

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

제 10 장 - 동력변환계통

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>목 차</u>	<u>페이지</u>
10	<u>동력변환계통</u>		10.1-1
10.1	<u>개요</u>		10.1-1
10.1.1	일반 사항		10.1-1
10.1.2	보호 및 안전 관련 특성		10.1-1
10.1.2.1	소외전원상실 및 터빈 비상정지		10.1-1
10.1.2.2	과압보호		10.1-2
10.1.2.3	급수 상실		10.1-2
10.1.2.4	터빈 과속보호		10.1-2
10.1.2.5	터빈비산물 보호		10.1-3
10.2	<u>터빈/발전기</u>		10.2-1
10.2.1	설계기준		10.2-1
10.2.1.1	안전 설계기준		10.2-1
10.2.1.2	출력운전 설계기준		10.2-1
10.2.1.3	코드 및 표준		10.2-2
10.2.2	계통설계		10.2-2
10.2.2.1	터빈/발전기		10.2-3
10.2.2.2	터빈/발전기계통 설명		10.2-3
10.2.2.3	기본 제어 기능		10.2-4
10.2.2.3.1	디지털 제어 및 감시계통		10.2-5
10.2.2.3.1.1	속도 제어 기능		10.2-5
10.2.2.3.1.2	부하 제어기능		10.2-6
10.2.2.3.1.3	유량제어 기능		10.2-7
10.2.2.3.1.4	출력/부하 불평형 기능		10.2-8
10.2.2.4	터빈보호정지		10.2-9
10.2.2.4.1	비상 과속 트립		10.2-10
10.2.2.4.2	순차적 트립 방식		10.2-11
10.2.2.4.3	증기밸브 닫힘		10.2-12

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

목 차 (계속)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
10.2.2.4.4	24 V 및 125 V 직류트립계통	10.2-12
10.2.2.5	기타 보호계통	10.2-12
10.2.2.6	발전소부하 및 부하추종	10.2-13
10.2.2.7	검사 및 시험	10.2-13
10.2.3	터빈로터 건전성	10.2-13
10.2.3.1	재료의 선택	10.2-13
10.2.3.2	파괴인성	10.2-14
10.2.3.3	고온 특성	10.2-14
10.2.3.4	터빈로터 설계	10.2-15
10.2.3.5	가동전검사	10.2-15
10.2.3.6	가동중검사	10.2-16
10.2.4	평가	10.2-16
10.2.4.1	출력 생산	10.2-16
10.3	<u>주증기계통</u>	10.3-1
10.3.1	설계기준	10.3-1
10.3.1.1	안전 설계기준	10.3-1
10.3.1.2	출력운전 설계기준	10.3-2
10.3.2	계통 설명	10.3-3
10.3.2.1	개요	10.3-3
10.3.2.2	기기 설명	10.3-3
10.3.2.2.1	주증기배관	10.3-3
10.3.2.2.2	주증기격리밸브	10.3-4
10.3.2.2.3	유량제한기	10.3-5
10.3.2.2.4	주증기안전밸브	10.3-5
10.3.2.2.5	주증기대기방출밸브	10.3-6
10.3.2.2.6	터빈우회밸브	10.3-6
10.3.2.3	계통 운전	10.3-6
10.3.3	안전성 평가	10.3-7
10.3.4	시험 및 검사	10.3-9
10.3.4.1	가동전 밸브시험	10.3-9



울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

목 차 (계속)		
번 호	제 목	페이지
10.3.4.2	가동전 계통시험	10.3-9
10.3.4.3	가동중시험	10.3-9
10.3.5	2차계통 수화학 조건	10.3-10
10.3.5.1	수화학 조건 조절 기준	10.3-10
10.3.5.2	부식 조절 효과	10.3-13
10.3.6	증기 및 급수계통 재료	10.3-14
10.3.6.1	파괴인성	10.3-14
10.3.6.2	재료 선정 및 제작	10.3-14
10.3.6.2.1	ASME 코드 Sec. III, 부록 I에 포함되지 않는 재료	10.3-15
10.3.6.2.2	오스테나이트계 스테인레스강 기기	10.3-15
10.3.6.2.3	Class 2 및 Class 3 기기의 청결 및 취급	10.3-15
10.3.6.2.4	저합금강 및 탄소강의 예열 온도	10.3-15
10.3.6.2.5	접근제한구역에 대한 용접사 자격	10.3-16
10.3.6.2.6	비파괴검사 절차	10.3-16
10.3.6.3	규격 및 표준	10.3-16
10.3.7	참고 문헌	10.3-16
10.4	<u>동력변환계통의 기타 특성</u>	10.4-1
10.4.1	주복수기	10.4-1
10.4.1.1	설계기준	10.4-1
10.4.1.1.1	안전 설계기준	10.4-1
10.4.1.1.2	출력운전 설계기준	10.4-1
10.4.1.1.3	규격 및 표준	10.4-2
10.4.1.2	계통 설명	10.4-2
10.4.1.3	안전성 평가	10.4-4
10.4.1.4	시험 및 검사	10.4-4
10.4.1.5	계측설비	10.4-4
10.4.2	복수기진공계통	10.4-5
10.4.2.1	설계기준	10.4-5
10.4.2.1.1	안전 설계기준	10.4-5
10.4.2.1.2	계통 설계기준	10.4-5

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

목 차 (계속)

번 호	제 목	페이지
10.4.2.2	계통 설명	10.4-6
10.4.2.3	안전성 평가	10.4-7
10.4.2.4	시험 및 검사	10.4-7
10.4.2.5	계측설비	10.4-7
10.4.3	터빈축밀봉계통	10.4-7
10.4.3.1	설계기준	10.4-7
10.4.3.1.1	안전 설계기준	10.4-7
10.4.3.1.2	출력운전 설계기준	10.4-8
10.4.3.2	계통 설명	10.4-8
10.4.3.3	안전성 평가	10.4-9
10.4.3.4	시험 및 검사	10.4-9
10.4.3.5	계측설비	10.4-9
10.4.4	터빈우회계통	10.4-10
10.4.4.1	설계기준	10.4-10
10.4.4.2	계통 설명 및 운전	10.4-11
10.4.4.2.1	개요	10.4-11
10.4.4.2.2	배관 및 계측설비	10.4-11
10.4.4.2.3	터빈우회밸브	10.4-11
10.4.4.2.4	계통 운전	10.4-12
10.4.4.3	안전성 평가	10.4-12
10.4.4.4.	시험 및 검사	10.4-13
10.4.4.5	계측설비	10.4-13
10.4.5	순환수계통	10.4-13
10.4.5.1	설계기준	10.4-13
10.4.5.2	계통 설명	10.4-14
10.4.5.3	안전성 평가	10.4-16
10.4.5.4	시험 및 검사	10.4-16
10.4.5.5	계측설비	10.4-16
10.4.6	복수탈염계통	10.4-17
10.4.6.1	설계기준	10.4-17
10.4.6.2	계통 설명	10.4-18
10.4.6.2.1	개요 및 계통운전	10.4-18

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

10.4.6.2.2	기기 설명	10.4-19
	목 차 (계속)	
<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
10.4.6.2.2.1	개요	10.4-19
10.4.6.2.2.2	양이온교환탑	10.4-19
10.4.6.2.2.3	혼합상 이온교환탑	10.4-20
10.4.6.2.2.4	양이온재생/저장탱크	10.4-20
10.4.6.2.2.5	혼합상 이온 재생탱크	10.4-20
10.4.6.2.2.6	황산과 가성소다 저장 및 공급계통	10.4-20
10.4.6.2.2.7	시료채취계통	10.4-21
10.4.6.3	안전성 평가	10.4-21
10.4.6.4	시험 및 검사	10.4-21
10.4.6.5	계측설비	10.4-21
10.4.7	복수 및 급수계통	10.4-22
10.4.7.1	설계기준	10.4-22
10.4.7.1.1	안전 설계기준	10.4-22
10.4.7.1.2	출력운전 설계기준	10.4-23
10.4.7.2	계통 설명	10.4-23
10.4.7.3	안전성 평가	10.4-26
10.4.7.4	시험 및 검사	10.4-26
10.4.7.5	계측설비	10.4-27
10.4.8	증기발생기취출계통	10.4-29
10.4.8.1	설계기준	10.4-29
10.4.8.2	계통 설명 및 운전	10.4-30
10.4.8.2.1	개요	10.4-30
10.4.8.2.2	기기 설명	10.4-30
10.4.8.2.2.1	증기발생기 취출수 재생열교환기	10.4-30
10.4.8.2.2.2	증기발생기 취출수 비재생열교환기	10.4-30
10.4.8.2.2.3	플래시탱크	10.4-30
10.4.8.2.2.4	고유량 취출수 이송펌프	10.4-31
10.4.8.2.2.5	습식 휴관 재순환 펌프	10.4-31
10.4.8.2.2.6	여과기	10.4-31
10.4.8.2.2.7	탈염기	10.4-31
10.4.8.2.3	계통 운전	10.4-32

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

10.4.8.3	안전성 평가	10.4-33
	<u>목 차</u> (계속)	
<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
10.4.8.4	시험 및 검사	10.4-34
10.4.8.5	계측설비	10.4-34
10.4.9	보조급수계통	10.4-35
10.4.9.1	설계기준	10.4-35
10.4.9.2	계통 설명	10.4-36
10.4.9.3	안전성 평가	10.4-39
10.4.9.4	시험 및 검사	10.4-39
10.4.9.5	계측설비	10.4-40
10.4.10	약품주입 및 취급계통	10.4-40
10.4.10.1	설계기준	10.4-40
10.4.10.2	계통 설명	10.4-41
10.4.10.3	안전성 평가	10.4-42
10.4.10.4	시험 및 검사	10.4-42
10.4.10.5	계측설비	10.4-42
부록 10A	보조급수계통 신뢰도 분석	

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

제 10 장 - 동력변환계통

표 목 차

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
10.1-1	동력변환계통 성능특성	10.1-4
10.1-2	동력변환계통 설계특성	10.1-10
10.2-1	터빈/발전기 설계 자료	10.2-18
10.2-2	터빈/발전기 성능 자료	10.2-19
10.3-1	증기발생기 2차계통수에 대한 운전중 화학조건 제한치	10.3-19
10.3-2	급수 및 복수에 대한 운전중 화학조건 제한치	10.3-20
10.3-3	주증기안전밸브의 정격용량	10.3-22
10.4-1	터빈축밀봉계통	10.4-43
10.4-2	터빈건물 설계기준 범람수위	10.4-44
10.4-3	보조급수계통 고장유형 및 영향평가	10.4-45

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

제 10 장 - 동력변환계통

그림 목차

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>
10.1-1	증기 및 동력변환계통 배관 및 계장도
10.1-2	보증조건 열평형도
10.1-3	밸브전개조건 열평형도
10.3-1	주증기계통 배관 및 계장도
10.4-1	복수기 진공계통 배관 및 계장도
10.4-2	터빈축밀봉계통 배관 및 계장도
10.4-3	순환수계통 배관 및 계장도
10.4-4	복수 및 급수계통 배관 및 계장도
10.4-5	증기발생기 취출계통 배관 및 계장도
10.4-6	보조급수계통 배관 및 계장도
10.4-7	약품주입 및 취급계통 배관 및 계장도

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

10 동력변환계통

10.1 개요

10.1.1 일반 사항

동력변환계통은 원자로냉각재로부터 2대의 증기발생기를 통하여 전달된 열에너지가 터빈발전기를 통하여 전력으로 변환되도록 설계된다. 이때, 전력생산에 사용되지 못한 사이클 폐열은 복수기를 통하여 순환수계통으로 전달된다. 한편, 복수는 저압급수가열기에서 가열되며 직접 접촉식 탈기기에서 탈기된다. 그리고 급수는 급수승압 및 급수 펌프에 의해 고압 급수가열기를 거쳐 증기발생기로 공급된다.

급수의 수질 기준을 유지하기 위해 복수탈염계통이 전유량 혹은 부분유량으로 운전되며, 증기발생기내 수질기준을 유지하기 위해서는 취출 계통이 연속 운전된다.

그림 10.1-1은 계통 흐름도를 나타내며, 그림 10.1-2는 보증출력 조건(guaranteed condition)에서의 터빈사이클 열평형도를 나타낸다. 발전소의 최대 출력은 시험을 통하여 입증된다. 터빈발전기는 밸브전개(valve wide open) 조건을 기준으로 설계되어 있으며, 밸브 전개 조건에서의 터빈사이클 열평형도는 그림 10.1-3에 나타나 있다.

