하에 전원공급	전원상실	모선단락	(a) 고장발생시 분전반 내부의 퓨즈 용단 또는 충전기 내부의 차단기가 트립되어 충전기 및 축전지를 125 V 직류모선으로 부터 분리함. (b) 다중의 보호계전기와 분전반이 설치되어있고 다른 다중 125 V 직류분전반으로부터 전원이 공급됨.	퓨즈용단, 차단기 트립
		지락고장	단일모선 지락	125 V 직류계통은 비접지 계통이므로 지락검 출기(Ground detector equipment)가 지락을 검출하고 경보를 발생시킴. 단일지락고장은 설비의 오동작이나 직류계통 기능에 영향을 주지 않음.	분전반 내 지락검출기 (64R)에 의한 고장감지
		모선 전압의 점진적 저하	축전기 방전	각 125 V 직류분전반은 전압저하를 감시하여 경보를 발생시킴. 전압저하가 감지되면 수동으 로 다른 다중 125 V 분전반으로 연결되고, 전 압이 회복되면 원상 복구됨.	분전반 내 부족전압계전기 (27R)에 의한 고장감지

표 8.2-2 (3 중 3)

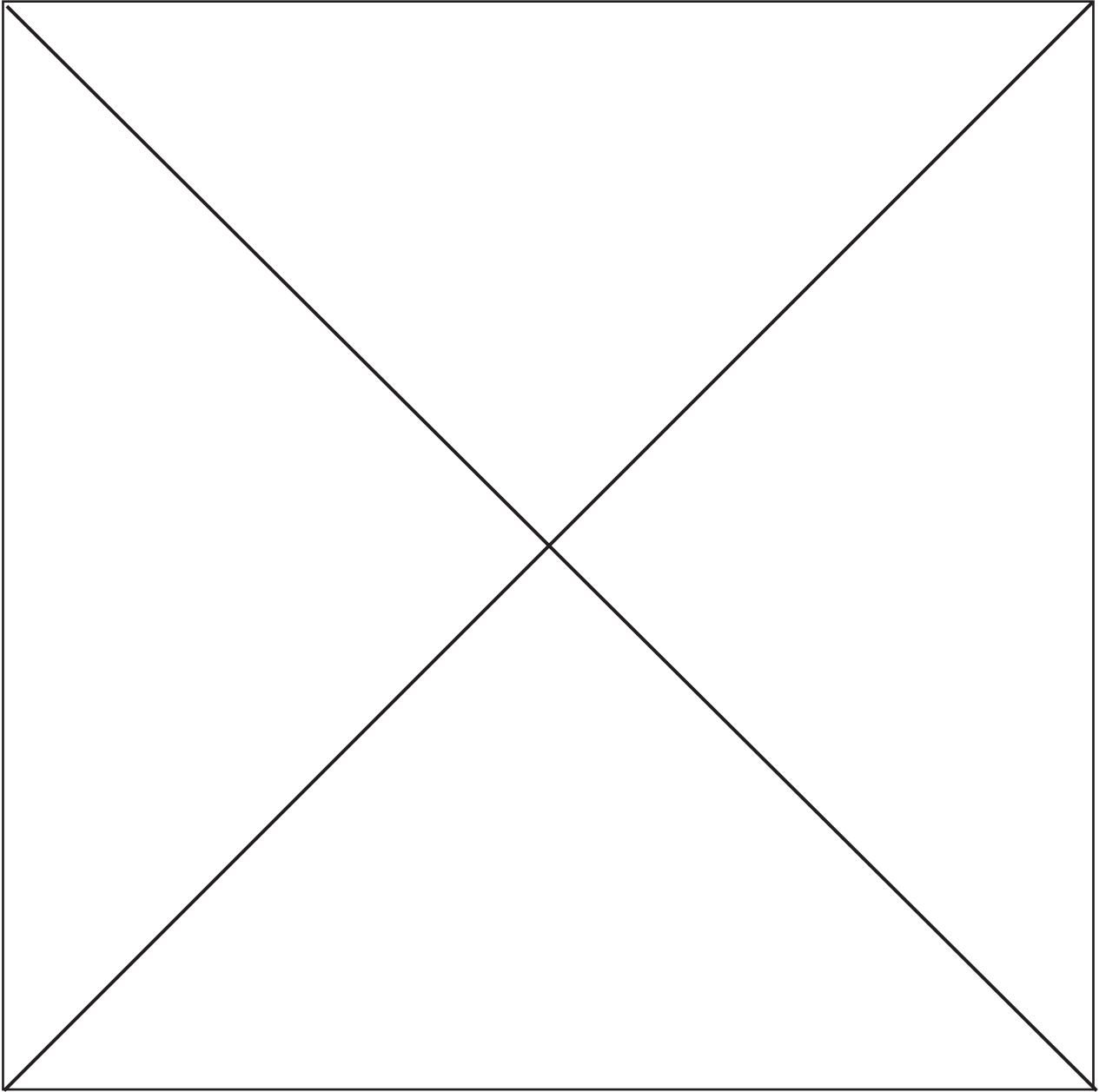
기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향 및 대체방안	고장감지방법
5. 직류 제어반 부하회로 케이블	125 V 직류부하에 전원공급	전원상실	케이블 단락	(a) 차단기에 의해 고장회로가 즉시 차단. (b) 사고가 난 회로에서 전원을 공급받는 보호계전기가 동작하지 않더라도 다른 125 V 직류분전반으로부터 공급받는 다중 보호계전기에 의해 보호기능이 수행됨.	부하회로의 부족전압계전기 에 의한 정보



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

765 kV 스위치야드 단선도

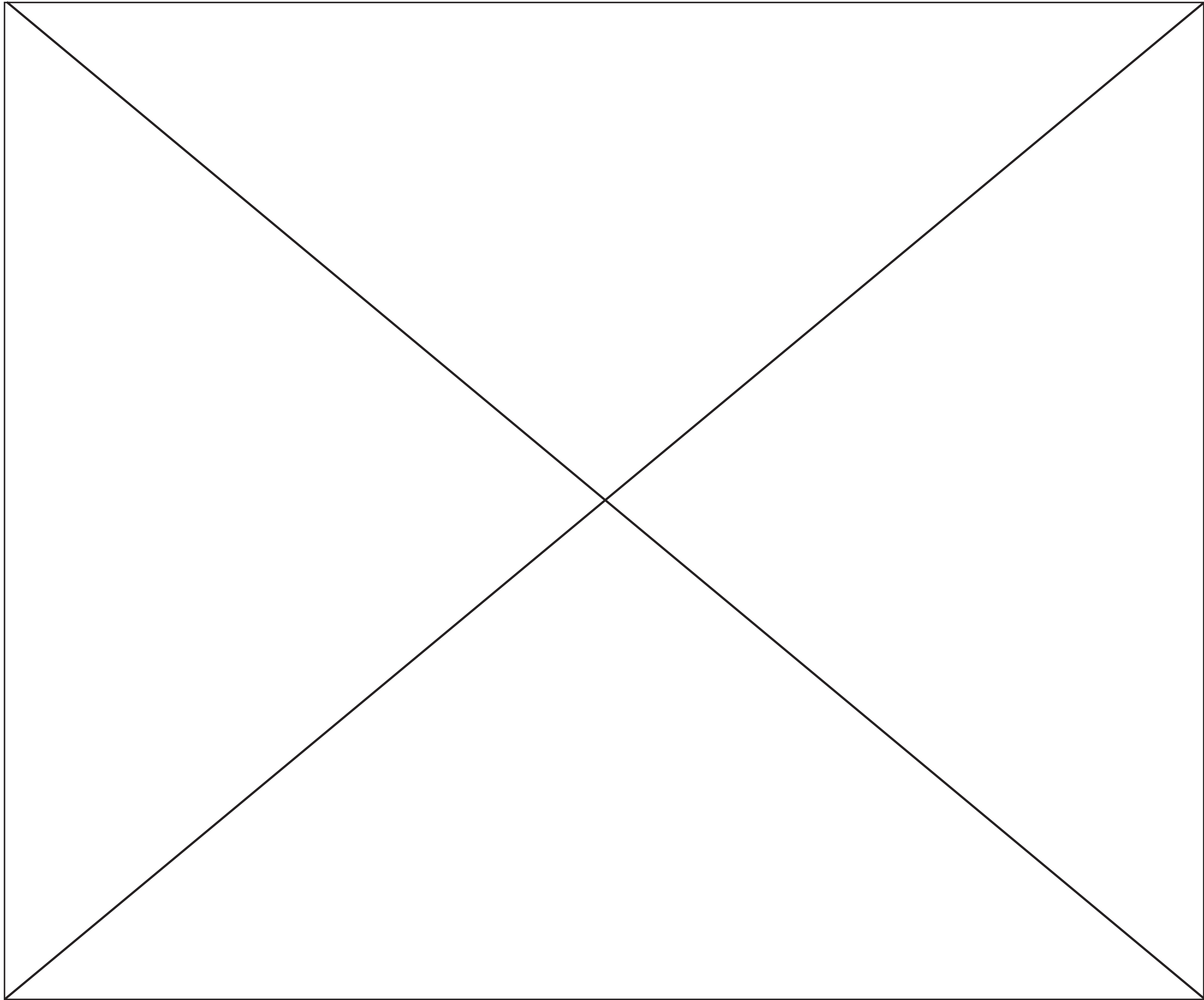
그림 8.2-1



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

345 kV 스위치야드 단선도

그림 8.2-2



한국수력원자력주식회사  
신한울 1,2호기  
최종안전성분석보고서

스위치야드 배치도

그림 8.2-3

### 8.3 소내전력계통

#### 8.3.1 교류전력계통

##### 8.3.1.1 계통 설명

##### 8.3.1.1.1 비1E급 교류전력계통

##### 8.3.1.1.1.1 주전력계통

주전력계통은 주발전기, 상분리모선, 발전기차단기 및 3대의 단상변압기로 구성된 주변압기로 구성되어 있다. 이 계통의 주요 기능은 발전소 보조설비에 전력을 공급함과 동시에 전기를 생산하고 송전계통으로 전력을 보내는 것이다. 발전기는 회전자가 정격속도에 도달하고 계자가 여자된 후에 발전기차단기를 투입함으로써 계통에 연결되며, 자동 및 수동 계통병입은 동기검정기에 의해서 감시되고 제공된다. 또한, 주발전기가 운전되지 않을 경우, 이 계통은 송전계통으로부터 전력을 공급받아 소내보조설비로 전력을 공급하는데 사용된다. 발전기차단기는 표준심사지침 8.2절 부록 A의 권고지침을 만족한다. 발전기차단기는 정상운전상태에서 부하전류차단, 전력계통 과도상태 및 주요 고장상태에서 계통의 최대 고장전류를 차단할 능력을 가지고 있다. 검증시험은 최소한 표준심사지침 8.2절 부록 A B.2에 명기된 모든 시험을 포함한다. 발전소 주전력계통의 설계기준은 8.1.3절에 기술되어 있다. 주발전기는 전류차동, 지락, 계자상실, 역전력, 동기탈조, 불평형전류, 과전류, 저주파수, 과전압, 부족전압보호 및 기계적보호장치, 주변압기는 전류차동, 지락, 과전류보호 및 기계적보호장치, 그리고 상분리모선 및 발전기차단기는 전류차동보호계전기에 의해 보호된다.

주전력계통 보호는 다중보호방식으로 3개의 디지털 보호계전기를 설치하며 2대 이상의 계전기가 동작할 경우 트립신호를 발생하는 방식으로 회로가 구성된다

#### 가. 주발전기 및 여자기

주발전기의 주요 정격과 특성은 다음과 같다.

- 정격 : 1,690 MVA (역율 0.9, 수소압력 75 psig)
- 전압 : 24 kV, 3상 60 Hz
- 속도 : 1,800 rpm
- 단락비 : 0.58
- 차과도 리액턴스 :  $X''_{dv} = 0.245 \text{ pu}$  ( $dv$  = 포화 직축)
- 접지방식 : 접지변압기를 이용한 고저항 접지

여자기의 주요 정격과 특성은 다음과 같다.

- 여자방식 : 정지형 여자방식
- 여자기 정격 :
  - 계사전류 : 6,064 A, 직류
  - 계사전압 : 631 V, 직류
- 여자변압기 정격 : 24 KV/850 V, 8,100 kVA
- 주발전기 중성점 변압기 2차측 접지 저항 : 0.269

#### 나. 발전기차단기

발전기차단기의 주요 정격 및 특성은 다음과 같다.

- 공칭전압 : 24 kV
- 정격 최고전압 : 25.2 kV
- 정격 주파수 : 60 Hz
- 연속전류 : 43,000 A
- 최대 대칭전류/비대칭전류 차단용량 : 230 kA/320 kA
- 투입용량(실효치) : 630 kV
- 정격 절연강도
  - 정격 상용주파 절연내력(1분) : 60 kV
  - $1.2 \times 50 \mu\text{s}$ 에서 정격 전파 임펄스 절연내력 : 125 kV
- 차단시간 : 5사이클
- 주접점 분리시간 : 4 사이클
- 투입시간 : 7.5사이클

| 2

#### 다. 주변압기

주변압기의 주요 정격 및 특성은 다음과 같다.

- 단상 3대, 2권선, Y/ $\Delta$  ( $\frac{800}{\sqrt{3}}$  kV/ 24 kV), 감극성
- 정격 : 1,670/1,870 MVA, OFAF, 55°C/65°C (3상 기준)
- 탭 : 고압측, 무부하시 절환장치, 단계당  $\pm 2.5\%$ ,  $\times 2$
- 임피던스 : 18 % (1,670 MVA, 중간탭 기준)
- 기준 절연강도, BIL
  - 800 kV 부싱과 권선 2,550/2,050 kV
  - 24 kV 부싱과 권선 200/150 kV
  - 800 kV 중성선 부싱과 권선 950/550 kV
- 접지방식 : 1차측 Y권선 중성점 직접접지

| 2

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 8.3.1.1.1.2 소내보조변압기 및 대기보조변압기

소내보조변압기와 대기보조변압기는 각각 호기별 2대로 구성되며, 각 변압기는 13.8 kV와 4.16 kV의 전압을 공급한다. 각 소내보조변압기는 2개의 비1E급 13.8 kV 스위치기어, 2개의 1E급 4.16 kV 스위치기어 및 2개의 비1E급 4.16 kV 스위치기어에 정상운전중 전원을 공급한다.

소외전력이 상실되지 않은 상태에서 소내보조변압기로부터 전력공급이 불가능할 경우 소내 부하의 전원은 자동으로 대기보조변압기로 절체된다. 자동모선절체는 고속모선절체 방식을 사용하며, 만약 고속모선절체가 실패하면 잔류전압 모선절체방식이 적용된다. 소내보조변압기와 대기보조변압기를 보호하기 위해 차동보호, 지락보호, 과전류보호 및 기계적보호가 제공된다.

#### 가. 소내보조변압기

소내보조변압기의 주요 정격과 특성은 다음과 같다.

- 3상, 3권선,  $\Delta/Y/Y$ , 감극성, 소내 부하의 50 %의 용량을 갖는 소내보조변압기 2대
- 정격
  - 24 kV 결선 (H) : 58.0/77.4 MVA, ONAN/ONAF, 55 ° C
  - 64.9/86.6 MVA, ONAN/ONAF, 65 ° C
  - 14.49 kV 결선 (X) : 41.0/54.7 MVA, ONAN/ONAF, 55 ° C
  - 45.9/61.2 MVA, ONAN/ONAF, 65 ° C
  - 4.37 kV 결선 (Y) : 17.0/22.7 MVA, ONAN/ONAF, 55 ° C
  - 19.0/25.4 MVA, ONAN/ONAF, 65 ° C
- 탭 : 고압측, 부하시 탭 절환장치, 단계당  $\pm 1.25 \% \times 8$
- 임피던스
  - $Z_{HX}/Z_{HY}/Z_{XY}$  : 11.5/31/42.5 % (58 MVA, 중간탭 기준)
- 기준 절연강도, BIL
  - 24 kV 부싱과 권선 150/150 kV
  - 14.49 kV 부싱과 권선 110/110 kV
  - 4.37 kV 부싱과 권선 110/75 kV
  - 14.49/4.37 kV 중성선 부싱 110/110 kV
- 중성선 접지저항
  - 14.49 kV 중성선 : 6.6  $\Omega$ , 1,200 A, 8.366 kV, 10초 스테인리스강 형
  - 4.37 kV 중성선 : 2.0  $\Omega$ , 1,200 A, 2.523 kV, 10초 스테인리스강 형

#### 나. 대기보조변압기

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

대기보조변압기의 주요 정격과 특성은 다음과 같다.

- 3상, 안정권선이 있는 3권선(Y/△/Y/Y), 감극성으로 소내 부하의 50 %의 용량을 갖는 대기보조변압기는 2대

.정격

- 345 kV 결선(H) : 56.0/74.7 MVA, ONAN/ONAF, 55 °C  
62.7/83.7 MVA, ONAN/ONAF, 65 °C
- 13.8 kV 결선(X) : 39.0/52.0 MVA, ONAN/ONAF, 55 °C  
43.7/58.3 MVA, ONAN/ONAF, 65 °C
- 4.16 kV 결선(Y) : 17.0/22.7 MVA, ONAN/ONAF, 55 °C  
19.0/25.4 MVA, ONAN/ONAF, 65 °C

.탭 : 고압측, 부하시 탭 절환장치, 단계당  $\pm 1.25 \% \times 8$

.임피던스

- $Z_{HX}/Z_{HY}/Z_{XY}$  : 11.0/31.5/42.5 % (56 MVA, 중간탭 기준)

.기준 절연강도, BIL

- 345 kV 부싱과 권선 1,300/1,050 kV
- 13.8 kV 부싱과 권선 110/110 kV
- 4.16 kV 부싱과 권선 75/75 kV
- 345/13.8/4.16 kV 중성선 부싱 550/110/75 kV

.중성선 접지저항

- 345 kV 중성선 : 123 kV 단로기와 병행으로 108 kV 피뢰기
- 13.8 kV 중성선 : 6.6  $\Omega$ , 1,200 A, 7.967 kV, 10초, 스테인리스강 형
- 4.16 kV 중성선 : 2.0  $\Omega$ , 1,200 A, 2.4 kV, 10초, 스테인리스강 형

### 8.3.1.1.1.3 13.8 kV 보조전력계통

13.8 kV 보조전력계통은 4개의 비IE급 스위치기어로 구성되어있으며, 원자로냉각재펌프 전동기, 복수펌프 전동기, 급수승압펌프전동기, 순환수펌프전동기 같은 대용량 전동기와 관련 480 V 저압배전반에 전력을 공급한다.

제한된 조건하에서 IEEE 141-1993, IEEE 242-2001 그리고/또는 허용 가능한 산업 표준 혹은 설계 경험에 따라 예비 사고분석을 수행하여 배전기기의 고장전류의 크기를 결정한다. 최종 사고분석은 실제 계통 자료를 사용하여 수행한다.

13.8 kV 스위치기어 보호계통에 의해 보호되는 대상설비는 다음과 같이 분류한다.

가. 대용량 전동기 및 변압기의 보호

나. 모선과 모선 부하 회로의 보호

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

보호계통은 건전한 계통으로부터 고장 난 기기 또는 선로를 격리시켜, 고장의 영향을 최소화하고, 건전한 기기의 가동성을 극대화하도록 설계한다. 또한 고장 기기의 손상과 가동 정지 시간을 제한한다. 각 보호계통은 특정 기기 보호를 위해 이 요건에 따라 설계한다. 기본적인 보호계통은 지락사고 보호, 순시 과전류 및 한시 과전류 보호로 구성된다. 부족전압과 차동보호로 구성된 다른 형태의 보호가 적용할 수 있는 곳에 제공된다.

13.8 kV 비1E급 고압폐쇄배전반의 모선과 차단기의 주요 정격 및 특성은 다음과 같다.

1) 공칭전압	13.8 kV, 3상, 60 Hz
2) 정격 주모선 연속전류	2,000 A, 연속정격
3) 정격 최고전압	15 kV, 실효치
4) 정격 전압범위계수, K	1.0
5) 정격 차단용량	40,000 A, 실효치, 대칭전류
6) 정격순시 내전류	104,000 A, 피크치
7) 비대칭 차단 정격계수	1.135
8) 제어전압	
- 차단기 투입코일	125 V 직류(90 V ~ 140 V)
- 차단기 트립코일	125 V 직류(70 V ~ 140 V)
- 스페이스 히터	240 V, 60 Hz 정격(120 V, 60 Hz 사용)

### 8.3.1.1.1.4 4.16 kV 보조전력계통

4.16 kV 보조전력계통은 4개의 스위치기어 그룹과 하나의 비1E급 대체교류전원으로 구성된다. "M"으로 지정된 첫 번째 스위치기어 그룹은 발전소 정상운전에 필요한 2차측기기 냉각수펌프, 공기압축기, 보조보일러 강제 송풍기 등과 같은 대용량 비1E급 부하에 전력을 공급하는 스위치기어와 가압기히터, 중앙냉동기 및 TMI 후속조치에 따라 요구되는 부하에 전력을 공급하는 1E급 스위치기어 모선에 연결되는 스위치기어로 구분한다. 두 번째 스위치기어 그룹 "N"은 첫 번째 스위치기어 그룹과 유사한 비1E급 부하에 전력을 공급한다.

비1E급 모선 중에는 4.16kV 1E급 모선으로부터 전력을 공급받는 모선이 각 계열별로 하나씩 있다. 이러한 비1E급 모선은 1E급 차단기를 통하여 1E급 모선에 접속되는데 이 차단기가 격리장치 역할을 하고 있다. 이러한 비1E급 부하들 중에는 TMI 조치항목 II.E.3.1의 요건에 따라 각 계열에 가압기 보조전열기(pressurizer backup heater)가 하나씩 포함되어 있다.

제한된 조건하에서 IEEE 141-1993 그리고/또는 허용 가능한 산업 표준 혹은 설계 경험에 따라 예비 사고분석을 수행하여 배전 기기의 고장 전류의 크기를 결정한다. 최종 사

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

고분석은 실제 계통 자료를 사용하여 수행된다.

4.16 kV 스위치기어 보호계통에 의해 보호되는 대상설비는 다음과 같이 분류할 수 있다. 보호기기의 형식, 크기와 기능에 따라 보호방식을 결정한다.

가. 전동기와 변압기의 보호

나. 교류전원(비상디젤발전기 및 대체교류전원발전기)의 보호

다. 모선과 모선 부하 회로의 보호

보호계통은 건전한 계통으로부터 고장 난 기기 또는 선로를 신속히 격리시켜, 기기의 손상 및 그로 인한 영향을 최소화하여 건전한 기기의 가동성을 극대화하도록 설계한다. 각 보호계통은 특정 기기 보호를 위해 해당 요건에 따라 설계한다. 기본적인 보호계통은 지락사고 보호, 순시 과전류 및 한시 과전류 보호로 구성되며 필요시 부족전압보호가 적용된다.

4.16 kV 비1E급 고압폐쇄배전반의 모선과 차단기의 주요 정격 및 특성은 다음과 같다.

1) 공칭전압	4.16 kV, 3상, 60 Hz
2) 정격 주모선 연속전류	1,200/2,000/3,000 A, 연속정격 모선번호 1/2-822-E-SW01M/N 1,200 A, 연속정격 모선번호 1/2-822-E-SW02M/N 3,000 A, 연속정격 모선번호 0-822-E-SW01N 2,000 A, 연속정격
3) 정격 최고전압	4.76kV, 실효치
4) 정격 전압범위계수, K	1.0
5) 정격 차단용량	50,000 A, 실효치, 대칭전류
6) 정격순시 내전류	130,000 A, 피크치
7) 비대칭 차단 정격계수	1.135
8) 제어전압	
- 차단기 투입코일	125 V 직류(90 V ~ 140 V)
- 차단기 트립코일	125 V 직류(70 V ~ 140 V)
- 스페이스 히터	240 V, 60 Hz 정격(120 V, 60 Hz 사용)

### 8.3.1.1.1.5 480 V 보조전력계통

480 V 보조전력계통은 13.8 kV와 4.16 kV 보조전력계통에서 13.8 kV/480 V와 4.16 kV/480 V 변압기를 통해 전력을 공급받는다. 변압기의 2차측은 480 V 저압배전반 인입차단기를 통해 480 V 저압배전반 모선에 연결된다.

대용량 전동기 및 전열기와 발전소 전반에 걸쳐 480 V 부하가 집중된 지역에 위치한 480 V 전동기제어반이 저압배전반에 연결된다.

480 V 저압배전반 주 및 부하회로 차단기는 고장지점에 인접한 차단기가 먼저 동작할 수 있도록 조정된다. 차단기의 차단용량은 요구 고장책무(Fault Duty) 이상이다.

주차단기는 장한시와 단한시 기능을 갖는 과전류트립장치를 갖추고 있으며, 부하회로 차단기는 장한시와 순시 기능을 갖는 과전류트립장치를 갖추고 있다.

480 V 비IE급 디젤발전기가 호기별로 설치된다. 비IE급 디젤발전기는 발전소 안전정지와 관련은 없으나 발전소 운영에 필요한 중요 부하에 비상전력을 공급한다.

#### 가. 480 V 저압차단기반(Load Center)

비IE급 계통을 위한 480 V 저압차단기반은 인출형, 에너지 축적형 차단기를 포함한다. 이들 저압차단기반은 발전소 여러 지역의 옥내에 위치하며 주요 정격 및 특성은 다음과 같다.

.변압기 정격용량(AA/FA)	정격전압
1,500/2,000 kVA	13.8 kV(4.16 kV)/480V, 3상, 60 Hz
1000/1,333 kVA	
750/1,000 kVA	
500/667 kVA	
350 kVA	4.16 kV/480 V, 3상, 60 Hz
.주모선 연속정격전류	
3,000 A	1,500/2,000 kVA 정격
2,000 A	1,000/1,333 kVA 정격
1,600 A	750/1,000 kVA 정격
1,600 A	500/667 kVA 정격
1,600 A	350 kVA 정격
.차단기 차단용량	50 kA
.제어전압	
차단기 투입코일	125 VDC(90 V ~ 140 V)
차단기 트립코일	125 VDC(70 V ~ 140 V)
스페이스 히터	240 V, 60 Hz 정격(120 V, 60 Hz 사용)

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 나. 480 V 전동기제어반

비1E급 전동기제어반은 발전소 여러 지역의 옥내에 위치하며 각 전동기제어반은 전폐형이고, 주요 정격 및 특성은 다음과 같다.

Intentionally  
Blank

- |               |                  |
|---------------|------------------|
| · 정격전압        | 480 V, 3상, 60 Hz |
| · 주모선 연속 정격전류 | 600 A            |
| · 차단기 차단용량    | 30, 42 kA        |

#### 8.3.1.1.1.6 480 V 비1E급 디젤발전기

480 V 비1E급 디젤발전기가 신한울 1,2호기에 각각 설치한다. 비1E급 디젤발전기는 주터빈발전기 터닝기어전동기, 베어링리프트 오일펌프, 터닝기어 윤활펌프, 발전소보안계통, 통신계통, 공정기기제어계통, 인버터의 전압조정변압기, 전산실의 공기조화계통과 같은 비안전성 필수부하에 비상전원을 공급한다.

비1E급 디젤발전기는 현장 및 주제어실에서 제어 및 감시된다. 비1E급 디젤발전기차단기는 비상시 주제어실에서 그리고 시험시에는 현장에서 제어할 수 있다.

비1E급 디젤발전기는 엔진과속도, 엔진크랭킹 기동실패, 엔진자켓워터 고온도, 엔진 윤활유 저저압력, 발전기 베어링 고온도, 차동, 과전류, 과전압/부족전압, 상불평형, 부족주파수/과주파수, 여자기 고장, 계자상실, 역전력, 및 지락과 같은 기계적/전기적 보호기능을 구비하고 있다.

비1E급 디젤발전기는 동기검정계전기에 의해 소외전력계통에 동기화되며, 주기시험은 수동으로 소외전력계통에 연결되어 수행된다.

비1E급 디젤발전기 주요정격 및 특성은 다음과 같다.

- 정격 : 700 kW(역률 0.8)
- 전압 : 480 V, 3상, 60 Hz
- 접지방식 : 직접접지

#### 8.3.1.1.1.7 우선 전력공급원 I, 우선 전력공급원 II 및 대체교류전원 회로 분리

정상 소외전력회로와 대체소외전력회로는 한 회로에 단일고장 사고가 났을 경우 다른 회로에 영향을 주지 않도록 분리한다. 이것은 결과적으로 2개의 물리적이며, 전기적으로 신뢰성 있는 독립선로를 갖게 한다. 우선 전력공급원 I과 우선전력공급원 II의 소외 전력회로는 스위치야드에서 그들 각각의 변압기로 연결된다. 이에따라, 소내보조변압기/주변압기(우선전력공급원 I)와 대기보조변압기는 [ ]을 갖는 방화벽 또는 최소한 [ ] 간격에 의해 분리된다. 스위치야드 내 기기로부터 스위치야드제어건물까지 그리고 스위치야드제어건물로부터 발전소까지 다중의 전선로, 덕트라인 혹은 트렌치에 케이블을 포설함으로써 스위치야드는 물리적으로 분리된 다중의 125 V 직류전력과 제어전원

을 갖는다.

터빈건물 및 보조건물 외부에 위치한 소내보조변압기와 연결된 상분리모선은 대기보조변압기로부터 [REDACTED] 을 갖는 방화벽 또는 최소한 [REDACTED] 간격으로 분리된다. 마찬가지로, 대기보조변압기로부터 보조건물 및 터빈건물 내 스위치기어로 포설되는 터빈건물과 보조건물 외부에 설치된 케이블은 다른 소내보조변압기와 주변압기로부터 [REDACTED] 을 갖는 방화벽 또는 최소한 [REDACTED] 간격으로 분리된다.

| 2

| 2

일단 케이블이 발전소 내로 들어오면, 단일 사고가 양쪽 회로에 영향을 미치지 않게 이격을 유지한다. 터빈건물과 보조건물 내의 우선소외전력공급원 I과 II 회로의 분리는 전용의 케이블트레이에 의해서 유지되며, 케이블이 보조건물에 들어간 후에는 KEPIC ENB-2000을 고려한다.

비1E급 대체교류전원발전기는 발전소 건물로부터 분리된 건물에 설치된다. 대체교류전원발전기지역에는 어떠한 1E급 케이블도 설치되지 않는다. "M"과 "N" 회로는 예상되는 환경으로부터 보호받기 위하여 전용의 전선로를 통해 보조건물로 포설된다. 단일사고가 양쪽 회로에 영향을 미치지 않게 물리적으로 분리한다. 보조건물 내의 대체교류전원 회로는 4개의 1E급 스위치기어("1A", "2A", "1B" 및 "2B")로 직접 포설된다. 대체교류전원발전기 설치 지역에는 1E급 케이블이 없기 때문에 KEPIC ENB-2000을 적용받지 않는다. 우선소외전력회로 I과 II 사이, 계측회로와 제어회로 사이에 전기적 상호연결은 없다. 대체교류전원의 전력, 계측 및 제어 회로는 우선소외전력회로 I과 II의 해당 회로와는 전기적으로 독립된다. 단, 발전소 정상운전시에 대체교류전원 건물의 설비유지용 전원공급을 위하여 4개 호기 중 1개 호기로부터 공급되는 전원요건은 예외로 한다.

우선소외전력회로 I과 관련된 계측, 제어케이블은 우선소외전력회로 II와 관련된 계측, 제어 케이블과 분리된 전선로 내에 포설함으로써 우선소외전력회로 I과 II의 계측, 제어 케이블은 동일한 전선로를 공유하지 않는다.

#### 8.3.1.1.2 1E급 교류전력계통

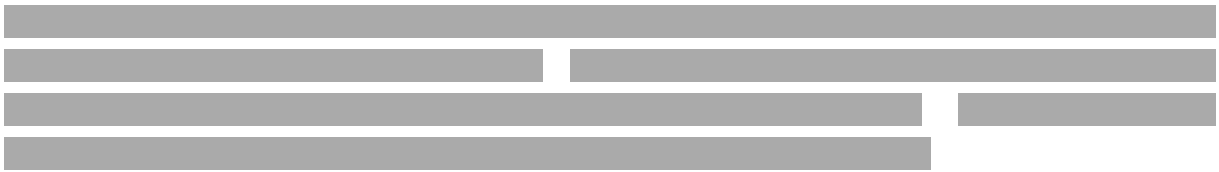
4.16 kV 1E급 교류전력계통은 독립된 2개 계열로 구성된다. 각 계열에는 2개의 고압차단기반이 있으며, [REDACTED] 각각의 고압차단기반에는 계기용변압기, 계전기, 계기용 변류기 및 지시계가 설치된다. 4.16 kV 1E급 고압차단기반 모선은 1/2-823-E-SW01A, 1/2-823-E-SW02A, 1/2-823-E-SW01B와 1/2-823-E-SW02B이고 각 모선의 연속전류는 2,000 A이다. 그 밖의 정격은 4.16 kV 비1E급 고압차단기반과 같다.

1E급 디지털계전기의 소프트웨어는 7.1.4절에서 요구하는 규제요건 및 지침을 만족한다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

480 V 1E급 저압차단기반과 전동기제어반은 발전소 내진범주 I급인 여러 건물 내에 위치한다. 각각의 저압차단기반과 전동기제어반은 내진범주 I급으로 분류되고 계기용변압기, 계전기, 계기용 변류기 및 지시계가 설치된다. 1E급 저압차단기반에는 1500/2000 kVA(AA/FA), 4.16 kV/480 V, 3상 변압기(LC01A, LC01B) 및 750/1000 kVA(AA/FA), 4.16 kV/480 V, 3상 변압기(LC02A, LC02B)가 있으며 주모선 연속전류는 3,000 A(LC01A, LC01B) 및 1,600 A(LC02A, LC02B)이다. 그 밖의 480 V 1E급 저압차단기반과 전동기제어반의 정격은 비1E급 저압차단기반과 전동기제어반 정격과 같다.

### 8.3.1.1.2.1 전력공급원



### 8.3.1.1.2.2 모선 배열

1E급 교류전력계통은 호기마다 2개의 계열로 나누어진다(계열 I과 계열 II). 각 호기에 대해 2개 계열 중 1개 계열만으로도 발전소를 안전하게 정지시키는데 필요한 전력을 공급할 수 있다. 각 교류계열은 4.16 kV 고압차단기반, 480 V 저압차단기반, 480 V 전동기제어반 및 기타 저압 교류공급원으로 이루어진다.

### 8.3.1.1.2.3 각 모선으로부터 공급받는 부하

표 8.3.1-4는 1E급 교류계통부하와 그에 대응하는 모선을 나타낸다.

### 8.3.1.1.2.4 계열 간의 상호 연결

어느 한 1E급 계열을 다른 1E급 계열로 연결하거나, 호기 내에서 계열 간 자동 절체를 하거나, 또는 두 호기의 계열 간을 상호 연결하는 설비는 없다. 단, 한 1E급 계열과 다른 1E급 계열에서 전원을 공급받을 수 있는 480 V 스위치모선(1/2-825-E-LC02)이 1개 구비되어 필요한 부하에 전원을 공급하며 이때 모선절체를 위한 방식은 전기적인 독립성을 고려하여 계열 간 자동절체방식이 아닌 수동절체방식을 적용한다.

수동절체방식은 병렬 운전을 방지하기 위하여 Dummy Breaker 1개만을 사용하여 상시에 어느 한 쪽의 계열에만 연결되며 다른 쪽 계열에는 Breaker가 없는 빈 공간으로 유지된다.

4.16 kV 1E급 모선에 공급되는 우선전력원을 제어할 수 있도록 준비된 2개의 4.16 kV 인입차단기는 한 번에 하나의 차단기만이 투입되도록 연동되어 있다. 이것은 우선전력

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

공급의 병렬운전을 방지하기 위함이다.

### 8.3.1.1.2.5 안전성관련 모선과 비안전성관련 모선의 상호연결

비상디젤발전기 전원을 필요로 하는 가압기 보조전열기, 중앙냉동기, 중앙냉수펌프 480 V 저압차단기반 부하 등의 비1E급 부하에 전원을 공급하기 위해 설치된 계열당 1개의 4.16 kV 비1E급 모선과의 연결 및 대체교류발전기를 제외하면 1E급과 비1E급 모선사이의 상호연결은 없다. 1E급과 비1E급 모선에 우선전력을 공급하는 소내보조 및 대기보조변압기의 2차 권선에 연결되는 피더(feeder)는 모선상호연결로 간주하지 않는다.

특정 비1E급 부하에 소내전력을 공급하기 위해 해당 계열의 1E급 4.16 kV 모선으로부터 비1E급 모선에 전력이 공급된다. 이들 비1E급 모선들은 규제지침서 1.32와 1.75에 따라 격리장치로 사용되는 1E급 차단기에 의해 비1E급 모선에 연결된다. 이들 비1E급 모선은 비상디젤발전기 부하순차제어기로부터 소외전원상실신호 또는 공학적안전설비작동신호 중 안전주입작동신호, 원자로건물살수작동신호 또는 보조급수작동신호를 받거나, 1E급 4.16 kV 고압차단기반에서 모선 부족전압신호를 받을 때 해당 1E급 모선에서 자동으로 분리된다.

이들 비1E급 모선은 주제어실로부터 행정적인 절차 및 운전절차에 따라 1E급 전력원에 수동으로 재 연결될 수 있다. 이들 비1E급 부하는 TMI 조치항목 II.E.3.1의 요건에 따라 각 계열에 가압기 보조전열기(pressurizer backup heater)가 하나씩 포함되어 있다. 한 호기와 다른 호기 사이의 보조전력계통 간의 상호 연결은 없다.

### 8.3.1.1.2.6 다중모선 격리



### 8.3.1.1.2.7 모선의 자동부하투입 및 탈락

표 8.3.1-2 및 표 8.3.1-3은 기기용량을 kW 또는 hp로 정의하고 순차제어계통에 의해 투입시간을 정의함으로써 1E급 모선의 자동부하투입 순서를 나타낸다. 순차별 소요되는 유효전력(kW) 역시 이 표에 나타나 있다. 소외전원상실과 공학적안전설비작동신호 중 안전주입작동신호, 원자로건물살수작동신호 또는 보조급수작동신호에 따른 부하탈락과 순서에 대해서는 8.3.1.1.4.6에서 자세히 설명된다.

### 8.3.1.1.2.8 안전성관련 기기 식별

8.3.1.3절에 1E급 기기의 물리적 식별에 대해 설명한다.

#### 8.3.1.1.2.9 계측 및 제어 전력계통

다중 1E급 4.16 kV 고압차단기반 및 480 V 저압차단기반에 필요한 직류제어전원은 물리적, 전기적으로 분리된 독립적인 직류전력계통에서 공급된다. 즉, 직류계열 I은 1E급 계열 I에 제어전원을 공급한다. 직류계통 충전기도 동일한 계열에서 교류전원을 공급받는다. 직류계열 II도 1E급 계열 II에 제어전원을 제공하며, 직류계통에 대한 자세한 내용은 8.3.2절에 기술되어 있다.

계측 및 제어전력계통은 무정전전원을 필요로 하는 계측 및 제어계통을 위해 제공된다. 독립된 계측 및 제어전력계통은 필수 1E급 및 필수 비1E급 계장 부하용으로 제공된다. 1E급에는 총 4개의 독립된 계측 및 제어전력계통이 제공되어, 각 채널의 원자로보호계통에 사용된다. 이들 4개의 계측 및 제어전력계통은 각각 채널 A, B, C, D로 구분되며, 이들 각 채널에 필요한 직류전원은 각 채널에 소속된 125 V 직류제어반에서 공급받는다. 채널 A와 C에 안정된 120 V 교류전원을 제공하는 전압조정용 변압기의 1차측 480 V 교류전원은 계열 I로부터 공급받으며, 채널 B, D는 계열 II로부터 전원을 공급받는다. 그러나 각 채널 A, B, C, D는 반드시 분리된 480 V 전동기제어반 및 125 V 직류제어반에서 전원을 공급받아야 한다. 비1E급 계측 및 제어전원은 각 호기당 각 계열당 2개씩 4개의 계측 및 제어계통 및 터빈발전기, 통신용으로 각각 1개씩, 총 6개로 구성되어있으며, 공용설비용은 방사성폐기물설비, 대체교류전원 및 보건물리설용으로 각각 1개씩, 총 3개로 구성되어 있다.

1E급 및 비1E급 인버터의 정격용량은 다음과 같다.

##### 가. 1E급 인버터

1/2-842-E-IN01A/B/C/D	40 kVA
1/2-841-E-IN01A/B	30 kVA
1/2-841-E-IN01C/D	60 kVA

##### 나. 비1E급 인버터

1/2-842-E-IN01M/02M/01N/02N	80 kVA
1/2-842-E-UP01N	25 kVA
1/2-837-E-UP01Z	50 kVA
0-842-E-UP01N	25 kVA
0-842-E-UP02N	10 kVA
0-842-E-UP03N	15 kVA

각 120 V 단상, 60 Hz 인버터는 동일 계열의 독립된 125 및 250 V 직류제어반에서 전원

을 공급받는다. 만약 125 V 직류제어반이 사용 불가능하거나 인버터가 고장인 경우에 인버터 부하는 전압조정용 변압기로부터 대체전원을 공급받기 위해 자동으로 절체된다. 인버터와 해당 전압조정용 변압기는 병렬로 운전될 수 없다.

각 호기의 안전계통 전동기 구동 밸브용 전원은 3상 480 V 인버터로부터 공급받으며 인버터는 125 V 직류제어반으로부터 전원을 공급받는다.

2

#### 8.3.1.1.2.10 보호계전기계통

보호계전기계통은 사고가 일어난 기기를 건전한 기기로부터 분리시킴으로써 사고 범위를 최소화할 수 있도록 설계한다. 모든 단계의 보호장치 정정은 사고지점에 인접한 차단기 또는 차단장치가 우선적으로 동작하도록 보호협조가 이루어진다. 그러나 사고시 인접한 차단기가 차단에 실패한 경우는 한 단계 위의 보호장치가 동작하여 사고를 제거한다. 적절한 보호협조를 위해서 상위 보호장치는 적절한 시간 간격을 두고 동작된다.

480 V 전동기제어반에 연결된 부하[일반적으로 44.8 kW(60 hp) 이하]는 열동과부하계전기 및 배선용차단기로 구성된 조합형 기동기에 의해 보호된다. 밸브구동장치에 공급하는 조합형 기동기의 열동과부하계전기는 밸브구동이 완료될 때까지 동작하지 않도록 정정된다.

2

2

480 V 저압차단기반에 연결된 부하[일반적으로 44.8 kW(60 hp) 초과 167.9 kW(225 hp) 이하]는 전자식 트립장치에 의해 보호되며, 지락보호를 위해서 별도의 지락보호장치가 설치된다.

480 V 전동기제어반에 연결된 부하 중 11.2 kW(15 hp)을 초과하는 전동기 및 3.7 kW(5 hp) 이상의 수중 배수펌프용 전동기는 지락사고 검출을 위해 별도의 지락보호장치가 설치된다.

480 V 저압차단기반 모선을 보호하기 위해서 주차단기에 전자식 트립장치가 설치되며, 지락사고를 검출하기 위하여 저압차단기반 변압기 중성점에 지락 과전류계전기가 설치된다. 고압 피더(feeder)는 과전류계전기(한시 및 순시요소) 및 지락보호계전기에 의해 보호된다. 고압모선은 한시 과전류계전기에 의해 보호되며, 대기보조변압기 및 소내보조변압기는 차동계전기에 의해 보호된다.

고압 모선에는 부족전압계전기를 설치하여 전원상실을 감지하며, 대형 전동기가 기동할 경우와 같이 순간적인 전압강하가 발생하더라도 계전기가 동작하지 않도록 정정한다. 1E급 모선에는 전원상실시 1E급 비상디젤발전기를 기동시키기 위한 1차 부족전압계전기가 설치되며, 또한 일정시간 지속되는 전압저하시 경보, 1E급 모선 차단기 트립, 비상디젤발전기 기동, 부하투입을 위한 2차 부족전압계전기가 설치된다.

1E급 모선의 전압상실 및 전압저하 부족전압계전기는 비1E급 모선단락사고시에 비1E급 모선 과전류계전기가 먼저 동작하도록 정정하여 적절한 보호협조가 이루어지도록 한다. 원자로건물 전기관통부에 대한 보호장치의 선정 및 정정은 IEEE 317 및 규제지침서 1.63

에 따라서 전기관통부 밀봉물질의 열적 능력과 보호 협조가 이루어지게 된다. 단락전류와 과부하로 인한 전기관통부 밀봉물질이 손상되는 것을 방지하기 위해 1차 및 후비보호가 된다. 전동기제어반에서는 1차 및 후비보호를 위해 2개의 열동전자식 배선용 차단기가 직렬로 설치된다. 480 V 저압차단기반 및 원자로냉각재펌프 배전반에서는 인입차단기와 부하차단기가 보호 협조되어서 관통부에 대한 1차 및 후비보호가 된다.

4.16 kV 1E급의 고압차단기반의 보호계전기는 디지털설비로 구성되어 있으며 소프트웨어는 7.1.4절에서 요구하는 규제요건 및 지침을 만족하며, 전자파시험은 Reg.1.180의 규제요건을 만족한다.

#### 8.3.1.1.2.11 정상운전중 교류계통의 시험

7.1.2.15절에 설명된 1E급 부하와 관련된 기기를 제외하고 모든 1E급 회로차단기와 전동기 기동기는 원자로가 정상운전중인 경우라도 시험 가능하다. 정기적으로 안전성관련 계통을 시험중인 경우라도 안전주입, 원자로건물살수, 원자로건물격리와 같은 공학적안전설비의 보조계통은 해당되는 차단기나 접촉기가 동작함으로써 동작된다. 4.16 kV 고압차단기반과 480 V 저압차단기반 차단기 그리고 제어회로는 각각의 기기들이 정지해 있는 동안 독립적으로 시험될 수 있다. 차단기는 연결부하를 동작시키지 않고도 시험위치에서 시험될 수 있다.

#### 8.3.1.1.2.12 호기 간 공유되는 계통 및 기기

두 호기 중 하나의 1E급 모선에 연결되는 대체교류전원 관련 부하를 제외하고 두 호기가 공유하는 1E급 기기는 없다.

#### 8.3.1.1.3 시험

##### 8.3.1.1.3.1 가동전시험

가동전시험은 KEPIC ENF-2000(해외구매 품목은 IEEE 415-1986)에 따르며 14장에서 설명되는 적절한 설치와 운전을 보증하기 위해 소내 교류전력계통 기기에 대해 수행한다.

원자로건물 전기관통부 도체 과전류 보호장치 및 전동기 구동밸브의 열적과부하 보호에 대한 점검요구사항, 점검주기 및 적용모드는 표 8.3.1-7, 표 8.3.1-8 및 표 8.3.1-9을 적용한다.

##### 8.3.1.1.3.2 주기시험

검사, 보수 및 시험이 주기시험계획서 및 절차서에 따라 수행된다. 주기시험은 규칙 제

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

41조 및 일반설계기준 18과 규제지침서 1.118의 지침을 따른다.

주기시험은 발전소 정상운전에 미치는 영향을 최소화 할 수 있도록 계획예방정비기간중 실시함을 원칙으로 하나, 필요시 발전소 정상운전중에도 실시할 수 있다. 단, 정상운전중

Intentionally  
Blank

에 시험을 실시할 경우에는 발전소 정상운전에 영향을 주지 않아야 한다.

주변압기, 소내보조변압기, 대기보조변압기에 대한 주기기시험은 기기 제작자 지침서를 따  
| 2  
른다.

계획예방정비기간중의 주기기시험에서는 제작자 지침서에 의거 분해 및 정비를 수행한 후 동작시험을 통하여 성능을 확인한다. 13.8 kV 및 4.16 kV 고압차단기는 시험위치로 인출한 후에 투입개방시험을 통하여 차단기의 성능을 확인한다. 480 V 저압차단기도 시험위치로 인출하여 차단기의 성능을 확인한다. 전동기접촉기는 관련회로를 여자시킴으로서 성능을 확인한다. 발전기차단기(GCB)에 대한 주기기시험은 개폐성능 확인, 개폐시간 측정 및 연동시험을 포함한다.

정상전원에서 비상전원으로의 절체는 계통의 운전성능을 입증할 수 있도록 일반적인 기준에 따라 시험한다.

보호계전기 주기기시험은 계전기 정동작 및 정정치 확인을 주목적으로 하며 전류, 전압 및 위상을 인위적으로 인가하여 동작시간 측정을 통하여 성능을 확인한다.

만약, 발전소 정상운전중에 주기기시험을 실시할 경우에는 7.1.2.15절에 설명된 1E급 부하와 관련된 기기를 제외한 모든 1E급 차단기와 전동기기동기를 시험할 수 있다. 정기적으로 안전관련 계통을 시험중인 경우라도 안전주입, 원자로건물살수, 원자로건물격리와 같은 공학적안전설비의 보조계통은 해당되는 차단기나 전자접촉기가 작동함으로써 동작된다. 4.16 kV 고압폐쇄배전반과 480 V 저압차단기반차단기, 그리고 제어회로는 각각의 기기들이 정지해 있는 동안 독립적으로 시험될 수 있다. 차단기는 연결부하를 동작시키지 않고도 시험위치에서 시험될 수 있다.

#### 8.3.1.1.4 1E급 비상디젤발전기

4.16 kV 교류 1E급 보조전력계통의 각 계열은 비상디젤발전기로부터 비상 예비전력을 공급받는다. 비상디젤발전기는 각각의 1E급 안전계열 모선으로부터 전력을 공급받는 모든 필요한 공학적안전설비와 비상정지부하를 운전하기에 충분한 용량으로 설계되고 선정된다. 각 1E급 비상디젤발전기는 어느 24시간 운전에 대해 연속운전(22시간)시 7,200 kW 정격이고, 단시간 운전(2시간)시 7,920 kW 정격이다.

비상디젤발전기는 기동신호가 주어진 후 17초 내에 정격전압과 주파수에 도달하여 19초 이내에 안전급 모선을 가압하고 그 후 15장 사고해석에서 가정한 응답 시간을 만족하는 순차적부하투입이 가능하도록 설계된다. 순차적부하투입과 기준은 표 8.3.1-2와 표 8.3.1-3을 참조한다.

발전기여자기와 전압조정기는 순차 투입된 부하의 기동과 가속을 만족스럽게 제공하며, 대용량의 전동기가 기동할 때 신속하게 전압을 복구한다. 순차투입단계 사이의 발전기 전압과 주파수 변동은 규제지침서 1.9를 준수한다.

각 비상디젤발전기와 관련 보조설비는 물리적으로 격리된 개별의 내진범주 I급 구조물에 설치되며 폭풍, 외부 비산물과 지진현상으로부터 보호된다. 비상디젤발전기실은 화재가 확산되지 않도록 설계된 방화벽으로 보호한다.

각 비상디젤발전기실은 기기의 운전과 직원의 접근에 적당한 환경을 자동으로 유지하도록 설계된 독립된 환기계통을 가지고 있다. 비상디젤발전기나 그것과 연결된 배관에 설치할 필요가 있는 감지기와 다른 기기를 제외한 비상디젤발전기의 제어와 감시 계측설비는 자립형 제어반에 설치된다. 이 제어반은 정상 진동 환경에 견딜 수 있도록 설계되며, 내진범주 I급 요건으로 검증된다.

비상디젤발전기 엔진에 설치된 부품과 배관은 KEPIC END-2000(해외구매 품목은 IEEE 344-1987)에 따라 내진검증된 내진 범주 I급으로 분류된다.

비상디젤발전기는 규제지침서 1.155 및 1.9 요건에 따라 설계목표 신뢰도 0.975 이상이며, 최저 유지 신뢰도는 0.95, 목표유지 신뢰도는 0.975이고 신뢰도를 유지하기 위한 요건, 범위, 감시, 평가, 시험, 분석 등을 포함한 신뢰도 프로그램을 작성 운용한다.

또한, 규제지침서 1.160 취지에 부합토록 1E급 비상디젤발전기의 보수효율성 감시를 위하여 1E급 비상디젤발전기 설치구역에 설치된 자기진단 감시 및 표시설비(DMDS)를 활용한다. 자기진단 감시 및 표시설비의 동작상황은 직결 실시간으로 처리되며, 기동상황 확인, 예방점검, 기동순서 및 부하순차제어기 감시/실패 확인, 주제어실에 자기진단과 고장/실패의 정보 제공 등의 기능이 있다.

#### 8.3.1.1.4.1 기동회로

각 비상디젤발전기는 다음과 같은 신호 발생시 기동된다.

가. 자동(부하순차제어기 논리회로에 따름)

- 핵증기공급계통 공학적안전설비 신호로 작동[안전주입작동신호(SIAS), 보조급수작동신호(AFAS), 원자로건물살수작동신호(CSAS)]

-   


나. 정상시 수동

- 현장스위치 작동(비상디젤발전기 제어실)

다. 비상시 수동

- 주제어실의 비상기동스위치 작동

8.3.1.1.4.2 기동계통

각 비상디젤발전기는 최소한 5번 기동하는데 필요한 기동용 공기저장설비를 구비한 독립적인 기동용 공기계통을 갖는다. 비상디젤발전기 기동용공기계통은 9.5.6절에 자세히 기술된다.

8.3.1.1.4.3 비상디젤발전기 보호계통

비상디젤발전기 보호계통은 비상디젤발전기에 가해지는 손상을 제한하거나 방지하는 보호 조치를 자동적이며 즉각적으로 시작한다. 다음의 비상보호 트립은 비상디젤발전기를 항상 보호하며, 공학적안전설비 기기제어계통에 의한 자동이나 수동 기동신호에 의해 비상디젤발전기가 기동했을 때 트립이 우회되지 않는다. 이것들은 비상디젤발전기차단기를 트립시킨다.

가. 엔진 과속도

나. 발전기 차동 보호

비상보호 트립의 이행은 규제지침서 1.9에 따른다. 과속도 보호는 과속도 트립에 의해 제공되며, 과속도 트립설정치는 전부하 탈락시의 최대 엔진 속도 이상에서 설정된다. 그러므로 규제지침서 1.9에 따라, 부하의 단계적 증가나 감소의 결과로 인한 엔진 속도는 정격속도에 정격속도와 과속도 트립설정치 차이값의 75%를 더한 값을 초과하지 못한다.

9.5.6.2.1에서 제시한 정규모드 기계적 보호트립이 디젤엔진의 주기시험 동안에 비상디젤발전기를 보호하기 위하여 제공된다.

비상디젤발전기의 보호계통기는 디지털 설비로 구성되어 있으며 소프트웨어는 7.1.4절에서 요구하는 규제요건 및 지침을 만족하며 전자파 시험은 규제지침서 1.180의 규제요건을 만족한다.

다음의 전기적 보호트립이 시험하는 동안에 비상디젤발전기를 보호한다.

가. 발전기 순시 과전류 보호

나. 발전기 과전압/부족전압 보호

다. 발전기 상 불평형 보호

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

라. 발전기 부족 주파수 보호

마. 여자 고장 보호

바. 발전기 계자 상실 보호

사. 발전기 역전력 보호

아. 발전기 지락보호

자. 발전기 전압 억제부 과전류 보호

위의 기계 및 전기적 보호트립은 소외전원상실사고 또는 공학적안전설비 작동 사고에서 는 우회된다. 우회회로의 설계는 KEPIC ENB-1100(해외구매 품목은 IEEE 603-1998)과 규제지침서 1.9의 내용을 만족한다.

다음의 비상보호기능은 1E급 비상디젤발전기 트립 및 경보를 발생하며 그 밖의 것은 단지 경보만을 발생한다.

가. 엔진과속도(기계적)

나. 발전기 차동보호

다. 수동 비상트립(주제어실)

라. 수동 비상트립(비상디젤발전기 현장제어반)

마. 정지레버

주제어실 또는 1E급 비상디젤발전기 현장제어반의 누름스위치로 수동 비상트립이 가능하다. 그러나 이는 비상보호장치 동작 후 기동은 현장 비상정지복구 누름스위치를 눌러 정상으로 복구된 상태에서만 가능하다.

비록, 1E급 비상디젤발전기가 발전소의 안전에 필수적이라도 상기에 열거된 비상보호장치가 동작중에는 비상시에도 자동 우회되지 않는다. 이것은 각 1E급 비상디젤발전기가 전력을 공급하는 독립된 각각의 부하 그룹이 있으므로, 만약 어느 하나의 1E급 비상디젤발전기가 비상보호장치에 의해 트립되어도 다른 1E급 비상디젤발전기가 해당 부하 그룹에 비상전원을 공급할 수 있기 때문이다.

#### 8.3.1.1.4.4 연동

차단기의 전기적인 연동은 비상디젤발전기가 전원이 인가된 모선이나 사고 난 모선에 자동으로 투입되는 것을 방지하기 위해 설치한다.




#### 8.3.1.1.4.5 허용

비상디젤발전기 운전모드 선택은 비상디젤발전기 현장제어반의 “현장/원격” 스위치와 “정상/유지보수” 선택스위치에 의해 가능하다. “현장” 모드를 선택하여도 비상기동 및 비상 트립기능은 제한받지 않는다.

“정상” 모드를 선택하면 “현장/원격” 스위치 선택이 가능해진다. “유지보수” 모드를 선택하면 모든 자동 또는 수동 기능이 봉쇄되며, 스위치를 “정상” 모드로 전환해야만 자동 또는 수동 기능이 가능해진다.

#### 8.3.1.1.4.6 부하차단과 순차적 투입

부하차단은 4.16 kV 1E급(4.16 kV/480 V 저압배전반 변압기 제외) 모선 전압의 저하 또는 상실 상태가 공학적안전설비 기기제어계통 논리회로에 의해 감지될 때마다 일어난다.

전압상실은 4개의 시간지연형 부족전압계전기에 의해 감지되고, 전압저하는 전압상실계전기의 정정치보다 높고 운전 전압보다 낮게 정정되는 의 시간지연형 계전기에 의해 감지된다.   


각 비상디젤발전기가 정격전압과 정격주파수에 도달하면 관련 계전기는 이들 조건을 감지하고 해당 비상디젤발전기 차단기의 투입을 허용한다.


소외전원상실 그리고/또는 공학적안전설비계통의 안전주입작동신호에 따라 자동으로 투입되는 4.16 kV 1E급 전동기부하용 차단기들은 각 비상디젤발전기와 연계된 공학적안전설비 기기제어계통 부하순차투입기에 의해 제어된다. 부하순차투입기는 7.3.1.1.2.4절에 기술된 바와 같이 표 8.3.1-2와 표 8.3.1-3에 따라 자동으로 해당 부하를 순차 투입한다.

비상디젤발전기는 공학적안전설비계통의 작동신호(안전주입작동신호, 원자로건물살수작동신호, 또는 보조급수작동신호)에 기동하여 정상운전상태에 도달하지만, 우선전력원이 상실되지 않은 한 4.16 kV 1E급 모선에 비상디젤발전기의 연결은 이루어지지 않고 단지 대기상태만을 유지한다. 이때 1E급 부하들에는 우선전력원이 공급된다. 이러한 대기상태에서 우선전력원의 공급이상이 발생하지 않는다면 1시간 이후에 이 비상디젤발전기를 정지시킬 수 있다. 우선전력원이 건전한 상태에서 공학적안전설비계통의 안전주입작동신호

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

가 발생하면 부하순차투입기가 동작을 하며 필요한 공학적안전설비 부하들은 계획된 순서에 따라 투입된다. 이미 운전중인 공학적안전설비 부하들은 운전상태가 계속된다.

우선전력이 상실되면 모선 부족전압계전계통은 관련된 비상디젤발전기를 기동하고, 4.16 kV/480 V 저압배전반 변압기용 부하차단기를 제외한 4.16 kV 전동기 부하차단기를 모두 차단하며 부하순차투입기를 초기화한다. 비상디젤발전기가 정격전압, 정격주파수에 도달한 후에 4.16 kV 1E급 모선에 연결된 비상디젤발전기 차단기는 투입되고 부하순차투입기는 자동적으로 필요한 공학적안전설비 부하들의 기동을 시작한다. 필요한 안전성관련 부하들은 설정된 시간 간격으로 모선에 연결된다. 이것은 비상디젤발전기를 안정상태로 운전가능케 하고, 전동기 가속시간을 최소화해 준다.

규제지침서 1.9의 요건에 따라 비상디젤발전기는 순차적으로 부하를 연결하는 동안의 전압이 정격의  미만으로 떨어지지 않도록 선정하며, 단계별 부하투입 후 다음 단계 부하투입 전에 전압을 회복하도록 속응여자방식의 여자기와 전압조정기를 적용한다.

### 8.3.1.1.4.7 계측 및 제어계통

주제어실에서 1E급 비상디젤발전기 제어를 위해 다음과 같은 조작을 할 수 있다.

- 가. 수동 병입
- 나. 수동 속도, 부하, 전압 조절
- 다. 비상 기동 및 정지

다음 작동을 위한 현장제어반이 비상디젤발전기 제어실에 설치되며, “현장/원격” 선택스위치는 현장제어반에 위치한다.

- 가. 정상 또는 유지보수 선택
- 나. 현장 또는 원격 선택
- 다. 수동 또는 자동 전압조정
- 라. 수동 기동 및 정지
- 마. 수동 비상정지
- 바. 복귀(정상/비상정지)

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

사. 수동 전압조절

아. 수동 속도조절

자. 보조기기 조작

비상디젤발전기 계측 및 제어계통에 대한 직류전원은 해당 1E급 비상디젤발전기와 같은 계열에서 제공되며, 8.3.2절에 기술되어 있다.

각각의 4.16 kV 1E급 차단기 동작상태는 차단기반과 주제어실에 표시된다. 1E급 비상디젤발전기에 대한 다음의 지시계는 주제어실에 설치된다.

가. 출력 전압

나. 출력 주파수

다. 출력 전류

라. 출력 유효 전력

마. 출력 무효 전력

바. 역률

비상디젤발전기의 완전한 동작상태를 운전원에게 제공하기 위해 비상디젤발전기실과 주제어실에 다양한 감시 기구들이 마련된다. 다음은 감시되는 전형적인 변수들이다.

가. 윤활유 온도와 압력

나. 베어링 온도

다. 냉각수 온도와 압력

라. 발전기 변수

마. 속도

바. 기동용 공기 압력

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

규제지침서 1.47과 Branch Technical Position PSB-2의 내용을 만족시키기 위하여, 비상 디젤발전기의 운전상태를 결정하기 위한 다음 상태들이 감시되어야 한다.

- 가. 냉각수 이용불능
- 나. 디젤발전기 차단기 고착
- 다. 디젤발전기 과속도
- 라. 제어전원 상실
- 마. 발전기 고장
- 바. 낮은 공기압과 유압
- 사. 유지보수

비상디젤발전기가 공학적안전설비 기기제어시스템의 자동기동신호에 대해 응답을 할 수 없는 상태는 7.1.2.19절(규제지침서 1.47에 대한 적합성)에 따라 주제어실에서 우회/동작불능 상태 표시가 보여질 것이다. 비상디젤발전기의 이용불능 결과와 상태를 개별적으로 보여주는 표시가 각 비상디젤발전기에 대하여 Branch Technical Position PSB-2에 따라 주 제어실과 비상디젤발전기 모두에 제공된다.

### 8.3.1.1.4.8 연료유계통

비상디젤발전기 엔진연료유계통에 대한 설명은 9.5.4절에 기술되어 있다.

### 8.3.1.1.4.9 냉각계통

비상디젤발전기 엔진냉각계통에 대한 설명은 9.5.5절에 기술되어 있다.

### 8.3.1.1.4.10 비상디젤발전기 입증기술

비상디젤발전기는 경수로형 원자력 발전소에 여러 해 동안 성공적으로 적용되어온 입증된 기술이다.

3.11절에서는 비상디젤발전기를 포함하는 구조물과 부품에 대한 환경조건과 시험 이력의 설계기준을 기술한다.

8.3.1.1.4.11 가동전시험과 주기시험

공장시험에 추가해서, 다음의 가동전 소내 인수시험과 주기시험이 각 비상디젤발전기와 관련 보조계통에 대해 행해진다.

가. 가동전시험

가동전 소내 인수시험은 아래 사항을 만족한다.

- 1) KEPIC ENB-6240, 7.2, 7.3과 7.4절
- 2) 규제지침서 1.9, C.2절
- 3) 규제지침서 1.41, C절
- 4) 규제지침서 1.68, 부록 A, 1.g.(3)절
- 5) 규제지침서 1.137, C.1.c절
- 6) ANSI N195, 1976, 6.1절

가동전시험은 비상디젤발전기에 수행되어지는 시험에 관한 규제지침서 1.9, C.2.3의 규정을 따른다.

나. 주기시험

비상디젤발전기의 주기시험은 규제지침서 1.9, KEPIC ENB-6240과 미국 원자력규제위원회의 Generic Letter 84-15 내용을 준수한다. 시험은 비상디젤발전기와 소외전력계통을 수동으로 동기화하여 수행한다. 동기검정계전기로 동기화를 감시한다.

시험중인 비상디젤발전기의 병렬운전기간에 우선소외전력이 상실되면, 비상디젤발전기 차단기는 과전류와 같은 전기적 보호로 자동 트립된다. 그리고 1E급 4.16 kV 모선 상의 부족전압계전기가 전압상실을 감지하면, 부하차단과 부하순차투입이 시작된다.

비상디젤발전기는 승인된 절차에 따라 운전 정지한다. 비상디젤발전기에 대한 어떠한 유지보수 작업도 승인된 절차에 따라 유자격자에 의해서 수행하고 조사된다.

근본원인분석 보수계획은 비상디젤발전기 부품(보증된 것이라면 수용 가능한 대체물로 부품을 교체한 것도 포함)의 반복적인 고장을 추적하고 해결한다. 보수작업이 완료되고, 적절한 시험들이 비상디젤발전기의 운전성을 보장하기 위해 수행된다. 시험이 완료되면, 비상디젤발전기를 운전절차에 따라 대기상태로 회복시키고 제작자의 권고에 따른 시간

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

동안 무부하 운전한 후 정지시킨다. 비상디젤발전기는 실린더 등으로부터 침전물을 제거하기 위하여 제작자의 권고에 따른 부하운전을 실행하여야 한다.