표 10.1-1과 표 10.1-2는 주요 설계특성 및 성능특성을 나타내고 있다. 안전관련 기기는 주증기 격리밸브, 주증기 대기방출밸브, 주급수 격리밸브와 주증기 안전밸브를 포함한다. 표 10.1-2는 그 밖의 안전관련 특성의 식별을 나타내고 있다.

10.1.2 보호 및 안전 관련 특성

10.1.2.1 소외전원상실 및 터빈 비상정지

터빈제어계통은 발전기 부하상실시 터빈제어밸브를 급속히 닫는다. 부하감발의 크기에 따라 터빈우회계통은 잉여 증기를 복수기로 방출하고 필요하면 대기로도 방출한다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

원자로 출력이 75% 이상일 때, 운전중인 주급수펌프중 1대가 정지되거나 또는 부하감발 크기가 증기우회 제어계통 및 원자로조절계통의 용량을 초과하면 원자로출력감발계통 (reactor power cutback system)이 자동으로 동작한다. 터빈제어 및 우회 기기는 비안전성관련이다.

복수기가 증기를 받을 수 없는 경우에 대비하여, 주증기 배관에 터빈우회 대기방출 밸브 및 ASME 코드에 따라 설계된 안전밸브 및 주증기 대기방출밸브가 설치되어 있다. 주증기 대기방출밸브는 주제어실 및 원격정지반에서 원격 조정되고 증기량을 수동으로 조절할 수 있다.

터빈제어계통은 기계식 및 전자식 가속도 정지 설정치 이하에서 급격한 전부하 상실시에도 터빈 발전기의 속도를 제어할 수 있다.

10.1.2.2 과압보호

ASME 코드 Sec. III에 따라 안전밸브가 과압보호를 위해 주증기관에 설치되어 있다.

10.1.2.3 급수 상실

보조급수계통은 주급수계통의 급수 공급이 불가할 때, 붕괴열의 제거를 위하여 증기발생기에 급수를 공급한다. 증기발생기 저수위시 보조급수계통은 증기발생기에 급수를 공급하여야 한다(10.4.9절 참조).

10.1.2.4 터빈 과속보호

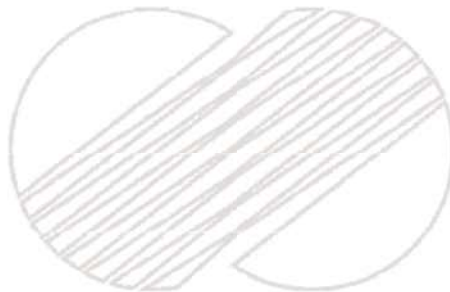
터빈발전기의 속도는 디지털 제어 및 감시계통에 의해 제어된다. 추가로 과속보호를 위해 전자식과 기계식의 계통이 각각 하나씩 있다. 이 2가지 계통은 터빈을 트립시키고, 터빈으로의 증기 공급을 차단하고, 최대 속도를 설계 속도의 120% 이하로 제한한다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

터빈과 급수가열기 사이의 추기 배관에는 필요성에 따라 동력보조 역류방지밸브(power assisted check valve)가 설치되어 있으며, 이 밸브들은 터빈 비상정지시 터빈의 압력 감소로 인해 증기가 터빈으로 역류하는 것을 방지하기 위하여 작동된다.

10.1.2.5 터빈비산물 보호

터빈비산물 보호에 대하여는 3.5.1.3절에 기술되어 있다.



울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10.1-1 (6 중 1)

동력변환계통 성능특성

설계 및 성능특성

주증기계통 운전압력/온도, psia/°F (kg/cm²A/°C) 1,035/548.8
(정격출력 조건) (72.8/287.1)

주증기유량, 10⁶ lb/hr (kg/hr) 12.72/13.32
(정격출력 조건/밸브전개 조건) (5.77/6.04)

터빈 교축증기유량, 10⁶ lb/hr (kg/hr) 12.14/12.75
(정격출력 조건/밸브 전개조건) (5.51/5.78)

복수기 압력, inHgA (mmHgA) 1.5 (38.1)

급수 온도, °F (°C) 450/454.6
(정격출력 조건/밸브 전개조건) (232/235)

터빈발전기 출력, MWe 1,050/1,093
(정격출력 조건/밸브 전개조건)

발전기 피상전력(겉보기전력), MVA 1,219

핵증기공급계통 (전출력 운전)

정격출력, MWt 2,825

증기발생기 증기노즐 출구압력, psia (kg/cm²A) 1,070 (75.2)

증기발생기 입구 급수온도, °F (°C) 450 (232)

증기발생기 출구 증기 습분함량, % 0.25

호기당 증기발생기 댓수, 2

증기발생기당 증기 유량, 10⁶ lb/hr (kg/hr) 6.36 (2.89)

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

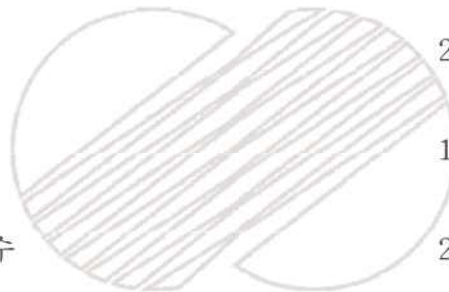
표 10.1-1 (6 중 2)

터빈-발전기

터빈 형식	TC6F-43" (Tandem-compound, six-flow)
터빈 구성	고압 터빈 1대, 저압 터빈 3대
회전속도, rpm	1,800

습분분리재열기

재열기 단수	2
습분분리기 단수	1
호기당 습분분리재열기 댓수	2



주북수기

형식	단일압력, 3셀
호기당 댓수	1
용량, Btu/hr (kcal/hr)	6.268×10^9 (1.5795×10^9)
순환수 유량, gal/min (m^3/hr)	788,484 (179.1×10^3)
순환수 온도 상승*, °F (°C)	16.2 (9.0)

* 순환수 입구온도, 71.5°F (21.9°C)기준임.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

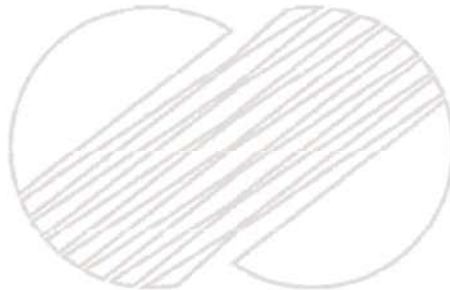
표 10.1-1 (6 중 3)

복수기 진공펌프

형식	회전식 수 밀봉
댓수	4
호깅(hogging) 용량, 펌프당 ft ³ /min (m ³ /min)	1,500 @ 10 in HgA (425 @ 25.4 cm HgA)
전동기 용량, Hp	125
회전수, 전동기/펌프, rpm	570/570

복수펌프

형식	전동수직 캔형 펌프
정격용량	
유량, gpm (m ³ /hr)	9,530 (2,164)
수두, ft (m)	1,100 (335.3)
전동기 용량, HP(kW)	3,620 (2,700)
호기당 댓수	3 (1대는 대기)



울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10.1-1 (6 중 4)

급수 가열기

고압 급수가열기

No.7

맷수 (호기당)	2
열전달, 10^6 Btu/hr (kcal/hr)	412.91 (104.05) 한대당

No.6

맷수 (호기당)	2
열전달, 10^6 Btu/hr (kcal/hr)	363.32 (91.56), 한대당

No.5

맷수 (호기당)	2
열전달, 10^6 Btu/hr (kcal/hr)	464.29 (117.00), 한대당

저압 급수가열기

No.3

맷수 (호기당)	3
열전달, 10^6 Btu/hr (kcal/hr)	88.62 (22.33), 한대당

No.2

맷수 (호기당)	3
열전달, 10^6 Btu/hr (kcal/hr)	158.20 (39.87), 한대당

No.1

맷수 (호기당)	3
열전달, 10^6 Btu/hr (kcal/hr)	141.39 (35.63), 한대당

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

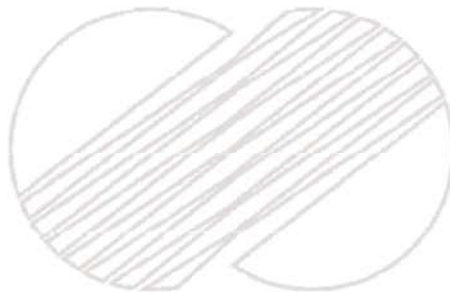
표 10.1-1 (6 중 5)

탈기기

형식	수평, 스프레이 트레이 및 2대 저장탱크
저장용량, (정상수위 이하 기준)	150,000 gal (567,800 L)

급수펌프

펌프형식	수평원심펌프
터빈 형식	다단, 응축형
댓수 (호기당)	3 (터빈구동:2대, 전동기구동:1)
펌프 정격용량, 유량, gpm (m^3/hr) 수두, ft (m)	15,200 (3,452) 2,010 (613)
터빈 용량, hp	11,450
전동기 용량, hp	13,500



급수승압펌프

형식	전동기구동 수평원심 펌프
정격용량 유량, gpm (m^3/hr) 수두, ft (m)	15,200 (3,452) 1,340 (408)
전동기 용량, HP	7,105
댓수 (호기당)	3

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10.1-1 (6 중 6)

기동 급수펌프 (전동)

형식	수평원심펌프
정격용량	
유량, gpm (m^3/hr)	1,930 (438)
수두, ft (m)	3,000 (914)
전동기 용량, hp	2,100
호기당 댓수	1

증기발생기 취출수 재생열교환기

열전달, Btu/hr (kcal/hr)	14.78×10^6 (3.72×10^6)
댓수 (호기당)	2

증기발생기 취출수 비재생 열교환기

열전달, Btu/hr (kcal/hr)	3.41×10^7 (8.59×10^6)
댓수 (호기당)	1

증기발생기 고유량 취출수 플래시탱크

유량, lb/hr (kg/hr)	190,000 (86.182)
배출 증기압력, psia ($\text{kg}/\text{cm}^2\text{A}$)	200 (14)
댓수 (호기당)	1

증기발생기 연속 취출수 플래시탱크

유량, lb/hr (kg/hr)	20,000 (9,072)
배출 증기압력, psia ($\text{kg}/\text{cm}^2\text{A}$)	215 (15)
댓수 (호기당)	2

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10.1-2 (2 중 1)

동력변환계통 설계특성

<u>항 목</u>	<u>안전성/비안전성</u>	<u>설명</u>
주증기배관	안전성	증기발생기 출구에서 주증기 격리밸브를 포함한 주증기격리밸브실 앵커까지의 배관 및 밸브는 안전성 관련 계통이고, 그 외는 비안전성관련 계통임.
주증기 격리밸브	안전성	
주증기 대기방출밸브	안전성	
주증기 안전밸브	안전성	
증기발생기 취출계통	안전성	증기발생기에서 증기발생기 취출수 격리밸브를 포함한 주증기격리밸브실 앵커까지의 배관 및 밸브는 안전성관련계통이고 그 외는 비안전성관련 계통임.
터 빈	비안전성	
발전기	비안전성	
터빈보호계통	비안전성	
재열증기계통	비안전성	
복수기	비안전성	
터빈우회계통	비안전성	
터빈증기밀봉계통	비안전성	

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10.1-2 (2 중 2)

<u>항 목</u>	<u>안전성/비안전성</u>	<u>설명</u>
복수기 진공계통	안전성	격납건물 격리밸브부터 격납건물내의 역류방지 밸브까지는 안전성이고 그 외는 비안전성임.
순환수계통	비안전성	
복수저장 및 이송계통	안전성	
주급수계통	안전성	증기발생기부터 주급수 격리밸브를 포함한 주증기 격리밸브실 앵커까지 배관 및 밸브는 안전성관련계통이고, 그 외는 비안전성관련 계통임.
주급수 격리밸브	안전성	



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6 호기
최종안전성분석보고서

증기 및 동력변환계통 배관 및 계장도

그림 10.1-1



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

보증조건 열평형도

그림 10.1-2



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

밸브전개조건 열평형도

그림 10.1-3

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

10.2 터빈/발전기

터빈/발전기의 역할은 열에너지를 전기에너지로 바꾸는 것이다.