### 8.3.1.1.5 보호계전계통

1E급 교류배전계통, 직류전원계통, 계측 및 제어 전원계통, 원자로건물 전기관통설비 및 전동기구동밸브의 보호방식은 KEPIC ENB-5000을 적용한다.

보호계전계통에 대한 기준은 소내전력계통의 어느 요소가 발전소의 운전과 건전성에 나쁜 영향을 주는 비정상적 상태로 판명될 때 그 요소를 제거하는데 사용되는 격리 장치의 동작이 정확하고 신뢰성 있게 신속히 개시해야 하는 것이다.

보호계전기 협조 분석은 상위 차단기가 동작하기 전에 고장지점에서 가장 가까운 차단기가 동작된다는 것을 증명하기 위해 IEEE 141-1993, IEEE 242-2001 그리고/또는 다른 적용 가능한 산업 표준이나 설계경험에 따라 수행된다.

주전력계통에 대한 기본적 보호계전방식은 다중회로를 가진 중첩범위(zone-over-lapping) 차동계전방식이다. 각 회로는 독립적인 계기용변류기, 분리된 직류전원, 독립적인 록-아웃 (Lock Out, 폐쇄) 계전기와 독립적인 트립코일(trip coil)을 가지고 있다. 각 다중회로는 독립된 계전기 채널로 구성된다. 각 채널은 또한 다양한 계전기로 구성된다. 독립적인 록-아웃((Lock Out, 폐쇄) 계전기는 같은 트립신호가 동시에 발생할 때 트립된다.

이 요건은 한 계전기의 오동작으로 인한 록-아웃(폐쇄) 계전기의 불필요한 트립을 방지한다. 이 방식은 불필요한 트립을 일으키지 않고 계통으로부터 보호기능을 제거하지 않은 상태로 각 채널의 시험과 보수를 가능하게 한다. 이 방식의 고유한 특징은 각 첫 번째 채널은 한 계전기가 실패할 경우 적절한 운전에 필요한 다중성을 제공하고, 그리고 한 계전기의 불필요한 작동에 의한 트립이 없음을 보증하는 것이다.

1E급 모션에는 전압저하와 전압상실 상태 각각에 대한 분리된 모션 전압 감시 및 보호 체계가 준비되어 있다. 이 방식들은 KEPIC ENB-5000, “전기1급 전력계통 및 기기보호”와 NRC Branch Technical Position PSB-1, “Adequacy of Station Electric Distribution System Voltages”의 권고에 따라 설계한다. 2개의 별도 시간지연은 KEPIC ENB-5000, 부록 A에 따른 부족전압 보호를 위해 선택된다. 부족전압 설정치와 시지연 선정은 모든 소내 배전계통에서 1E급 부하의 전압요건을 분석하여 결정한다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

전압분석은 Branch Technical Position PSB-1의 3절에 따라 건설허가 또는 운영허가 신청자에 의해서 수행된다. 그 결과는 Branch Technical Position PSB-1의 4절에 기술된 시험에 의해서 검증된다.

이러한 전압분석은 위에 기술한 부족전압 보호의 모든 단계의 시간지연과 계전기 픽업을 결정하는데 사용된다. 설계에 반영된 우회회로에 대한 주제어실에서의 경보는 물론 출력 운전중의 시험과 교정성능이 제공되어야한다.

앞에서 기술된 동시논리를 사용한 부족전압감지기는 각 4.16kV 1E급 모선(1A, 2A, 1B, 2B)에 설치된다.

소내보호계통에서 계전기보호영역은 계통 전반의 보호를 유지하기 위해 중첩한다. 특정한 트립영역 내에서 어떤 고장 상태는 그것과 관련된 보호계전기에 의해 그 범위 내에 있는 회로차단기를 트립시킨다.

지락보호는 다음과 같이 제공된다.

- 가. 주발전기가 연결되지 않았을 때 개방 삼각 전위회로에 연결된 지락 과전압 계전기가 포함되어 상 분리모션에 대해 적절한 지락 고장보호를 제공한다.
- 나. 소내 고압 교류배전계통은 발전소 보조 및 대기 보조변압기의 저압 권선 중성점에 저항 접지된다. 소내 보조 및 대기 보조변압기 2차측 중성점 계전기는 고압 모션 주회로차단기에 대한 후비 지락고장보호는 물론 변압기 저압 권선 내부 지락고장에 대한 보호를 제공한다.
- 다. 소내 예비전력공급계통의 발전기 권선 중성점은 지락사고 상태에서 연속적인 운전을 하도록 크기가 정해진 배전 변압기와 저항을 통하여 접지된다. 배전 변압기의 2차 권선에 연결된 지락 과전압 계전기는 발전기 고정자 지락고장에 대한 보호를 제공한다.
- 라. 부족전압 교류배전계통의 지락고장보호는 변압기 2차측 권선 중성점에 위치한 과전류 계전기에 의해서 제공된다. 이러한 지락 고장보호는 부하단의 지락 고장보호기기와 보호 협조되도록 정정된다.

2

보호계전기에 입력되는 전압과 전류를 검출하는 계기용 변압기와 변류기는 다음과 같은 기술기준을 만족한다.

- 가. 계기용 변압기 : KEPIC EMB 5100(계기용 변성기) [해외구매 품목은 IEEE C57.13(계기용 변압기와 변류기 요건)]
- 나. 변류기 : KEPIC EMB 5100(계기용 변성기) [해외구매 품목은 IEEE C57.13(계기용 변압기와 변류기 요건)], IEEE C37.110(보호계전기용 변류기 적용지침), IEEE C57.13.1(계전기용 변류기의 현장시험지침)

2

#### 8.3.1.1.6 소내 전원계통에 대한 감시 계측과 제어

소내전원계통과 관련된 감시 계측은 주제어실에 신뢰성 있는 정보를 제공하고 주요 부품에 대한 보호 기능을 제공한다. 계측설비는 주제어실의 운전자에게 정량적 값들과 운전 상태를 제공한다. 계측설비는 발전소의 효율적 운전을 위해 운전자에게 필요한 정보를 제공한다. 계측설비는 또한 경보와 트립 동작을 위한 적절한 정량적 값과 운전 조건을 제공한다. 모든 주제어실 계측설비와 제어는 18장에 기술된 것과 같이 인간공학적 설계기준과 이행 방법에 따라 설계한다.

다음의 운전이 주제어실과 현장에서 가능하도록 수동과 자동 제어가 제공된다.

- 가. 다양한 소내배전계통에 대한 가장 적당한 전원의 선택

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

나. 정상 및 비상 전력이 이용 불가능할 때, 적절한 부하 차단

주제어실과 원격정지제어실에 제공되는 제어 이외에도 현장 제어가 또한 아래와 같은 목적을 위해 제공된다.

가. 보조계통의 운전(예 ; 변압기 송풍기, 전열기 등)

나. 예비 전원의 기동

Intentionally  
Blank

고압스위치기어와 480 V 저압배전반을 위한 제어전원은 125 V 직류 소내축전지에 의해서 공급되어야 한다. 각 제어전원 회로는 제어전원 전선 사고로 인한 제어전원의 상실을 방지하기 위하여 한 개의 정상공급회로와 1개의 보조공급회로로 이루어져 있다.

직류나 교류 전력공급이 없을 때 수동으로 모든 13.8 kV와 4.16 kV 차단기를 개폐할 수 있는 설비가 포함된다.

#### 8.3.1.1.7 1E급 전동기에 대한 설계기준

최소한 1E급 전동기는 전동기 정격전압 75 %의 초기 기동전압으로 요구되는 시간에 부하를 가속할 수 있다.

규제지침서 1.9 규제입장 C.1.4는 “비상디젤발전기 설계는 부하를 순차 투입하는 어느 순간에도 주파수와 전압은 각각 정격의 95 %와 75 % 미만으로 떨어져서는 안된다”고 규정한다. 비상디젤발전기의 공칭전압은 4.16 kV이다. 1E급 스위치기어의 공칭전압 또한 4.16 kV이며, 전동기와 전동기구동벨브에 전력을 공급하는 저압배전반과 전동기제어반의 공칭전압은 480 V이다. 전동기의 공칭전압은 전동기에 전력을 공급하는 모선 전압보다 낮다. 4.16 kV 스위치기어로부터 공급되는 대용량 전동기는 공칭전압 4 kV로 구매된다. 저압배전반과 전동기제어반으로부터 공급되는 전동기는 460 V의 공칭전압을 가지고 있다. 이것은 KEPIC EEB에 따른 전동기 표준전압이다. 전동기부하회로 내에서의 예상되는 전압 강하를 고려한 표준전압을 가진 전동기들이 제공된다. 전압분석은 Branch Technical Position PSB-1의 B.3절에 따라 수행된다. 이 연구 결과들은 PSB-1의 B.4절에 따른 시험에 의해서 검증된다.

운전중일 때 기기의 능력이 과부하율(Service Factor)을 초과하지 않는다는 관련 계통의 설계요건에 의해 전동기 용량을 결정한다. 과부하율 요건은 KEPIC EEB-2110, 5.12절 (해외구매 품목은 NEMA MG-1, 12.51절)을 따른다.

전동기 기동토크는 최소설계단자전압을 포함하여 예상 가능한 모든 운전조건하에서 안전기능을 수행할 수 있도록 충분한 시간 내에 연결된 부하를 정상속도로 가속할 수 있어야 한다.

전동기 절연은 전동기가 설치되는 공간의 주위환경을 기준으로 선택한다. 원자로건물 내 설치되는 안전성관련 전동기의 절연계통은 가상사고환경을 견딜 수 있게 선택한다.

발전소 정상운전중 연속 운전되어야 하는 고압전동기는 권선과 베어링온도를 측정하기 위한 열전대 혹은 저항온도계기가 준비되어있다.

또한, 고압전동기는 고압차단기반 내부에 설치된 서지보호장치에 의해 보호된다. 고압 차단기반, 저압차단기반, 전동기제어반, 분전반의 차단용량은 고장점에서 발생 가능

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

한 최대단락전류보다 크다. 고압계통의 단락전류의 크기는 ANSI C37.010에 의해 결정되며, 고압폐쇄배전반의 정격차단용량은 KEPIC EED-1100에 의해 선택된다. 저압차단기의 정격차단용량은 KEPIC EED-1200, 배선용 차단기의 정격차단용량은 UL489에 의해 선택된다.

1E급 전동기 또는 펌프를 위한 동작 회로에는 자동 또는 수동 전동기/펌프 기동에 우선하여 충족되어야 하는 압력스위치 또는 허용 장치(윤활유, 냉각수 등)는 포함하지 않는다.

### 8.3.1.1.8 접지와 낙뢰보호기준

발전소 접지와 낙뢰보호계통은 다음사항에 따라 설계된다.

- 가. 나동선으로 구성된 발전소 접지망은 모든 고장 조건하에서 보폭전위와 접촉전위를 안전한 값으로 제한할 것이다. 설계와 분석은 IEEE 80의 절차와 권고를 근거로 한다.
- 나. 접지계통은 모든 전기적 지하 덕트와 기기 그리고 건물 내 접지계통으로 연결하기 위한 수직 나동선을 가지고 있다.
- 다. 접지계통의 설계와 분석은 IEEE 665, 666 및 1050의 절차와 제안을 따른다.
- 라. 각 건물은 발전소 접지망에 연결되는 접지계통을 갖는다. 최소한 건물 주변의 하나 건너 1개의 철재 기둥이 접지망에 직접 연결된다.
- 마. 발전소 주발전기는 발전기 단자에서의 3상 고장전류보다 크지 않은 값으로 단락 회로 상태에서의 최대 상전류를 제한하는 임피던스를 갖는 중성점 접지 장치로서 접지된다. 각각의 계전기는 주 보호, 후비 보호 및 보조 지락고장 보호를 제공한다.
- 바. 직류계통은 접지되지 않는다.
- 사. 기기, 금속 구조물이나 금속 탱크의 중요한 부분은 서로 반대편에 대각선으로 2개의 접지 연결부를 가지고 있다.
- 아. 모든 스위치기어, 전동기제어반과 제어반의 접지 모선은 최소한 2개의 병렬 회로를 통해 발전소 접지망에 연결된다.
- 자. 하나의 나동선이 이 나동선에 연결될 각 직원용 출입구 내 모든 금속체 구조물과 각 지하 전기적 덕트 구조물과 함께 설치된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 차. 발전소 계측설비는 분리된 계측 접지 모선과 절연된 전선으로 구성된 별도의 방사형 접지계통을 통해 접지된다. 계측접지계통은 오직 한 지점에서만 소내 접지망과 연결되고 모든 다른 접지회로부터 절연된다. 계측 제어기기 접지는 IEEE 142와 KEPIC EMC-5000의 권고사항을 바탕으로 설계된다.
- 카. 낙뢰보호가 원자로건물을 포함하는 모든 주요한 발전소 구조물을 위해 제공된다. 낙뢰보호는 IEEE 665와 NFPA 780의 기준을 적용한다.
- 타. 발전소 전기계통과 변전소와 소외송전계통으로 연결되는 모든 연결선로의 각 상은 피뢰기로 보호된다. 피뢰기들은 발전소 주변압기와 대기보조변압기의 고압 단자들에 연결된다. 소내보조변압기는 상분리모선을 사용하여 주변압기 단자로부터 전력을 공급받기 때문에 낙뢰 보호가 필요 없다.
- 파. 옥외에 위치하거나 옥외 전선에 연결된 발전소 계측과 감시기기는 낙뢰에 의해 유도된 서지로부터 기기를 보호할 내장된 서지 억제장치가 구비된다.
- 하. 스위치야드 안에 설치되는 보호설비, 제어기기 및 통신장비 접지는 IEEE C 62.23의 지침으로 설계된다

### 8.3.1.1.9 전기기기 배치

다음은 전기기기 배치의 일반적인 특징을 나타낸다.

- 가. 다중계열의 1E급 고압차단기반, 저압차단기반, 전동기제어반은 보조건물의 격리된 공간에 위치한다. 배전반실에는 해당 다중 계열의 전력을 공급받는 격리된 공기조화설비를 설치한다.
- 나. 1E급 축전지는 보조건물에 위치한다. 각 축전지는 격리된 공간에 위치하고 각 공간에는 해당 다중 계열에서 전력을 공급받는 격리된 공기조화계통을 설치한다.
- 다. 다중의 케이블포설실이 제공된다. 이러한 배치는 다중 케이블 간의 격리를 확실하게 한다.
- 라. 다중의 1E급 비상디젤발전기와 관련 기기들은 보조건물 내 비상디젤발전기 전용의 격리된 설치공간에 배치한다.
- 마. 다중의 공학적안전설비계통에 관련된 1E급 충전기, 인버터, 직류모선은 보조건

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

물의 격리된 방에 배치한다.

### 8.3.1.2 분석

4.16 kV와 480 V 교류 안전 보조전원계통은(계열 I과 II) 1E급 계통이고, 아래에 기술된 바와 같이 규제지침서에 인용된 IEEE는 물론, KEPIC, 규제지침서 1.6, 1.9, 1.32, 1.63, 1.75, 1.106의 내용과 규칙 제24조, 제41조 및 일반설계기준 17과 18의 요건을 만족하도록 설계된다. 소내전력계통을 위한 고장유형 및 영향분석이 표 8.3.1-1에 제공된다.

#### 8.3.1.2.1 규칙 제24조 및 일반설계기준 17과 규제지침서 1.32의 준수

소내 및 소외공급전력은 규칙 제24조 및 일반설계기준 17에 따라 설계한다. 보조전력계통은 각각 독립된 공급전원을 가진 2개의 계열로 나누어진다. 소외전력은 765 kV 또는 345 kV 스위치야드를 통해 공급된다. 소외전력은 필요시 즉시 전력을 공급할 수 있는 독립된 2개의 2회선 송전선로로 구성된다. 독립된 2개의 송전망으로부터 1E급 보조전력 계통으로의 전원공급은 상시 이용 가능하다.

1E급 부하는 발전소가 어느 한 계열만의 전력으로도 안전한 비상정지 상태에 이를 수 있도록 계열 I과 계열 II로 분리하여 2개의 독립회로가 유지되도록 한다. 주발전기, 송전망 또는 소내전력의 개별 또는 동시상실사고로 인해 나머지 전원으로부터의 전력상실 가능성을 최소화하도록 소내전력계통이 설계된다.

각 회로는 변압기와 차단기를 통해 4.16 kV 1E급 스위치기어에 연결된다.

각각 소내 전부하의 50 % 용량을 갖는 2대의 소내보조변압기 중 1대가 고장이면 해당 모선은 대기보조변압기 측으로 모선절체되어 전원을 공급받는다. 따라서 이 기간 동안에 1E급 계열 I과 II로 연결되는 2개의 독립회로가 유지된다.

2개의 안전계열은 각각 격리되고 독립적인 1E급 비상디젤발전기가 설치되어 필요시 소내 전력을 공급한다. 1E급 비상디젤발전기는 소외전력 상실 후 약 17초 이내에 기동할 수 있어야 하며, 디젤발전기에 의해 전력을 공급받는 기기들이 안전기능을 수행하는데 필요한 전력을 공급한다.

한 계열의 기기들은 어떤 설계기준사고가 다른 계열의 사고에 영향을 미치지 않도록 계열로부터 물리적으로 독립되고 전기적으로 격리된다. 각 계열에 전력을 공급하는 전기계통의 모든 기기들은 사고를 완화시키는데 필요한 모든 부하에 전력을 충분히 공급할 수 있도록 선정된다. 모든 1E급 기기들은 정상운전 및 설계기준사고에서도 안전기능을 수행하도록 검증된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 8.3.1.2.2 규칙 제41조 및 일반설계기준 18의 준수

1E급 전력계통 및 관련 주요 기기들은 시운전 및 정기시험이 가능하도록 설계되었다. 1E급 디젤발전기는 규제지침서 1.9, KEPIC ENB-6240(해외구매 품목은 IEEE 387-1995) 및 IEEE 749에 따라 시험된다. 이 시험은 공장시험, 시운전시험, 정기시험을 포함한다.

1E급 보조전력계통 이외의 기기는 KEPIC ENF-3100 요건에 따라 시험된다. 계통설계시 발전기 정상운전중에도 주요 기기에 대한 정기적인 성능시험이 가능하도록 한다.

### 8.3.1.2.3 규제지침서 1.6의 준수

1E급 교류전력계통 설계는 규제지침서 1.6의 독립성 요건을 따른다.

1E급 교류전력 부하는 2개의 다중이면서 완전하게 독립된 계열로 분리된다.

다중 계열 사이에는 직접적인 자동이나 수동 연결은 없다.

어떠한 단일고장도 최소한의 필수 안전부하 운전을 방해할 수 없으며, 어느 한 계열의 상실은 최소한의 안전기능 수행을 방해하지 않는다. 각 1E급 4.16 kV 스위치기어는 소외 전원, 대체교류전원 그리고 비상디젤발전기 전원에 연결될 수 있다.

2대의 비상디젤발전기가 설치된다. 각 비상디젤발전기는 관련된 1E급 4.16 kV 스위치기어에 전용으로 연결되어 소내 1E급 예비전원의 독립성을 보장한다.

### 8.3.1.2.4 규제지침서 1.9의 준수

예비 전력원으로 사용되는 비상디젤발전기의 설계는 규제지침서 1.9를 따른다.

각각의 비상디젤발전기는 기동 및 정격 속도로 가속되고 적절한 순서로 필수 공학적안전 설비와 비상 정지 부하 모두에 전력을 공급할 수 있다.

### 8.3.1.2.5 IEEE 308-2001, KEPIC ENB-6240(해외구매 품목은 IEEE 387-1995)과 규제지침서 1.32의 준수

소내 1E급 교류전력계통 배전설계와 구성은 모든 필수부하를 기동하고 운전하는데 충분한 전력을 보낸다. 이 계통의 다중 계열은 IEEE 308-2001에 따라 물리적, 전기적으로 독립된다. 보수와 주기적 감시시험을 수행하기 위해 계측과 제어가 제공된다. 설계는 규제지침서 1.32를 따른다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

전기설계는 IEEE 308-2001에 따라 어떠한 교류 모선의 고장 혹은 상실이 발전소를 과도 상태로 만들지 않으며 동시에 안전관련 계통에 단일고장 보호의 상실을 유발하지 않도록 보증한다.

비상전력계통 설계시 KEPIC ENB-6240(해외구매 품목은 IEEE 387-1995) 요건이 이행된다. 비상디젤발전기는 운영기술지침서에 규정된 것과 같이 주기적으로 시험된다.

### 8.3.1.2.6 KEPIC ENB-2000과 규제지침서 1.75의 준수

1E급 교류계통 기기 회로의 물리적 배치와 이격은 원자로보호계통, 공학적안전설비계통과 1E급 전력계통의 물리적 손상을 최소화하도록 설계된다.

물리적 식별 그리고 스위치기어, 인버터, 전동기제어반과 같은 다중 전원 및 관련 전선의 독립성에 대한 본 표준과 규제지침서의 의도에 부합되도록 사용된 방법의 자세한 설명이 8.3.1.3절과 8.3.1.4절에 포함된다.

### 8.3.1.2.7 KEPIC ENB-3000의 준수

KEPIC ENB-1100의 5.1절에 언급되고 KEPIC ENB-3000에 설명된 단일고장기준이 1E급 교류전력계통의 설계와 분석에 적용된다.

1E급 보조전력계통 내 어떠한 단일고장도 적절한 1E급 교류전력계통의 조치가 필요할 때 방해하지 않는다.

### 8.3.1.2.8 규제지침서 1.63의 준수

원자로건물 구조물 내 전기 관통부의 설계, 시공, 설치에 대해 규제지침서 1.63에 설명된 기계적, 전기적 그리고 시험 지침은 다음과 같다.

원자로건물 관통부를 통과하는 모든 전기회로는 회로 내(저항식 온도검출기, 열전대, 변환기, 그리고 경보반 회로)의 최대 전류가 전기 관통부의 연속정격보다 크다면 다중 보호 기기를 구비해야 한다.

원자로건물 관통부를 통과하는 회로를 위한 다중 보호장치는 KEPIC ENB-5000 요건에 따른다. 주 및 후비 보호장치는 관통부의 최대 시간-전류 용량에 도달하기 전에 회로 차단을 보증하기 위해 고려된 차단기 트립 시간과 일치하게 설정한다. 이러한 보호방식은 KEPIC ENB-5000의 7.3절에 기술된 것과 같이 기기 동작상태를 검증하기 위한 주기 시험을 받도록 설계된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

원자로건물을 관통하는 각 전선 형태에 따라 제공된 1차와 2차 과전류 보호기기는 KEPIC ENB-1100 5.6절과 5.7절의 독립성과 시험 능력 요건을 만족한다. 다중 보호채널은 보호회로가 작동할 필요가 있는 어떤 사고(무작위의 비1E급 기기 고장을 포함하여)에서도 적절한 동작을 보장하는 독립성을 갖추도록 설계된다. 보호계통은 발전소의 안전과 운전의 악영향을 주지 않는다면, 보호 기능을 수행할 능력을 유지하면서 시험될 수 있게 설계된다.

### 8.3.1.2.9 규제지침서 1.106의 준수

규제지침서 1.106의 준수내용은 7.3.1.1.2.3.1.2.3절에 기술되어 있다. 7.3절에 기술한 것과 같이 공학적안전설비 기기제어계통은 7.7.1.7절에 기술한 정보처리계통 표시기를 경유하여 운전자에게 전동기구동 밸브 열적 과부하 상태 정보를 제공하는 성능을 가지고 있다.

### 8.3.1.2.10 1E급 기기 검증 요건

1E급 교류전력계통 기기의 내진과 내환경 검증은 각각 3.10절과 3.11절에서 기술된 요건에 따라 수행하며, 원자로건물 내부에 설치되어 원자로냉각재상실사고 등과 같은 가상사고시 가혹한 환경에 동작되어야하는 주요 기기는 다음과 같으며 상세한 대상 기기는 부록 3.11.B에 제시되어 있다.

- 가. 전동기(Motor)
- 나. 안전등급 전선(Cable)
- 다. 전기관통부(EPA)
- 라. 솔레노이드 밸브(Solenoid Valve)
- 마. 가압기 안전밸브(PZR Safety Valve)
- 바. 전선관 밀봉집합체(ECSA)

### 8.3.1.2.11 BTP 8-4의 준수

신한울 1,2호기 설계는 BTP 8-4 “수동 제어 전기 구동 밸브에 대한 단일고장 기준의 적용”의 내용과 일치되고 있다.

다양한 형태로 발전소가 운전되는 동안에 신한울 1,2호기 발전소 설계에서 Branch Technical Position 8-4요건에 따른 전원의 제거나 복구가 필요한 기기에는 안전주입탱크

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

전동기구동 격리밸브와 안전주입탱크 솔레노이드 배기밸브가 있다.

다음은 부적절한 운전을 방지하기 위한 일반적인 설계 조항이다.

가. 안전주입탱크 전동기구동 격리밸브와 솔레노이드 배기밸브

- 1) 안전주입탱크 전동기구동 격리밸브와 안전주입탱크 솔레노이드 배기밸브의 전원제거는 주제어실 내의 해당 스위치를 조작함으로써 이루어지며 발전소 정상운전기간 동안 밸브의 부적절한 운전을 방지하기 위한 행정적 통제절차와 잠금장치가 각각의 밸브 제어스위치에 제공된다.
- 2) 안전주입탱크 전동기구동 격리밸브와 안전주입탱크 솔레노이드 배기밸브의 전원복구도 주제어실 내의 해당 스위치를 조작함으로써 이루어진다. 발전소 정지기간 동안 안전주입탱크를 그림 6.3.3.4-1에 따라 신속히 격리시키거나 감압할 필요가 없기 때문에, 발전소 운전원이 이 밸브의 전원을 쉽게 복구하도록 허용하는 BTP 8-4의 내용을 만족한다.
- 3) 전동기구동 격리밸브의 다중 위치 상태는 공학적안전설비 기기제어계를 거쳐 주제어실의 화면표시장치에 제공된다. 다중성과 다양성을 갖춘 개/폐 위치 리미트스위치가 제공된다(밸브 스템에 1세트와 전동기변속기 함에 1세트).

밸브의 물리적인 설계 제약으로 인하여 솔레노이드 배기밸브의 개/폐 위치용 밸브 스템 리미트스위치는 단일 세트로 제공된다. 다중성과 다양성은 탱크 압력 계측장비에 의해서 이루어진다. 안전주입탱크 솔레노이드 배기밸브의 부적절한 개방은 안전주입탱크를 급속히 감압시키고 주제어실에 경보를 발생시키는 원인이 된다. 경보는 발전소 운전중에 안전주입탱크의 운전가능성이 요구될 때 안전주입탱크 질소 압력이 운영기술지침서 점검요구사항 3.5.1.3항에 규정된 범위 내에 있지 않으면 발생한다.

그림 7.3-8b와 그림 7.3-10b에 나타난 것처럼, 솔레노이드 배기밸브나 전동기구동 격리밸브의 전원제거로 인하여 공학적안전설비 기기제어계통 루프제어기로의 밸브 위치 입력이 불가능하지 않도록 한다. 다른 계기용 전원으로부터 전원을 공급받음으로써 밸브 위치에 대한 다중성을 얻을 수 있다.

- 4) 단일 안전성관련 계통 혹은 부품 고장의 영향은 각 계통의 “고장유형 및 영향분석”에 기술되어 있고 그 허용 결과를 보여주고 있다. 안전주입탱크 부품의 일부로서 제공된 추가적인 안전 보증(연동, 경보 등) 기기에 대한 설명은 6.3절에 기술되어 있다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 나. 추가적인 신한울 1,2호기 제어계통 설계특성

개량형 인간-기계 연계설계는 밸브의 상태나 각 계통의 가동성에 대한 영향을 운전자에게 통보해주기 위하여 다음의 추가적인 부분을 포함한다.

- 1) 성공경로 감시지시가 7.7.1.7절에 기술된 것과 같이 주제어실에 제공된다. 성공경로 감시지시는 7.1.2.19절에 설명된 규제지침서 1.47, “원자력발전소 안전계통에 대한 우회 및 운전불능상태 표시”의 권고 사항과 일치하며 안전주입탱크 격리밸브 전원의 투입 혹은 제거로 인한 안전주입탱크의 이용 불능을 경보를 제공한다.
- 2) 전동기구동 격리밸브와 솔레노이드 배기밸브의 전원제거 상태는 공학적안전설비 기기제어계통을 통해서 주제어실 워크스테이션으로 제공된다.
- 3) 전동기구동 격리밸브와 솔레노이드 배기밸브의 전원제거 상태 정보는 또한 공학적안전설비 기기제어계통을 통해 밸브 제어스위치 개폐 상태 지시등이 주제어실에 제공된다.
- 4) 주제어실의 공학적안전설비 기기제어계통과 공정 기기제어계통의 상호연결은 채널화되고 물리적으로 격리되어 있으며 제어계통에 높은 고장 에너지가 유입되는 것을 최소화시키기 위해 광케이블을 이용하여 전기적으로 격리되게 설계되어 있다. 또한 이런 고장이 다중의 계측제어기기실, 원격정지반과 다른 계측제어기기로 파급되는 것을 방지하여 순서대로 발전소를 정지시키기 위해 주제어실 혹은 다른 지역으로부터 제어를 할 수 있도록 한다. 전원이 회복되면 원격정지반에서 밸브를 운전할 수 있도록 설계한다.

#### 8.3.1.3 안전성관련 설비의 물리적인 식별

모든 1E급 및 비1E급 기기, 케이블, 그리고 전선로들은 각각의 관련된 1E급 및 비1E급 채널 또는 계열에 따라 색상을 부여한 명판, 표식, 또는 표찰을 사용하여 식별된다.

발전소내 모든 전선로는 KEPIC ENB-2000에 따라 해당 채널 또는 계열에 대한 영구적인 색상 표식에 의해서 식별된다. 색상 표식 방법은 5가지 기본적인 색들로 실현된다. 이들 색들은 다음의 1E급 및 비1E급 채널과 계열에 해당한다.


1E급 전기 채널/계열

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

채널 A/계열 I : 적색  
채널 B/계열 II : 녹색  
채널 C : 황색  
채널 D : 청색

비1E급 전기 계열

계열 I : 흑색  
계열 II : 흑색

케이블트레이가 밀폐구역으로 인입되거나 인출될 때에는 영구적인 표식을 하고 같은 구역에서는 매  간격으로 영구적인 표식을 설치한다. 전선관도 케이블트레이와 같은 방법으로 식별 표시한다.

모든 1E급 및 비1E급 기기는 색상이 표시된 각인 명판을 붙인다. 각 기기 채널 또는 계열에 해당되는 색상은 전선로에 대한 색상 표식과 동일하다.

반 내에 설치되지 않는 모든 1E급 계통의 계측기와 장비는 부품에 규명된 보호채널을 명확히 확인하기 위해 계열 번호와 접미어 A, B, C, 또는 D가 부여된 표식으로 식별된다.

1E급 케이블의 외피색상 채널 A/계열 I은 “적색”, 채널 B/계열 II는 “녹색”, 채널 C는 “황색”, 채널 D는 “청색” 표시하고 또한 양쪽 끝 지점에 부착된 영구적인 케이블번호 표식에 의해서 식별된다.

케이블 포설 문서는 케이블 번호, 케이블 형태, 출발지, 결선, 포설, 사양코드, 색상코드에 대한 영구적인 기록을 수립하기 위하여 준비된다. 오직 한 개의 전기 계열 또는 채널의 구성 요소와 회로만을 가지는 안전성관련 캐비닛에서 색상 코드화된 현장 케이블의 전선이 안전성관련 캐비닛으로 인입한 후로는 색상 코드화되지 않는다. 그러나 그러한 모든 전선은 적당한 라벨이 붙고, 영구적인 문서로 유지된다. 한 개 이상의 채널 또는 계열이 안전성관련 캐비닛 안의 한 패널 부분으로 인입하는 경우 적절한 색 표식 식별이 포설 케이블을 위해 관리 유지된다.

### 8.3.1.4 다중계통의 독립성

1E급 계통의 물리적 배치는 다중 기기와 포설 케이블의 손상에 대한 취약성을 최소화하도록 설계된다. 1E급 계통이 위치한 발전소의 여러 지역 내에 잠재 위험에 대해 특별한 고려가 주어진다. 특히, 이 지역은 배관 휜, 비산물, 그리고 기타 위험에 대해서 분석된다. 이격 그리고/또는 방벽은 잠재적인 위험들로 인한 손상으로 요구된 안전기능 수행이

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

배제되지 않도록 하기 위해서 제공된다. 대기보조변압기와 소내보조변압기로부터 계측 제어회로와 연결된 1E급 모선의 입력단자까지 전력회로의 포설은 운전중과 가상사고 그리고 환경조건하에서 정상 및 대체 소외전력의 양쪽 동시 고장과 같은 실현 가능성의 범위를 최소화해야 한다.