10.2.1 설계기준

10.2.1.1 안전 설계기준

터빈/발전기는 안전기능을 수행하지 않으며 안전 설계기준에 따라 설계되지 않았다.

10.2.1.2 출력운전 설계기준

다음은 주요 설계기준의 목록이다.

터빈/발전기는 다음과 같은 조건을 만족하도록 설계되었다.

가. 터빈/발전기 정격출력, kWe

나. 교축증기유량(throttle flow), lb/hr (kg/hr)

다. 교축증기조건

압 력, psia ($\text{kg}/\text{cm}^2\text{A}$)

온 도, °F (°C)

수분 함량, %

엔 탈 피, Btu/lb (kcal/kg)

라. 배기 압력, inHgA(mm)

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

마. 재열단계

바. 급수가열단계

이들 조건은 표 10.2-1에 나타낸 원자로 정격출력(100%)과 일치한다.



10.2.1.3 코드 및 표준

터빈/발전기와 관련 설비는 두산중공업/GE 표준과 사양에 따라 설계되고 제작되었다.

계통 기기는 ASME 코드 Sec. VIII, Pressure Vessels; ASME B31.1, Code for Power Piping; TEMA and HEI Standards for Heat Exchangers; NEMA Standards; IEEE Standards; Hydraulic Institute Standards; 및 National Board of Fire Underwriters의 요건을 만족하도록 설계하였다.

10.2.2 계통설계

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

두산중공업/GE의 터빈/발전기는 TC6F-43"으로 표시되며, 터빈, 발전기, 습분분리재열기, 여자기계통, 디지털 제어 및 감시계통, 그리고 보조계통으로 구성된다. 터빈/발전기의 주요 설계인자는 표 10.2-1과 10.2-2에 나타나 있다. 계통 기기에 대해서도 본 장에 상세하게 기술되어 있다.

10.2.2.1 터빈/발전기

터빈은 1800 rpm, 직렬배열 6유동, [REDACTED]의 최종단 회전익을 가지는 재열형식이다.

터빈은 1대의 복류 고압터빈, 3대의 복류 저압터빈 그리고 2개의 재열단을 가지는 2대의 습분분리재열기를 포함하고 있다. 직렬구동 발전기(direct-driven generator)는 22 kV, 3상, 60 Hz의 1,219 MVA 정격이다. 그 외에 터빈/발전기 베어링윤활유계통, 고압유압유계통(high pressure hydraulic fluid system), 디지털 제어 및 감시계통, 터빈증기밀봉계통(10.4.3에서 설명), 과속방지 장치, 터닝기어, 발전기밀봉유계통, 고정자냉각수계통, 그리고 여자기계통이 포함되었다.

10.2.2.2 터빈/발전기계통 설명

주증기계통에서 생산된 증기는 계통과 터빈을 연결해주는 주증기관을 지나 각각 4개의 고압정지 및 제어밸브(main stop and control valve)를 통과한 후 고압터빈으로 유입된다. 고압정지 및 제어밸브는 서로 직렬 및 병렬로 연결된 일체형의 구조를 가지는데 이 부분은 주증기배관과 연결되어 있어 주증기배관의 열팽창에 의한 응력을 많이 받는 부분 이므로, 이를 줄이기 위해 수평방향으로의 움직임이 용이한 강봉 및 스프링지지대로 구성된 철 구조물에 의해 지지되었다. 주증기의 일부는 고압터빈으로 유입되지 않고 고압 터빈을 통과한 증기를 재열하여 저압터빈으로 보내주기 위하여 설치된 재열기 제 2단으로 보내진다. [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

[Redacted text block]

[Redacted text block]

10.2.2.3 기본 제어 기능

터빈제어계통(Mark V TMR)은 다음의 기본적인 터빈 제어 기능을 제공하기 위한 회로 및 관련 설비들로 구성되었다.

- 가. 전속도 범위에 걸쳐서 정해진 몇단계의 속도 및 가속도 설정치에 따라 터빈속도와 가속도의 자동제어
- 나. 연속적인 부하 및 부하율 조정으로 무부하에서 전부하까지의 부하와 부하감발률의 자동제어
- 다. 자동제어로 운전되고 있는 터빈/발전기에서 자동제어 방식을 대체할 필요가 있는 경우 속도 및 부하의 반자동 운전으로 터빈/발전기의 연속 운전을 가능토록함.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

라. 요구부하 및 주증기 압력과 같은 운전변수들의 기설정된 제한치의 응답에 따른 부하제한 또는 발전출력 능력에 영향을 미치는 발전소의 구성요소 변경과 같은 사용자 설정 제한치의 응답에 따른 출력의 제한

마. 위험 또한 비정상 운전 상태를 감지하여 경보하고 이 상태에 대한 제어 수행

바. 전원 공급장치와 다중의 제어 회로를 갖춘 터빈제어시스템의 감시

사. 증기밸브 및 터빈제어계통 시험 수행

10.2.2.3.1 디지털 제어 및 감시계통

터빈/발전기는 터빈을 통과하는 증기 유량을 제어하기 위해 디지털 전자제어 방식과 고압유체 방식을 결합한 디지털 제어 및 감시계통을 갖추고 있다. 제어계통은 속도제어, 부하제어 및 유량제어의 세가지 주요 제어기능을 가지고 있다. 디지털제어 및 감시계통에는 세 쌍의 다중-주제어기, 감지기, 서보 밸브 코일(servo valve coil)과 선형위치변환기(linear position transducer)를 채택하고 있다.

10.2.2.3.1.1 속도 제어 기능

속도 제어 기능은 터빈 트립 시스템과 연계되어 있고, 터닝기어(turning gear) 속도에서부터 과속 보호 장치를 시험하기에 충분한 과속도까지 전속도 범위에 걸쳐서 정확하게 속도를 제어할 수 있다.

다중 제한 속도 신호는 터빈의 톱니모양의 휠 주위에 부착된 다중 속도 감지기로부터 입력된다. 각 탐침(probe) 신호들은 각각의 3중화된 전자 조속 채널에 입력되며, 톱니모양의 휠과 속도 탐침들은 터빈의 프론트 스탠다드에 위치되어 있다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서



10.2.2.3.1.2 부하 제어기능

부하 제어기능의 기본값과 다른 제어기능으로부터 얻은 기본값을 조합하여 유량조절에 필요한 기본값을 산출하는 것이 부하 제어기능의 목적이다. 부하제어기능은 다음의 기능들을 갖추고 있다.

- 가. 터빈에 영향을 미치는 변수에 대한 비례 신호를 발생시키고 검출하는 감지 기능
- 나. 감지 회로나 발전소 구성 요소의 상태를 검출하는 장치의 속도 제어 기능으로

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

부터 나오는 신호의 응답에 따른 유량 기본 신호를 제한하기 위한 제한적 기능

다. 요구 부하 신호, 제한적 기능 그리고 속도 편차 신호 등을 고려하여 밸브 조절에 필요한 유량 기본신호를 발생시키는 계산

라. 운전 모드를 변경하거나 부하 제어와 다른 제어 계통과의 상황 정보를 교환하고 주변 장치로 신호를 전환 제공하기 전에 그 허용 조건이 만족한가를 확인하는 논리 기능

10.2.2.3.1.3 유량제어 기능



고압터빈으로 유입되는 주증기의 유량은 4개의 고압정지밸브와 4개의 제어밸브에 의해 조절된다. 각 고압정지밸브는 고압정지밸브가 완전히 개폐되기 위하여 전자 유압구동기에 의해 제어된다. 고압정지밸브의 기능은 필요시 터빈으로 가는 증기 유량을 차단하는 것이다. 고압정지밸브는 비상트립계통 장치(emergency trip system devices)의 구동에 의해 증기압이 있을 때 ■■■■ 이내에 닫히고, 증기압이 없을 때 ■■■■ 이내에 닫히도록 설계하였다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

터빈제어밸브는 모든 상태의 운전 동안 그들 각각의 밸브 개구도 설정 회로로부터 나오는 신호에 따라 삼중코일 전자유압 서어보밸브와 유압구동기에 의해 개구도가 설정된다. 하나의 케이싱내에 중간정지 및 인터셉트밸브(intermediate stop valve and intercept valve)로 구성된 조합형 중간밸브는 재열기에서 저압터빈으로 유입하는 증기 유량을 조절한다. 터빈의 정상운전 동안, 중간정지 및 인터셉트밸브는 완전히 열린다. 인터셉트밸브 개구도 설정회로(intercept valve positioning circuit)는 기동 및 정상운전 동안 밸브 개구도를 설정하고 터빈부하의 상실에 따라 신속히 밸브들을 닫는다. 중간정지밸브는 터빈 과속 또는 트립시 완전히 닫힌다.

10.2.2.3.1.4 출력/부하 불평형 기능

부하의 급감발에 따른 터빈/발전기 로터의 급가속으로 인해 과속이 발생하는 것을 막기 위해 제어 및 인터셉트밸브들을 신속히 닫기 위한 비율-감지형 출력/부하 불평형 기능이 제공된다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

[Redacted text block]

[Redacted text block]

가상적 부하 상실 시험 동안 신호가 상실되면 출력/부하 불평형 기능의 이상 유무 시험을 할 수 있다. 이 시험은 터빈 출력에 영향을 주지 않고 부하 운전상태에서 수행된다.

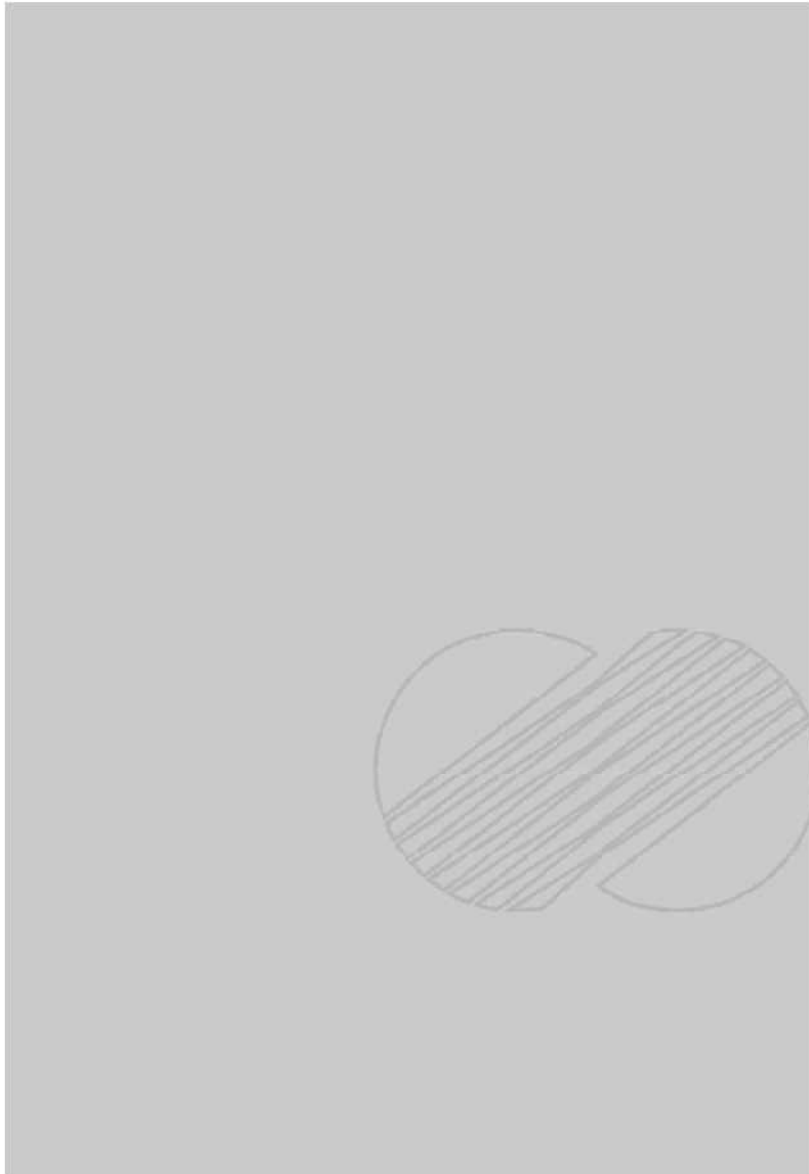
전류 신호나 재열 증기 신호가 상실되면 출력/부하 불평형 기능의 실행이 취소되고 경보가 발생된다. 부하급감발로 터빈 부하가 감소하더라도 터빈과속트립 발생되지 않는다.