전력배전계통에서 물리적 이격 혹은 전기적 격리는 1E급 계열 간, 1E급 채널 간 그리고 1E급 계열/채널과 비1E급 기기 사이에 존재한다. 1E급 케이블이 설치된 전선로에는 비1E급 케이블을 포설하지 않는다.

### 8.3.1.4.1 기술기준 및 설계기준

1E급 기기는 설계기준사고에 의한 다중성의 상실을 피하기 위해 비1E급 기기와 다중 기기로부터 물리적으로 이격된다. 또한 다중 1E급 기기는 물리적으로 이격된 내진범주 I 급 지역에 설치한다.

1E급 계통과 관련되는 다중 회로의 전력, 제어 및 계측 케이블과 해당 전기관통부는 단일 설계기준사고에 의해 다중 계통의 운전을 저해하지 않도록 KEPIC ENB-6430, KEPIC ENB-2000에 따라 물리적으로 이격된다. 케이블의 물리적 이격은 4개의 1E급 계통 및 2개의 비1E급 계통을 위하여 나누어진 원자로건물 관통부, 케이블트레이 및 전선관을 물리적으로 이격함으로써 달성된다. 다중 안전기능을 가진 1E급 기기는 KEPIC ENB-2000에 따라 물리적으로 이격된다. 다중 1E급 기기의 물리적 이격은 원자로건물 및 보조건물의 효율적인 배치에 따라 달성된다. 일반적으로 다른 계열의 다중 기기는 건물의 서로 다른 계열의 구역에 위치하도록 설계한다. 그러므로 대부분의 경우에 있어서 다중 기기와 케이블은 건물 설계상 제약이 있는 경우를 제외하고는 특별한 방호벽 없이도 이격요건을 만족한다. 다른 계열의 전기관통부는 화재방호벽 또는 충분히 거리를 두고 분리된 구역에 설치한다.

### 8.3.1.4.2 물리적 이격기준

#### 8.3.1.4.2.1 1E급 기기 이격기준

1E급 기기는 설계기준사고의 결과에 의한 다중성의 상실을 막기 위해 1E급 기기와 마찬가지로 다중 기기로부터 물리적으로 이격된다. 또한 다중 1E급 기기는 가능한 한 물리적으로 이격된 내진범주 I 급 지역에 놓였다. 최소한의 이격 요건의 유지가 불가능할 때는 완화된 이격거리가 허용 가능하도록 특별한 방호벽을 사용하거나, 이격이 되지 않아도 되는 것을 증명할 수 있는 분석이 수행된다. 1E급 기기의 이격은 KEPIC ENB-2000에 따른다.

#### 8.3.1.4.2.1.1 비상디젤발전기

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

2개의 비상디젤발전기를 설치하고, 독립성과 건전성을 유지하고 최대 가동률을 보장하도록 별도의 내진범주 I급 구조물에 물리적으로 이격된다. 어떠한 설계기준사고에 대해서도 독립성을 위협하는 공통사고 모드는 존재하지 않아야 한다.

### 8.3.1.4.2.1.2 스위치기어와 저압배전반

다중 계열의 1E급 스위치기어 및 저압배전반을 설치하며, 물리적으로 이격된 별도의 내진범주 I급 구조물에 배치하여 그들이 독립성과 이격을 통하여 이용률을 최대한 높일 수 있도록 하여야 한다. 어떠한 설계기준사고에 대해서도 독립성을 위협하는 공통사고 모드는 존재하지 않아야 한다.

### 8.3.1.4.2.1.3 전동기제어반

다중 그룹의 1E급 전동기제어반이 설치된다. 다중 그룹의 요구된 독립성을 제공하기 위해 물리적으로 이격된 별도의 내진범주 I급 구조물에 배치되어야 하며, 어떠한 설계기준사고에 대해서도 독립성을 위협하는 공통사고 모드는 존재하지 않아야 한다.

### 8.3.1.4.2.1.4 축전지, 충전기, 인버터와 배전반

4개 채널의 각 125 V 직류 및 120 V 교류 필수계측제어전력계통은 독립성을 유지하기 위해 내진범주 I급 구조물 내의 하나의 이격된 장소에 위치한다. 다중 그룹 사이에 독립성을 위협하는 공통사고 모드는 존재하지 않아야 한다.

### 8.3.1.4.2.2 전선로 이격기준

#### 8.3.1.4.2.2.1 전선로 구분

가. 1E급과 비1E급 전선로는 다음과 같이 구분된다.

- 1) 1E급 채널 A/계열 I (원자로보호계통 채널 A 포함)
- 2) 1E급 채널 B/계열 II (원자로보호계통 채널 B 포함)
- 3) 1E급 채널 C (원자로보호계통 채널 C 포함)
- 4) 1E급 채널 D (원자로보호계통 채널 D 포함)
- 5) 원자로계측계통 채널 A
- 6) 원자로계측계통 채널 B
- 7) 원자로계측계통 채널 C
- 8) 원자로계측계통 채널 D
- 10) 비1E급 계통 I

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

11) 비1E급 계통 II

12) 비1E급 계통 Z

나. 상기 범주는 다음 세 가지로 다시 세분된다.

1) 전력

2) 제어

3) 계측

다. 동일 전선로에 있는 다중 회로의 혼합배치는 허용되지 않으며, 기기에서 다른 격리 그룹 간 케이블의 혼합배치는 배제된다.

라. 전력, 제어, 계측 케이블은 분리된 전선로에 포설한다.

### 8.3.1.4.2.2 전선로 이격

다중 기기에 연결된 케이블의 단일사고에 의한 손상을 피하기 위하여 다중 회로가 포설되어 있는 전선로 간에는 적절한 이격이 유지된다. 1E급 전선로 역시 비1E급 전선로와 이격된다. 전선로 이격은 KEPIC ENB-2000에 준한다. KEPIC ENB-2000에 명시된 이격 거리를 유지할 수 없는 곳에서는 회로 독립성을 유지하기 위해서 특별한 방호벽을 사용하거나, 이격이 지켜지지 않을 때에는 이것이 허용 가능하다는 것을 보이기 위해 분석이 수행된다.

### 8.3.1.4.3 케이블트레이 간 최소이격거리

#### 8.3.1.4.3.1 제한된 위험지역(발전소 일반지역)

다중 1E급 케이블트레이간 또는 1E급 케이블트레이와 비1E급 케이블트레이 사이의 최소이격거리는 표 8.3.1-5에 기술되어 있다.

#### 8.3.1.4.3.2 비위험지역(케이블 포설실)

다중 1E급 케이블트레이 간 또는 1E급 케이블트레이와 비1E급 케이블트레이 사이의 최소이격거리는 표 8.3.1-6에 기술되어 있다.

#### 8.3.1.4.4 제어반

제어반 내에서 비1E급 전선관 1E급 전선 사이 또는 다중 1E급 전선 사이에는 [ ] 및 [ ] 거리로 물리적으로 이격 설치되며, 이격이 불가능할

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

경우에는 금속재 전선관 또는 단일 시트의 내화재를 설치하여 독립성을 유지한다.

가. 제어반, 스위치반, 기기반 및 단자반 등의 기기 내부에서 비1E급 배선과 1E급 배선 사이 또는 다중 1E급 배선사이에는 [ ] 및 [ ]의 물리적 이격이 유지된다. 물리적 이격이 유지될 수 없을 때에는 각 배선 사이에 다음 중 하나의 방벽이 설치된다.

1) 상호 접촉하지 않는 금속재 전선관

2) 최소 한쪽면만 접촉하는 단일 시트의 내화재

나. 비1E급 케이블이 1E급 전선(외부 또는 내부 배선)을 포함하는 제어반에 인입될 때 비1E급 케이블과 1E급 케이블 사이의 인입부 또는 다중 1E급 케이블 사이의 인입부는 최소 [ ]의 물리적 이격이 유지된다. [ ] 이격유지가 불가능 할 경우에 비1E급 케이블은 밀폐된 전선로에 설치되고 비1E급 밀폐전선로와 1E급 케이블 사이에는 최소 [ ]의 이격거리가 유지된다.

### 8.3.1.4.5 케이블 및 전선로 설치

케이블은 트레이 또는 전선관 등의 전선로 내에 설치된다. 내진검증된 케이블지지물계통은 1E급 케이블이 설치된 모든 전선로를 위하여 제공된다. 덧붙여, 모든 전선로는 비가연성 구조이다.

케이블은 전압등급 및 기능에 따라서 이격된 전선로계통 안에 포설된다. 일반적으로 트레이가 수직적으로 적층되는 경우 가장 높은 전압이 가장 위에 배치되고, 전압등급이 낮아지는 순서로 트레이가 낮아지며, 최종적으로 가장 낮은 위치에 제어 및 계장 트레이가 배치된다. 감소하는 전압등급 순은 다음과 같다.

가. 15 kV 전력 케이블

나. 5 kV 전력 케이블

다. 저압 전력 교류와 직류 케이블

라. 제어 케이블

마. 계장 케이블

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 8.3.1.4.6 원자로건물 전기관통부집합체

다중 1E급 원자로건물 전기관통부집합체는 다음의 어떠한 설계기준 사건 동안에 요구되는 안전기능을 달성할 수 있도록 기기와 1E급 회로(계열과 채널 양쪽을 포함하는)의 독립성을 유지하기 위해 물리적으로 이격시키고 전기적으로 격리된다. 다중 원자로건물 전기관통부 집합체는 4개의 원자로건물 사분면에 위치한다. 비1E급 회로를 갖는 원자로건물 전기관통부집합체와 1E급 원자로건물 전기관통부집합체는 KEPIC ENB 2000에 따라 물리적으로 이격된다.

원자로건물 전기관통부집합체는 내진범주 I급으로 분류되며 가혹한 환경에 대해 검증된다.

원자로건물 전기관통부집합체에 대한 보호장치의 선정 및 정정은 규제지침서 1.63 및 IEEE 317에 따라서 전기관통부 밀봉재의 열적능력과 보호 협조가 이루어진다. 단락전류와 과부하로 인한 전기관통부 밀봉재가 손상되는 것을 방지하기 위해 주 보호 및 후비 보호가 된다.

전동기제어반에서는 후비보호를 위해 2개의 열동식 배전용차단기가 직렬로 설치된다. 480 V 저압차단기반 및 원자로냉각재펌프배전반에서는 주차단기와 피더(feeder)차단기가 보호 협조되어서 관통부에 대한 주 보호 및 후비 보호가 된다.

### 8.3.1.5 케이블 정격감소와 케이블트레이 적재

#### 8.3.1.5.1 케이블 정격감소

케이블에 최대정격 전류용량의 전류가 흐를 경우, 고온으로 인한 케이블 절연의 열화를 최소화하기 위해 교류 및 직류 전력용 케이블 모두에 대한 전류용량은 ICEA P-54-440 과 IPCEA P-46-426에 따라 감소된다.

#### 8.3.1.5.2 케이블트레이 적재 기준

고압 전력 케이블을 설치한 트레이에 대한 적재 기준은 단일 층의 전력 케이블만이 포설되도록 하고, 일반적으로 트레이 내의 인접 케이블 간은 큰 케이블 지름의 1/4간격이 유지되어야 한다. 케이블 출입 또는 케이블 굴곡으로 인하여 케이블 간격은 고정 부분이 변화할 수 있다. 그러나 케이블들이 접촉된다면 그 접촉 길이는 대략 60 cm(2 ft)로 제한되어있다.

저압 전력 케이블 및 계측 제어 케이블의 트레이에 대한 적재 기준은 케이블의 단면적이 관련된 트레이 단면적의 30%와 50%를 각각 적용하여 모든 케이블이 관련된 트레이 내부에 포설되도록 한다. 적재기준을 초과하는 케이블 트레이에 대하여는 IEEE 690에 따

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

라 추가 케이블 포설이 가능하다는 분석이 수행된다.

### 8.3.1.5.3 절연

케이블 절연은 매우 보수적으로 적용한다. 다음 지침이 여러 발전소에서 케이블 절연 정격을 적용하는데 사용된다.

케이블 절연 정격	적용 정격
15,000 V	13.8 kV 전력용 케이블
5,000 V	4.16 kV 전력용 케이블
600 V	600 V 전력용 케이블
600 V	저압 전력용 및 제어용 케이블
600 V	220/120 V 조명용 케이블
300 V	120 V 교류와 125 V 직류 계측용 케이블

### 8.3.1.6 화재방호와 감지기

발전소에 제공된 화재방호계통이 9.5.1절에 기술되었다.

벽과 바닥을 통과하는 케이블 및 케이블 트레이에 대한 모든 관통부는 벽과 바닥의 화재 정격과 일치하게 보호된다.

수직 또는 수평으로 통과하는 케이블트레이의 방화벽 관통 위치 외에는 케이블 내화재가 설치되지 않는다. 내열 케이블은 전 발전소에 사용된다. 이 케이블들은 IEEE 383-2003의 난연시험을 통과했다.

화재감지기와 살수계통은 위험도분석에 명시된 지역에 공급된다.

화재방호계통들은 화재로부터 원자로 안전에 필요한 기기와 물질의 손상을 막을 순 없지만, 화재의 확산 또는 가연성 물질의 방지는 물론 다중 안전기기의 손상을 막는데 돕도록 되어 있다.

다중 1E급 케이블은 요구되는 안전기능의 수행을 위해 단일 안전사고를 배제할 수 있도록 규제지침서 1.75에 따라 이격된다.

## 8.3.2 직류전력계통

### 8.3.2.1 계통 설명

### 8.3.2.1.1 비1E급 직류전력계통

#### 8.3.2.1.1.1 125 V 직류전력계통

125 V 직류전력계통은 3대(보조건물에 2대, 복합건물에 1대)의 125 V 축전지, 1대의 예비 충전기를 포함하는 4대(보조건물에 3대, 복합건물에 1대)의 충전기와 3대(보조건물에 2대, 복합건물에 1대)의 125 V 직류제어반으로 구성된다. 125 V 직류전력계통은 비1E급의 계측, 제어, 정보처리계통 및 125 V 직류-120 V 교류 보조제어전력 인버터에 직류 전력을 공급하는 2개의 채널로 나뉜다. 125 V 직류제어전력계통은 그림 8.3-1에 나타나 있다. 축전지 설치는 KEPIC EEG 1100(해외구매 품목은 IEEE 484-1996)의 내용을 만족하도록 설계한다. 축전지 용량은 KEPIC EEG 1100(해외구매 품목은 IEEE 485-1997)에 따라 선정한다. 125 V 직류 모선 부하목록은 표 8.3.2-5에 나열되어 있다.

| 2

#### 8.3.2.1.1.2 120 V 교류 계측 및 제어전력계통

120 V 교류 계측 및 제어전력계통은 터빈발전기 제어용 1대(보조건물), 계측 및 제어계통용 4대(보조건물), 방사성폐기물용 1대(복합건물), 대체교류전원용 1대(대체교류전원건물), 인버터와 자동 및 수동 우회 절환스위치, 분전반으로 구성된다.

인버터에 대한 후비전력은 비1E급 480-120 V 교류 전압조정변압기를 사용한다.

| 2

보조물리실용 1대의 전원계통은 220V 교류 인버터, 충전기 및 축전지, 자동 및 수동 우회 절체스위치, 분전반으로 구성된다.

| 2

인버터에 대한 후비 전력은 비1E급 480-220 V 교류 전압조정변압기를 사용한다.

| 2

#### 8.3.2.1.1.3 250 V 직류전력계통

250 V 직류전력계통은 1대의 250 V 축전지, 1대의 예비 충전기를 포함한 2대의 충전기와 1대의 직류제어반으로 구성된다. 250 V 직류전력계통은 그림 8.3-1에 나타나 있다.

250 V 직류전력계통은 일반적으로 교류부하의 후비용으로 사용되는 높은 돌입 전류를 갖는 직류 부하에 전력을 공급한다. 출력전류제한충전기는 250 V 직류 제어반에 상시 연결되어 축전지의 충전을 유지한다. 충전기는 축전지를 재충전하거나 시험 목적으로 최대 단일 직류부하를 운전할 수 있는 용량으로 설계된다. 충전기는 비1E급 모선으로부터 전력을 공급받는다. 축전지 설치는 KEPIC EEG-1100(해외구매 품목은 IEEE 484-1996)의 내용을 만족하도록 설계한다. 250 V 직류 모선 부하목록은 표 8.3.2-5에 나열되어 있다.

| 2

#### 8.3.2.1.1.4 대체교류전원발전기 125 V 직류 전력계통

소내 대체교류전원용 125 V 직류전력계통은 그림 8.3-1과 같이 1대의 125 V 축전지, 충전기 및 직류제어반으로 구성된다. 이 계통은 대체교류전원발전기를 기동시키고 운전시키기 위해 필요한 직류 전력을 공급하도록 설계한다. 충전기는 비1E급 480 V 교류 전동기 제어반으로부터 전력을 공급받는다. 축전지 설치는 KEPIC EEG-1100(해외구매 품목은 IEEE 484-1996)의 내용을 만족하도록 설계한다. 대체교류전원 발전기 125V 직류 모션 부하목록은 표 8.3.2-5에 나열되어 있다.

2

#### 8.3.2.1.1.5 비1E급 축전지 및 충전기

각 호기 당 설치되어 있는 125 V 직류계통 축전지의 용량은 4,800 AH이며, 복합건물과 대체 교류전원건물에 설치되는 양 호기 공용 125 V 직류계통 축전지의 용량은 각각 800 AH와 400 AH이다. 또한, 스위치야드 중앙제어건물에 설치되는 125 V 축전지의 용량은 2,400 AH이며, 현장제어건물에 설치되는 축전지의 용량은 1,000 AH(765 kV 및 345 kV)이다. 각 호기 당 터빈건물에 설치되어 있는 250 V 직류계통 축전지의 용량은 3,200 AH의 용량을 갖추었다.

2

모든 축전지의 용량은 10시간 방전을 기준이며, 각 비1E급 축전지 정격은 다음과 같다.

형식	납축전지(lead-antimony)
셀 수	58셀, 125 V 직류용 (양호기 공용) 116셀, 125V 직류용 (58셀 × 2조병렬, 계열 I, II) 232셀, 250 V 직류용(116셀 × 2조병렬, 계열 II)
공칭전압	125 V/250 V 직류
부동전압	2.15 ~ 2.17 V/셀
균등전압	2.25 ~ 2.40 V/셀
최소 운전전압	1.81 V/셀
전압 범위	105 ~ 140 V, 125 V 계통 210 ~ 280 V, 250 V 계통

2

각 비1E급 충전기 정격은 다음과 같다.

- 교류입력 - 3상 480 V AC $\pm$ 10 %, 60 Hz $\pm$ 5 %
- 직류출력 -  $\pm$  0.5 % 변동
  - 부동/균등 충전전압 범위 124 ~ 130/130 ~ 140 V, 125 V 계통
  - 248 ~ 260/260 ~ 280 V, 250 V 계통

각 호기당 설치되어 있는 125 V 직류계통 충전기의 용량은 1,900 A이며, 복합건물과 대체 교류전원건물에 설치되는 양 호기 공용 125 V 직류계통 충전기의 용량은 250A, 200 A이다. 또한, 스위치야드 중앙제어건물에 설치되는 125 V 충전기의 용량은 400 A이며, 현장 제어건물에 설치되는 125 V 충전기의 용량은 200 A(765 kV 및 345 kV)이다. 각 호기당 설치되어 있는 250 V 직류계통 충전기의 용량은 500 A의 용량을 갖추었다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

### 8.3.2.1.2 1E급 직류전력계통

#### 8.3.2.1.2.1 125 V 직류전력계통과 120 V 교류계측 및 제어전력계통

125 V 직류전력계통과 120 V 교류 계측 및 제어전력계통은 1E급 계측 및 제어 설비에 신뢰성 있는 연속적인 전력을 제공한다. 125 V 직류전력계통과 120 V 교류 계측 및 제어 전력계통은 별도로 취급되지만 4개의 독립적이고 물리적으로 분리된 부하 그룹으로 구성되는 통합 계통에 포함되어 계측 및 제어 채널 A, B, C, 및 D에 전력을 공급한다. 4개의 채널은 규제지침서 1.75에 따라 분리시켜 단일고장으로 인해 다중 채널이 오동작되거나 채널 간의 상호 작용이 일어나지 않는다. 각 부하군은 하나씩의 축전지, 충전기, 직류 제어반과 직류분전반, 인버터, 그리고 교류분전반을 포함한다. 각 계측 모선은 분리된 축전지로부터 전력을 공급받아 안정적이고 잡음이 없는 전력을 제어 채널에 공급한다. 통합 계통은 그림 8.3-1에 나타나 있다.

125 V 직류 전력계통과 120 V 교류 계측 및 제어전력계통은 내진범주 I급 계통이며, 보조 건물 내에 위치한다. 125 V 축전지는 보조건물 내의 각각 채널별로 분리된 방에 설치된다. 125 V 직류 전력계통과 120 V 교류 계측 및 제어전력계통은 비접지 계통이다. 교류 및 직류 모선 부하 목록은 표 8.3.2-3과 표 8.3.2-4에 나열되어 있다.

#### 8.3.2.1.2.1.1 125 V 직류 필수전력충전기

125 V 직류 전력계통의 각 부하군은 분리되고 독립된 125 V 충전기를 구비하고 있다. 부하군 채널 A와 C의 충전기는 1E급 보조전력계통의 계열 I로부터 전력을 공급받는다. 부하군 채널 B와 D의 충전기는 계열 II로부터 전력을 공급받는다. 각 충전기는 수요가 발생하는 동안 발전소 상태와 상관없이 다양한 정상상태 부하들의 최대 총합 수요에 대처할 수 있으며, 설계 최소 충전상태로부터 만충전 상태까지 축전지를 충전할 수 있다.

각 충전기는 축전지를 부동 충전으로 유지하면서 직류제어반 부하에 정상적으로 전력을 공급한다. 충전기는 충전기의 오동작이나 교류전력 공급이 안 될 경우 축전지로부터 충전기로 방전되지 않도록 설계한다.

각 충전기는 축전지가 1시간 동안 방전되었다고 가정했을 경우, 최대의 정상상태 부하에 전력을 공급함과 동시에 약 8시간에서 12시간 이내에 축전지를 재충전할 수 있다.

각 충전기는 과전압감지회로를 구비하고 있다.

1E급 직류부하는 105 V에서 140 V의 운전전압 범위를 가지고 있다. 최소 축전지 방전 전압은 105 V 직류이다.

각 1E급 충전기는 “균등충전” 에서 “부동충전” 으로의 자동변환 기능이 있으며, 이는 0 ~ 120시간의 범위를 가진 타이머에 의해 조정된다. “부동충전” 에서 “균등충전” 으로의 변환은 수동으로만 가능하다.

각 1E급 충전기는 정상상태 부하들의 최대 종합 수요와 최대 수요가 발생하는 동안의 발전소 상태와 상관없이 설계 최소충전 상태에서 완전충전 상태까지 축전지를 충전할 수 있는 용량을 가지고 있다. 충전기 용량 계산은 KEPIC ENB-6230에 따르며, 각 1E급 충전기 정격은 다음과 같다.

- 교류입력 - 3상 480 V AC  $\pm 10\%$ , 60 Hz  $\pm 5\%$
- 직류출력 - 125 V DC  $\pm 0.5\%$  변동
  - 부동/균등충전전압 범위 124 ~ 130/130 ~ 140 V
  - 800 A 출력

소내정전사고와 동시에 대체교류전원이 이용불능인 중대사고시에 안전급 충전기는 이동형 발전기에서 전원을 공급받을 수 있도록 설계된다.

Intentionally  
Blank

### 8.3.2.1.2.1.2 125 V 직류전원 축전지

1E급 계통은 각 호기마다 4개의 125 V 직류보조전력계통으로 구성되어 있으며, 독립적인 125 V 직류전원 부하군 채널은 분리되고 독립적인 125 V 축전지를 구비하고 있다.

| 2

축전지의 용량은 KEPIC EEG-1100(해외구매 품목은 IEEE 485)에 따라 계산되며 각 1E급 축전지 정격은 다음과 같다.

형식	연 축전지(lead-acid)
셀 수	116셀(58 × 2조 병렬)
공칭전압	125 V
용량	2,800 AH(10시간 정격, 채널 A와 B) 4,400 AH(10시간 정격, 채널 C와 D)
부동충전전압	2.15 ~ 2.17 V/셀
균등충전전압	2.25 ~ 2.40 V/셀
최소 운전전압	1.81 V/셀
운전전압 범위	105 V ~ 140 V

2

각 축전지는 2시간동안 한 채널의 부하에 전력을 공급할 수 있는 용량으로 선정된다.

A 및 B 채널의 축전지는 수동부하 차단을 통하여 소내정전사고 발생시 운전원이 사고 상황을 파악할 수 있는 점검변수 관련 계측장비 및 디스플레이(PPS, APC-S, QIAS-P, ENFMS, QIAS-P OM)에 최소 8시간동안 전력을 공급하며, C 및 D 채널의 축전지는 수동부하 차단을 통하여 보조급수격리밸브, 보조급수 터빈 현장제어반 및 POSRV 후단 방출밸브 등의 부하, 그리고 이 부하의 제어 및 감시와 관련된 MMIS 캐비닛에는 최소 8시간 전력공급이 가능하다. 2시간 이후 수동 차단되는 부하는 표 8.3.2-4에 기술되어 있다. 축전지 설치에 KEPIC EEG-1100(해외구매 품목은 IEEE 484-1996)의 내용을 만족하도록 설계되고, KEPIC END-3500(해외구매 품목은 IEEE 535-1986(재확인 1994))에 기술된 방법론을 사용하여 검증한다.

2

각 축전지실의 환기계통은 수소농도를 축전지실 전체 체적의 2% 미만으로 제한하도록 설계되고, 축전지실의 최소 온도가 18.3 °C(65 °F)를 유지하도록 공기조화기기가 제공된다.

| 2

### 8.3.2.1.2.1.3 125 V 직류제어반과 분전반

125 V 직류제어반은 125 V 직류 전력계통 부하군을 위해 제공된다. 각 직류제어반은 독립된 채널에 전력을 공급하며, 독립된 125 V 축전지와 충전기로부터 직접 전력을 공급받는다. 각각의 직류제어반은 1개의 직류분전반과 1개의 125 V 직류-120 V 교류 정지형 인버터에 전력을 공급한다.

8.3.2.1.2.1.4 120 V 교류 계측 및 제어전력계통

120 V 교류 계측 및 제어전력계통은 분리되고 독립적인 4개의 120 V 교류분전반으로 구성되며, 각 120 V 교류분전반은 125 V 직류-120 V 교류 정지형 인버터를 경유하여 125 V 직류 부하군 직류제어반으로부터 전력을 공급받는다. 이 전력공급계통은 역률 0.8보다 큰 정격 전 부하에서 출력 주파수는  $60 \text{ Hz} \pm 0.5 \%$ , 출력전압변동은  $\pm 2 \%$  이내로 설계한다. 각 120 V 교류분전반은 한 채널의 교류 계측 및 제어설비에 전력을 공급한다. 수동 무순단(make-before-break) 우회스위치는 정비를 위해 인버터를 우회하도록 제공된다. 자동절체스위치는 인버터에서 1E급 480 V 전동기제어반에 연결된 전압조정변압기로 즉각적인 절체시 사용된다. 120 V 교류 계측 및 제어전력계통은 그림 8.3-1에 나타나 있다. 인버터는 최대 부하에 25 % 여유를 더한 용량으로 선정한다.

채널별 교류 필수계측 및 제어전력계통은 비접지계통이다.

120 V 교류 전력은 각 공학적안전설비 기기제어계통에 전력을 공급하여 공학적안전설비 기기제어계통의 이용률을 강화시킨다. 120 V 교류 전력은 1E급 인버터 분전반으로부터

Intentionally  
Blank

공급된다. 또 다른 전력은 같은 채널의 1E급 인버터와 동일 용량을 가진 1E급 480/120 V 교류 전압조정변압기로부터 공급된다. 이 두 전력은 병렬 운전을 방지하기 위해 연동되어 있다. | 2

#### 8.3.2.1.2.1.5 125 V 직류 전력계통과 120 V 교류 계측 및 제어전력계통 상태 정보

125 V 직류 전력계통과 120 V 교류 계측 및 제어전력계통에 대한 다음의 변수 혹은 상태는 주제어실 또는 원격정지실에서 감시된다. | 2

##### 가. 충전기

- 충전기 교류 입력전원 상실, 직류부족전압, 직류과전압, 출력차단기 개방 또는 트립, 직류 출력 상실(경보) | 2

##### 나. 125 V 직류전동기제어반

- 충전기 연결 차단기 개방 또는 트립(경보 및 지시) | 2
- 축전지 연결 차단기 개방 또는 트립, 시험부하 차단기 투입, 직류모션 부족 전압, 직류모션 지락(경보) | 2
- 모션 전압, 축전지 전류(충전 및 방전), 충전기 전류(지시)

##### 다. 인버터(120 V 교류 계측 및 제어전력계통) | 2

- 입력 부족전압, 출력 과전압, 출력 부족전압, 인버터 고장, 인버터 팬 고장, 과부하, 대체전원 공급, 출력 지락, 분전반 지락, 분전반 부족전압, 동기탈조, 비정상 출력 주파수, 인버터 과열, 공통고장, 바이패스 전력상실(경보)
- 출력전압, 출력 전류, 출력 주파수(지시)

##### 라. 인버터 (480 V MOV 전원용)

- 입력 부족전압, 출력 과전압, 인버터 고장, 인버터 팬 고장, 과부하, 인버터 과열, 공통고장, 출력 부족전압 (경보) | 2

축전지 전류를 감시하는 전류계는 충전 및 방전 전류 모두를 감시할 수 있는 성능을 가지고 있다. 직류전압계는 축전지의 직류 전압을 감시한다.

다음의 지시와 경보는 충전기 및 125 V 직류전동기 제어반에 위치된다.

기기	지시	경보
충전기	충전기 출력 전류(전류계) 충전기 입력 전압(전압계) 충전기 출력 전압(전압계) 충전기 교류 통전 지시 충전기 직류 고전압정지 계전기 (충전기로의 교류 공급 주차단기 개방)	충전기 직류 부족전압 경보 충전기 직류 과전압 경보 충전기 교류 입력전원 상실 충전기 직류 출력 상실
125 V 직류전동기 제어반	축전지 전류(전류계-충전/방전) 직류 모션 전압(전압계) 직류 모션 지락 감지기	직류 모션 부족전압 경보 직류 모션 지락 경보

2

지락고장검출기와 그에 대응되는 지락감시경보는 충분한 감도와 높은 전원 임피던스를 가지고 있어서 계통 내에 지락을 발생시키지 않고 직류계통의 상대적으로 높은 저항 접지를 감지한다.

#### 8.3.2.1.2.1.6 삭제

2

### 8.3.2.1.2.2 시험

#### 8.3.2.1.2.2.1 가동전시험

1E급 직류계통의 가동전시험은 적절한 설계, 설치 및 운전을 검증하기 위하여 규제지침서 1.41의 권고에 따라 수행된다. 축전지 설치는 KEPIC EEG-1100(해외구매 품목은 IEEE 484-1996)의 내용을 만족하도록 설계되고, KEPIC END-3500(해외구매 품목은 IEEE 535-1986(재확인 1994))에 기술된 방법론을 사용하여 검증된다. 분전반 회로 차단기와 120 V 정전압교류전력계통의 모든 회로차단기의 시험은 차단기의 기능이 적절한지를 확인하기 위한 차단기동작시험으로 구성되어 있다. 120 V 교류계통의 전압이 적절히 유지되는지 입증하고, 인버터와 전압조정변압기 간의 수동절체를 수행할 수 있는 능력을 증명한다.

축전지 용량 산정시 사용한 가정사항에 따라 모든 직류부하를 확인한다. 축전지 용량은 KEPIC ENF-3400에 따른 성능방전시험에 의해서 검증된다. 저하된 계통전압에서 필수 부하가 운전됨을 검증한다. 1E급 직류계통의 적절한 설치와 운전성은 차단기 운전, 전압 수준, 그리고 대체 전원으로의 전환 계획이 적절한지를 입증함으로써 증명된다.

#### 8.3.2.1.2.2.2 주기 시험

1E급 직류계통의 검사, 정비, 그리고 시험은 규제지침서 1.129 및 1.118의 권고에 따라 주기시험프로그램으로 수행된다. 주기시험프로그램은 발전소 운전을 방해하지 않도록 계획된다.

시험이 발전소 운전을 방해하지 않도록 계통과 기기 시험은 운전중인 원자력발전소에서 계획된다.

계측 및 제어계통 인버터의 연속 운전은 사고상태가 실질적으로 부하를 변경하지 않기

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

때문에 운전성과 기능 성능의 지표가 된다. 120 V 교류전력계통에 이용할 수 있는 여러 가지 전력원으로서의 수동절체방법은 그들의 운전을 확인하기 위한 일상적인 방법으로 시험한다.

### 8.3.2.2 분석

#### 8.3.2.2.1 원자로시설등의 기술기준에 관한 규칙 및 일반설계기준, 규제지침서, 산업 표준

본 절은 1E급 직류전력계통이 규칙 제24조, 41조 및 일반설계기준 17과 18, 규제지침서 1.6, 1.32, 1.41, 1.75와 KEPIC EEG-1100(해외구매 품목은 IEEE 485), KEPIC ENB-6230(해외구매 품목은 IEEE 946), ENF-3400(해외구매 품목은 IEEE 450) 및 IEEE 308-2001의 만족여부를 분석한다.

##### 8.3.2.2.1.1 규칙 제24조 및 일반설계기준 17, 전력계통

직류전력계통의 설계에는 규칙 제24조 및 일반설계기준 17에 의해 다음 조건들을 포함하고 있다.

- 가. 각 1E급 교류계열에 제어전원을 공급하는 1E급 125 V 직류보조전력계통은 계열별로 분리된다.
- 나. 각 직류보조전력계통의 충전기에 공급되는 교류전원은 그 직류계통이 제어전원을 제공하는 교류계열에서만 공급된다.
- 다. 축전지, 충전기, 직류제어반, 배전기기를 포함하는 각 1E급 직류보조전력계통은 물리적으로 이격되고 서로 독립성을 유지한다.
- 라. 1E급 직류보조전력계통은 단일사고 발생을 가상했을 때에도 안전기능을 확보할 수 있도록 충분한 용량, 독립성, 다중성 및 시험성을 갖는다.

##### 8.3.2.2.1.2 규칙 제41조 및 일반설계기준 18, 전력계통의 점검 및 시험

각 1E급 125 V 직류보조전력계통은 다음 사항이 허용되도록 설계한다.

- 가. 기기의 운전정지 동안에 보조계통의 연속성과 계통 기기 상태를 확인하기 위하여 기기의 결선, 절연, 연결 상태의 점검 및 시험
- 나. 발전소 정상운전중에 보조계통을 분리함으로써 보조계통의 운전성과 성능에 대한 주기적인 시험

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

각 1E급 125 V 직류보조전력계통의 축전지 및 충전기는 축전지 셀과 다른 기기들의 상태를 확인하기 위하여 주기적으로 점검 및 시험된다. 또한 모든 중요 계통 기기들은 고장 발견을 위해 운전중에도 시험될 수 있다. 주제어실에 중요 계통 변수의 비정상상태 정보가 제공된다.

가동전시험의 규제지침서 1.41 준수 여부는 아래에 기술되어 있다.

### 8.3.2.2.1.3 규제지침서 1.6, 다중비상(소내)전원 간 및 해당 배전계통 간의 독립성

물리적 이격, 전기적 격리와 다중성이 1E급 125 V 직류계통에 구비되어 있으므로, 단일사고나 한 부하그룹에서 발생하는 사고가 1E급 계통 안전기능을 수행하는데 방해되지 않도록 한다. 직류계통은 부하계열당 2개씩, 모두 4개의 1E급 직류전력보조계통으로 구성되었다. 즉, 보조계통 A와 C는 계열 I에 속하고, B와 D는 계열 II에 속한다. 각 직류계통은 각 1대의 축전지와 충전기에 의해 전원이 공급된다. 각 축전지는 지정된 하나의 125 V 직류모선에 연결되고, 각 충전기는 하나의 교류계열로부터 전원을 공급받는다. 축전지와 충전기는 다른 125 V 직류보조전력계통과는 상호 연결되지 않는다. 충전기는 직류보조계통의 제어전원 공급계열과 동일한 교류계열에서 전원을 공급받는다. 다중 125 V 직류보조계통 간에 부하를 절체할 수 있는 설비는 존재하지 않는다. 따라서 단일고장시에도 최소한의 안전기능을 수행할 수 있도록 125 V 직류보조계통 간에는 충분한 독립성과 다중성을 갖는다.

### 8.3.2.2.1.4 규제지침서 1.32, IEEE 308-2001 사용, 원자력발전소 1E급 전기계통 기술기준

각 1E급 125 V 직류보조전력계통의 충전기 용량은 규제지침서의 규제요건에 따라 산정되었다. 각 1E급 충전기는 다양한 정상상태 부하의 최대 총합 수요와 동시에 설계 최소충전 상태에서 완전충전 상태로 축전지를 충전하는데 지장이 없을 만큼 충분한 용량을 가진다.

### 8.3.2.2.1.5 규제지침서 1.41, 적정 부하그룹 배치를 확인하기 위한 다중 소내전력계통 가동전시험

본 규제지침서를 준수하기 위하여, 규제지침서 1.6과 1.32에 따라서 설계된 1E급 125 V 직류보조전력계통은 다음과 같이 시험한다.

가. 축전지 용량시험을 포함한 직류전력계통의 시험은 발전소 가동전이나, 주요 부위의 개조 또는 수리 후에 수행된다.

나. 충전기, 축전지 결선과 충전기 전원 공급이 적정한 교류 부하계열에서 지정

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

되었는가를 점검한다.

다. 1E급 125 V 직류보조전력계통은 다른 교류계열, 교류전원 및 그 계열의 직류 보조계통과 분리한 후 격리한 상태에서, 동일 교류부하계열과 함께 기능적으로 시험되어야 한다. 각 시험은 공학적안전설비작동계통, 비상디젤발전기 및 시험하고자 하는 부하계열에 대한 기동, 순차적 부하인가, 부하동작 등을 모의한 시험을 포함한다. 이러한 시험중에 1E급 비상디젤발전기와 1E급 교류 고압폐쇄배전반 제어용 전력공급 등과 같은 125 V 직류보조전력계통 기능 수행 능력이 점검된다.

라. 하나의 교류계열과 연관된 1E급 125 V 직류보조전력계통의 시험중에는 시험중이 아닌 교류부하계열과 연관된 125 V 직류보조전력계통의 모선과 부하들이 직류계통간의 상호 연결이 되어 있지 않아 전압이 인가되지 않음을 확인하기 위해 감시된다.

### 8.3.2.2.1.6 규제지침서 1.75, 전기계통의 물리적 독립성

1E급 직류계통은 1.8절에서 기술된 예외사항을 제외하고는 규제지침서에 따라 다음과 같이 설계되었다.

가. 1E급 회로 및 기기의 다중성 및 독립성이 확보되어 단일설계기준사고로 인해 다중 회로 및 기기가 운전 불능이 되지 않게 한다.

나. 1E급 회로 및 기기는 비1E급 회로 및 기기와 분리한다.

다. 이격거리를 유지할 수 없는 곳은 방호벽을 설치하거나, 독립성을 입증하는 분석을 수행한다.

### 8.3.2.2.1.7 IEEE 308-2001, 원자력발전소 1E급 전기계통 기술기준

1E급 직류계통은 1E급 직류부하와 1E급 계통제어 및 개폐를 위한 전원을 공급한다. 물리적인 분리, 전기적인 이격 및 다중성이 공통모드고장 발생을 방지하기 위하여 구비되어 있다.

1E급 직류계통설계는 다음 사항을 포함한다.

가. 직류계통은 4개의 보조계통이 구비되어 있다.

나. 각 계열의 안전조치는 다중인 타 계열에서 취해지는 안전조치와는 독립적이다.

다. 각 직류보조전력계통 전원은 하나의 축전지와 충전기로 구성된다.

라. 축전지는 각 호기의 계열 간이나 양 호기 간에 상호연결이 허용되지 않는다.

마. 축전지는 공통모드고장이 발생치 않도록 한다.

각 1E급 배전회로는 부하의 기동과 운전에 필요한 충분한 에너지를 전달할 수 있으며, 다중 기기로 연결되는 배전회로들은 각기 독립성을 갖는다. 배전계통은 의도하는 기능을 수행하기 위한 준비가 되어 있는지 각종 지시계를 통해 감시가능하다. 교류계열의 기기 동작에 필요한 직류보조장치의 전원은 동일 계열로부터 공급된다. 각 축전지는 모든 요구되는 부하를 기동, 운전가능하도록 정상운전 동안이나 교류계열의 전원상실시에도 계속적으로 이용 가능하다.

축전지와 직류 공급 상태를 감시하기 위하여 다음의 기능들이 주제어실에 구비되었다.

가. 직류 모션 지락, 충전기연결차단기의 개방 또는 트립, 직류 모션 부족전압, 축전지연결 차단기의 개방 또는 트립에 대한 정보

2

나. 축전지 전류 지시

다. 직류 모션 전압 지시

2

각 1E급 축전지는 만 충전상태로 유지되어, 모든 필요한 차단기를 동작시킬 수 있고 교류전원상실 후 2시간 및 8시간 동안 표 8.3.2-3과 표 8.3.2-4에 명시된 비상부하에 전원을 공급할 수 있는 충분한 에너지를 가지고 있다. 각 1E급 충전기는 정상상태 부하들의 최대 수요를 공급함과 동시에 축전지를 설계 최소충전에서 완전충전상태로 회복하는데 필요한 충분한 용량을 가지고 있어야 한다.

2

한 보조계통의 충전기는 다른 다중 보조계통의 충전기와는 독립적이다.

충전기 상태를 감시하기 위하여 주제어실에 다음과 같은 경보를 구비하였다.

가. 충전기 출력차단기 개방 또는 트립

2

나. 충전기 직류 출력 상실

다. 충전기 직류 부족전압

라. 충전기 직류 과전압

마. 충전기 교류 입력 전원 상실

각 충전기는 교류입력단과 직류출력단에 차단기가 설치되어 있어 사고시 충전기를 보호한다. 각 충전기는 교류전원 상실시 축전지에서 충전기로 전류가 역류하지 못하도록 설계한다. 1E급 직류계통 기기는 회로 단락시나 과부하시에 배선용차단기나 기중차단기에 의하여 보호되고 격리된다.

각 1E급 125 V 직류보조전력계통은 3.10절 및 3.11절에 기술된 바와 같이 환경과 내진범주 I급 요건에 부합되게 설계되고 축전지, 충전기, 기타 기기들은 내진범주 I급 구조물 내에 설치되었다.

1E급 축전지에 대한 주기시험 및 검사에 대한 요건은 운영기술지침서에 기술되어 있다.

#### 8.3.2.2.1.8 KEPIC ENF-3400, 발전소 및 변전소용 대용량 거치형 납축전지 보수, 시험 및 교체에 관한 권고사항

축전지의 보수, 시험 및 교체에 관한 KEPIC ENF-3400에 의한 권고사항은 다음과 같다.

가. 보수점검 및 시험은 KEPIC ENF-3400 요건에 부합되게 계획된 일정에 따라 정기적으로 수행된다.

나. 축전지 용량의 1차 성능방전시험은 운전 후 최초 2년 내에 수행되어야 하고, 다음시험은 매 5년마다 한 번씩 핵연료장전시에 수행한다. | 2

다. 축전지 정격용량은 현재용량에 향후 예상되는 비상 부하용량을 합한 것보다 25 % 크게 선정되므로 축전지는 용량이 정격용량의 80 %로 저하되었을 때 교체한다.

라. 축전지 인수시험은 규정된 방전율과 방전시간 확인을 위해 공장에서 수행한다.

마. 축전지 사용방전시험은 18개월을 초과하지 않는 간격으로 연료재장전기간 동안이나 기타 운전정지기간 동안에 수행된다. | 2

바. 수정된 성능방전시험은 사용방전시험 또는 성능방전시험을 대신하여 적용될 수 있다. | 2

사. 점검 및 시험 결과치는 요건에 따른 시험절차서와 함께 보관된다. | 2

#### 8.3.2.2.1.9 KEPIC ENB-6230, 원자력발전소 1E급 직류보조전력계통 설계에 관한 권고사항

1E급 직류보조전력계통은 특히 다음 항목을 포함하여 KEPIC ENB-6230 기준과 일치하도록 설계되었다.

- 가. 축전지 동작채무주기(duty cycle) 및 용량
- 나. 충전기 정격 및 특성
- 다. 직류계통과 관련된 계측설비, 제어, 경보
- 라. 배전계통의 배치와 정격

#### 8.3.2.2.2 1E급 기기 검증요건

| 2

1E급 직류전원계통 기기의 내진 및 내환경 검증은 각각 3.10절 및 3.11절에서 기술되어 있다.

#### 8.3.2.3 1E급 기기의 물리적 식별

1E급 직류계통 기기의 물리적 식별은 8.3.1.3절에 기술되어 있다.

#### 8.3.2.4 다중계통의 독립성

다중의 1E급 직류계통의 독립성은 8.3.1.4절에 기술되어 있다.

#### 8.3.3 전선계통의 화재방호

화재방호에 대한 자세한 설명은 8.3.1.6절에 기술되어 있다.

표 8.3.1-1 (12 중 1)

소내전력계통 고장유형 및 영향 분석

기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향	고장감지방법
				대체방안	
1. 주변압기에서 발전기차단기 또는 소내 보조변압기까지의 상분리모선 또는 소내 보조변압기	고압스위치 기어에 전력 공급	전원 상실	단선사고 단락사고 변압기 고장	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 보호계전기와 보호장치에 의해 고장 기기의 분리</li> <li>- 발전기 자동 트립 및 발전기차단기 개방</li> <li>- 터빈 및 발전기 자동트립</li> <li>- 다른 독립된 우선소외전원은 영향을 받지 않음</li> </ul>	각종 보호계전기 정동작에 의한 경보
				- 사고회로로부터 공급되는 소내 모든 스위치기어는 예비소외전원회로 내 대기 보조변압기로 자동 모선절체되어 연결됨.	
2. 대기 보조변압기	소내 보조변압기 사고시 예비소외전원 으로 고압스위치 기어에 전력 공급	전원 상실	단선사고 단락사고 변압기 고장	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 보호계전기와 보호장치에 의해 고장 기기의 분리</li> <li>- 다른 독립된 우선소외전원은 영향을 받지 않음.</li> </ul>	각종 보호계전기 정동작에 의한 경보
				- 정상상태에서 소내 계통과 연결되어 있지 않기 때문에 전력의 생산이나 필수안전모선에 영향을 주지 않으므로 대체방안 불필요.	
3. 발전기차단기와 주 발전기를 연결하는 상분리모선 또는 주 발전기	송전 전력 및 소내 전력 공급	전원 상실	단선사고 단락사고 주 발전기 고장	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 발전기차단기 개방</li> <li>- 터빈 및 발전기 자동트립</li> </ul>	각종 보호계전기 정동작에 의한 경보
				- 모든 소내 부하는 소내 보조변압기를 통하여 계속해서 소외전원을 공급받음.	

표 8.3.1-1 (12 중 2)

| 2

기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향	고장감지방법
				대체방안	
4. 발전기차단기	주발전기의 출력 전원을 공급 또는 차단	오동작에 의한 개방 또는 고장시 차단 실패	차단기 고장, 또는 극 불일치	- 발전기차단기의 다른 2 극도 트립 - 보호계전기와 보호장치에 의해 고장기기의 분리 - 다른 독립된 우선소외전원은 영향을 받지 않음. - 터빈 및 발전기 자동트립	차단실패 보호계전기 정동작에 의한 경보
				- 사고회로로 부터 공급되는 소내 모든 스위치기어는 예비소외전원회로 내 대기 보조변압기로 자동 모선절체되어 연결됨.	
5. 상분리모선 냉각계통	상분리모선 냉각 유지	모선 냉각기능 상실	기계적 또는 전기적 고장	- 즉각적인 영향은 없음. 모든 소내부하는 소내 보조변압기를 통하여 계속해서 소외전원을 공급받음. 그러나 계속적인 발전소의 운전은 냉각기능 없이 운전할 수 있는 모선의 설계용량에 종속됨.	냉각계통 고장경보
				- 없음	
6. 소내 보조변압기 냉각계통	소내 보조변압기 냉각 유지	냉각기 뱅크 중 하나의 상실	기계적 또는 전기적 고장	- 즉각적인 영향은 없음. 모든 소내부하는 소내 보조변압기를 통하여 계속해서 전원을 공급받음. 그러나 계속적인 변압기와 발전소의 운전은 냉각계통과 관련된 변압기 정격 설계용량에 종속됨.	냉각계통 고장경보
				- 부하를 대기 보조변압기로 수동절체하여 운전	
7. 주변압기 냉각계통	주변압기 냉각 유지	냉각기 뱅크 중 하나의 상실	기계적 또는 전기적 고장	- 전부하에서 즉각적인 영향은 없음. 계속적인 변압기와 발전소의 운전은 냉각계통과 관련된 변압기 정격 설계용량에 종속됨.	냉각계통 고장경보
				- 없음	

| 2

| 2

| 2

표 8.3.1-1 (12 중 3)

기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향	고장감지방법
				대체방안	
8. 13.8 kV 비1E급 스위치기어 정상전원 차단기	13.8 kV 비1E급 스위치 기어 모선에 전원 공급	고장시 차단실패	조작장치 고장 보호계전기 오동작	- 보호계전기와 보호장치(발전기 차단기와 옥외 변전소 차단기)에 의해 사고회로에 연결된 스위치기어를 소내 전력계통에서 분리 - 터빈 및 발전기 자동트립	부족전압 경보 또는 차단기 불능경보
				- 사고회로에 연결된 스위치기어를 제외한 소내 모든 스위치기어는 예비소외전원회로 내 대기 보조변압기로 자동 모선절체되어 연결됨.	
		오동작에 의한 개방	트립치 정정오류	- 스위치기어 부하 전원 차단기 개방	부족전압 경보
				- 사고차단기를 제외한 소내 모든 스위치기어는 영향을 주지 않으므로 대체방안 불필요.	
9. 13.8 kV 비1E급 RCP 스위치기어 모선 또는 부하차단기	RCP 기동 및 동작을 위한 전원 공급	모선단락 고장시 차단실패	모선사고 조작장치 고장 보호계전기 오동작	- 스위치기어 정상전원차단기 수동 개방 - 원자로냉각재펌프 상실에 따른 원자로 트립, 터빈 및 발전기도 트립	부족전압 경보 또는 차단기 불능경보
				- 사고모선을 제외한 소내 모든 스위치기어는 영향을 주지 않으므로 대체방안 불필요.	
		오동작에 의한 차단기 개방	트립치 정정오류	- 스위치기어 부하 전원차단기 개방	차단기 트립경보
				- 사고차단기를 제외한 소내 모든 스위치기어는 영향을 주지 않으므로 대체방안 불필요.	

표 8.3.1-1 (12 중 4)

기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향	고장감지방법
				대체방안	
10. 4.16 kV 비1E급 스위치기어 정상전원차단기	4.16 kV 비1E급 스위치기어 모선에 전원공급	고장시 차단실패	조작장치 고장 보호계전기 오동작	- 보호계전기와 보호장치(발전기차단기와 옥외 변전소 차단기)에 의해 사고회로에 연결된 스위치기어를 소내전력계통에서 분리 - 터빈 및 발전기 자동트립	부족전압 경보 또는 차단기 불능경보
				- 사고회로에 연결된 스위치기어를 제외한 모든 스위치기어는 예비소외전원회로 내 대기보조 변압기로 자동 모선 절체되어 연결됨.	
		오동작에 의한 개방	트립치 정정오류	- 스위치기어 정상전원 차단기 개방	부족전압 경보
				- 사고차단기를 제외한 소내 모든 스위치기어는 영향을 주지 않으므로 대체방안 불필요.	
11. 4.16 kV 비1E급 스위치기어 모선 또는 부하 차단기	대용량 전동기 부하에 전원 공급 또는 저압배전반에 전원 공급	모선단락 고장시 차단실패	모선 사고 조작장치 고장 보호계전기 오동작	- 스위치기어 정상전원차단기 개방 - 4.16 kV 비1E급 모선에 대한 전원이 상실되므로 나머지 비1E급 부하로 운전할 수 있는 용량으로 감발운전이 요구됨. 원자로 감발운전 또는 발전소 정지를 일으킬 수 있음.	부족전압 경보 또는 차단기 불능경보
				- 사고모선을 제외한 소내 모든 스위치기어에는 영향을 주지 않으므로 대체방안 불필요.	
		오동작에 의한 차단기 개방	트립치 정정오류	- 스위치기어 부하차단기 개방	차단기 트립경보
				- 사고차단기를 제외한 소내 모든 스위치기어에는 영향을 주지 않으므로 대체방안 불필요.	

표 8.3.1-1 (12 중 5)

| 2

기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향 및 대체방안	고장감지방법
				대체방안	
12. 13.8 kV/480 V 또는 4.16 kV/ 480 V 비1E급 저압배전반 변압기 부하측 케이블 또는 480 V 비1E급 저압배전반 전원차단기	480 V 저압배전반 모선에 전원 공급	단상사고 고장시 차단실패	단선사고 단락사고 조작장치 고장 보호계전기 오동작	- 관련된 13.8 kV 또는 4.16 kV 부하차단기를 수동 개방시켜 사고를 계통으로부터 격리시킴. - 저압배전반의 전원이 상실됨.	저압배전반 고장정보
				- 공용 480 V 비1E급 저압배전반은 예비전원으로 모선절체됨.	
		오동작에 의한 차단기 개방	트립치 정정 오류	- 저압배전반 전원 차단기 수동개방 - 저압배전반의 전원이 상실됨.	차단기 트립정보
				- 공용 480 V 비1E급 저압배전반은 예비전원으로 모선 절체됨.	
13. 480 V 비1E급 저압배전반 모선 또는 480 V 비1E급 저압배전반 부하 차단기	480 V 저압배전반 부하에 전원 공급 또는 저압배전반에 대한 보호제공	고장시 차단실패	조작장치 고장 보호계전기 오동작	- 저압배전반 전원차단기 수동개방 - 관련된 480 V 부하의 전원이 상실	저압배전반 고장정보
				- 없음	
		오동작에 의한 차단기 개방	트립치 정정오 류	- 저압배전반 부하차단기 개방 - 관련된 480 V 부하 전원이 상실	차단기 트립정보
				- 없음	

| 2

| 2

| 2

표 8.3.1-1 (12 중 6)

기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향 및 대체방안	고장감지방법
				대체방안	
14. 4.16 kV 1E급 스위치기어 정상전원차단기	4.16 kV 1E급 스위치기어 모 선에 전원 공 급	고장시 차단실패	조작장치 고장 보호계전기 오동작	- 보호계전기나 보호장치(발전기차단기와 옥외변전소차단기)에 의해 고장기기의 분리 - 관련된 4.16 kV 1E급 스위치기어의 전원이 상실됨. 480 V 모선도 전원이 상실됨.	부족전압 경보 또는 차단기 불능정보
				- 원자로의 안전정지를 위한 다중의 1E급 전력계통으로 부터 충분한 다중 보조기기의 운전 가능성이 확보됨.	
		오동작에 의한 차단기 개방	트립치 정정오류	- 스위치기어 정상전원차단기 개방 - 관련된 4.16 kV 1E급 스위치기어의 전원이 상실됨. 480 V 모선 역시 전원이 상실됨.  - 비상디젤발전기가 기동되어 1E급 스위치기어에서 부하순차투입이 이루어짐. - 원자로의 안전정지를 위한 다중의 1E급 전력계통으로 부터 충분한 다중 보조기기의 운전 가능성이 확보됨.	부족전압 경보

표 8.3.1-1 (12 중 7)

기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향 및 대체방안	고장감지방법
				대체방안	
15. 4.16 kV 1E급 스위치기어 모선 또는 부하차단기	1E급 대용량 전동기 부하 또는 저압배전반에 전원 공급	모선단락 고장시 차단실패	모선 사고 조작장치 고장 보호계전기 오 동작	- 1E급 스위치기어 정상차단기가 수동개방되어 전원이 상실됨. - 다중 1E급 480 V 모선의 전원이 상실됨[(모선 1A, 2A) 또는 (모선 1B, 2B)].	부족전압 경보 또는 차단기불능경보
				- 원자로의 안전정지를 위한 다중의 1E급 전력 계통으로부터 충분한 다중 보조기기의 운전 가능성이 확보됨.	
		오동작에 의한 차단기 개방	트립치 정정 오류	- 스위치기어 부하차단기 개방	차단기 트립경보
				- 원자로의 안전정지를 위한 다중의 1E급 전력 계통으로부터 충분한 다중 보조 기기의 운전 가능성이 확보됨.	
16. 4.16 kV 1E급 스위치기어 EDG 인입차단기	소내 비상전력 공급	EDG 인입차단기 투입실패	조작장치 고장	- 소외전원 상실 상태이면 4.16 kV 1E급 계열은 전원이 상실됨 - 다중의 1E급 전력계통 계통으로부터 충분한 다중 보조기기의 운전 가능성이 확보됨.	부족전압 경보 및 차단기 불능경보
				- 소외전원 상실 상태이면 관련 4.16 kV 1E급 계열은 고장이 제거될 때까지 전원이 상실됨 - 다중의 1E급 전력계통 계열로부터 충분한 다중 보조기기의 운전 가능성이 확보됨.	
17. 4.16 kV 1E급 비상디젤발전기	소내 비상전력 공급	기동실패 기동 후 고장 전압 강하 주파수 저하	기계적 또는 전기적 고장	- 소외전원 상실 상태이면 관련 4.16 kV 1E급 계열은 고장이 제거될 때까지 전원이 상실됨 - 다중의 1E급 전력계통 계열로부터 충분한 다중 보조기기의 운전 가능성이 확보됨.	부족전압 경보 및 비상디젤발전기 고장경보
				- 소외전원 상실 상태이면 관련 4.16 kV 1E급 계열은 고장이 제거될 때까지 전원이 상실됨 - 다중의 1E급 전력계통 계열로부터 충분한 다중 보조기기의 운전 가능성이 확보됨.	

표 8.3.1-1 (12 중 8)

기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향 및 대체방안	고장감지방법
				대체방안	
18. 4.16 kV/480V 1E급 저압배전반 변압기 부하 측 케이블 또는 480 V 1E급 저압배전반 전원 차단기	1E급 480 V 저압 배전반 모선에 전력공급	단상사고 고장시 차단실패	단선사고 단락사고 조작장치 고장 보호계전기 오동작	- 사고가 발생한 부하회로차단기를 수동개방하여 사고를 계통으로부터 격리.	저압배전반 고장정보
				- 원자로의 안전정지를 위한 다중의 1E급 전력계통으로부터 충분한 다중 보조기기의 운전 가능성이 확보됨.	
		오동작에 의한 차단기 개방	트립치 정정오류	- 저압배전반 전원차단기 개방	차단기 트립정보
				- 원자로의 안전정지를 위한 다중의 1E급 전력계통으로부터 충분한 다중 보조기기의 운전 가능성이 확보됨.	
19. 480 V 1E급 저압 배전반 모선 또는 480 V 1E급 저압배전반 부하차단기	1E급 480 V 저 압배전반 부하 에 전원 공급 또 는 보호제공	고장시 차단실패	조작장치 고장 보호계전기 오동작	- 저압배전반 전원차단기 수동개방	저압배전반 고장정보
				- 원자로의 안전정지를 위한 다중의 1E급 전력계통으로부터 충분한 다중 보조기기의 운전 가능성이 확보됨.	
		오동작에 의한 차단기 개방	트립치 정정오류	- 저압배전반 부하차단기 개방	차단기 트립정보
				- 원자로의 안전정지를 위한 다중의 1E급 전력계통으로부터 충분한 다중 보조기기의 운전 가능성이 확보됨.	

표 8.3.1-1 (12 중 9)

기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향 및 대체방안	고장감지방법
				대체방안	
20. 480 V 1E급 저압배전반 부하측 케이블 또는 480V 1E급 전동기제어반 부하차단기	1E급 480 V 전 동기제어반 부 하에 전원 공 급	단상사고 고장시 차단실패	단선사고 단락사고 조작장치 고장 보호계전기 오동작	- 저압배전반 부하회로차단기 수동개방	저압배전반 또는 전동기 제어반 고장경보
				- 원자로의 안전운전을 위한 다중의 1E급 전력계통으로부터 충분한 다중 보조기기의 운전 가능성이 확보됨.	
		오동작에 의한 차단기 개방	트립치 정정오류	- 전동기 제어반 부하차단기 개방	-
				- 원자로의 안전운전을 위한 다중의 1E급 전력계통으로부터 충분한 다중 보조기기의 운전 가능성이 확보됨.	

표 8.3.1-1 (12 중 10)

| 2

기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향 및 대체방안	고장감지방법
				대체방안	
21. 4.16 kV AAC D/G 스위치기어 모선 또는 부하차단기	소 내 정 전 (SBO)시 4.16 kV 1E급 스위치 기어에 전 원공 급 (4 개 호 기 중 1개호기 1 Division) 또는 저압배전반 에 전원공급	모선단락 고장시 차단실패	모선사고 조작장치 고장 보호계전기 오 동작	- AAC D/G 사용 불능 - 1E급 부하전원 공급 불가능 - 사고 발생한 부하회로 차단기를 수동개방하여 사고를 계통으로부터 분리 - 이동용 발전기를 연결하여 전원공급	부족전압 정보
				- AAC D/G 사용 불능 - 스위치 기어 부하 차단기 개방 - 이동용 발전기를 연결하여 전원공급	차단기 트립 정보
				- AAC D/G 사용 불능 - 사고가 발생한 부하 회로 차단기를 수동 개방 하여 사고를 계통으로부터 격리 - 이동용 발전기를 연결하여 전원공급	저압배전반 고장정보
22. 4.16 kV/4.80 V AAC D/G 저압배전반 변압기 부하 측 케이블 또는 480 V 1E급 저압배전반 전원 차단기	4.80 V AAC D/G 저압 배전반 모선에 전력공급	단상사고 고장시 차단실패	단선사고 단락사고 조작장치 고장 보호계전기 오 동작	- AAC D/G 사용 불능 - 사고가 발생한 부하 회로 차단기를 수동 개방 하여 사고를 계통으로부터 격리 - 이동용 발전기를 연결하여 전원공급	차단기 트립경 보
				- 저압배전반 전원차단기 수동개방 - AAC D/G 사용 불능 - 이동용 발전기를 연결하여 전원공급	차단기 트립경 보
				- 저압배전반 전원차단기 수동개방 - AAC D/G 사용 불능 - 이동용 발전기를 연결하여 전원공급	차단기 트립경 보

신원울 1,2호기 최종안전성분석보고서

| 2

| 2

| 2

| 2

표 8.3.1-1 (12 중 11)

| 2

기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향 및 대체방안	고장감지방법
				대체방안	
23. 480 V AAC D/G 저압배전반 모선 또는 480 V AAC D/G 저압배전반 부하 차단기	480 V AAC D/G 저압배전반 부하에 전원공급 또는 보호제공	고장시 차단실패	조작장치 고장 보호계전기 오 동작	- AAC D/G 사용 불능 - 저압배전반 전원 차단기 수동개방	저압배전반 고장경보
				- 이동용 발전기를 연결하여 전원공급	
		오동작에 의한 차단기 개방	트립치 정정오류	- AAC D/G 사용 불능 - 저압배전반 부하 차단기 개방	차단기 트립경 보
				- 이동용 발전기를 연결하여 전원공급	
24. 480 V AAC D/G 저압배전반 부하측 케이블 또는 480 V 1E급 전동기제어반 부하차단기	480 V 전동기 제어반 부하에 전원공급	단상사고 고장시 차단실패	단선 사고 단락 사고 조작장치 고장 보호계전기 오 동작	- AAC D/G 사용 불능 - 저압배전반 부하 회로 차단기 수동개방	저압배전반 또는 전동기 제어반 고장경보
				- 이동용 발전기를 연결하여 전원공급	
		오동작에 의한 차단기 개방	트립치 정정오류	- AAC D/G 사용 불능 - 전동기 제어반 부하차단기 개방	차단기 트립경 보
				- 이동용 발전기를 연결하여 전원공급	

| 2

| 2

| 2

| 2

표 8.3.1-1 (12 중 12)

기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향 및 대체방안	고장감지방법
				대체방안	
25. EDG 보호 계전기	전기적 사고 보호	오작동에 의한 차단기 개방	Software의 공통원인 고장에 의한 보호계전기 동시 고장	- 모든 계열 부하에 대한 전력 공급 상실	MCR 계기류(전류계 전력계 및 전력량계) 지시값 비정상
				- 차단기 수동 투입 - AAC D/G가 기능 수행(차단기 수동 투입 불능시)	
		부작동에 의한 차단 실패	보호계전기 소프트웨어 고장	- EDG 기능 상실	차단기 트립정보
				- 차단기 수동 투입	
26. 4.16 kV 1E급 스위치기어 보호계전기	전기적 사고 보호	오작동에 의한 차단기 개방	Software의 공통원인 고장에 의한 보호계전기 동시 고장	- 모든 4.16 kV 1E급 스위치기어 전원 상실 및 1E급 480 V 모선 전원 상실	주제어반 전류계의 저전류 발생 및 차단기 개방 정보
				- 보호계전기 'Disable' 조치 및 차단기 수동 투입	
		부작동에 의한 차단 실패	보호계전기 소프트웨어 고장	- 고장기기 인근단으로의 사고파급	저전압 정보 또는 차단기 불능정보
				- 보호협조에 의해 상위 차단기 개방에 의한 사고 격리	

8.3-66a

Intentionally  
Blank

표 8.3.1-2 (7 중 1)

계열 I 1E급 부하

기기	모선당 기기수	전압 (V)	기기 예상 용량 (주1)	효율	등가 부하 (kW)	소외전원 상실부하 (kW)		설계기준사고/ 소외전원상실 부하(kW)	
						1E급 모선 1A	1E급 모선 2A	1E급 모선 1A	1E급 모선 2A
부하순차그룹 A (주2)									
<div> </div> <div> </div>	1	<div> </div>	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
<div> </div> <div> </div>	1	<div> </div>	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
<div> </div> <div> </div>	-	<div> </div>	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
부하순차그룹 A의 인가부하 소계						<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
부하순차그룹 C (주2)									
<div> </div> <div> </div>	1	<div> </div>	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
<div> </div> <div> </div> <div> </div>	1	<div> </div>	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
<div> </div> <div> </div> <div> </div>	1	<div> </div>	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
<div> </div> <div> </div>	-	<div> </div>	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
부하순차그룹 C의 인가부하 소계						0	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
부하순차그룹 1 (주4)									
<div> </div>	1	<div> </div>	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
부하순차그룹 1의 인가부하 소계						<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
부하순차그룹 2 (주4)									
<div> </div>	1	<div> </div>	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
부하순차그룹 2의 인가부하 소계						<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
부하순차그룹 3 (주5)									
<div> </div> <div> </div>	1	<div> </div>	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
부하순차그룹 3의 인가부하 소계						<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>

2

1

2

1

2

표 8.3.1-2 (7 중 2)

기기	모선당 기기수	전압 (V)	기기 예상 용량 (주1)	효율	등가 부하 (kW)	소외전원 상실부하 (kW)		설계기준사고/ 소외전원상실 부하(kW)	
						1E급 모선 1A	1E급 모선 2A	1E급 모선 1A	1E급 모선 2A
부하순차그룹 4 (주6)									
	1	4,160							
부하순차그룹 4의 인가부하 소계									
부하순차그룹 5 (주7)									
	1	4,160							
부하순차그룹 5의 인가부하 소계									
부하순차그룹 6 (주8)									
	1	4,160							
부하순차그룹 6의 인가부하 소계									
부하순차그룹 7									
	1	4,160							
부하순차그룹 7의 인가부하 소계									
부하순차그룹 8 (주7)									
	1	4,160							
부하순차그룹 8의 인가부하 소계									
부하순차그룹 9 (주8)									
	1	4,160							
부하순차그룹 9의 인가부하 소계									
부하순차그룹 10									
	1	4,160							
부하순차그룹 10의 인가부하 소계									
부하순차그룹 11 (주6)									
	1	4,160							
부하순차그룹 11의 인가부하 소계									

1

1

2

표 8.3.1-2 (7 중 3)

기기	모선당 기기수	전압 (V)	기기 예상 용량 (주1)	효율	등가 부하 (kW)	소외전원 상실부하 (kW)		설계기준사고/ 소외전원상실 부하(kW)	
						1E급 모선 1A	1E급 모선 2A	1E급 모선 1A	1E급 모선 2A
소외전원상실에 대한 디젤부하 소계									
소외전원상실에 대한 디젤부하 합계(소계+수동부하+손실)									
설계기준사고/소외전원상실에 대한 디젤부하 소계									
설계기준사고/소외전원상실에 대한 디젤부하 합계(소계+수동부하+손실)									
수동부하그룹 (주9)									
	1	4,160							
	1	480							
	1	480							
	1	480							
수동부하 소계									
수동부하 합계									
손실합계									

(주 1)

기기용량은 전동기의 경우 축마력(BHP) 즉, 실제부하이고 정격부하용량이 아니며, 변환식  $hp \times 0.746/\text{효율}$ 을 적용하여 등가부하(kW)를 산정한다.