10.2.2.4 터빈보호정지

터빈보호트립은 전자제어계통과는 분리되어 있으며, 트립이 발생되면 터빈의 모든 정지 및 제어밸브들이 트립된다. 보호트립은 다음과 같다;

[Redacted text block]

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서



10.2.2.4.1 비상 과속 트립

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서



10.2.2.4.2 순차적 트립 방식

터빈 과속방지를 위하여, 순차적 트립계통은 고압터빈과 저압터빈으로 유입되는 모든 증기를 차단하는 것이며, 발전기차단기의 개방전에 발전기에 부하가 없음을 확인하는 것이다. 순차적 트립계통은 하나의 트립신호가 발생되면 순차적으로 정지하도록 하며, 터빈 밸브가 닫히기전 발전기차단기 개방으로 인한 급속한 속도 증가를 방지한다. 모든 터빈 보호트립은 순차적 트립 논리회로(제어실로부터의 수동트립을 포함) 또는 터빈 프론트 스탠다드의 트립 손잡이에 의해 이루어진다. 발전기에 심각한 손상을 줄 수 있는 몇가지 전기적 장애에서는 순차적 트립 방식이 허용되지 않으며, 이런 경우 발전기와 터빈은 동시에 트립된다.

비상시에 운전원이 터빈트립 버튼을 사용하는 대신에 제어실 스위치로 발전기차단기를 개방하는 것이 가능하지만, 전 부하 또는 전부하출력 준위에서의 발전기스위치 개방은 증기발생기내의 증기조건이 불안정할 때 심각한 터빈손상과 과도한 과속을 야기시킬 수 있다. 이를 방지하기 위해 운전원은 발전기트립을 위한 허용조건(permissive)으로 주 차단기 스위치를 작동하기 전에 차단기 우회스위치를 "trip"에 두는 것이 요구된다. 고압정지 밸브, 제어밸브, 중간정지밸브, 그리고 인터셉트밸브의 리미트 스위치가 순차적 트립회로 구성에 사용되고 있으며, 역전력 계전기가 발전기에서 무부하 조건 때의 역전류 흐름을 검출하기 위하여 사용되고 있다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

10.2.2.4.3 증기밸브 닫힘

모든 증기밸브는 고압정지밸브와 제어밸브, 또는 중간정지밸브와 인터셉트밸브와 같이 직렬 쌍으로 배열되어 있다. 고압터빈을 위한 4쌍의 밸브가 있고, 저압터빈을 위한 6쌍의 밸브가 있어 총 10쌍의 증기유입밸브가 있다. 고압정지밸브, 제어밸브, 중간정지밸브, 그리고 인터셉트밸브(총 20개)는 2개의 과속트립계통중 하나에 의해서 작동된다. 고압터빈의 4개 제어밸브와 각 저압터빈의 1개의 인터셉트밸브는 또한 조속계통에 의해 조절된다. 한쌍의 밸브중 어느 하나의 밸브를 차단하면 증기발생기로부터의 증기 흐름을 차단시키므로 어느 하나의 밸브가 고장나더라도 터빈과속트립 기능을 방해하지 않도록 설계되었다.

10.2.2.4.4 24 V 및 125 V 직류트립계통

전자식 과속트립은 24 V 직류트립 논리회로계통을 동작시킨다. 이 계통은 전자식 과속트립을 포함하고 있는 터빈 바이탈트립(turbine vital trip)에 사용된다.

125 V 직류트립계통은 주속도 신호의 상실과 같은 몇몇의 터빈보호트립 및 사용자 트립에도 사용된다. 심층적 보호방식으로 '교차트립(cross trip)' 논리 회로가 내장되어 있어, 24 V 직류논리회로안에서 발생하는 모든 트립이 125 V 직류계통의 트립을 발생시키고, 반대로 125 V 직류논리회로에서 발생하는 모든 트립은 24 V 직류계통에서의 트립을 발생시킨다. 이들 두 전압 레벨로부터 도출되는 트립신호는 각각의 분리, 독립된 솔레노이드밸브를 여자시킴으로써 모든 터빈증기 유입밸브 구동기의 고압 유체를 배출시킨다.

10.2.2.5 기타 보호계통

앞에서 설명된 장치 이외에, 터빈 및 증기계통의 기타 보호장치는 다음과 같다.

- 가. 고압정지 및 제어밸브 또는 조합형 중간밸브의 고장시 고압터빈의 과압방지를 위해 습분분리재열기에 설치된 안전밸브

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

나. 최종단의 두 저압가열기를 제외하고는, 터빈트립시 증기추기의 역류로 터빈과속을 방지하기 위한 역류방지밸브를 각 증기추기 배관에 장착

다. 복수기 진공상실시 저압터빈의 과압방지를 위한 배기 케이싱 파열 격막(exhaust casing rupture diaphragm)

10.2.2.6 발전소부하 및 부하추종

터빈/발전기는 기저부하에서 운전된다. 그러나 핵증기공급시스템의 과도 부하추종 능력과 일치하거나 초과하도록 터빈/발전기를 설계하였다. 터빈제어시스템은 10.2.2.4절에서 기술된 바와 같이 미리 설정된 조건에서 터빈을 트립시킴으로써 터빈을 보호하도록 설계되었다. 터빈은 원자로트립시에 트립되며, 원자로보호시스템은 터빈제어시스템에 2개의 분리된 원자로트립 신호를 보낸다.

10.2.2.7 검사 및 시험

시스템의 주요 기기는 검사를 위한 접근이 가능하며, 발전소 정상운전시에도 시험이 가능하다. 각각의 터빈/발전기의 제어 및 보호장치는 정기적으로 일정 계획에 따라 시험된다. 기동 전에 여러가지의 터빈트립이 순서적으로 시험된다.

여러가지 시스템기기의 시험 및 검사를 위한 일정 계획은 13.5절에 기술된 발전소운전절차의 한 부분으로 명시되어 있다.

10.2.3 터빈로터 건전성

10.2.3.1 재료의 선택



울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED] ASTM A-370에
따르는 샤프 시험이 기본적으로 포함되었다.

10.2.3.2 파괴인성

앞에서 설명한 재료를 사용하여 터빈로터에 적합한 재료의 인성을 획득하였으며, 재료의 강도와 인성간의 균형을 유지하여 운전기간 동안 높은 신뢰성, 이용률 및 효율을 동시에 만족시켰으며 안전성 또한 보장하였다. [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

10.2.3.3 고온 특성

경수로 터빈의 고압회전자의 최대 운전온도는 크리프파손 범위 이하이므로 크리프파손은 터빈의 수명기간 동안 회전자의 건전성을 확인할 때 주요 인자로 간주되지 않았다.

기본 자료는 실험실의 크리프파손 시험으로부터 얻었다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

10.2.3.4 터빈로터 설계

터빈집합체는 정상운전 조건과 과속트립을 유발하는 예상과도상태(anticipated transient)에 구조적 건전성의 손상없이 견디도록 설계되었다. 터빈집합체의 설계는 다음의 설계 기준을 만족하였다.

10.2.3.5 가동전검사

가동전검사 계획은 다음과 같다.

가. 로터 단조품은 열처리 전에 최소의 가공 여유를 남기고 황삭된다.

나. 각 로터 단조품은 100% 체적(초음파) 검사를 받는다. 최종 가공된 각각의 로터는 표면 자분탐상 및 육안검사를 받는다. 그 검사 결과는 두산중공업/GE의 판정기준을 사용하여 평가된다.

모든 결함지시들의 크기 및 위치가 보고되어, 이들에 대해 보수적인 파괴역학적 계산을 수행하여 그 결과가 보증수명후의 조건에서 $K_{IC} \leq \Delta K_{FINAL}$, 또는 $a_{CR} \leq a_{FINAL}$ 이면 불합격이다. 표면자분탐상 및 육안검사에 의해 발견된 결함은 허용되지 않으며 제거되어야 한다. 그리고 초음파 검사로 발견된 결함을 제거하거나 설비의 운전 수명 동안 설비의 건전성에 영향을 미치는 크기로 성장하지 않음을 보증하기 위한 평가 또

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

는 제어 기준을 포함하고 있다.

다. 최종 가공 정삭된 표면은 육안 및 자분탐상 검사를 받는다. 보어, 구멍, 키이홈, 그리고 그 외 높은 응력 집중 부위에서는 자분탐상에 의한 결함이 없어야 한다.

라. 각각의 회전익이 완전히 조립된 터빈 로터집합체는 전출력으로부터 부하상실시 예상되는 최대 속도 또는 그 이상에서 스핀(spin) 시험을 한다.

접근할 수 없었던 부품(예를 들어, 커플링, 커플링 볼트, 저압터빈 버켓, 저압 로터 그리고 고압로터 등)의 검사가 수행된다. 이 검사는 육안, 표면, 그리고 체적(초음파) 검사로 구성된다.

나. 정기 정비시 최소한 1개의 주증기 고압정지밸브, 제어밸브, 중간정지밸브, 인터셉트밸브가 해체되어 밸브 시트 및 스템에 대해 육안 및 표면 검사를 한다. 검사 결과 수용할 수 없는 결함 또는 부식이 발견되면 같은 종류의 나머지 밸브들도 검사한다. 밸브 부상에 대한 검사 및 청소를 실시하며 보아와 스템의 간극(clearance) 점검을 실시한다.

다. 추기 증기 역류방지밸브 동작시험은 수동조작 공기시험밸브(hand operated air testing valve)를 사용하여 월 1회 실시하며, 시험수행중 추기 증기 역류방지밸브 축의 움직임을 확인한다.

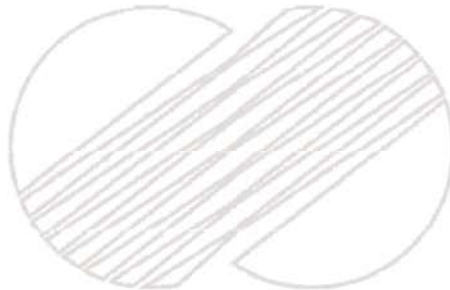
10.2.4 평가

10.2.4.1 출력 생산

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

터빈/발전기(TC6F-43")는 원자력발전소에서 광범위하게 사용되는 형식이다. 계기, 제어기 그리고 보호장치는 신뢰성과 운전성을 보증한다. 다중의, 신속히 구동되는 제어기는 과속 및 전출력 부하상실시 야기되는 손상을 방지하기 위하여 설치된다. 제어계통은 원자로트립에 따른 터빈트립을 보장한다. 자동 배기후드 물분사는 후드의 과도한 온도 상승을 방지한다. 배기 케이싱 과열 격막은 복수기 진공상실사고시 저압터빈의 과압을 막는다.

증기발생기에서 생산되는 증기는 일반적으로 비 방사능이기 때문에 터빈/발전기와 보조기기에 대한 방사선 차폐는 없다. 따라서 정상운전시 계통 기기에 대한 접근에 방사학적 영향은 고려 하지 않는다. 1차계통에서 2차계통으로의 누설에 대한 방사학적 관점은 11장 및 12장에서 논의된다.



울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10.2-1

터빈/발전기 설계 자료

공급자

터빈 형식

최종단 회전익 길이, in (cm)

복수기 배압 설계치 (3개 셀의 평균치), inHgA (mm)

재열기 단수

급수가열기 단수

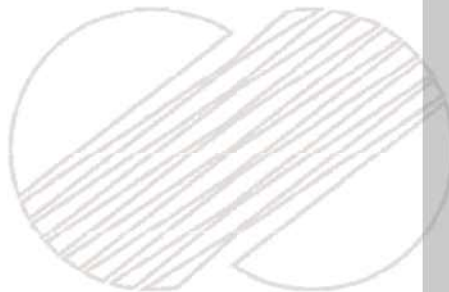
회전 속도, rpm

발전기 정격 출력, MVA

발전기 전압, kV

역률

단락비



울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10.2-2

터빈/발전기 성능 자료

설계 인자

보증부하시

밸브의 완전개방시

핵증기 열출력, MWt

증기발생기 증기노즐 출구압력,

psia ($\text{kg}/\text{cm}^2\text{A}$)

교축증기 압력, psia ($\text{kg}/\text{cm}^2\text{A}$)

교축증기 온도, °F(°C)

주증기 유량, 10^6 lb/hr (kg/hr)

전기 출력, MWe

* 터빈/발전기 설계 목적만을 위한 것임

** 여자 및 기타 터빈/발전기 보조계통에서의 사용 동력을 제외한 전기적 출력

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

10.3 주증기계통

주증기계통의 기능은 증기발생기에서 생성한 증기를 동력 생산을 위해 터빈발전기계통과 기타 보조기기로 전달하는 것이다.

10.3.1 설계기준

10.3.1.1 안전 설계기준

주증기계통 중 증기발생기 출구에서 주증기격리밸브를 포함한 격리밸브실 관통앵커까지는 안전성 관련이며, 다음의 요건을 만족하도록 설계된다.

- 가. 주증기계통의 안전성 관련 부분은 지진, 태풍, 홍수 및 외부 비산물과 같은 자연 현상의 영향에서 보호된다.
- 나. 주증기계통의 안전성 관련 부분은 안전정지지진 동안 및 그 후에도 기능을 유지하도록 설계되어 있고, 화재, 내부 비산물 또는 배관 파단의 가상 위험 발생 후에도 그 기능을 수행하도록 설계되어 있다.
- 다. 소외전원상실사고와 동시에 단일 능동기기 고장이 가정된 상황하에도 계통 안전성 관련 기능이 수행될 수 있다.
- 라. 주증기계통의 능동 기기들은 발전소 운전기간에도 시험될 수 있도록 설계되어 있다. KEPIC MI에 규정되어 있는 바와 같이, 적절한 시간에 기기의 가동중 검사가 가능하도록 설비가 갖추어져 있다.
- 마. 주증기계통은 규제지침서 1.26의 품질등급 분류와 규제지침서 1.29의 내진범주와 일치하는 설계 및 제작 규격을 사용한다. 동력 및 제어기능은 규제지침서 1.32를 따른다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

- 바. 주증기계통은 누설이나 오동작에 대처하고 계통의 비 안전성 관련 부분인 증기발생기의 2차측을 격리할 수 있다.
- 사. 주증기계통은 발전소의 비정상조건 후 발전소 냉각의 초기단계에 원자로냉각재계통에서 생산된 열을 제거할 수 있는 수단을 제공한다.
- 아. 증기발생기 증기 출구노즐에 주증기배관 파단시 유량을 제한하기 위하여 유량제한기가 설치되어 있다.
- 자. 주증기계통은 각 증기발생기의 2개 증기배관 중 1개 배관에서 보조급수펌프 터빈으로 증기를 공급한다.
- 차. 주증기계통은 증기과도현상(steam hammer transient)의 발생을 방지하고 영향을 최소화하도록 설계한다.

10.3.1.2 출력운전 설계기준

주증기계통은 기동시 예열에서 정격 상태까지 변하는 유량과 압력 범위내에서 증기발생기에서 터빈발전기까지 증기를 전달하도록 설계되어 있다.

이 계통은 발전소 단계별 부하감발시 및 발전소기동시 열을 제거한다. 또한 다음 기기에 증기를 공급한다.

가. 터빈발전기계통 습분분리재열기의 2단 재열기

나. 급수펌프 터빈

다. 보조급수펌프 터빈

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

라. 터빈증기밀봉계통

마. 터빈우회계통

바. 보조증기계통

사. 공정시료채취계통

10.3.2 계통 설명

10.3.2.1 개요

그림 10.3-1은 주증기계통의 배관 및 계장도이다. 이 계통은 증기를 증기발생기에서 터빈발전기계통으로 보낸다. 이 계통은 주증기배관, 주증기대기방출밸브, 주증기안전밸브, 주증기격리밸브 및 터빈우회밸브로 구성되어 있다. 터빈우회계통은 10.4.4절에 상세히 기술되어 있다.

10.3.2.2 기기 설명

10.3.2.2.1 주증기배관

주증기배관은 총 정격부하 증기량 12.72×10^6 lb/hr (5.77×10^6 kg/hr)를 2 대의 증기발생기 2차측으로부터 고압터빈으로 공급한다. 증기발생기에 연결된 각 주증기배관은 격납 건물 벽에 고정되어 있고, 열팽창을 고려하여 격납건물 안팎에서 충분한 유연성을 갖는다. 주증기배관의 증기발생기 취부 설계는 증기발생기의 운전중이나 정지시 노즐의 허용 부하모멘트와 응력을 고려하여 설계된다. 모든 배관 및 지지대의 설계는 정상운전, 과도현상 또는 배관파단에 의한 모든 정적 및 동적부하, 응력 및 모멘트를 고려하여 설계된다. 내진범주 I급 배관 및 지지대는 3.9.3절에서 언급된 부하를 고려하여 설계된다. 각 주증기배관은 4개의 스프링작동 안전밸브, 1개의 주증기 대기방출밸브와 1개의 주증기

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

격리밸브를 포함한다. 이 밸브들은 격납건물 밖에 위치하며 가능한 격납건물 벽에 가까이 설치된다. 격납건물 관통부는 6.2.4절에 기술되어 있다.

터빈 우회 분기관 연결부는 주증기격리밸브와 터빈발전기정지밸브 사이의 주증기 모관에 설치된다.(10.4.4절 참조) 또한, 주증기배관에는 증기발생기의 질소 가압을 위한 연결부가 있다. 증기 건도 측정을 위해 증기발생기 노즐의 후단에 시료 채취 연결부가 있다. 주증기 지관은 습분 분리 재열기, 터빈증기밀봉계통, 급수펌프 터빈, 보조급수펌프 터빈, 증기식 공기추출기, 보조증기계통 및 터빈우회계통에 증기를 공급한다. 각 주증기배관에는 위치가 낮은 부분에 배수관이 연결되어 있으며 적절한 배수를 위하여 경사져 있다.

증기발생기 출구에서 주증기격리밸브실 앵커까지의 주증기배관은 KEPIC MN 등급 2와 KEPIC MI에 따라 검사한다. 그 외의 주증기배관은 ASME B31.1의 136 및 137장에 따라 검사한다.

10.3.2.2.2 주증기격리밸브

각 주증기배관에는 급속작동 주증기격리밸브가 1개씩 설치되어 있다. 각 밸브의 작동 시간은 5초 이내이고, 이 밸브는 주증기격리밸브의 상하류에 있는 주증기배관 또는 관련 기기의 파단 사고시 자동으로 작동한다. 주증기격리밸브는 단일 능동기기 사고로 가정하여 1 대 이상의 증기발생기에서 취출을 방지한다. 이 밸브는 전기 유압식이며 전원상실시 닫히도록 설계되어 있다. 각 밸브구동자는 안전성 관련 기능인 밸브 작동에 다중성을 갖기 위해 공간적으로 분리되고 전기적으로 독립된 다중 유압회로를 갖고 있다.

주증기격리밸브는 격납건물 외부에 있는 직관에 설치된다. 최대 응력기준이 3.9.3절에 규정되어진 기준을 초과하지 않는다. 격납건물 관통부에서 주증기격리밸브실 앵커까지의 주증기배관은 기계적 파단이 발생하지 않는다고 가상한다. 그러나 주증기격리밸브실 구조물 및 그 구조물 내의 안전성 관련 기기는 최소 1 ft²의 단면적을 갖는 주증기관의 축방향가상 파단에 의해 발생하는 온도 및 압력을 견디도록 설계된다.

주증기격리밸브실 앵커 후단의 주증기관 파단으로 발생하는 굽힘모멘트는 앵커에 흡수되

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

고 주증기격리밸브 노즐에는 굽힘모멘트가 전달되지 않는다.

그와 같은 파단으로 인한 정상상태의 배출 추력이 노즐 굽힘이나 비틀림을 유발시키지는 않는다. 축 추력은 관통부에 의해 지지되고 평형을 유지한다.

격납건물 내부에서 가상되는 주증기관 파단으로 인한 굽힘 및 축방향 부하는 격납건물 관통부에 의해 흡수되며 격납건물 관통부는 배관 파단 모멘트 및 축 추력에 견디도록 설계된다.

주증기격리밸브의 운전성은 상기에서 가정한 주증기관 파단에 의해 영향받지 않는다.

주증기격리밸브는 ASME 코드 Sec. III의 요건에 따라 설계, 제작, 검사, 시험 및 인증된다.

주증기격리밸브는 3.9.3.2절에서 기술된 바와 같이 운전성을 위해 검증된다.

10.3.2.2.3 유량제한기

주증기 유량제한기는 증기발생기 증기 노즐의 한 부분이다. 주증기 유량제한기는 5.4.4절에 기술되어 있다.

10.3.2.2.4 주증기안전밸브

격납건물 벽에서부터 주증기 격리밸브 전단까지의 각 주증기관에는 스프링 작동 ASME 코드 Sec. III 안전밸브가 4개씩 설치된다. 이 밸브들의 전체 방출용량은 발전소 최대 증기유량과 동일한 증기유량을 방출할 수 있으며 이는 각 주증기관에 동일하게 나누어져 있다. 주증기안전밸브는 표 10.3-3에서 기술한 정격용량을 방출할 수 있도록 설계된다.

안전밸브 압력 축적은 3%를 초과하지 않고 방출시 최대 압력은 ASME 코드 Sec. III의 NC-7000에 따라 증기발생기 설계압력의 110%를 초과하지 않는다. 주증기관의 설계압력

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

-온도는 증기발생기 2차측 설계조건과 일치시키기 위해 1,270 psia (89.3 kg/cm²A) 및 575°F (301.7°C)로 정한다.

10.3.2.2.5 주증기대기방출밸브

주증기격리밸브가 닫혀있거나 주복수기가 이용 불가능할 때 증기발생기를 냉각시키기 위해 주증기관마다 대기방출 밸브가 1 개씩 설치되어 있다. 각 대기방출밸브는 원자로 붕괴열을 제거하여 고온대기 운전상태에서 발전소를 유지하거나 설정된 원자로 냉각률을 유지하기 위해 충분한 양의 증기를 방출할 수 있도록 크기가 정해진다.

주증기대기방출밸브들은 원격 수동조절형이며 전원상실시 밸브의 전기 유압 구동자를 수동 운전할 수 있는 수동 제어설비가 마련된다. 대기방출밸브들은 주증기안전밸브들에 의해 증기발생기가 보호되므로 과압방지를 위해 운전이 요구되지는 않는다.

10.3.2.2.6 터빈우회밸브

총 8개의 터빈우회밸브는 부하상실 혹은 터빈 발전기 정지후 정격 주증기 유량의 55%를 방출할 수 있는 용량을 갖고 있다. 정격 주증기유량의 40%는 복수기로 우회되고 15%는 대기로 방출된다.

원자로출력급감발계통(reactor power cutback system)과 연계되어 이 계통은 원자로 정지, 가압기안전밸브 및/혹은 주증기안전밸브의 열림이 없이 터빈발전기 부하를 소내부하로 감발할 수 있는 용량을 갖는다. 터빈우회계통은 10.4.4절에 기술되어 있다.

10.3.2.3 계통 운전

발전소 기동 및 저출력 운전시 주증기 모관으로부터 주증기가 급수펌프 터빈으로 공급되고 발전소 정상운전시 습분분리재열기 후단에서 고온 재열증기가 급수펌프 터빈에 공급된다. 급수계통은 10.4.7절에 기술되어 있다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

저출력 운전시 주증기계통은 주증기 모관을 거쳐 터빈축밀봉계통으로 밀봉증기를 공급한다. 이것이 터빈축밀봉계통을 통해 복수기로 유입되는 공기를 차단한다. 터빈축밀봉계통은 10.4.3절에 기술되어 있다.

주증기는 습분분리재열기의 2단 재열기로 공급되고 추기증기가 발전소 효율을 증진시키기 위해 1단 재열기로 공급된다. 재열기는 10.2절에 기술되어 있다.

터빈우회계통은 10.4.4절에 기술되어 있다.

대량 부하감발시(또는 외부전원 상실시)에 주증기계통, 안전밸브, 대기방출밸브와 터빈우회계통의 연계 운전이 정상 및/또는 비정상 정지운전 동안에 원자로 잔열제거를 위해 수행될 수 있다.

주증기계통으로의 방사능 누설은 복수기 공기제거 배기관에 위치한 방사능 감시기 및 증기발생기 취출 방사능 감시기에 의해 검출된다. 주요 2차계통 배관 파단으로 인한 방사선 영향은 15.1.5절에 기술되어 있다.