(주 2)

발전소 소외전원상실사고 또는 설계기준사고/소외전원상실사고시, 480 V 부하로 구성된 부하순차그룹 A와 C는 1E급 모선 1A와 2A의 비상디젤발전기 차단기를 투입함으로써 즉시 가압 된다.

(주 3)

1) 다음의 비상디젤발전기 보조부하는 비상모선에 연결되어 있지만, 일단 비상디젤발전기가 운전되면 필요하지 않으므로 비상디젤발전기 용량 산정에 고려되지 않는다.

- 비상디젤발전기 예열 고온수펌프(부하순차그룹 A, 480 V 전동기제어반 부하)
- 비상디젤발전기 사전 윤활유펌프(부하순차그룹 A, 480 V 전동기제어반 부하)

A horizontal bar chart with 15 rows of gray bars. The bars are grouped into five sets of three, each with a vertical line and a number (2, 2, 2, 1, 2) to its right. The bars vary in length, with some being full-width and others being shorter or split into two segments.

Group	Row	Bar Length (approx. %)	Label
Group 1	1	100	2
	2	50	
	3	100	
Group 2	4	100	2
	5	50	
	6	100	
Group 3	7	100	2
	8	50	
	9	100	
Group 4	10	100	1
	11	100	
	12	100	
Group 5	13	100	2
	14	50	
	15	100	

표 8.3.1-2 (7 중 5)

[Redacted]		2
[Redacted]		
[Redacted]		
[Redacted]		
[Redacted]		1
[Redacted]		
[Redacted]		
[Redacted]		
[Redacted]		
[Redacted]		
[Redacted]		
[Redacted]		
[Redacted]		1
[Redacted]		
[Redacted]		
[Redacted]		1
[Redacted]		
[Redacted]		1
[Redacted]		
[Redacted]		
[Redacted]		
[Redacted]		
[Redacted]		
[Redacted]		
[Redacted]		1
[Redacted]		
[Redacted]		1
[Redacted]		



[illegible]

표 8.3.1-3 (6 중 1)

계열 II 1E급 부하

기기	모선당 기기수	전압 (V)	기기 예상 용량 (주1)	효율	등가 부하 (kW)	소외전원 상실부하 (kW)		설계기준사고/ 소외전원상실 부하(kW)	
						1E급 모선 1B	1E급 모선 2B	1E급 모선 1B	1E급 모선 2B
부하순차그룹 B (주2)									
<div> </div> <div> </div>	1	480	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
<div> </div> <div> </div>	1	480	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
<div> </div> <div> </div>	-	480	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
부하순차그룹 B의 인가부하 소계						<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
부하순차그룹 D (주2)									
<div> </div> <div> </div>	1	480	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
<div> </div> <div> </div> <div> </div>	1	480	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
<div> </div> <div> </div> <div> </div>	1	480	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
<div> </div> <div> </div>	-	480	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
부하순차그룹 D의 인가부하 소계						<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
부하순차그룹 1 (주4)									
<div> </div>	1	4,160	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
부하순차그룹 1의 인가부하 소계						<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
부하순차그룹 D (주2)									
부하순차그룹 2 (주4)									
<div> </div>	1	4,160	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
부하순차그룹 2의 인가부하 소계						<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
부하순차그룹 3 (주5)									
<div> </div> <div> </div>	1	4,160	<div> </div> <div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>
부하순차그룹 3의 인가부하 소계						<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>	<div> </div>

2

2

2

표 8.3.1-3 (6 중 2)

기기	모선당 기기수	전압 (V)	기기 예상 용량 (주1)	효율	등가 부하 (kW)	소외전원 상실부하 (kW)		설계기준사고/ 소외전원상실 부하(kW)	
						1E급 모선 1B	1E급 모선 2B	1E급 모선 1B	1E급 모선 2B
부하순차그룹 4 (주6)									
	1	4,160							
부하순차그룹 4의 인가부하 소계									
부하순차그룹 5 (주7)									
	1	4,160							
부하순차그룹 5의 인가부하 소계									
부하순차그룹 6 (주8)									
	1	4,160							
부하순차그룹 6의 인가부하 소계									
부하순차그룹 7									
	1	4,160							
부하순차그룹 7의 인가부하 소계									
부하순차그룹 8 (주7)									
	1	4,160							
부하순차그룹 8의 인가부하 소계									
부하순차그룹 9 (주8)									
	1	4,160							
부하순차그룹 9의 인가부하 소계									
부하순차그룹 10									
	1	4,160							
부하순차그룹 10의 인가부하 소계									
부하순차그룹 11 (주6)									
	1	4,160							
부하순차그룹 11의 인가부하 소계									
소외전원상실에 대한 디젤부하 소계									
소외전원상실에 대한 디젤부하 합계(소계+수동부하+손실)									

1

1

2

2

표 8.3.1-3 (6 중 3)

기기	모선당 기기수	전압 (V)	기기 예상 용량 (주1)	효율	등가 부하 (kW)	소외전원 상실부하 (kW)		설계기준사고/ 소외전원상실 부하(kW)	
						1E급 모선 1B	1E급 모선 2B	1E급 모선 1B	1E급 모선 2B
설계기준사고/소외전원상실에 대한 디젤부하 소계									
설계기준사고/소외전원상실에 대한 디젤부하 합계(소계+수동부하+손실)									
수동부하그룹 (주9)									
충전펌프	1	4,160							
보조충전펌프	1	480							
가압기보조전열기 그룹 B2	1	480							
480 V 전동기제어반 1-826-E-MC32N	1	480							
수동부하 소계									
수동부하 합계									
손실합계									

2

2

2

1

Row	Bar Length (approx. %)	Annotation
1	100	2
2	50	
3	100	2
4	60	
5	10	
6	100	
7	50	
8	60	
9	100	2
10	10	
11	100	
12	100	
13	10, 90	
14	35, 65	
15	70	
16	100	
17	100	1
18	100	
19	100	1
20	100	
21	100	1
22	10	
23	10	
24	100	
25	50, 50	2
26	100	
27	40, 60	2
28	90, 10	
29	100	
30	40, 60	1
31	65	

Category	Sub-category	Value
Category 1	Sub-category 1.1	2
	Sub-category 1.2	
	Sub-category 1.3	
	Sub-category 1.4	
Category 2	Sub-category 2.1	
	Sub-category 2.2	
	Sub-category 2.3	1
	Sub-category 2.4	
	Sub-category 2.5	1
	Sub-category 2.6	1
	Sub-category 2.7	1
	Sub-category 2.8	
	Sub-category 2.9	
	Sub-category 2.10	
Category 3	Sub-category 3.1	
	Sub-category 3.2	1
	Sub-category 3.3	
	Sub-category 3.4	
	Sub-category 3.5	
Category 4	Sub-category 4.1	
	Sub-category 4.2	
	Sub-category 4.3	1
	Sub-category 4.4	
	Sub-category 4.5	
	Sub-category 4.6	1
	Sub-category 4.7	
Category 5	Sub-category 5.1	
	Sub-category 5.2	1
Category 6	Sub-category 6.1	
	Sub-category 6.2	

The image is a grayscale representation of a document page. It features numerous horizontal bars of varying lengths and positions, which appear to be redacted text or a stylized graphic. The bars are distributed across the page, with some spanning the full width and others being more localized. The overall layout suggests a structured document, possibly a list or a table, where the content has been obscured for privacy or security reasons.

# 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 8.3.1-4 (3 중 1)

## 전기 모선 부하

모 선		부 하 명	기기번호	정격출력(예상치)
4.16 kV 1E급 모선	823-E-SW01A	전동기구동 보조급수펌프-2A	1/2-542-M-PP02A	940 kW(1,260 hp)
		안전주입펌프-1	1/2-441-M-PP02A	746 kW(1,000 hp)
		1차측기기냉각해수펌프-1A	1/2-462-M-PP01A	709 kW(950 hp)
		1차측기기냉각수펌프-1A	1/2-461-M-PP01A	1,050 kW(1,408 hp)
		정지냉각펌프-A	1/2-441-M-PP01A	746 kW(1,000 hp)
		필수냉동기-1A	1/2-633-M-CH01A	405 kW(543 hp)
		충전펌프-1	1/2-451-M-PP01A	475 kW(637 hp)
		로드센터(보조건물)	1/2-825-E-LC01A	1,500 kVA
	823-E-SW01B	전동기구동 보조급수펌프-2B	1/2-542-M-PP02B	940 kW(1,260 hp)
		안전주입펌프-2	1/2-441-M-PP02B	746 kW(1,000 hp)
		1차측기기냉각해수펌프-1B	1/2-462-M-PP01B	709 kW(950 hp)
		1차측기기냉각수펌프-1B	1/2-461-M-PP01B	1,050 kW(1,408 hp)
		정지냉각펌프-B	1/2-441-M-PP01B	746 kW(1,000 hp)
		필수 냉동기-1B	1/2-633-M-CH01B	405 kW(543 hp)
		충전펌프-2	1/2-451-M-PP01B	475 kW(637 hp)
		로드센터(보조건물)	1/2-825-E-LC01B	1,500 kVA
	823-E-SW02A	안전주입펌프-3	1/2-441-M-PP02C	746 kW(1,000 hp)
		1차측기기냉각해수펌프-2A	1/2-462-M-PP02A	709 kW(950 hp)
		1차측기기냉각수펌프-2A	1/2-461-M-PP02A	1,050 kW(1,408 hp)
		원자로건물살수펌프-A	1/2-442-M-PP01A	746 kW(1,000 hp)
		필수 냉동기-2A	1/2-633-M-CH02A	405 kW(543 hp)
		로드센터(보조건물)	1/2-825-E-LC02A	750 kVA
	823-E-SW02B	안전주입펌프-4	1/2-441-M-PP02D	746 kW(1,000 hp)
		1차측기기냉각해수펌프-2B	1/2-462-M-PP02B	709 kW(950 hp)
		1차측기기냉각수펌프-2B	1/2-461-M-PP02B	1,050 kW(1,408 hp)
		원자로건물살수펌프-B	1/2-442-M-PP01B	746 kW(1,000 hp)
		필수냉동기-2B	1/2-633-M-CH02B	405 kW(543 hp)
		로드센터(보조건물)	1/2-825-E-LC02B	750 kVA

# 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 8.3.1-4 (3 중 2)

모 선		부 하 명	기기번호	정격출력(예상치)
1E급 모선에 연결된 4.16 kV 비1E급 모선	822-E-SW01M	중앙냉동기-1	1/2-632-M-CH01	750 kW(1,006 hp)
		중앙냉동기-2	1/2-632-M-CH02	750 kW(1,006 hp)
		중앙냉수펌프-1	1/2-632-M-PP01	351 kW(470 hp)
		로드센터(보조건물)	1/2-824-E-LC12M	750 kVA
		로드센터(가압기보조전열기)	1/2-824-E-LC13M	350 kVA
	822-E-SW01N	중앙냉동기-3	1/2-632-M-CH03	750 kW(1,006 hp)
		중앙냉동기-4	1/2-632-M-CH04	750 kW(1,006 hp)
		중앙냉수펌프-2	1/2-632-M-PP02	351 kW(470 hp)
		로드센터(보조건물)	1/2-824-E-LC12N	750 kVA
		로드센터(가압기보조전열기)	1/2-824-E-LC13N	350 kVA
	822-E-SW02M	로드센터(보조건물)	1/2-824-E-LC07M	1,500 kVA
		로드센터(보조건물)	1/2-824-E-LC08M	1,000 kVA
		로드센터(보조건물)	1/2-824-E-LC09M	750 kVA
		로드센터(터빈건물)	1/2-824-E-LC11M	1,000 kVA
		로드센터(중저준위방사성 폐 기물 임시저장건물)	0-824-E-LC08M	1,500 kVA
		2차측기기냉각수펌프-A	1/2-562-M-PP01	522 kW(700 hp)
		공기압축기-1	1/2-596-M-CM01	336 kW(450 hp)
		행정관리사무실	0-824-E-LC50	2,000 kVA
	822-E-SW02N	로드센터(보조건물)	1/2-824-E-LC07N	1,000 kVA
		로드센터(보조건물)	1/2-824-E-LC08N	750 kVA
		로드센터(보조건물)	1/2-824-E-LC09N	1,000 kVA
		로드센터(터빈건물)	1/2-824-E-LC11N	1,000 kVA
		로드센터(복합건물)	0-824-E-LC02N	1,500 kVA
		로드센터(복합건물)	0-824-E-LC03N	1,500 kVA
		로드센터(복합건물)	0-824-E-LC06N	1,500 kVA
		2차측기기냉각수펌프-B	1/2-562-M-PP02	522 kW(700 hp)
		복합건물 냉동기-2	1/2-596-M-CM02	336 kW(450 hp)

# 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 8.3.1-4 (3 중 3)

모 선		부 하 명	기기번호	정격출력(예상치)
13.8kV 비IE급 모선	821-E-SW01M	원자로냉각펌프-1A	1/2-431-M-PP01A	10,369 kW(13,900 hp)
		원자로냉각펌프-2A	1/2-431-M-PP02A	10,369 kW(13,900 hp)
		로드센터(보조건물)	1/2-824-E-LC01M	750 kVA
		로드센터(보조건물)	1/2-824-E-LC02M	1,500 kVA
		로드센터(보조건물)	1/2-824-E-LC03M	1,000 kVA
	822-E-SW01N	원자로냉각펌프-1B	1/2-431-M-PP01B	10,369 kW(13,900 hp)
		원자로냉각펌프-2B	1/2-431-M-PP02B	10,369 kW(13,900 hp)
		로드센터(보조건물)	1/2-824-E-LC01N	750 kVA
		로드센터(보조건물)	1/2-824-E-LC02N	1,000 kVA
		로드센터(보조건물)	1/2-824-E-LC03N	1,500 kVA
	822-E-SW02M	순환수펌프-A	1/2-551-M-PP01	1,955 kW(3,620 hp)
		순환수펌프-C	1/2-551-M-PP03	1,955 kW(3,620 hp)
		순환수펌프-E	1/2-551-M-PP05	1,955 kW(3,620 hp)
		복수펌프-1	1/2-531-M-PP01	3,432 kW(4,600 hp)
		급수승압펌프-A	1/2-541-M-PP04	3,730 kW(5,000 hp)
		급수승압펌프-C	1/2-541-M-PP06	3,730 kW(5,000 hp)
		로드센터(순환수취수건물)	1/2-824-E-LC04M	500 kVA
		로드센터(터빈건물)	1/2-824-E-LC05M	1,500 kVA
		로드센터(터빈건물)	1/2-824-E-LC06M	1,500 kVA
		로드센터(소방펌프/수처리건물)	0-824-E-LC01M	1,500 kVA
		로드센터(소방펌프/수처리건물)	0-824-E-LC02M	1,500 kVA
		로드센터(보조보일러건물)	0-824-E-LC03M	1,000 kVA
		스위치야드건물	0-824-E-LC04M	1,500 kVA
	822-E-SW02N	순환수펌프-B	1/2-551-M-PP02	1,955 kW(2,620 hp)
		순환수펌프-D	1/2-551-M-PP04	1,955 kW(2,620 hp)
		순환수펌프-F	1/2-551-M-PP06	1,955 kW(2,620 hp)
		복수펌프-2	1/2-531-M-PP02	3,432 kW(4,600 hp)
		복수펌프-3	1/2-531-M-PP03	3,432 kW(4,600 hp)
		급수승압펌프-B	1/2-541-M-PP05	3,730 kW(5,000 hp)
		기동급수펌프	1/2-541-M-PP07	1,800 kW(2,413 hp)
		로드센터(순환수취수건물)	1/2-824-E-LC04N	500 kVA
		로드센터(터빈건물)	1/2-824-E-LC05N	1,000 kVA
		로드센터(터빈건물)	1/2-824-E-LC06N	1,000 kVA
		로드센터(기기공작실)	0-824-E-LC01N	1,000 kVA
		로드센터(염소생산건물)	0-824-E-LC04N	1,500 kVA
		로드센터(염소생산건물)	0-824-E-LC05N	1,500 kVA
		스위치야드건물	0-824-E-LC08N	1,500 kVA

표 8.3.1-5

제한된 위험지역의 최소 이격거리

배치 형태	제어 및 계측케이블만이 포함된 경우 (비위험지역과 동일)에 대한 최소 이격거리	케이블 크기가 ≤2/0 AWG인 저압 전력용 회로가 포함된 경우에 대한 최소 이격거리	케이블 크기가 >2/0 AWG인 저압 전력용 회로 및 모든 고압 전력용 회로가 포함된 경우에 대한 최소 이격거리
개방형 대 개방형 배치	 	 	 
밀폐형 대 밀폐형 배치	 	 	 
밀폐형 대 개방형 배치	 	 	 

| 2

| 2




- 1) 밀폐형이 개방형의 아래에 설치되는 경우, 수직 이격거리는 로 감소 시킬 수 있다.
- 2) 개방형내의 회로가 제어 및 계측회로로 제한될 경우, 최소 이격거리는 수평 와 수직 로 감소시킬 수 있다.

표 8.3.1-6

비위험지역의 최소 이격거리

배치 형태	최소 이격거리
개방형 대 개방형 배치	
밀폐형 대 밀폐형 배치	
밀폐형 대 개방형 배치	

1) 밀폐형이 개방형의 아래에 설치되는 경우, 수직 이격거리는 로 감소 시킬 수 있다.

표 8.3.1-7 (2 중 1)

전기기기 보호장치 - 원자로건물 전기관통부 도체 과전류 보호장치

계통요구사항	점검요구사항	점검주기	적용모드
원자로건물 전기관통회로에 관련된 1차 또는 후비의 원자로건물 관통부 도체 과전류 보호장치는 운전가능해야 한다.	<p>모든 원자로건물 전기관통부 도체 과전류 보호장치는 다음과 같이 운전가능함이 입증되어야 한다.</p> <p>1. 최소한 18개월마다 1회씩  가. 고압(13.8 kV) 차단기에 대하여 다음 사항을 수행함으로써 운전가능성을 확인한다.  1) 관련 보호계전기의 채널교정을 하고,  2) 모의된 계통의 자동작동을 포함한 종합적인 계통의 기능시험 및 제어회로가 설계대로 동작하는지 확인  3) 이러한 기능시험 동안 운전불가능 하다고 판정된 차단기는 운전을 재개하기 전에 운전가능상태로 복구한다.  나. 저압차단기의 각 유형별로 최소한 10%의 표본을 순차 기준으로 선정하여 기능시험을 수행한다.</p>	18개월	1, 2, 3, 4

표 8.3.1-7 (2 중 2)

계통요구사항	점검요구사항	점검주기	적용모드
	<p>이러한 기능시험 중에 동작 불가능하다고 판정된 차단기는 운전 투입 전에 운전가능한 상태로 복구해야 한다. 또한, 이들 기능시험시 운전불가능이 확인된 각 차단기에 대해서는 동일형식 차단기의 최소한 10% 표본을 추가 선정하여 더 이상의 고장이 나오지 않을 때까지 기능시험을 하거나, 또는 동일형식의 모든 차단기에 대해서는 기능시험을 수행한다.</p> <p>2. 적어도 60개월에 1회씩 제작자의 권고사항과 함께 규정된 절차에 의해 각 차단기의 검사 및 예방정비를 실시한다.</p>	60개월	

표 8.3.1-8

전기기기 보호장치 - 전동기구동밸브의 열적 과부하 보호

계통요구사항	점검요구사항	점검주기	적용모드
안전성관련 계통에 사용된(비안전성관련 계통의 원자로건물격리밸브 포함) 각 밸브의 전동기구동기에 구비된 열적 과부하 보호장치는 운전가능해야 한다.	계통요구사항에서 요구된 열적 과부하 보호장치는 다음과 같이 운전가능성이 입증되어야 한다.  2. 최소한 6년에 1회씩 교정되는 모든 열적 과부하 보호장치 중 적어도 25 % 표본에 대해 최소한 18개월마다 1회씩 채널기능 시험을 수행한다.	18개월	전동기구동밸브의 운전가능함이 요구될 때

표 8.3.1-9 (4 중 1)

열적 과부하 보호장치에 의해 보호받는 전동구동 밸브

계통	밸브번호	기능
RC	9-431-V-0120	PZR POSRV MOV ISO
RC	9-431-V-0121	PZR POSRV MOV ISO
RC	9-431-V-0122	PZR POSRV MOV ISO
RC	9-431-V-0123	PZR POSRV MOV ISO
RC	9-431-V-0124	PZR POSRV MOV ISO
RC	9-431-V-0125	PZR POSRV MOV ISO
RC	9-431-V-0126	PZR POSRV MOV ISO
RC	9-431-V-0127	PZR POSRV MOV ISO
RC	9-431-V-0130	PZR POSRV MOV PILOT
RC	9-431-V-0131	PZR POSRV MOV PILOT
RC	9-431-V-0132	PZR POSRV MOV PILOT
RC	9-431-V-0133	PZR POSRV MOV PILOT
RC	9-431-V-0134	PZR POSRV MOV PILOT
RC	9-431-V-0135	PZR POSRV MOV PILOT
RC	9-431-V-0136	PZR POSRV MOV PILOT
RC	9-431-V-0137	PZR POSRV MOV PILOT
RC	9-431-V-0385	POSRV DISCHARGE BRANCH OFF
RC	9-431-V-0386	POSRV DISCHARGE BRANCH OFF
SI	9-441-V-0300	IRWST RETURN LINE ISO
SI	9-441-V-0301	IRWST RETURN LINE ISO
SI	9-441-V-0302	SIP LINE ISO TO IRWST
SI	9-441-V-0303	SIP LINE ISO TO IRWST
SI	9-441-V-0304	SIP #1 & CSP #1 SUCTION
SI	9-441-V-0305	SIP #2 & CSP #2 SUCTION
SI	9-441-V-0308	SIP #3 SUCTION
SI	9-441-V-0309	SIP #4 SUCTION
SI	9-441-V-0310	SDCHX #1 DISCHARGE ISO & THROTTLE
SI	9-441-V-0311	SDCHX #2 DISCHARGE ISO & THROTTLE
SI	9-441-V-0312	SDCHX #1 BYPASS FLOW CONTROL
SI	9-441-V-0313	SDCHX #2 BYPASS FLOW CONTROL
SI	9-441-V-0314	SCS TEST RETURN LINE ISO
SI	9-441-V-0315	SCS TEST RETURN LINE ISO
SI	9-441-V-0321	SIP #1 HOT LEG INJECTION LOOP-1
SI	9-441-V-0331	SIP #2 HOT LEG INJECTION LOOP-2
SI	9-441-V-0391	EVRC INJECTION ISO
SI	9-441-V-0393	EVRC INJECTION ISO
SI	9-441-V-0395	IRWST RETURN ISO

표 8.3.1-9 (4 중 2)

계통	밸브번호	기능
SI	9-441-V-0600	SCS TRAIN-2 ISO
SI	9-441-V-0601	SCS TRAIN-1 ISO
SI	9-441-V-0602	SI LINE-2 LOW FLOW CONT BYPASS
SI	9-441-V-0603	SI LINE-1 LOW FLOW CONT BYPASS
SI	9-441-V-0604	SIP #3 HOT LEG INJECTION LOOP-1
SI	9-441-V-0609	SIP #3 HOT LEG INJECTION LOOP-2
SI	9-441-V-0614	SIT 01A OUTLEG ISO
SI	9-441-V-0616	SAFETY INJECTION LINE-4 ISO
SI	9-441-V-0624	SIT 01B OUTLEG ISO
SI	9-441-V-0626	SAFETY INJECTION LINE-2 ISO
SI	9-441-V-0634	SIT 01C OUTLEG ISO
SI	9-441-V-0636	SAFETY INJECTION LINE-3 ISO
SI	9-441-V-0644	SIT 01D OUTLEG ISO
SI	9-441-V-0646	SAFETY INJECTION LINE-1 ISO
SI	9-441-V-0651	SCS SUCTION LINE LOOP-1 ISO
SI	9-441-V-0652	SCS SUCTION LINE LOOP-2 ISO
SI	9-441-V-0653	SCS SUCTION LINE LOOP-1 ISO
SI	9-441-V-0654	SCS SUCTION LINE LOOP-2 ISO
SI	9-441-V-0655	SCS SUCTION LINE LOOP-1 ISO
SI	9-441-V-0656	SCS SUCTION LINE LOOP-2 ISO
SI	9-441-V-0688	SCS TEST RETURN LINE ISO
SI	9-441-V-0690	SCS WARMUP FLOW CONTROL
SI	9-441-V-0691	SI LINE-2 LOW FLOW CONTROL BYPASS
SI	9-441-V-0693	SCS TEST RETURN LINE ISO
CS	9-442-V-0001	CTMT HYDROGEN CONTROL CTMT ISO
CS	9-442-V-0002	CTMT HYDROGEN CONTROL CTMT ISO
CS	9-442-V-0003	CONTAINMENT SPRAY HEADER ISO
CS	9-442-V-0004	CONTAINMENT SPRAY HEADER ISO
CS	9-442-V-0005	IRWST RETURN LINE CONTROL
CS	9-442-V-0006	IRWST RETURN LINE CONTROL
CS	9-442-V-0007	IRWST RETURN LINE BLOCK
CS	9-442-V-0008	IRWST RETURN LINE BLOCK
HG	9-443-V-0001	CTMT HYDROGEN CONTROL CTMT ISO
HG	9-443-V-0002	SERVICE AIR ISO
HG	9-443-V-0003	CTMT HYDROGEN CONTROL CTMT ISO
CV	9-451-V-0255	SEAL INJECTION CONTAINMENT ISO
CV	9-451-V-0501	VCT DISCHARGE ISO
CV	9-451-V-0504	VCT DISCHARGE ISO
CV	9-451-V-0507	RCP CONTROLLED BLEEDOFF HEADER ISO

표 8.3.1-9 (4 중 3)

계통	밸브번호	기능
CV	9-451-V-0509	IRWST MAKEUP LINE CTMT ISO
CV	9-451-V-0524	CHARGING LINE CTMT ISO
CV	9-451-V-0534	BAST GRAVITY ISO
CV	9-451-V-0536	BAST GRAVITY ISO
CV	9-451-V-0576	CHARGING FLOW RESTRICTING
CV	9-451-V-0577	CHARGING FLOW RESTRICTING
SD	9-455-V-0007	SG1 BLOWDOWN ISO
SD	9-455-V-0008	SG1 BLOWDOWN ISO
CC	9-461-V-0011	CCW SURGE DEMI-WATER TK MAKEUP
CC	9-461-V-0012	CCW SURGE DEMI-WATER TK MAKEUP
CC	9-461-V-0013	CCW SURGE TK SUMP WTR MAKEUP
CC	9-461-V-0014	CCW SURGE TK SUMP WTR MAKEUP
CC	9-461-V-0021	CCW TRN-A HX OUTLET ISO
CC	9-461-V-0022	CCW TRN-B HX OUTLET ISO
CC	9-461-V-0023	CCW TRN-A HX OUTLET ISO
CC	9-461-V-0024	CCW TRN-B HX OUTLET ISO
CC	9-461-V-0025	CCW TRN-A HX OUTLET ISO
CC	9-461-V-0026	CCW TRN-B HX OUTLET ISO
CC	9-461-V-0027	CCW TRN-A HX OUTLET ISO
CC	9-461-V-0028	CCW TRN-B HX OUTLET ISO
CC	9-461-V-0097	CNTM SPRAY HX-A INLET ISO
CC	9-461-V-0098	CNTM SPRAY HX-B INLET ISO
CC	9-461-V-0131	ESS CHILLER CONDENSER OUTLET ISO
CC	9-461-V-0132	ESS CHILLER CONDENSER OUTLET ISO
CC	9-461-V-0143	CCW TRN-A NON-SAFETY HEADER ISO
CC	9-461-V-0144	CCW TRN-B NON-SAFETY HEADER ISO
CC	9-461-V-0145	CCW TRN-A NON-SAFETY HEADER ISO
CC	9-461-V-0146	CCW TRN-B NON-SAFETY HEADER ISO
CC	9-461-V-0147	CCW TRN-A NON-SAFETY HEADER ISO
CC	9-461-V-0148	CCW TRN-B NON-SAFETY HEADER ISO
CC	9-461-V-0149	CCW TRN-A NON-SAFETY HEADER ISO
CC	9-461-V-0150	CCW TRN-B NON-SAFETY HEADER ISO
CC	9-461-V-0181	D/G TRAIN-A INLET ISO
CC	9-461-V-0182	D/G TRAIN-B INLET ISO
CC	9-461-V-0231	RCP COOLER CCW CTMT ISO
CC	9-461-V-0249	RCP COOLER CCW CTMT ISO
CC	9-461-V-0250	RCP COOLER CCW CTMT ISO
CC	9-461-V-0296	LETDOWN HX LINE INLET & OUTLET ISO
CC	9-461-V-0297	LETDOWN HX LINE INLET & OUTLET ISO

표 8.3.1-9 (4 중 4)