10.3.3 안전성 평가

가. 주증기계통의 안전 관련 부분은 격납건물 및 보조건물에 위치해 있다. 이 건물들은 지진, 태풍, 홍수, 외부 비산물 및 3장에서 기술한 기타 자연 현상의 영향을 견딜 수 있도록 설계된다.

나. 주증기계통의 안전 관련 부분은 안전정지지진 동안 및 그 후에도 기능을 유지할 수 있도록 설계된다. 3.7절 및 3.9절은 고려해야 하는 설계부하조건을 기술한다. 3.5절 및 3.6절은 7.4절에 기술된 바에 따라 안전정지가 유지되고 도달될 수 있는 것을 보증하기 위한 위험 분석에 대해 기술한다.

다. 단일고장으로 인하여 계통의 안전 기능을 상실하게 해서는 안된다. 모든 필수 전원원은 8장에서 기술한 바에 따라 내부 혹은 외부 전원계통에 의해 공급될 수 있다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

라. 주증기계통은 14장에 기술된 절차대로 초기에 시험된다. 주기적인 가동중 기능 시험은 10.3.4절에 따라 수행된다. 주증기계통에 관련되는 가동중검사는 6.6절에 기술되어 있다.

마. 3.2절은 이 계통과 보조계통의 안전 관련 부분에 해당되는 그룹 분류 및 내진 범주를 기술한다. 주증기계통의 안전 관련 기능에 필요한 모든 전원 공급은 7장 및 8장에서 기술하는 바와 같이 1E급 이다.

바. 다중 전원 공급 및 전원 계열에 의해 본 계통의 안전과 비 안전 부분을 격리시키기 위해 주증기격리밸브가 작동된다. 주증기격리밸브의 전단 지판에는 정상시는 닫혀 있으며 수동으로 개폐가 조절되는 대기방출밸브가 설치되어 있다. 전기, 유압 또는 제어 신호 상실시 주증기대기방출밸브는 닫혀지고 주증기안전밸브가 과압 보호 기능을 수행한다.

정상 운전시에는 계통 내의 방사능 양은 무시할 정도이기 때문에 주증기계통으로부터의 방사능 사고 누출은 심각한 정도는 아니다. 주증기격리계통은 15장에 기술된 바와 같이 증기발생기 전열관 파열후에 방사능 사고 누출을 감소시키기 위한 계통의 내외부로의 방사선 누설 감지는 공정 방사선 감시(11.5절에 기술)와 증기발생기 취출 시료 채취(9.3.2절 및 10.4.8절에 기술)에 의해 수행된다.

사. 각 주증기관에는 주증기관 압력 감소 및 발전소 비 정상 조건후 계획된 냉각을 위해 1 개의 주증기대기방출밸브가 설치되어 있다. 주증기대기방출밸브는 전자 유압 앵글 밸브들이며 주제어실 및 원격정지제어실에서 밸브 운전이 가능하다.

아. 각 증기발생기 증기 출구 노즐에는 후단관 파열시 증기 유량을 제한하기 위한 유량제한기가 설치되어 있다. 유량제한기의 설명은 5.4.4절에 기술되어 있다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

자. 주증기계통은 3.6절에 주어진 요건에 따라 증기 과도 현상(steam hammer transient)의 발생에 따른 영향을 최소화하도록 설계되어 있다.

10.3.4 시험 및 검사

10.3.4.1 가동전 밸브시험

주증기격리밸브는 개폐 기능을 시험하기 위해 핵연료 재장전시 성능 운전시험을 한다. 또한 주증기격리밸브는 최초 가동전에 단힘 시간을 검사한다.

10.3.4.2 가동전 계통시험

가동전시험은 14장에 기술되어 있다.

주증기계통은 모든 운전 상태하에서 원자로 정지 및 주증기관 파열 사고에 대한 시험을 할 수 있도록 설계된다. 이것은 보호계통에 해당되는 부분의 운전 및 정상 전원과 대기 전원사이의 전환도 포함한다.

본 계통의 안전 관련 기기(밸브 및 배관)들은 가동전 및 가동중 검사를 용이하게 수행할 수 있도록 설계되고 설치된다.

10.3.4.3 가동중시험

모든 계통 기기들의 성능, 구조적 건전성/기밀성은 연속적인 운전으로 보여주어야 한다.

주증기격리밸브의 단힘 시간과 구동기계통의 작동성은 가동중 시험계획서에 명시된 주기에 따라 완전 단힘 시험을 통해 점검된다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

ASME 코드 Sec III 및 KEPIC MN 등급 2 기기의 가동중검사에 대한 추가 사항은 6.6 절에 기술되어 있다.

10.3.5 2차계통 수화학 조건

10.3.5.1 수화학 조건 조절 기준

증기발생기 2차측 수화학 조건은 다음과 같은 방법으로 조절한다.

- 가. 증기발생기내로 유입될 수 있는 불순물의 양을 제한하기 위하여 급수 수질을 정밀 조절
- 나. 증기발생기의 불순물 농축 효과를 완화하기 위하여 증기발생기 2차측 물을 연속 취출
- 다. 계통의 부식을 최소화하는 환경을 조성하고, 유지하기 위하여 화학제 첨가
- 라. 급수계통의 가동전 세척
- 마. 급수가 증기발생기로 주입되기 전에 급수의 용존 산소 함유량을 최소화

2차계통 수화학 조건은 계통내 pH를 유지하고, 급수의 용존 산소를 제거하기 위하여 휘발성 화학제를 사용하는 무 고형물 처리법으로 조절한다.

급수계통을 염기성조건으로 유지하기 위하여 중화작용을 하는 아민을 주입하는데, pH 조절을 위해 사용되는 화학약품(pH 제어제)은 암모니아, 에탄올아민, 복합아민(암모니아+에탄올아민)등이다. 에탄올아민을 사용하는 발전소는 전유량 복수탈염을 수행하지 않아야 한다. 아민은 휘발성이 있어서 증기발생기에서 농축하지 않지만, 증기발생기내의 상태를 염기성으로 유지한다.

급수의 용존 산소를 제거하기 위하여 하이드라진을 주입한다. 또한 하이드라진은 화학

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

적인 환원상태에서 산화막을 유지함으로써 금속표면에 보호막의 형성을 촉진시키는 역할을 한다.

pH 조절제 및 하이드라진을 복수탈염기의 후단부분에 계속적으로 주입할 수 있다. 이러한 화학제를 수화학 조건 조절을 위해 필요한 만큼 주입하고, 또 필요할 경우 증기발생기 전단 급수관에서도 주입할 수 있다.

증기발생기 2차계통수, 급수 및 복수에 대한 운전중 화학조건 제한치는 표 10.3-1 및 10.3-2에 나타내었다.

운전중 화학조건 제한치를 정상, 조치 1단계, 조치 2단계, 조치 3단계으로 분류하여, 고 순도 수화학조건 조절을 가능하게 하고 융통성 있는 운전을 가능하게 한다. 정상 화학조건은 복수기의 누설이 거의 없는 운전상태에서 유지될 수 있으며, 부식유발 조건이 최소화되도록 하여 설계수명을 달성할 수 있도록 한다. 정상 운전 제한치는 계통 신뢰성을 장기적으로 유지하기 위한 변수 값에 관련된 것이며, 일반적으로 발전소에서 유지 가능한 값에 근거한 것이다. 세 종류의 조치단계는 측정된 변수가 정상 운전 제한치를 벗어났을 때 시정조치를 취할 수 있도록 정의된다. 각 조치단계에 대한 조치 정도는 조치 1단계 부터 조치 3단계까지 단계적으로 엄격한 방향으로 증가하고, 조치단계의 세부 실행 방법은 증기발생기 전열관 재질에 따라 차등적으로 적용한다. 조치단계에 따른 화학 제한치는 이 차계통 및 증기발생기의 부식을 막기 위한 최소한의 요건이 되도록 한다. 현재의 부식 자료에 따르면 조치 1단계 이하에서의 운전은 부식 유발 조건을 피하면서 설계수명의 달성을 가능하게 한다. 전 출력 운전시 증기발생기에 부식을 일으킬 수 있는 조건이 형성되면 조치 2단계를 시작하여야 한다. 증기발생기의 급속한 부식이 일어나고, 계속운전이 불가능한 조건이 형성되면 조치 3단계가 수행된다.

조치 1단계(Action Level 1)

목적 : 출력 감소 없이 즉시 정상 값을 벗어난 원인을 조사하고, 시정하기 위함.

조치

- 1) 이탈 확인후 21일 이내에 변수를 정상준위 값으로 복구한다.
- 2) 이탈 확인후 21일 이내에 정상 값으로 복구되지 않으면 그러한 변수가 조치 2단계

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

범위 내에 있는 것으로 간주하여 조치 2단계의 조치를 따라야 한다. 많은 변수에 대해 조치 기준이 없다는 것은 정상 범위를 벗어난 것이 만족스럽다는 것을 의미하는 것은 아니다. 이러한 경우에, 알려진 부식조건과 관련된 화학 변수는 조절을 위해서 사용된다.

- 3) 발전소 출력이 30% 초과하여 상승한 이후, Na, Cl, SO₄ 항목이 조치 1단계 값에 진입하여 24시간 유지 시 20일 이내에 정상값으로 복귀하여야 한다.
- 4) 조치2단계 제한값이 없는 변수가 조치1단계 운전허용기간을 초과하여 운전할 경우, 기술적 타당성 평가를 수행한다.

조치 2단계(Action Level 2)

목적 : 시정조치가 취해지는 동안 출력을 감소하여 운전함으로써 부식을 최소화하기 위함. 가혹한 화학 농도가 조성될 수 있는 틈새에서의 증기발생기 과열 및 열속을 감소시킬 수 있을 정도로 출력 감소가 이루어져야 하며, 불순물원이 제거되는 동안 자동 운전이 가능하도록 충분한 계통유량을 제공하여야 한다.

조치

- 1) 조치 2단계가 시작된 후 24시간 이내에 적절한 수준(원자로 출력 30 %)이하로 출력을 감소시킨다. 만일 불순물 주입원이 제거되고, 변수값이 조치 2단계 미만이면 출력 감소는 종료될 수 있으며, 변수값이 조치 1단계 미만으로 복귀하면 전 출력으로의 출력 증가가 가능하다.
- 2) 조치 2단계로 이탈된 후, 적절한 시점에 고온 노출(hot soak) 또는 저출력으로의 감소를 고려하여야 한다.
- 3) 조치 2단계 진입한 이후, 수질조건이 조치 1단계 또는 조치 2단계 범위에 있고 300시간 이내에 정상범위 이내로 유지할 수 없으면 변수값이 조치 3단계 범위에 있는 것으로 간주하여 조치 3단계의 조치를 취해야 한다.
- 4) 조치 2단계를 초래한 비정상적인 수질관리 상태와 단기 및 장기 수정 조치에 대한 기술적인 평가를 수행한다.

조치 3단계(Action Level 3)

목적 : 계속 운전시 발생 가능한, 증기발생기의 급속한 부식 조건을 시정하기 위함. 발전소 정지는 유해한 불순물의 유입을 피하고, 농축이 일어나지 않게 한다. 또한 발전소 정지 시정조치는 잠복 불순물 방출(hideout return)의 결과로서 불순물을 세정할 수 있다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

조치

- 1) 안전 운전이 허용하는 범위에서 가능한 한 빨리 5% 미만 출력으로 감발하고, 정
상값에 도달할 때까지 급수 및 배수방법 또는 배수 및 재충전 방식으로 세정한다. 220
조치 3단계으로의 이탈 기간에 관계없이 발전소는 5% 미만 출력을 유지해야 한다. 220
증기발생기를 고온조건으로 유지하거나 상온정지로 진행하느냐 하는 것은 특정
불순물에 의한 부식 발생과 가장 빠르고 효과적인 세정 방법을 고려하여 결정한다.
- 2) 조치 3단계를 초래한 비정상적인 수질관리 상태와 단기 및 장기 수정 조치에 대한 220
기술적인 평가를 수행한다.

10.3.5.2 부식 조절 효과

급수계통 및 증기발생기에서의 염기성조건은 고온에서 부식을 감소시키고, 금속표면으로 부터 용해성 부식생성물의 방출을 감소시키는 경향이 있다. 이러한 조건은 금속 산화 보호막의 형성을 촉진시키고, 증기발생기로 방출되는 부식생성물을 감소시킨다.

또한 하이드라진은 산화제2철이 자철광으로 환원함에 따라 금속 산화막의 형성을 촉진한다. 산화제2철은 금속 표면으로부터 떨어져 나가 급수에 의해서 이동할 수 있으나 자철광은 탄소강 표면에 점착성의 보호층을 형성한다. 또한 하이드라진은 구리 표면에 보호성 금속 산화층의 형성을 촉진시키는 역할을 한다.

부식을 감소시키기 위해 2차계통수로부터 산소를 제거하는 것은 필수적이다. 물에 용해된 산소는 철금속, 특히 탄소강에 점식(pitting)을 일으킨다. 주 복수기내의 탈기부분과 탈기기는 증기 사이클중의 복수로부터 산소를 제거한다. 추가적인 산소 제거는 복수유로로 하이드라진을 주입하여 이루어진다. 급수내에 여분의 하이드라진 농도를 유지하는 이유는 주복수기 및 탈기기에 의해 제거되지 않은 용존 산소를 증기발생기로 유입되기 전에 확실하게 제거하기 위함이다.

만일, 국부적으로 자유수산화물(OH^-)이 농축되면 급속한 부식(가성 용력부식)이 일어날 수 있다. 적절한 pH를 유지하고 증기발생기에서 불순물 유입을 최소화함으로써 자유수산화물의 생성을 피할 수 있다.

무 고형물 처리법은 증기발생기로부터 용해성 및 불용성 고형물을 배제시키는 제어 기술

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

로써, 급수관 오염을 유발할 가능성이 있는 원인(즉, 주복수기 냉각수 누설, 공기의 유입 및 그 결과로 일어나는 저압 배수계통에서의 부식생성물 생성)에 대하여 지속적이고 엄격한 감시를 수행함으로써 이루어진다. 위에서 언급한 바와 같이 부식을 줄이고, 이로 인해서 증기발생기로의 부식생성물 이동을 줄일 수 있는 조건을 조성하기 위하여 휘발성 화학제만을 주입함으로써 고형물 생성을 방지한다. 또한 복수탈염 및 연속 취출로 증기발생기에서의 고형물을 감소시킬 수 있다. 복수탈염계통 및 증기발생기 취출계통은 각각 10.4.6절과 10.4.8절에 기술되어 있다.

위 절차를 적용하여 저고형물 준위를 유지함으로써 증기발생기 열 전달 표면 및 내부의 관석 및 침적물 축적을 제한한다. 관석 및 침적물이 형성되면 국부적으로 열수력적 성능이 변경되며, 불순물이 고준위로 농축하여 부식을 일으킬 수도 있다. 그러므로, 증기발생기내로 고형물이 유입되는 것을 제한함으로써 고형물에 의한 부식이 감소된다.

사용되는 화학제는 휘발성이기 때문에 증기발생기에서 농축하지 않고, 부식을 일으킬 수 있는 화학 불순물로 존재하지도 않는다.

10.3.6 증기 및 급수계통 재료

이 절(10.3.6.3절 제외)은 주증기 및 급수계통의 ASME 코드 Sec.III 및 KEPIC MN, Class 2, Class 3 기기들의 재료에 적용된다. 계통의 침식과 부식관리를 위한 재료의 선정 및 사용은 ASME 코드 Sec. III 및 KEPIC MN, EPRI NP-3944를 따른다. 본 계통에는 Class 1에 해당되는 기기는 없다.

10.3.6.1 파괴인성

Class 2 및 Class 3 재료에 대한 시험 방법과 허용 기준은 ASME 코드 Sec. III, NC/ND 2300 및 KEPIC MNC/MND 2300에 따른다.

10.3.6.2 재료 선정 및 제작

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

ASME 코드 Sec. III 및 KEPIC MN, Class 2, Class 3 기기들에 사용된 재료의 선정 및 제작방법에 대한 관련 요건이 다음 사항에 나타나 있다. ASME 코드 Sec. III 및 KEPIC MN, Class 2, 3 기기들에 사용된 주증기 및 주급수계통의 대표적인 배관재질은 탄소강(SA106 Gr. C, SA672 Gr. B70-Cl. 22, SA333 Gr. 6 등) 및 저합금강(SA335 Gr. P22)등이다. 이들 주증기 및 주급수계통의 재질들은 EPRI-3944, NUREG-1344, 해당코드 및 재료시방서 요건을 참고로 침, 부식의 주요 영향인자인 습분, 온도, pH, 용존산소, 유속, 배관형상, 배관재질, 배관두께 등 제반사항을 평가하여 계통의 설계 수명기간동안에 적합한 재질을 선정하였다.

1

10.3.6.2.1 ASME 코드 Sec. III, 부록 I에 포함되지 않는 재료

압력을 받는 모든 재료는 ASME 코드 Sec. III 및 KEPIC MN 부록 I에 열거된 재료 중의 하나와 일치해야 한다.

10.3.6.2.2 오스테나이트계 스테인레스강 기기

오스테나이트계 스테인레스강 기기에 대하여 규제지침서 1.44(에민화된 스테인레스강의 사용관리), 규제지침서 1.36(오스테나이트계 스테인레스강을 위한 비금속단열재), 규제지침서 1.31(스테인레스강 용접 금속의 페라이트 함량관리)의 준수내용은 부록 1A 및 5.2.3 절에 기술된 내용에 따른다.

1

10.3.6.2.3 Class 2 및 Class 3 기기의 청결 및 취급

모든 ASME 코드 Sec. III 및 KEPIC MN, Class 2, Class 3 기기에 대하여, 규제지침서 1.37 (경수형 원자력발전소의 유체계통 및 관련 기기 청정에 대한 품질보증요건) 및 ASME NQA-1 및 KEPIC QAP, Part II, Subpart 2.1(원자력 발전소의 유체계통 및 관련 기기 청정에 대한 품질보증요건)의 준수내용은 부록 1A에 기술된 내용에 따른다.

10.3.6.2.4 저합금강 및 탄소강의 예열 온도

규제지침서 1.50 (저합금강의 용접을 위한 예열 온도의 조절)을 부록 1A에 기술한 바에 따라 적용한다. 탄소강 재료에 대해서는, ASME 코드 Sec. III 및 KEPIC MNZ 부록 D에 따라 예열온도를 적용한다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

10.3.6.2.5 접근제한구역에 대한 용접사 자격

규제지침서 1.71 (접근제한구역에 대한 용접사 자격)을 준수한다.

10.3.6.2.6 비파괴검사 절차

튜브류의 시험을 위한 비파괴검사 절차서는 KEPIC MNC/MND 2550/2560의 요건에 따른다.

10.3.6.3 규격 및 표준

주증기 및 급수계통에 적용되는 코드 및 규격은 표 3.2-5와 같다.

증기발생기부터 격납건물격리밸브를 포함한 격리밸브실 앵커까지의 주증기계통은 ASME 코드 Sec.III 및 KEPIC MN, Class 2 및 품질그룹 B의 요건에 따라 설계 제작된다. 터빈발전기까지의 잔여 배관과 보조계통은 ASME B31.1 요건에 따른다.

급수조절밸브 및 급수유량기는 ANSI B16.34 및 ASME B31.1을 따른다.

규제지침서의 준수내용에 대해서는 1.8절과 5.2.3절에 기술되어 있다.

10.3.7 참고 문헌

1. ASME Code Sec. III, "Nuclear Power Plant Components," NB, NC, ND 2300, 2550, 2560.
2. ASME Code Sec. VIII, "Pressure Vessels"
3. ASME Code Sec.XI, "Inservice Inspection"

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

4. ASME NQA-2, "Quality Assurance Program Requirements for Nuclear Facility Applications"
5. ASME B31.1, "Power Piping"
6. ASME B16.34, "Valves-Flanged, Threaded, and Welding End"
7. "Quality Group Classification and Standards for Water-, Steam-, and Radioactive-Waste-Containing Components of Nuclear Power Plants," U.S NRC Regulatory Guide 1.26, Rev.3, February 1976.
8. "Seismic Design Classification," U.S NRC Regulatory Guide 1.29, Rev.3, September 1978.
9. "Control of ferrite Content in Stainless Steel Weld Metal," U.S NRC Regulatory Guide 1.31, Rev.3, April 1978.
10. "Criteria for Safety-Related Electric Power Systems for Nuclear Power Plants," U.S NRC Regulatory Guide 1.32, Rev.2, February 1977.
11. "Nonmetallic Thermal Insulation for Austenitic Stainless Steel," U.S NRC Regulatory Guide 1.36, Rev.0, February 1973.
12. "Quality Assurance Requirements for Cleaning of Fluid Systems and Associated Components of Water Cooled Nuclear Power Plants," U.S NRC Regulatory Guide 1.37, Rev.0, March 1973.
13. "Control of the use of Sensitized Stainless Steel," U.S NRC Regulatory Guide 1.44, Rev.0, May 1973.
14. "Control of Preheat Temperature for Welding of Low-Alloy Steel," U.S NRC

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

Regulatory Guide 1.50, Rev.0, May 1973.

15. "Welder Qualification for Area of Limited Accesibility," U.S NRC Regulatory Guide 1.71, Rev.0, December 1973.
16. "Erosion/Corrosion-Induced Pipe Wall Thinning in U.S Nuclear Plants", NUREG-1344, April 1989.
17. "Technical Enterprises, Inc., Erosion/Corrosion in Nuclear Power Plant Steam Pipng Cause and Inspection Program Guidelines," EPRI, NP-3944, April 1985.
18. KEPIC MN, "Nuclear Mechanical Components"
19. KEPIC QAP, "Nuclear Quality Assurance"
20. KEPIC MI, "Mechanical Inservice Inspection"

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10.3-1

증기발생기 2차계통수에 대한 운전중 화학 조건 제한치

변 수	정상 제한치*	조 치 준 위			
		1	2	3	
pH (철/구리 계통)	8.5 - 9.2**	--	--	--	
(철 계통)	≥ 9.0***	< 9.0	--	--	
양이온 전도도, μS/cm	≤ 1	> 1	> 2	> 7	1
실리카#, ppb	< 300	--	--	--	
염소, ppb	≤ 20	> 20	> 100	--	1
나트륨, ppb	≤ 20	> 20	> 100	> 500	
황산염, ppb	≤ 20	> 20	> 100	--	

* 정상 제한치는 2차계통의 적절한 운전시 증기발생기를 연속 취출하여 유지하여야 하는 값이다.

** 경험상 pH 9.2 이상에서 구리 이동이 증가하는 경우에 한해서만 조치가 요구된다.

*** 복수탈염기가 운전되는 발전소에서 철계통의 pH는 8.8 이상의 범위로 조절하고, 8.8 미만에서는 조치가 요구된다.

이 화학 변수는 문제 진단을 위해 사용한다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10.3-2 (2 중 1)

급수 및 복수에 대한 운전중 화학 조건 제한치

변 수	정상제한치*	조 치 준 위	
		1	2
pH (급수)			
(철/구리 계통)	8.8 - 9.2	--	--
(철 계통)	8.8 - 10.0	< 8.8, > 10.0	--
pH (복수)			
(철/구리 계통)	8.8 - 9.2	> 9.2####	--
전도도*** (양이온), μmho/cm (급수)	≤ 0.2	--	--
나트륨***, ppb (급수)	≤ 3	--	--
하이드라진#, ppb (급수)	≥ 8×CPD*[산소농도], > 20	< 8×CPD[산소농도] 또는 < 20	--
용존산소, ppb (급수)	≤ 5	> 5	--
(복수)##	≤ 10	> 10	> 30
구리###, ppb (급수)	≤ 1	> 1	--
철###, ppb (급수)	≤ 5	> 5	--

| 1 | 140

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10.3-2 (2 중 2)

- * 정상 제한치는 2차계통의 정상 운전시 유지하여야 하는 값이다.
- ** 복수탈염기가 운전되는 발전소에서 철계통의 pH는 9.0으로 조절하고, 9.0 미만에서는 시정조치가 요구된다.
- *** 전도도 및 나트륨에 대한 제한치는 진단 화학 변수로서 증기의 순도를 알기 위한 수단으로 설정된 값이다.
- # 하이드라진 범위는 정상적인 화학 첨가 지점 후단의 급수/복수계통에 적용한다. 증기발생기의 부식 가능성(IGA, SCC)을 최소화하기 위하여 고농도의 하이드라진이 추천된다.
- ## 용존 산소에 대해서는 30% 출력 감소가 증기밀봉 건전성을 감소시키기 때문에 이 조건에서의 출력 감소는 조치준위 2에 대한 적절한 대응은 아니다. 조치준위 2의 제한치를 초과하고 100시간 이내에 문제점이 시정되지 않더라도 긴급정지에 대한 요구사항을 적용하지 않는다.
- ### 철 계통에 대해서는 구리의 분석이 필요하지 않다. 이 값은 단지 정상상태 조건에 대한 값이다.
- #### 경험상 pH 9.2 이상에서 구리 이동이 증가하는 경우에 한해서만 조치를 요구한다.
- & CPD는 복수탈염기 유출부를 의미한다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10.3-3

주증기안전밸브의 정격용량

5호기 밸브번호		열림설정(psig) ($\pm 1\%$)*	정격용량**(1b/hr)	73
SG No.1	SG No.2			
V1301	V1309	1250	840,832	159
V1302	V1310	1250	840,832	
V1303	V1311	1290	866,633	
V1304	V1312	1290	866,633	
V1305	V1313	1315	883,245	
V1306	V1314	1315	883,245	
V1307	V1315	1315	883,245	
V1308	V1316	1315	883,245	
6호기 밸브번호		열림설정(psig) ($\pm 1\%$)*	정격용량**(1b/hr)	73
SG No.1	SG No.2			
V1301	V1309	1250	893,934	73
V1302	V1310	1250	893,934	
V1303	V1311	1290	922,062	
V1304	V1312	1290	922,062	
V1305	V1313	1315	939,213	
V1306	V1314	1315	939,213	
V1307	V1315	1315	939,213	
V1308	V1316	1315	939,213	

* 설정압력은 공칭운전 온도와 압력에서의 밸브 주위조건에 따른다.