계통	밸브번호	기능
CC	9-461-V-0301	LETDOWN HX LINE INLET & OUTLET ISO
CC	9-461-V-0302	LETDOWN HX LINE INLET & OUTLET ISO
CC	9-461-V-0351	SHUTDOWN COOLING HX A INLET ISO
CC	9-461-V-0352	SHUTDOWN COOLING HX A INLET ISO
CC	9-461-V-0383	ESS CHILLER CONDENSER OUTLET ISO
CC	9-461-V-0384	ESS CHILLER CONDENSER OUTLET ISO
CC	9-461-V-0389	SFP COOL HX ISO
CC	9-461-V-0390	SFP COOL HX ISO
CC	9-461-V-1037	CROSS CONNECTION LINE ISO
CC	9-461-V-1038	CROSS CONNECTION LINE ISO
CC	9-461-V-1039	CROSS CONNECTION LINE ISO
CC	9-461-V-1010	CROSS CONNECTION LINE ISO
SX	9-462-V-0045	ESW PUMP PP01A ISO
SX	9-462-V-0046	ESW PUMP PP01B ISO
SX	9-462-V-0047	ESW PUMP PP02A ISO
SX	9-462-V-0048	ESW PUMP PP02B ISO
SX	9-462-V-0067	CCW HX TRAIN A OUTLET THROTTLE
SX	9-462-V-0068	CCW HX TRAIN B OUTLET THROTTLE
GW	9-471-V-0001	CVCS RDT GAS VENT ISO
DE	9-481-V-0005	CTMT SUMP PUMP DISCHARGE
PX	9-491-V-0041	CTMT AIR SAMPLING ISO
PX	9-491-V-0042	CTMT AIR SAMPLING ISO
PX	9-491-V-0043	CTMT AIR RETURN ISO
MS	9-521-V-0105	MS ATMOSPHERIC DUMP ISO
MS	9-521-V-0106	MS ATMOSPHERIC DUMP ISO
MS	9-521-V-0107	MS ATMOSPHERIC DUMP ISO
MS	9-521-V-0108	MS ATMOSPHERIC DUMP ISO
CA	9-535-V-0013	CONT VAC. P/P TO RCB DRAIN SUMP PP CTMT ISO
AF	9-542-V-0043	AFW ISO
AF	9-542-V-0044	AFW ISO
AF	9-542-V-0045	AFW ISO
AF	9-542-V-0046	AFW ISO
SW	9-553-V-0035	TRN A ESW SCREEN WASH PUMP DISCHARGE ISO
SW	9-553-V-0036	TRN A ESW SCREEN WASH PUMP DISCHARGE ISO
VQ	9-612-V-0012	HIGH VOLUME PURGE CTMT ISO
VQ	9-612-V-0013	HIGH VOLUME PURGE CTMT ISO
WI	9-632-V-0015	CENTRAL CHILLED WTR ISO
PR	9-761-V-0431	RE/RT-039A, 040B MONITOR ISO
PR	9-761-V-0432	CTMT ISO
PR	9-761-V-0434	CTMT ISO

Intentionally  
Blank

표 8.3.2-1 (2 중 1)

125V 직류 1E급 필수전원계통 고장유형 및 영향 분석

기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향	고장감지방법
				대체방안	
1. 480 V 교류 충전기 전원	충전기에 전원 공급	교류입력전원 상 실	-480 V 저압배전 반 전원 상실 -전원공급 케이블 단락	- 직류배전반과 축전지에 대한 충전전류 상실 - 전원차단 없이 축전지가 직류 후비전원 공급함.	충전기 부족전 압 계전기에 의한 정보
2. 충전기	125 V 직류부하에 전원공급 및 축전지를 충전	-출력전원 상실 -출력차단기 개방 -출력 부족전압 -출력 과전압	부품 고장	- 직류배전반과 축전지에 대한 충전전류 상실 - 심각한 내부 사고는 차단기에 의해 고장이 격리되기 전까지 큰 단락전류와 그 결과에 따른 125 V 직류모선의 전압저하를 일으킬 수 있음. - 전원차단 없이 축전지가 직류후비전원 공급함. - 축전지 회로 차단기가 개방되면 125 V 직류모선의 완전한 전원상실을 일으킬 수 있으나, 나머지 다중 계통에서의 대체기능이 수행됨.	충전기 고장정보 부족전압 및 과전압 계전기에 의한 정보
3. 125 V 직류 축전지	직류배전반에 후비전원 공급	축전지 회로차단기 개방	단락사고	- 직류배전반에 대한 직류 후비전원 상실 - 충전기 정상 동작 시, 축전지의 전원이 상실되더라도 직류전원 공급은 가능함. - 충전기, 축전지 모두 고장 시, 나머지 다중계통에서의 대체기능이 수행됨.	차단기 트립정보

표 8.3.2-1 (2 중 2)

기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향	고장감지방법
				대체방안	
4. 125 V 직류 배전반	직류부하에 전원공급	지락 고장	단일 모선 지락	- 125 V 직류계통은 비접지 계통이므로 지락 검출기가 지락을 검출하고 경보를 발생시 킴.	직류배전반 지락검출기에 의한 고장경보
				- 단일지락사고는 안전기기의 오동작이나 직 류계통기능에 영향을 주지 않음.	
5. 125 V 직류 배전반	직류부하에 전원공급	부족전압	-부품 고장 -축전지 방전	- 125 V 모선은 모선 상의 전압저하를 감시하 여 경보를 발생시킴.	직류배전반 부족전압계전 기에 의한 고장경보
				- 부족전압이 감지되면 부족전압의 원인을 바 로잡거나 다중 전원으로 절환하여 전력을 회복시킬 수 있음.	
6. 125 V 직류 분전반	직류부하에 전원공급	주회로 차단기 개방	단락 사고	- 차단기에 의해 사고가 차단될 때까지 해당 직류모선에는 전압저하가 발생함.	차단기 트립경 보
				- 다른 다중 그룹/계열은 발전소의 안전한 운 전을 위해 전원공급이 가능함	

표 8.3.2-2

## 120 V 교류 1E급 필수계측 및 제어전력계통 고장유형 및 영향 분석

기 기	기능	고장 모드	고장 원인	고장의 영향 대체방안	고장감지방법
1. 인버터	필수모선 분전반에 전원공급	-출력전원 상실 -입력전원 상실 -인버터 고장	부품 고장	- 120 V 교류 필수모선 분전반에 제공되는 전원 상실.	인버터 판넬, 부족전압계전 기
				- 전압 조정용변압기가 후비전원 공급. - 다중 계통에서의 대체 기능이 수행됨.	
2. 교류 계측 및 제어전력 분전반	필수계장 부하에 전원 공급	-부족전압 -지락	기계적 고장	- 필수 계장부하에 제공되는 전원 상실.	각 부하에서의 전원상실 경보
				- 다중 계통에서의 대체 기능이 수행됨.	

표 8.3.2-3 (2 중 1)

120 V 교류 1E급 필수계측전원계통 부하

부하명	모선의 부하량(kVA)		
	설계기준사고	소내완전정전	운전사고
채널 A			
발전소보호계통 캐비닛	1.025	1.025	1.025
원자로노심보호계통 캐비닛	0.610	0.610	0.610
주요변수지시 및 경보계통	0.612	0.612	0.612
공학적안전설비 기기제어계통 그룹제어기 캐비닛	1.011	1.011	1.011
공학적안전설비 기기제어계통 루프제어기 캐비닛	8.810	8.810	8.810
원자로보호콘솔	0.485	0.485	0.485
원격정지반	0.107	0.107	0.107
보조보호캐비닛	0.942	0.942	0.942
노외중성자속 감시계통	0.500	0.500	0.500
안전성관련구분캐비닛	0.480	0.480	0.480
지역방사선감시기	5.860	5.860	5.860
4.16 kV 스위치기어 및 저압배전반변환기	0.006	0.006	0.006
직류제어반 변환기	0.055	0.055	0.055
제어판넬 다중신호전송기 캐비닛	0.294	0.294	0.294
파이로트 구동형 안전밸브 주제어 캐비닛	0.482	0.482	0.482
사용후 연료저장조 수위지시 전송기	0.012	0.012	0.012
총부하량	21.291	21.291	21.291
채널 C			
발전소보호계통 캐비닛	1.025	1.025	1.025
원자로노심보호계통 캐비닛	0.641	0.641	0.641
공학적안전설비 기기제어계통 그룹제어기 캐비닛	0.981	0.981	0.981
공학적안전설비 기기제어계통 루프제어기 캐비닛	4.057	4.057	4.057
원자로보호콘솔	0.353	0.353	0.353
발전차장조작반	0.161	0.161	0.161
원자로차장조작반	0.171	0.171	0.171
터빈차장조작반	0.146	0.146	0.146
전력설비조작반	0.156	0.156	0.156
안전담당조작반	0.171	0.171	0.171
원격정지반	0.304	0.304	0.304
보조보호캐비닛	0.317	0.317	0.317
노외중성자속 감시계통	0.500	0.500	0.500
4.16 kV 스위치기어 및 저압배전반변환기	0.006	0.006	0.006
직류제어반 변환기	0.055	0.055	0.055
제어판넬 다중신호전송기 캐비닛	0.255	0.255	0.255
파이로트 구동형 안전밸브 주제어 캐비닛	0.482	0.482	0.482
디지털제어봉 제어계통 격리 캐비닛	0.291	0.291	0.291
총부하량	10.072	10.072	10.072

표 8.3.2-3 (2 중 2)

부하명	모선의 부하량(kVA)		
	설계기준사고	소내완전정전	운전사고
채널 B			
발전소보호계통 캐비닛	1.025	1.025	1.025
원자로노심보호계통 캐비닛	0.641	0.641	0.641
주요변수지시 및 경보계통	0.612	0.612	0.612
공학적안전설비 기기제어계통 그룹제어기 캐비닛	0.974	0.974	0.974
공학적안전설비 기기제어계통 루프제어기 캐비닛	8.808	8.808	8.808
원자로보호콘솔	0.472	0.472	0.472
원격정지반	0.107	0.107	0.107
보조보호캐비닛	0.372	0.372	0.372
노외중성자속 감시계통	0.500	0.500	0.500
안전성관련구분캐비닛	0.480	0.480	0.480
지역방사선감시기	0.600	0.600	0.600
4.16 kV 스위치기어 및 저압배전반변환기	0.006	0.006	0.006
직류제어반 변환기	0.055	0.055	0.055
제어판넬 다중신호전송기 캐비닛	0.294	0.294	0.294
파이로트 구동형 안전밸브 주제어 캐비닛	0.482	0.482	0.482
사용후 연료저장조 수위지시 전송기	0.012	0.012	0.012
총부하량	15.440	15.440	15.440
채널 D			
발전소보호계통 캐비닛	1.037	1.037	1.037
원자로노심보호계통 캐비닛	0.610	0.610	0.610
주요변수지시 및 경보계통	1.271	1.271	1.271
공학적안전설비 기기제어계통 그룹제어기 캐비닛	0.940	0.940	0.940
공학적안전설비 기기제어계통 루프제어기 캐비닛	4.062	4.062	4.062
원자로보호콘솔	2.898	2.898	2.898
발전차장조작반	0.369	0.369	0.369
원자로차장조작반	0.146	0.146	0.146
터빈차장조작반	0.156	0.156	0.156
전력설비조작반	0.161	0.161	0.161
안전담당조작반	0.359	0.359	0.359
원격정지반	0.788	0.788	0.788
보조보호캐비닛	0.303	0.303	0.303
노외중성자속 감시계통	0.500	0.500	0.500
4.16 kV 스위치기어 및 저압배전반변환기	0.006	0.006	0.006
직류제어반 변환기	0.055	0.055	0.055
제어판넬 다중신호전송기 캐비닛	0.255	0.255	0.255
파이로트 구동형 안전밸브 주제어 캐비닛	0.482	0.482	0.482
디지털제어봉 제어계통 격리 캐비닛	0.223	0.223	0.223
총부하량	14.621	14.621	14.621

표 8.3.2-4 (8 중 1)

| 2

125V 직류 1E급 필수전원계통 부하

1. 채널 A (1/2-841-E-BT01A)

부하목록	부하용량 (A)				부하 속성
	0~1 분 (1분)	1~119 분 (118분)	119~120 분 (1분)	120~480 분 (360분)	
안전감압밸브(V-0130,0132)			47.8		순시
삭제					
삭제					
480 V 전동밸브용 인버터 무부하 전류	20.0	20.0			연속
원자로정지용 배전반-채널 A	3.0				순시
각종 밸브류(화학 및 체적제어계통 포함)	46.1	46.1	46.1		연속
스위치기어 및 저압 차단기반	49.5	4.5	4.5		연속
인버터(IN01A)(주 1)*	275.5	275.5	275.5	94.0	연속
비상디젤발전기 A SPEED CUBICLE	20.0	20.0	20.0		연속
채널 A의 총계	414.1	366.1	393.9	94.0	-

2

신원울 1,2호기 최종안전성분석보고서

표 8.3.2-4 (8 중 2)

| 2

2. 채널 B (1/2-841-E-BT01B)

부하목록	부하용량 (A)				부하 속성
	0~1 분 (1분)	1~119 분 (118분)	119~120 분 (1분)	120~480 분 (360분)	
안전감압밸브(V-134,136)			47.8		순시
삭제					
삭제					
원자로냉각재펌프 고압누설관 방출격리밸브 (V-507)			79.7		순시
480 V 전동밸브용 인버터 무부하 전류	20.0	20.0			연속
원자로정지용 배전반-채널 B	3.0				순시
각종 밸브류(화학 및 체적 제어계통 포함)	44.1	44.1	44.1		연속
스위치기어 및 저압 차단기반	49.5	4.5	4.5		연속
인버터(IN01B)(주 2)*	199.8	199.8	199.8	93.3	연속
비상디젤발전기 B SPEED CUBICLE	20.0	20.0	20.0		연속
채널 B의 총계	336.4	288.4	395.9	93.3	-

신원울 1,2호기 최종안전성분석보고서

2

표 8.3.2-4 (8 중 3)

| 2

3. 채널 C (1/2-841-E-BT01C)

부하목록	부하용량 (A)																				부하 속성	
	0-1분	1-5분	5-90 분	90-95 분	95-12 0분	120- 125분	125- 180분	180- 185분	185- 240분	240- 245분	245- 300분	300- 305분	305- 360분	360- 365분	365- 420분	420- 425분	425- 476분	476- 477분	477- 478분	478- 479분		479- 480분
	1분	4분	85분	5분	25분	5분	55분	5분	55분	5분	55분	5분	55분	5분	55분	5분	51분	1분	1분	1분		1분
중간저장탱크 및 원자로 공동침수밸브 (V-001,003)																			2296		2296	순시
안전감압밸브 (V-131,133)																					478	순시
안전감압후단방출밸브 (V-385)																		7049	478	478	478	순시
480 V 전동밸브용 인버터 무부하 전류	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250				연속
보조급수터빈용 현장제어반	688	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	303	연속
보조급수격리밸브	1800	1800		1800		1800		1800		1800		1800		1800		1800						순시
원자로정지용 배전반-채널 C	30																					순시
각종 밸브류	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	연속
스위치기어 및 저압 차단기반	265	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	연속
인버터(IN01C) (주 3)*	1303	1303	1303	1303	1303	738	738	738	738	738	738	738	738	738	738	738	738	738	738	738	738	연속
채널C의 총계	4422	3542	1742	3542	1742	2977	1177	2977	1177	2977	1177	2977	1177	2977	1177	2977	1177	8253	3701	1405	4994	-

표 8.3.2-4 (8 중 4)

| 2

4. 채널 D (1/2-841-E-BT01D)

부하목록	부하용량 (A)																				부하 속성	
	0-1분	1-5분	5-90 분	90-95 분	95-12 0분	120- 125분	125- 180분	180- 185분	185- 240분	240- 245분	245- 300분	300- 305분	305- 360분	360- 365분	365- 420분	420- 425분	425- 476분	476- 477분	477- 478분	478- 479분		479- 480분
	1분	4분	85분	5분	25분	5분	55분	5분	55분	5분	55분	5분	55분	5분	55분	5분	51분	1분	1분	1분		1분
중간저장탱크 및 원자로 공동침수밸브 (V-002,004)																			2296		2296	순시
안전감압밸브 (V-135,137)																					478	순시
안전감압후단방출밸브 (V-386)																		7049	478	478	478	순시
480 V 전동밸브용 인버터 무부하 전류	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250			연속
보조급수터빈용 현장제어반	688	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	303	연속
보조급수격리밸브	1800	1800	00	1800	00	1800	00	1800	00	1800	00	1800	00	1800	00	1800	00		00	00	00	순시
원자로정지용 배전반-채널 D	30																					순시
각종 밸브류	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	연속
스위치기어 및 저압 차단기반	265	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	연속
인버터(IN01D) (주 4)*	1892	1892	1892	1892	1892	1227	1227	1227	1227	1227	1227	1227	1227	1227	1227	1227	1227	1227	1227	1227	1227	연속
채널D의 총계	5011	4131	2331	4131	2331	3466	1666	3466	1666	3466	1666	3466	1666	3466	1666	3466	1666	8715	4190	1894	4883	-

표 8.3.2-4 (8 중 5)

(주 1)\*

예상되는 2시간 이후 수동차단 부하 - DC&IP 기기 격실(078-A04C)내 인버터(842-E-IN01A)  
부하

RCOPS Cabinet 1	1/2-752-J-PA15A-01
RCOPS Cabinet 2	1/2-752-J-PA15A-02
Group Controllers Cabinet 2	1/2-752-J-PA03A-02
Group Controllers Cabinet 3	1/2-752-J-PA03A-03
Loop Controllers Cabinet 3	1/2-745-J-LX03A
Loop Controllers Cabinet 5	1/2-745-J-LX05A
Loop Controllers Cabinet 6	1/2-745-J-LX06A
Loop Controllers Cabinet 7	1/2-745-J-LX07A
Loop Controllers Cabinet 9	1/2-745-J-LX09A
Loop Controllers Cabinet 10	1/2-745-J-LX10A
Loop Controllers Cabinet 11	1/2-745-J-LX11A
Loop Controllers Cabinet 13	1/2-745-J-LX13A
Loop Controllers Cabinet 14	1/2-745-J-LX14A
Loop Controllers Cabinet 16	1/2-745-J-LX16A
Loop Controllers Cabinet 17	1/2-745-J-LX17A
Loop Controllers Cabinet 19	1/2-745-J-LX19A
Remote Shutdown Console	1/2-754-J-RU01
ESF-CCS CPM Cabinet	1/2-752-J-PA10A
PMCC	1/2-431-J-LP01A
SR Div. Cabinet (SRDC)	1/2-752-J-PA47A
MCR Air Intake Monitor	1/2-761-J-RE/RT-0071A
MCR Air Intake Monitor	1/2-761-J-RE/RT-0073A
Containment Operation Area Monitor	1/2-761-J-RE/RT-0231A
Spent Fuel Pool Area Monitor	1/2-761-J-RE/RT-0241A
Containment Air Monitor	1/2-761-J-RE/RT-0039A
Containment Air Monitor	1/2-761-J-RE/RT-0040A
SFP Level Indicating XMTR	1/2-463-J-LIT-0005A
XDCR for SWGR	1/2-823-E-SW01A
XDCR for LC	1/2-825-E-LC01A

예상되는 2시간 이후 수동차단 부하 - DC&IP 기기 격실(078-A04C)내 직류제어반 (841-E-MC01A)  
부하

480 V MOV Inverter	1/2-841-E-IN01A
125 V DC Distribution Panel 1	1/2-841-E-MC01A-C1
125 V DC Distribution Panel 2	1/2-841-E-MC01A-D1

표 8.3.2-4 (8 중 6)

(주 2)\*

예상되는 2시간 이후 수동차단 부하 - DC&IP 기기 격실(078-A04D)내 인버터(842-E-IN01B)  
부하

RCOPS Cabinet 1	1/2-752-J-PA15B-01
RCOPS Cabinet 2	1/2-752-J-PA15B-02
Group Controllers Cabinet 2	1/2-752-J-PA03B-02
Group Controllers Cabinet 3	1/2-752-J-PA03B-03
Loop Controllers Cabinet 3	1/2-745-J-LX03B
Loop Controllers Cabinet 4	1/2-745-J-LX04B
Loop Controllers Cabinet 6	1/2-745-J-LX06B
Loop Controllers Cabinet 7	1/2-745-J-LX07B
Loop Controllers Cabinet 9	1/2-745-J-LX09B
Loop Controllers Cabinet 10	1/2-745-J-LX10B
Loop Controllers Cabinet 12	1/2-745-J-LX12B
Loop Controllers Cabinet 13	1/2-745-J-LX13B
Loop Controllers Cabinet 14	1/2-745-J-LX14B
Loop Controllers Cabinet 15	1/2-745-J-LX15B
Loop Controllers Cabinet 18	1/2-745-J-LX18B
Loop Controllers Cabinet 19	1/2-745-J-LX19B
Remote Shutdown Console	1/2-754-J-RU01
ESF-CCS CPM Cabinet	1/2-752-J-PA10B
PMCC	1/2-431-J-LP01B
SR Div. Cabinet (SRDC)	1/2-752-J-PA47B
MCR Air Intake Monitor	1/2-761-J-RE/RT-0072B
MCR Air Intake Monitor	1/2-761-J-RE/RT-0074B
Containment Operation Area Monitor	1/2-761-J-RE/RT-0232B
Spent Fuel Pool Area Monitor	1/2-761-J-RE/RT-0241B
SFP Level Indicating XMTR	1/2-463-J-LIT-0005B
XDCR for SWGR	1/2-823-E-SW01B
XDCR for LC	1/2-825-E-LC01B

예상되는 2시간 이후 수동차단 부하 - DC&IP 기기 격실(078-A04D)내 직류제어반 (841-E-MC01B)  
부하

480 V MOV Inverter	1/2-841-E-IN01B
125 V DC Distribution Panel 1	1/2-841-E-MC01B-C1
125 V DC Distribution Panel 2	1/2-841-E-MC01B-D1

표 8.3.2-4 (8 중 7)

(주 3)\*

예상되는 2시간 이후 수동차단 부하 - DC&IP 기기 격실(078-A05C)내 인버터(842-E-IN01C)  
부하

RCOPS Cabinet 1	1/2-752-J-PA15C-01
RCOPS Cabinet 2	1/2-752-J-PA15C-02
Loop Controllers Cabinet 1	1/2-745-J-LX01C
Loop Controllers Cabinet 2	1/2-745-J-LX02C
Loop Controllers Cabinet 3	1/2-745-J-LX03C
Loop Controllers Cabinet 7	1/2-745-J-LX07C
ENFMS	1/2-752-J-PA48C
PMCC	1/2-431-J-LP01C
DRCS Isolation Cabinet #1 (Main)	1/2-752-J-PA29C
DRCS Isolation Cabinet #1 (Backup)	1/2-752-J-PA29C
Reactor Operator Console	1/2-751-J-PM01
Turbine/Electrical Operator Console	1/2-751-J-PM02
Shift Supervisor Console	1/2-751-J-PM03
Shift Technical Advisor Console	1/2-751-J-PM04
Remote Shutdown Console	1/2-754-J-RU01
XDCR for SWGR	1/2-823-E-SW02A
XDCR for LC	1/2-825-E-LC02A

표 8.3.2-4 (8 중 8)

(주 4)\*

예상되는 2시간 이후 수동차단 부하 - DC&IP 기기 격실(078-A05D)내 인버터(842-E-IN01D) 부하

RCOPS Cabinet 1	1/2-752-J-PA15D-01
RCOPS Cabinet 2	1/2-752-J-PA15D-02
Loop Controllers Cabinet 1	1/2-745-J-LX01D
Loop Controllers Cabinet 2	1/2-745-J-LX02D
Loop Controllers Cabinet 3	1/2-745-J-LX03D
Loop Controllers Cabinet 7	1/2-745-J-LX07D
ENFMS	1/2-752-J-PA48D
PMCC	1/2-431-J-LP01D
DRCS Isolation Cabinet #2 (Main)	1/2-752-J-PA29D
DRCS Isolation Cabinet #2 (Backup)	1/2-752-J-PA29D
Reactor Operator Console	1/2-751-J-PM01
Turbine/Electrical Operator Console	1/2-751-J-PM02
Shift Supervisor Console	1/2-751-J-PM03
Shift Technical Advisor Console	1/2-751-J-PM04
Remote Shutdown Console	1/2-754-J-RU01
XDCR for SWGR	1/2-823-E-SW02B
XDCR for LC	1/2-825-E-LC02B

2

(주 5)\* 수동차단시간은 약 15분 정도 소요될 것으로 예상된다.

(주 6)\* 표 8.3.2-4의 전류 총계는 각 부하 전류의 소수점 2째 자리까지 값을 합산한 결과이다.

표 8.3.2-5 (4 중 1)

비1E급 직류계통 부하

1. 1/2-841-E-BT01M, Non-Class 1E, 125 Vdc Load, Div. I

부하목록	부하용량 (A)				부하 속성
	0 ~ 1 분 (1분)	1 ~ 30 분 (29분)	30 ~ 120 분 (90분)	120 ~ 480 분 (360분)	
현장제어반	123.2	123.2	123.2		연속
비상조명	65.6	65.6	65.6	65.6	비연속
급수펌프 터빈 비상 윤활유 펌프 전동기	234.6	97.8	97.8		연속
현장경보박스	0.4	0.4	0.4		연속
원자로건물 출입문	3.0	3.0	3.0		연속
각종 밸브류	18.8	18.8	18.8		연속
비상디젤발전기 SPEED CUBICLE	10.0	10.0	10.0		연속
비상디젤발전기 DMDS CABINET	20.0	20.0	20.0		연속
스위치기어 및 저압 차단기반	98.1	23.1	23.1		연속
인버터	1359.4	1359.4	160.0		연속
부하 총계	1933.1	1721.3	521.9	65.6	-

표 8.3.2-5 (4 중 2)

2. 1/2-841-E-BT01N, Non-Class 1E, 125 Vdc Load, Div. II

부하목록	부하용량 (A)				부하 속성
	0 ~ 1 분 (1분)	1 ~ 30 분 (29분)	30 ~ 120 분 (90분)	120 ~ 480 분 (360분)	
대기보조변압기 가스절연모선 제어반	4.3	4.3	4.3		연속
현장제어반	64.1	64.1	64.1		연속
비상조명	65.2	65.2	65.2	65.2	비연속
급수펌프 터빈 비상 윤활유 펌프 전동기	117.3	48.9	48.9		연속
원자로건물 출입문	3.0	3.0	3.0		연속
예비 충전기	0.3	0.3	0.3		연속
각종 밸브류	22.3	22.3	22.3		연속
비상디젤발전기 SPEED CUBICLE	10.0	10.0	10.0		연속
비상디젤발전기 DMDS CABINET	20.0	20.0	20.0		연속
스위치기어 및 저압 차단기반	102.3	22.3	22.3		연속
인버터	1329.8	1329.8	160.0		연속
부하 총계	1738.5	1590.2	420.4	65.2	-

표 8.3.2-5 (4 중 3)

3. 1-841-E-BT02N, Non-Class 1E, 250 Vdc Loads, Div. II

부하목록	부하용량 (A)			부하 속성
	0 ~ 1 분 (1분)	1 ~ 30 분 (29분)	30 ~ 120 분 (90분)	
터빈발전기 비상 베어링 오일펌프	1255.0	313.8	313.8	비연속
터빈발전기 비상 밀봉 오일펌프	321.9	128.8	128.8	비연속
무정전 전원공급장치	133.1	133.1	10.6	연속
부하 총계	1710.0	575.7	453.2	-

2

신원울 1,2호기 최종안전성분석보고서

2

4. 0-841-E-BT01N, Non-Class 1E, 125 Vdc Load, 방사성 폐기물 계통을 위한 복합건물

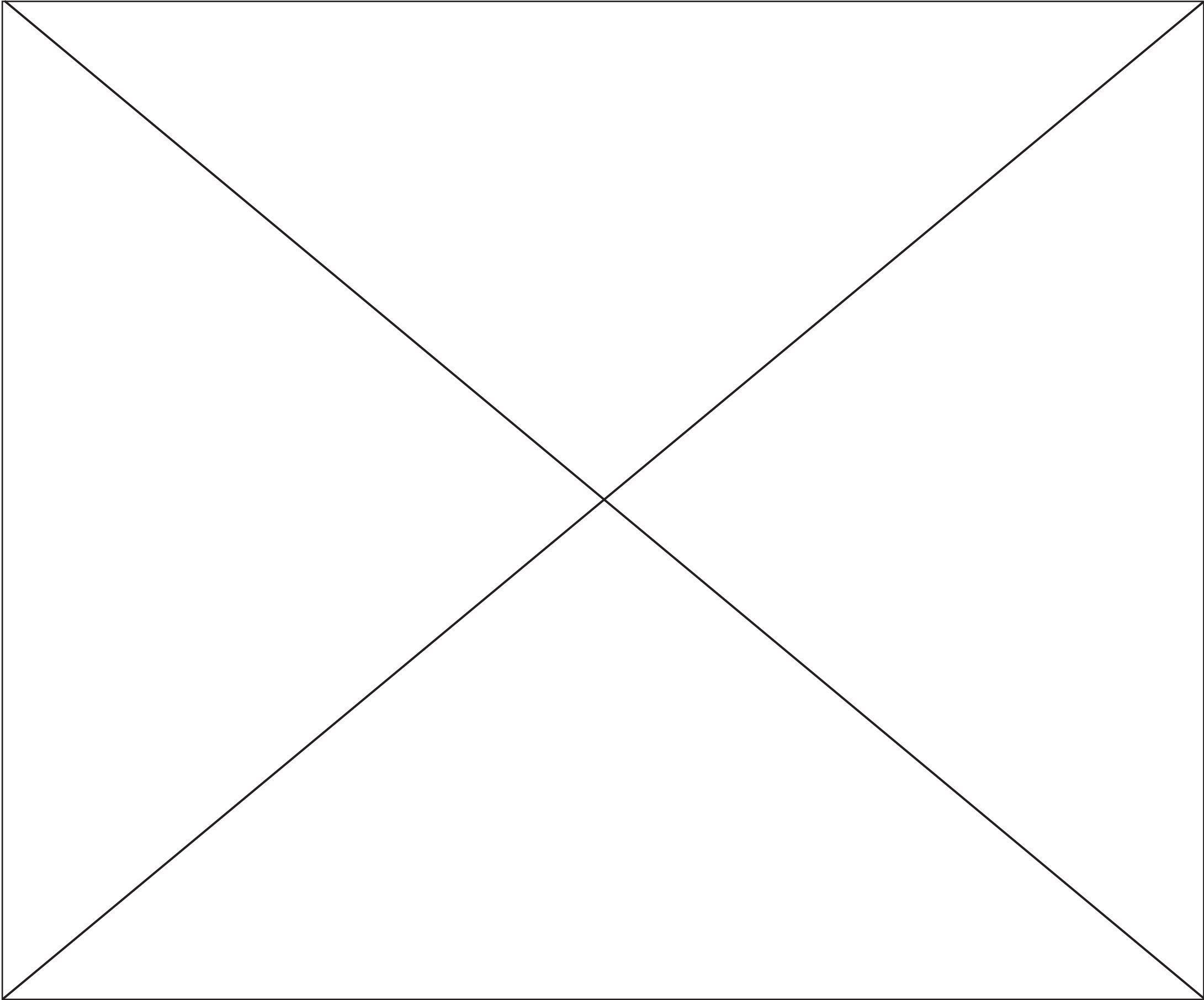
부하목록	부하용량 (A)			부하 속성
	0 ~ 30 분 (30분)	30 ~ 120 분 (90분)	120 ~ 480 분 (360분)	
현장제어반	6.5	6.5		연속
현장경보박스	1.4	1.4		연속
비상조명	22.5	22.5	22.5	비연속
각종 밸브류	6.8	6.8		연속
저압 차단기반	3.0	3.0		연속
무정전 전원공급장치	191.9	21.3		연속
부하 총계	232.1	61.4	22.5	-

표 8.3.2-5 (4 중 4)

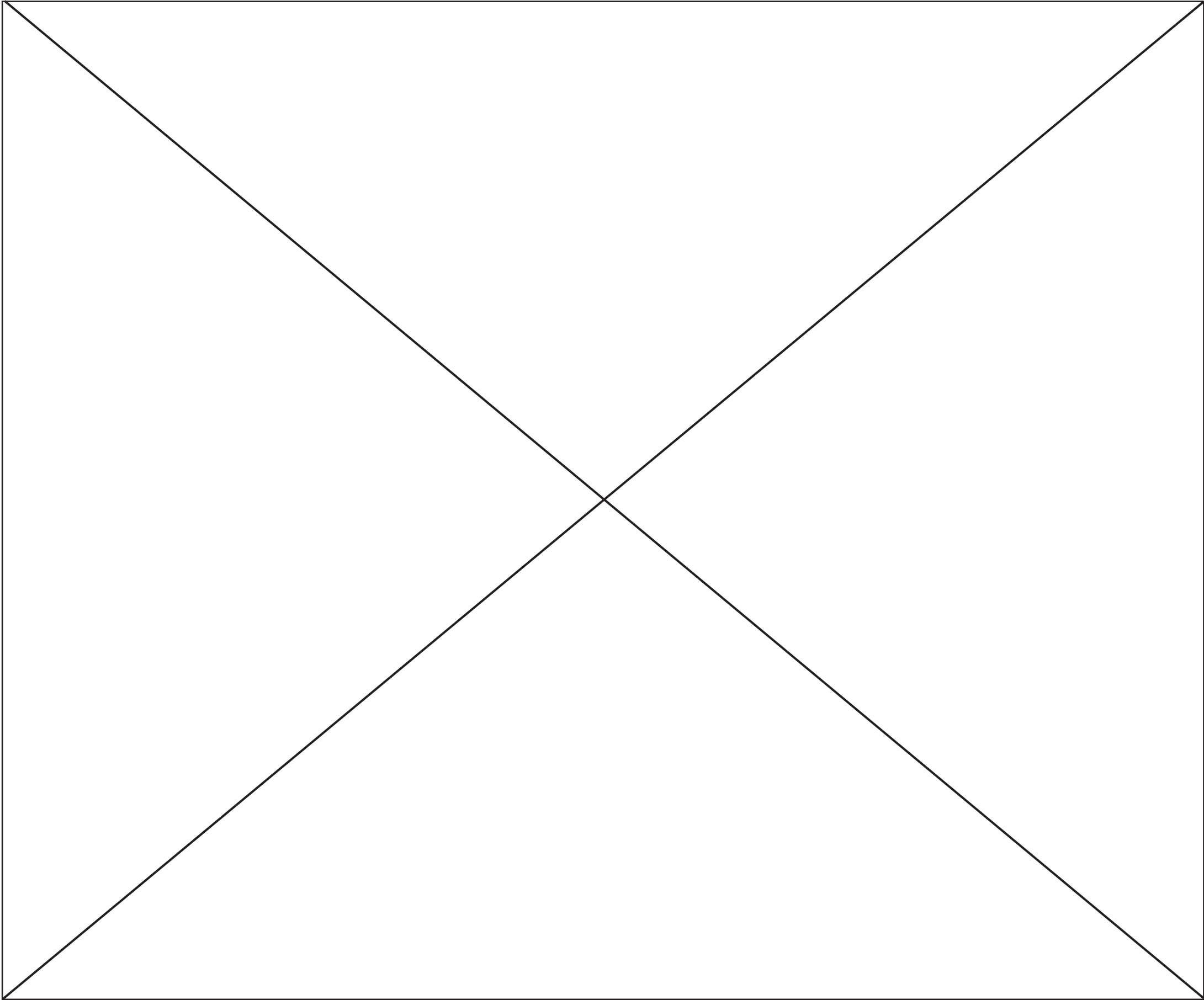
5. 0-841-E-BT02N, Non-Class 1E, 125Vdc Load, 대체교류디젤발전기건물

부하목록	부하용량 (A)				부하 속성
	0 ~ 1 분 (1분)	1 ~ 60 분 (59분)	60 ~ 120 분 (60분)	120 ~ 240 분 (120분)	
엔진 제어반	2.0	2.0	2.0		연속
대체교류디젤발전기 DMDS CABINET	20.0	20.0	20.0		연속
대체교류디젤발전기 SPEED CUBICLE	15.0	15.0	15.0		연속
스위치기어 및 저압 차단기반	10.0	5.0	5.0	5.0	연속
무정전 전원공급장치	65.6	65.6	8.5	8.5	연속
부하 총계	112.6	107.6	50.5	13.5	-

(주 1)\* 표 8.3.2-5의 부하 총계는 각 부하 전류의 소수점 2째 자리까지 값을 합산한 결과이다.



	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	발전소내 전력계통 단선도(계열 1)
그림 8.3-1 (2 중 1)	



	한국수력원자력주식회사 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서
	발전소내 전력계통 단선도(계열 2)
그림 8.3-1 (2 중 2)	

#### 8.4 소내정전사고

소내정전사고란 원자력발전소에서 1E급 및 비1E급 스위치기어 모선에 교류전원의 완전 상실을 의미한다. 그러므로 터빈 트립과 동시에 소외전원상실과 소내 비상 교류전원의 이용 불가능을 포함하지만, 인버터를 통해 축전지 또는 소내정전사고 완화를 위한 대체교류전원으로부터 전원을 공급받는 모선에 교류전원의 상실은 포함하지 않는다.

##### 8.4.1 대체교류전원

소내정전사고에 대처하기 위해 2개 호기(신한울 1,2호기)에 대해 하나의 공용 대체교류전원으로 이용할 수 있는 비1E급 대체교류전원발전기를 설치한다.

2

##### 8.4.1.1 비1E급 대체교류전원발전기

대체교류전원발전기는 규제지침서 1.155에 따라 발전소를 안전정지(고온정지) 상태로 진입하고 유지하기 위해 요구되는 시간 동안 소내정전사고를 극복하는데 필요한 계통을 동작시키기에 충분한 용량으로 설계되며 1E급 비상디젤발전기로부터 독립적이며 다양성을 갖춘 전원을 제공한다.

2

1

대체교류전원발전기는 공기냉각방식을 적용하여 비상디젤발전기의 수냉각방식과 차별화하여 다양성을 확보하였다.

1

대체교류전원발전기와 보조설비는 비1E급이며 터빈비산물 충격 범위에서 벗어난 발전소 보호 지역에 위치하며, 보안관리건물 내에 설치된다. 대체교류전원발전기 연료유저장탱크는 디젤발전기가 정격출력에서 8시간 연속운전하기에 충분한 연료량과 주기적 시험에 필요한량을 보유하도록 설계된다. 또한 중대사고 시에 발전소 안전성 확보를 위한 대체교류전원 공급능력 연장을 위하여 추가로 16시간 연속운전하기에 충분한 연료를 보유하도록 설계되고 방호벽에 의해 둘러싸인다.

대체교류전원발전기의 배치와 위치는 그림 1.2-1에 명시되어 있다. 대체교류전원발전기는 2개 호기 중 발전소완전정전이 발생한 한 호기의 2개의 안전계열 중 한 계열의 1E급 모선에 연결된 안전정지부하와 대체교류전원의 보조설비에 전력을 공급할 수 있도록 충분한 용량을 갖는다. 대체교류전원발전기는 어느 24시간 운전에 대해 연속운전(22시간) 시 7,200 kW 정격이고 단시간 운전(2시간)시 7,920 kW 정격이다. 표 8.4-1은 대체교류전원발전기로부터 전력을 공급받는 부하들을 나타내고 있다.

2

대체교류전원발전기는 주기적인 시험을 제외하고는 정상상태에서 우선전력원 및 어떠한 1E급 안전부하 계열의 모선에 직접 연결되지 않는다.

1

고장유형 및 영향 분석을 위한 대체교류전원발전기의 고장은 표 8.3.1-1에 기술된다.

위와 같은 설계는 기후에 관련된 사고나 소내비상 교류전원 또는 소외전력원들과 대체교  
류전원과의 동시고장으로 인한 어떠한 취약점도 발생하지 않는다.

1

#### 8.4.1.1.1 대체교류전원 발전기의 기동과 부하투입

Intentionally  
Blank

대체교류전원 발전기는 2개 호기 중 소내정전사고가 발생한 1개 호기의 1개 계열의 2개 1E급 모선에 주제어실의 운전원이 수동으로 대체교류전원용 발전기를 기동시켜서 10분 이내에 전원을 공급할 수 있도록 설계된다. | 2

이후 발전소안전정지에 필요한 부하는 주제어실의 운전원이 관련절차에 따라 수동투입한다.

#### 8.4.1.1.2 대체교류전원발전기의 보조계통 | 2

대체교류디젤발전기를 구성하는 기동용 공기계통, 연료유계통, 윤활유계통, 냉각수계통 및 연소용 공기흡입 및 배기계통 등 보조계통에 대한 내용은 9.5.12절에 기술되어 있다. | 2

#### 8.4.1.1.3 트립장치

시험(또는 유지보수)시 보호 트립장치가 다음의 기계적인 조건을 감지하기 위해 제공된다.

- 가. 고온 냉각수계통의 고-고온도
- 나. 디젤엔진 과속도
- 다. 크랭크케이스의 유증기 고밀도
- 라. 윤활유의 저-저압력
- 마. 윤활유의 고온도
- 바. 연료의 저-저유위
- 사. 디젤엔진베어링의 고온도

시험(또는 유지보수)시 상기 기계적인 트립기능에 부가하여, 다음의 전기적인 조건에 의해 트립 및 경보를 발생하기 위한 기능이 있다.

- 가. 발전기 순시 과전류 보호
- 나. 발전기 과전압/부족전압 보호
- 다. 발전기 상 불평형 보호
- 라. 발전기 부족 주파수 보호
- 마. 여자 고장 보호
- 바. 발전기 계자 상실 보호
- 사. 발전기 역전력 보호
- 아. 발전기 지락보호
- 자. 발전기 전압 억제부 과전류 보호

다음의 비상보호 기능은 대체교류디젤발전기 트립 및 경보를 발생하며 그 밖의 것은 단지 정보만을 발생한다.

- 가. 엔진 과속도
- 나. 발전기 차동전류
- 다. 수동 비상 트립(주제어실)
- 라. 수동 비상 트립(대체교류디젤발전기 제어실)

주제어실 또는 대체교류 디젤발전기 현장제어반의 누름스위치로 수동 비상트립이 가능하다. 그러나 기동은 현장 비상정지복구 누름스위치를 눌러 정상으로 복귀된 상태에서만 가능하다.

대체교류디젤발전기는 상기에 열거된 비상보호장치가 동작 중에는 비상시에도 자동 우회되지 않는다

#### 8.4.1.1.4 연동

차단기의 전기적인 연동은 비상디젤발전기가 전원이 인가된 모선이나 사고 난 모선에 자동으로 투입되는 것을 방지하기 위해 설치한다.

#### 8.4.1.1.5 허용

대체교류디젤발전기 운전모드 선택은 대체교류디젤발전기 현장제어반의 “현장/원격” 스위치와 “정상/유지보수” 선택스위치에 의해 가능하다. “현장” 모드를 선택하여도 비상 트립 기능은 봉쇄되지 않는다.

“정상” 모드를 선택하면 “현장/원격” 스위치 선택이 가능해진다. “유지보수” 모드를 선택하면 수동 기동이 봉쇄되며, 스위치를 “정상” 모드로 전환해야만 수동 기능이 가능해진다.

#### 8.4.1.1.6 대체교류디젤발전기의 계측 및 제어

대체교류디젤발전기를 기동하고 운전하는데 필요한 계측 및 제어는 전용의 125 V 직류 축전지로부터 전력이 공급된다.

현장과 주제어실에 다양한 감시 및 제어장치가 있어 운전자에게 제어와 운전상태 정보를 제공한다.

다음 전형적인 변수들이 감시 그리고/또는 경보된다.

## 신한울 1,2호기 최종안전성분석보고서

- 가. 윤활유 온도와 압력
- 나. 베어링 온도
- 다. 냉각수 온도와 압력
- 라. 발전기 변수
- 마. 속도
- 바. 기동용 공기 압력

주제어실에서 대체교류디젤발전기 제어를 위해 다음과 같은 조작을 할 수 있다.

- 가. 수동 병입
- 나. 수동 속도, 부하, 전압 조절
- 다. 비상 기동 및 정지

다음 작동을 위한 현장제어반이 대체교류디젤발전기 제어실에 설치된다.

- 가. 정상 또는 유지보수 선택
- 나. 현장 또는 원격 선택
- 다. 수동 또는 자동 전압조정 선택
- 라. 수동 기동 및 정지
- 마. 수동 비상정지
- 바. 복귀(정상/비상정지)
- 사. 수동 전압조절
- 아. 수동 속도조절
- 자. 보조기기 조작

각각의 4.16 kV 1E급 차단기 동작 상태는 차단기반과 주제어실에 표시된다. 대체교류디젤발전기에 대한 다음의 지시계는 주제어실에 설치된다.

- 가. 출력 전압
- 나. 출력 주파수
- 다. 출력 전류
- 라. 출력 유효 전력
- 마. 출력 무효분 전력
- 바. 역률

### 8.4.1.1.7 대체교류전원발전기 주기시험

대체교류전원발전기는 발전소가 가동하는 동안에 일상적으로 검사와 보수가 되도록 설계

된다. 주기시험은 최소한 KEPIC ENB-6240(해외구매 품목은 IEEE 387-1995)에 기술된 사항에 준하며, 가동중검사 및 시험은 NUMARC 87-00 항목 B.10에 따라 수행된다. 연료 재장전 기간 동안 대체교류전원발전기의 운전성을 주기적으로 증명하기 위한 동기화와 부하투입에 필요한 계측 및 제어가 제공된다.

적절한 발전소 운전절차는 발전소완전정전 요건을 만족시키는 대체교류전원발전기의 적합성을 증명하기 위한 주기적인 시험 그리고/또는 분석을 포함해야 한다. 최소한 그런 절차는 다음 사항을 증명해야한다.

가. 각 1E급 계열(18개월 교차 시험 빈도로)에 대해, 대체교류전원 발전기는 10분 내에 1E급 모선에 전력을 공급할 수 있다는 것을 주제어실에서 대체교류전원발전기를 운전함으로써 증명한다. 대체교류전원에 연속정격의 90 % ~ 100 %의 부하를 투입하고 최소 60분 동안 운전한다. 정상상태의 대체교류전원 전압은 3,744 V와 4,576 V 사이 그리고 주파수는 58.8 Hz와 61.2 Hz 사이에 있어야 한다. 모든 대체교류전원발전기의 기동은 엔진 예열이 선행되어야하며, 실제 운전시간은 “라” 항에 따른다. | 2

나. 1E급 계열에 전력을 공급하기 위해 대체교류전원발전기에 필요한 모든 차단기의 기능성을 증명한다. 이것은 개별적인 차단기시험에 의해서, 또는 위에 기술된 시험의 일부로서 수행된다.

다. 매 3개월마다, 대체교류전원발전기가 10분 이내에 기동하고 정상상태의 전압(3,744 V에서 4,576 V 사이)과 주파수(58.8 Hz와 61.2 Hz사이)를 갖는지 증명한다. 대체교류전원에 연속정격의 90 % ~ 100 %의 부하를 투입하고 최소한 60분 동안 운전한다. 모든 대체교류전원발전기의 기동은 엔진 예열이 선행되어야 한다.

라. 매 18개월마다, 제작자의 권고에 의해 작성된 절차서에 의해 대체교류발전기를 검사한다. 또한 대체교류발전기는 Power Factor 0.9 이하에서 최소한 8시간 동안 운전될 수 있는지 확인한다. 본 시험의 처음 1시간 동안 디젤발전기를 7,560 kW ~ 7,920 kW 부하로 운전하고, 다음 7시간 동안 디젤발전기는 6,480 kW ~ 7,200 kW 부하로 운전해야 한다. | 2

마. NSAC 108, "The Reliability of Emergency Diesel Generators at Nuclear Power Plant"에서 정의된 방법으로 계산한 것과 같이 대체교류전원발전기의 신뢰성은 최소한 0.95 이상이다.

#### 8.4.2 분석

10 CFR 50.63에 따라 신한울 1,2호기는 소내정전사고 대처시간 동안 소내정전을 대처할

수 있어야 하며, 소내정전사고 대처시간 이내에 비상 교류전원 또는 소외전원이 회복된다. 대체교류전원이 10분 이내에 1개 호기의 1개 계열의 2개 1E급 모선에 인가되는 것이 시험에 의해 입증될 경우 별도의 소내정전사고 분석은 필요하지 않다.

#### 8.4.2.1 소내정전사고 대처기간

| 2

소내정전사고 대처기간은 규제지침서 1.155의 3.1절에 따라 여유 비상교류전원의 수량(즉, 총 비상교류전원에서 붕괴열 제거에 요구되는 비상교류전원을 감한 수량), 비상교류전원의 신뢰도, 예상되는 소외정전사고 빈도 및 소외전원 복구시간에 의해 결정된다.

| 2

##### 가. 비상교류전원 구성

비상교류전원은 독립된 두개의 안전계열(Division I, II)로 구성되어 각각의 계열에 하나의 안전급 비상디젤발전기가 연결되며 하나의 비상디젤발전기로 발전소 정지가 가능하다. 또한 안전급 디젤발전기는 타 호기와 공유되지 않는다. 따라서 신한울 1,2호기 비상교류전원은 규제지침서 1.155, 표 3의 그룹 C에 해당한다.

##### 나. 소외전원 설계 특성

소외전원 설계특성 그룹은 소외전원의 독립성, 가혹 기후에 의한 소외전원 상실 빈도 및 회복시간, 극심 기후 발생 빈도에 의해 결정된다.

소외전원은 8.2절에서 상세히 언급한 대로, 전기적 및 물리적으로 독립된 765 kV 및 345 kV 스위치야드를 통해 각각 주변압기 및 대기보조변압기에 연결된다. 따라서 규제지침서 1.155, 표 5에 따라 범주 I.1에 해당한다.


| 2

다. 비상디젤발전기 신뢰도

비상디젤발전기의 설계목표신뢰도는 0.975 이상이다.

2

상기 평가 및 조사 결과에 따라 소내정전사고 허용 대처기간은 규제지침서 1.155, 표 2에 따라 4시간이지만, 안전성 증진을 위해 소내정전사고 대처기간을 8시간으로 한다.

2

#### 8.4.2.2 소내정전사고 대처능력

8시간의 소내정전사고 대처시간 동안의 대처능력과 비상교류전원 또는 소외전원 회복능력을 평가하는 경우 규제지침서 1.155에 따라 다음 사항이 분석되어야 한다. 단, 규제지침서 1.155에 따라 설치된 대체교류전원설비가 10분 이내에 정전된 모선에 인가되는 것이 시험에 의해 입증된 경우에는 아래에 제시된 사항들의 분석은 필요하지 않다.

가. 소내정전사고는 원자료가 열출력 100 %로 최소 100일 운전 후 발생함.

나. 소내정전사고 후 노심냉각 및 붕괴열 제거에 필요한 모든 계통 및 기기의 성능은 축전기 용량, 압축 공기량, 복수 저장탱크 용량, 계측 및 제어 요건이 고려되어 결정되어야 함.

다. 소내정전사고 직전에 원자로 및 지원계통은 압력, 온도 및 수위가 정상운전범위 내에 있다. 모든 발전소 기기들은 정상운전 중 또는 대기상태로부터 사용가능하다.

라. 소내정전사고 대처시간 동안 사고 대처 및 복구에 필요한 기기의 설계적절성 및 능력은 관련 환경조건에 대해서 적절하게 평가되어야 함.

- 소내정전사고 대처에 필요한 기기의 사고 가능성
- 화재보호계통을 포함하여 소내정전사고 대처에 필요한 기기의 운전성 및 신뢰성에 영향을 주는 잠재적 환경
- 기후를 포함한 기타 잠재적 사고에 대한 소내정전사고 대처 기기의 영향
- 소내정전사고 대처 및 복구 시 운전원이 접근해야하는 지역의 거주 가능성

마. 소내정전사고시 필요한 축전지의 용량은 KEPIC EEG 1100에 따라 계산되었으며, 정상상태에서 예상되는 최저 주위온도를 기준으로 산정한다.

#### 8.4.2.3 절차와 훈련

소내정전사고에 대한 절차와 훈련은 13.2절 및 13.5절을 따른다.

#### 8.4.2.4 품질보증

규제지침서 1.155의 3.5절의 품질보증지침 내용을 이행하도록 한다. 17장에 언급된 품질보증계획은 규제지침서 1.155 부록 A에 주어진 지침에 해당하는 모든 필요한 요소를 포함한다. 이 계획에서 선택된 부분은 적용할 모든 대체교류전원발전기의 품질보증 요건을 설명하는데 사용된다.

#### 8.4.3 이동형 발전기

4.16 kV 이동형 발전기는 신한울 1,2호기에 적용하며, 소내정전사고와 동시에 대체교류발전기 전원이 장기간 이용 불능인 조건에서 발전소 안전성 확보에 필요한 최소한의 부하들에 전원을 공급한다. 이동형 발전기에서 전원공급이 필요한 경우 운전원 조치에 의해 이동형 발전기를 연결단자함에 연결하고 계열(Division) I 또는 계열(Division) II의 안전급 고압차단기반과 접속하여 필요 부하에 2시간 이내에 전원공급이 가능하게 된다.

##### 8.4.3.1 설계 기준

- 가. 후쿠시마 원전 사고 후속 조치로써 건물 방수를 통한 전원공급설비(비상디젤 발전기, 대체교류전원 디젤발전기, 전원공급배전반)의 건전성이 확보될 경우에는 현재의 전원 계통으로도 다양한 사고 시나리오에 대한 대처가 충분하나, 예상치 못한 전원 상실을 고려하여 부지별로 1대의 이동형 발전차량을 확보함으로써 안전성을 증대시킨다.
- 나. 이동형 발전기는 발전소 고유 안전기능을 수행하지 않고, 후쿠시마 원전사고와 같은 장기 소내정전 사고에 대처하기 위한 설비이므로 전기비안전등급, 품질등급 S, NEMA MG1 Section IV Part 32에 따라 설계한다.
- 다. 이동형 발전기의 정격 전압은 3상/4.16 kV/60 Hz이며, 연속정격 용량 3,200 kW(역율 0.8)로 72시간 연속운전이 가능하다. 이동형 발전기의 과부하 운전 용량은 NEMA MG1 Section IV Part 32에 따라 어느 24시간 운전에 대해 단시간 운전(2시간) 시 3,520 kW(정격용량×110 %) 정격이다. 또한, 이동형 발전기는 기동 신호 투입 후 40초 이내 정격 전압 및 주파수에 도달하여 부하에 전력 공급이 가능토록 설계한다.
- 라. 이동형 발전차량과 연결 케이블은 침수에 안전한 전망대 인근의 차고 내에 보관하고, 필요 시 전원공급이 가능한 접속지점으로 이동하여 연결 케이블 접속 후 전원을 공급한다.

마. 이동형 발전 차량은 전원 상실 후 최대한 빠른 시간내에 전원 공급을 위해 축전기 방전 종료 도달 시간(설계방전 전류 8시간)에 충분한 여유를 두어 2시간 이내 전원이 공급이 가능하도록 한다.

#### 8.4.3.1.1 이동형 발전기

장기 소내정전사고에 대비하여 4.16 kV 이동형 가스터빈발전기를 구비한다. 이동형 발전기는 소내정전사고와 동시에 대체교류전원이 상실되는 사고 시 발전소 안전성 확보에 필요한 최소한의 부하들에 전원을 공급하며, 신속한 전원공급을 위하여 연결단자함 및 관련 케이블을 구비한다. 이동형 발전기에서 전원공급이 필요한 경우 운전원 조치에 의해 이동형 발전기를 연결단자함에 연결하고 계열(Division) I 또는 계열(Division) II의 안전급 고압 차단기반과 접속하여 필요 부하에 2시간 이내에 전원공급이 가능하게 된다.

또한 비안전등급 안전변수지시 평가계통(SPADES+)에도 전원공급을 위해 안전등급 저압 차단기반과 비안전등급 전압조정용 변압기 간 접속용 선로구성이 가능하도록 설계된다.

이동형 가스터빈발전기 정격은 다음과 같다.

전압	: 4.16 kV, 3 $\Phi$ , 60 Hz
정격	: 3,200 Kw(역률 0.8)
품질등급	: S
연료종류	: 경유
연속운전 시간	: 72시간 이상
제작형식	: 트레일러 탑재형

2

#### 8.4.3.1.2 이동형 발전기의 접속, 기동 및 부하투입

이동형 발전기는 발전소 정전 사고 시 대체교류전원 발전기가 이용 불능인 경우 발전차량 보관장소에서 접속함 인접지역으로 발전차량을 이동한 후 한 개 호기, 한 개 계열의 1E급 2개 고압차단기반 연결용 접속함에 전력케이블을 연결한다. 관련 차단기의 투입상태를 확인한 후 이동형 발전기를 수동으로 기동시켜 해당 1E급 고압 차단기반 모선에 전력을 공급한다. 이후 발전소 안전장치에 필요한 부하는 주제어실의 운전원이 관련절차에 따라 수동 투입한다.

#### 8.4.3.1.3 이동형 발전기의 보호 및 감시

발전기의 제어 판넬에서 다음의 기계적인 고장을 감시하기 위하여 보호 장치가 제공된다.

가. 윤활유 압력

- 나. 윤활유 온도
- 다. 배출 가스 온도
- 라. 엔진 과속도
- 마. 엔진 저속도
- 바. 비상운전 트립 우회 기능

발전기 제어 및 보호 판넬에서는 다음 전기적인 조건에 의해 트립 및 경보를 발생하기 위한 기능을 제공한다.

- 가. 발전기 과전류 보호
- 나. 발전기 과전압 보호
- 다. 발전기 부족전압 보호
- 라. 발전기 지락 과전압 보호
- 마. 발전기 과/부족 주파수 보호

#### 8.4.3.2 장기소내정전 사고 대처 분석

##### 8.4.3.2.1 대처 분석

이동형 발전기는 1시간 운전 용량의 자체 연료탱크를 보유하고 있으며, 소내정전사고와 동시에 대체교류전원 디젤발전기 이용 불가능 시 사용되므로 비상디젤발전기 연료 저장 탱크의 연료가 확보된다. 따라서 장기 소내정전사고 대처를 위하여 비상디젤발전기 연료 저장탱크와 발전차량 간 연료이송펌프 및 연료 공급 호스를 설치하여 72시간 이상 연속 운전이 가능하다. 연료 저장 탱크 크기 및 연료 소모량은 다음과 같다.

- 가. 비상디젤 발전기 연료 저장 탱크 NET VOLUME : 400,118 liter/대
- 나. 이동형발전기 연료소모량 : 1,402 liter/h @ 100 % load

이동형 발전기는 소내정전사고와 동시에 대체교류발전기 전원이 장기간 이용 불능인 조건에서 발전소 안전성 확보에 필수적인 직류 및 교류 전원을 공급하고, 노심 손상을 방지하기 위하여 원자로 냉각재의 자연순환냉각을 유지할 수 있도록 하기위한 설비에 전원을 공급한다. 또한, 자연순환냉각 실패 후 중대사고관리지침서에 따른 완화 단계 별 대상 기기, 수소분석기, 수소점화기와 비안전등급 안전변수 지시 및 평가계통(SPADES+)에도 전원을 공급한다. 이동형 발전기 부하는 표 8.4-2에 기술한다.

이동형 발전기 전원 공급 지점(비상디젤발전기 연료탱크 건물 옆)에서 접속함까지 연결은 연결 케이블을 이용하며, 이 접속함부터 보조건물 78'에 위치한 대체교류전원 디젤발전기 전력 케이블 연결용 단자함까지 영구 케이블이 설치되어 있다. 정상 운전 중 이 케이블들은 단자함에 연결되지 않는다.

이동형 발전기 사용조건 발생 시, 이동형 발전기를 보관 장소에서 전원 공급 지점으로 이동 시킨 후, 선정된 한 개 계열의 1E급 2개 고압 차단기반의 전력 케이블 단자함과 영구 케이블을 연결하고, 이동형 발전기와 접속함 간에 임시 케이블을 연결한다. 기동 준비가 완료되면 운전원이 수동으로 이동형 발전기를 가동시켜 40초 이내에 전원을 공급할 수 있도록 설계되며, 이후 발전소 안전정지에 필요한 부하는 운전원이 관련 절차에 따라 수동 투입한다. 이동형 발전기 연결 케이블의 연계는 그림 8.3-1과 2에 명시되어 있다.

또한, 비안전등급 안전변수 지시 및 평가계통(SPADES+)에도 전원 공급을 위해 안전등급 저압차단기반과 비안전등급 전압조정용변압기 간 접속용 선로구성이 가능하도록 영구 케이블과 전원절체를 위한 스위치 함이 설치되어 있으므로 사용 조건 발생 시 전원 스위치를 전환하여 사용한다.

2

#### 8.4.3.2.2 이동형 발전기 연료 공급

이동형 발전기 연료 공급을 위하여 비상디젤발전기 연료 탱크와 발전 차량 간 연료 이송을 위해 이동형 연료이송펌프 및 연료공급호스를 구비한다.

#### 8.4.3.3 주기 시험

높은 신뢰도 유지를 위해 이동형 발전기는 제작자 지침서 및 권고에 따라 주기적인 시험을 수행한다.

Intentionally  
Blank

표 8.4-1

소내정전사고시 부하목록

부하명	기기 <sup>1)</sup> 용량	효율 (%)	등가 부하 (kW)	SBO 부하 (kW)
<u>I 계열 부하</u>				
<u>4.16 kV 스위치기어</u>				
안전주입펌프 1	877 hp	94.5	692.3	692.3
안전주입펌프 3	877 hp	94.5	692.3	0
전동기구동 보조급수펌프 A	1,173 hp	94	930.9	930.9
원자로건물살수펌프 1	940 hp	95	738.1	0
정지냉각펌프 1	935 hp	94.5	738.1	738.1
1차측기기냉각수펌프 1A	1,331 hp	95	1,045.2	1,045.2
1차측기기냉각수펌프 2A	1,331 hp	95	1,045.2	0
1차측기기냉각해수펌프 1A	868 hp	95	681.6	681.6
1차측기기냉각해수펌프 2A	868 hp	95	681.6	0
필수냉동기 1A	405 kW	95	426.3	426.3
필수냉동기 2A	405 kW	95	426.3	0
<u>480 V 저압차단기반</u>				
주제어실 AHU HV01A 송풍기	92.1 hp	94.5	72.7	72.7
주제어실 AHU HV01A 전기가열기	113 kW	100	113	113
충전기 1A	133 kW	100	133	133
충전기 2C	133 kW	100	133	133
사용후 연료저장조 냉각펌프	92.75 hp	94.1	73.6	73.6
보조충전펌프	87.5 hp	93.2	70	70
<u>480 V 전동기제어반</u>				
1-827-E-MC01A/MC02A/MC03A/MC04A/ MC05A/MC06A/MC07A/MC08A	-	-	-	694.4
대체교류디젤발전기 건물 480 V 부하	-	-	-	438.9
손실 합계	-	-	-	116.4
소내정전사고 부하 합계				6,359.4
대체교류디젤발전기 정격용량				7,200
대체교류디젤발전기 여유용량				840.6
<u>비상디젤발전기 수동부하</u>				
가압기보조전열기그룹 B1	300 kW	-	300	0
480 V 저압차단기반 1-826-E-MC32M	22.2 kW	-	22.2	0
비상디젤발전기 수동부하 소계				322.2

1) 기기용량은 전동기의 경우 축마력(BHP) 즉, 실제부하이고 정격부하용량이 아니며, 변환식  $hp \times 0.746/\text{효율}$ 을 적용하여 등가부하(kW)를 산정한다.

표 8.4-2 (2 중 1)

이동형 발전기 부하목록

부하명	기기 용량 (BHP)	SBO 부하 (kW)	중대사고 완화부하 (kW)	이동형 발전기 부하용량 (kW) <sup>(주1),2)</sup>
<u>4.16 kV 스위치기어</u>				
안전주입펌프 1	877 hp	692.3	692.3	629.4
원자로건물살수펌프 1 <sup>(주3)</sup>	940 hp	0	0	0
정지냉각펌프 1 <sup>(주3)</sup>	935 hp	738.1	738.1	671
1차측기기냉각수펌프 1A <sup>(주4)</sup>	1,331 hp	1,045.2	768.4	698.6
1차측기기냉각해수펌프 1A <sup>(주4)</sup>	868 hp	681.6	525.4	477.6
필수냉동기 1A	405 kW	426.3	217.0	197.3
<u>480 V 저압차단기반</u>				
주제어실 AHU HV01A 송풍기	92.1 hp	72.7	77	70.0
충전기 1A	133 kW	133	71.2	64.7
충전기 1C	133 kW	133	79.2	72.0
<u>480 V 전동기제어반</u>				
3-827-E-MC01A ~ MC08A	-	676.9	174.9	159.0
<u>비상디젤발전기 수동부하</u>				
사용후연료저장조 냉각펌프 <sup>(주5)</sup>	92.75 hp	73.6	72.6	66.0
기타 부하				
SPADES+				
(3-842-E-TR01M/02M)	-	-	60	54.5
발전기 자체부하	-	-	5.0	4.5
합계			3,481.1	3,164.6

(주 1)

이동형 발전부하 용량은 중대사고 관리지침서 완화 조치별 소요 부하를 고려하였으며, 480 V 전동기제어반 부하에 수소분석기, 수소점화기가 포함되었고, 비안전등급인 사고 후 발전소 변수 지시 및 평가계통(SPADES+)에도 전원 공급이 가능함.

(주 2)

이동형 발전기는 2시간 동안 110 % 과부하 운전이 가능하므로 단시간 운전 특성을 가지는 MOV는 부하 용량 산정 시 제외함. 또한 이동형 발전차량의 용량 최적화를 위하여 발전기가 감당할 수 있는 단시간 최대부하를 고려하여 이동형 발전부하는 중대사고 완화부하에 부등율(1.1)을 개별 부하에 적용하였음.

표 8.4-2 (2 중 2)

(주 3)

정지냉각펌프는 원자로건물살수펌프의 기능을 대신할 수 있으며, 이동형 발전기 부하 용량 산정에는 용량이 더 큰 정지냉각 펌프를 사용하였음.

(주 4)

1차측 기기냉각수펌프 및 1차측 기기냉각해수펌프는 정격유량대비 실제 소유 유량이 감소되므로 펌프 특성을 고려한 실제 소요부하를 적용함.

- 1차측 기기냉각수펌프 정격유량 18,500 gpm → 소요유량 13,000 gpm
- 1차측 기기냉각해수펌프 정격유량 17,000 gpm → 소요유량 6,300 gpm

(주 5)

사용후핵연료저장조 냉각펌프는 소방차를 이용한 급수를 통해서 냉각효과를 기대할 수 있으므로 이동형 발전기 용량 부족 시 정지시킬 수 있음.

(주 6)

증기발생기 열 제거원 역할 확보를 위해 터빈구동보조급수펌프를 이용하여 증기발생기에 급수를 주입하므로 전동기구동 보조급수 펌프는 용량 산정에서 제외하였음.

2