** 용량은 ASME 규정에 따라 공인된 방출용량으로, 설정치 +3% 축적 압력상태에서의 값임.



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

주증기계통 배관 및 계장도

그림 10.3-1 (2 중 1)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

주증기계통 배관 및 계장도

그림 10.3-1 (2 중 2)

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

10.4 동력변환계통의 기타 특성

10.4.1 주복수기

주복수기는 증기 사이클의 열제거원이다. 정상 운전중에 주복수기는 저압터빈 배출증기, 급수펌프 터빈 배출증기, 증기발생기 취출수 및 터빈 우회증기를 받아들여 응축시킨다. 또한 주복수기는 기타의 증기 순환류, 배수 및 배기의 집합점이다.

주복수기는 발전소 정상 운전정지시 초기 원자로냉각의 열제거원으로 사용된다.

10.4.1.1 설계기준

10.4.1.1.1 안전 설계기준

주복수기에는 안전 관련 기능이 없다.

10.4.1.1.2 출력운전 설계기준

- 가. 주복수기는 저압터빈 배출증기, 급수펌프 터빈 배출증기 및 기타 사이클 배출증기의 열제거원 기능을 한다.
- 나. 주복수기는 정격 주증기유량의 최소 40%에 해당되는 주증기를 터빈우회계통을 통해 수용한다.
- 다. 응축되는 증기에서 발생된 비 응축성 기체는 10.4.2절에 기술된 복수기진공계통을 통하여 복수기 외부로 방출된다. 비 응축성 기체의 제거는 2차측 기기 및 계통 침식과 부식을 최소화한다.
- 라. 주복수기의 온수조는 복수 및 급수계통으로 5분간 최대 복수유량을 공급하기에 충분한 용량을 갖는다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

10.4.1.1.3 규격 및 표준

주복수기는 표 3.2-1에 표기된 적용 규격 및 표준에 따라 설계되었다.

10.4.1.2 계통 설명

주복수기는 단일 압력, 단일 유로, 표면 냉각식으로 3 개의 셀로 구성되었다. 각각의 셀은 각각의 저압터빈 아래에 위치하며 셀 내부 튜브의 방향은 터빈발전기 축과 수직한다.

복수기 셀은 전면과 후면에 수직으로 분할된 수실을 갖는다. 각각의 셀은 수실과 연결되는 2 개의 관다발을 갖는다. 각각의 셀은 수직 분할판에 의해 횡방향으로 분리된 2 개의 온수조를 갖는다. 이 온수조는 복수펌프의 흡입조가 된다.

복수기 셀은 터빈건물 운전층 아래에 위치하며 터빈건물 기초위에 지지된다.

각각의 터빈배기구와 복수기 셀 증기유입부는 신축 이음관으로 연결되며 각각의 복수기 목 부분에는 2 개의 저압 급수가열기가 설치되었다. 3 개의 셀의 증기영역은 압력 평형관으로 연결되었다. 복수기에는 온수조 수위제어 및 복수 시료채취를 위한 배관이 설치되었다.

정상운전중에 저압터빈 배출증기는 터빈 케이싱 하부에 있는 배기구를 통해 복수기로 직접 하향 유입되어 응축된다. 또한, 복수기는 급수가열기 배기 및 배수, 급수펌프 터빈 배출증기, 터빈증기밀봉계통 배수와 같은 기타 배기 및 배수도 받아들인다.

발전소 정지후 초기 냉각기간중 복수기는 터빈우회계통을 통해 원자로냉각재계통의 잔열을 제거한다. 터빈우회계통을 통한 주증기량은 정격 주증기유량의 약 40% 까지이며, 우회증기는 분사관을 통해 복수기 튜브 위로 분사된다. 유입된 증기는 터빈 배압이 경보설정치를 초과하거나 터빈 배출부 온도가 허용치 이상으로 되는 일 없이 처리된다. 우회증기의 압력은 복수기의 분배 지관에 유입되기 전에 적절한 방법으로 강하된다. 복수기는 설계시 증기가 튜브에 직접 충돌하지 않도록 고려되었다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

복수기 튜브고정판은 해수의 누설 유입을 최소화하는 설계로 되어 있으며 복수기 내부로 해수가 누설 유입하는 경우에도 급수의 수질이 허용치 내에 있으면 복수기를 계속 운전할 수 있다. 따라서 해수의 누설 유입량이 불순물을 제거하고 급수 수질을 유지시키는 복수탈염기의 처리 능력 내에 있으면 복수기를 순환수 정격유량으로 운전할 수 있다. 해수의 누설 유입량이 복수 탈염기의 처리 용량을 넘으면 해당 온수조 측에 냉각수를 공급하는 순환수 입출구 밸브와 온수조 격리밸브를 닫아 해당 온수조를 격리시킨다.

각각의 온수조를 떠나는 복수의 수질을 감시하는 방법으로 복수기내의 순환수 누설을 검출하고 제어실에 경보를 울린다. 이 경보를 이용하여 누설이 일어나는 관다발을 가려낸다. 누설부를 보수하려면 누설이 되는 관다발 및 연결 수실을 격리하고 순환수를 제거하여 누설되는 튜브를 보수하거나 막는다.

증기발생기의 1차측에서 2차측으로 전열관 누설이 있는 경우 증기발생기 내에 방사성 오염물이 존재하게 된다. 온수조 내의 방사성물질의 농도는 11.1절에 기술되어 있다.

정상운전중 수소기체의 복수기 유입은 없으나 증기발생기 전열관 누설이 있을 때는 소량의 수소기체가 복수기로 유입된다. 수소기체 제거에 대해서는 10.4.2절에 기술되어 있다.

온수조 수위는 자동제어에 의해 보충수 유입 및 복수 유출이 이루어지면서 정상 수위가 유지된다. 온수조가 저수위가 되면 보충수 제어밸브가 열려 복수저장탱크로부터 온수조로 복수가 유입되며, 온수조 수위가 정상운전 범위로 상승하면 밸브는 잠긴다. 온수조가 고수위가 되면 복수펌프 토출측(증기 패킹 배출기 하류)에 있는 복수배출 제어밸브가 열려 복수저장탱크쪽으로 복수를 유출시킨다. 온수조 수위가 정상운전 범위로 떨어지면 배출이 중지된다.

복수저장탱크로의 복수배출은 복수가 높은 전도도를 나타낼 때 수동으로 정지시킬 수 있다. 이 운전 조작으로 복수기 튜브 손상시 오염물을 복수저장탱크로 이송시키는 것을 방지할 수 있다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

터빈 배기에 함유된 침입 공기와 비 응축성 기체는 복수기 내부에서 모아지고 복수기진 공계통을 통해 제거된다.

복수기 온수조 파열시에도 복수의 범람은 발전소 안전정지 기능에 지해가 되지 않는다. 터빈건물과 1차 및 2차 보조건물의 통로는 터빈건물 기준면에서 충분히 위에 있어 이들 건물로 복수가 유입되지 않는다. 터빈건물 내에는 안전 관련 기기들이 없기 때문에 안전 관련 기기들이 영향을 받지 않는다.

10.4.1.3 안전성 평가

주복수기는 안전 관련 기능 및 안전 설계기준이 없다.

10.4.1.4 시험 및 검사

복수기 셸 설치 후에 적용 규격 및 표준에 의해 수압 시험을 행한다. 복수기 셸, 온수조 및 수실에는 검사 및 보수를 위한 출입 개구부가 있다.

10.4.1.5 계측설비

복수기 온수조 수위는 복수저장탱크에서 복수를 유입시키거나 복수저장탱크로 복수를 방출하여 설정된 수위가 유지되도록 자동제어 및 감시된다. 복수 수위는 현장과 주제어실에 지시되고, 고수위와 저수위 시에는 주제어실에 경보가 발생한다.

복수기 압력은 현장과 주제어실에 지시되고 고압력 시에는 주제어실에 경보가 발생한다. 복수기의 고압력에 의해 주터빈은 정지된다.

각각의 온수조로부터 배출되는 복수의 전도도 및 나트륨이 감시된다. 이것들은 복수기 튜브의 누설을 검출하고 누설 위치를 파악하는 수단이 된다.

복수의 온도는 복수펌프 흡입관에서 계측된다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

10.4.2 복수기진공계통

10.4.2.1 설계기준

10.4.2.1.1 안전 설계기준

격납건물 관통부의 격리밸브 및 배관은 안전성 관련이고 그외는 비안전성 관련이다. 안전성 관련 부분은 다음의 요건을 만족하도록 설계한다.

- 가. 복수기진공계통의 안전성 관련 부분은 지진, 태풍, 홍수 및 외부 비산물과 같은 자연 현상의 영향으로부터 보호된다.
- 나. 복수기진공계통의 안전성 관련 부분은 안전정지지진 동안 및 그 후에도 기능을 유지하도록 설계되어 있고, 화재, 내부 비산물 또는 배관 파단의 가상 위험 발생후에도 그 기능을 수행하도록 설계되어 있다.
- 다. 소외전원 상실사고와 동시에 단일 능동기기 고장이 가정된 상황하에도 계통 안전성 관련 기능이 수행될 수 있다.
- 라. 복수기진공계통의 격납건물 격리밸브는 발전소 운전기간에도 시험될 수 있도록 설계되어 있다. KEPIC MI에 규정되어 있는 바와 같이, 적절한 시간에 기기의 가동중검사가 가능하도록 설비가 갖추어져 있다.
- 마. 복수기진공계통은 규제지침서 1.26의 품질등급 분류와 규제지침서 1.29의 내진 범주와 일치하는 설계 및 제작 규격을 사용한다. 동력 및 제어 기능은 규제지침서 1.32에 따른다.

10.4.2.1.2 계통 설계기준

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

복수기진공계통은 비 응축성 가스를 지속적으로 제거함으로써 복수기 셀측 진공을 형성하고 유지하도록 설계된다.

10.4.2.2 계통 설명

복수기진공계통은 33-1/3% 용량 기계식 진공펌프 4대로 구성된다.

복수기진공계통은 HEI의 "Standards for Steam Surface Condensers"에 추천된 용량 이상이어야 한다. 격납건물격리밸브를 제외한 모든 기기들은 내진을 고려하지 않으며, 규제지침서 1.26, 품질그룹 D에 따라 설계된다. 격납건물격리밸브는 규제지침서 1.26의 품질등급 B 및 규제지침서 1.29의 내진범주 I급으로 설계된다.

터빈밀봉이 형성된 후 복수기와 저압터빈 케이싱의 압력을 약 50분 동안에 대기압에서 10 in HgA로 내리기 위해 기동시에는 4 대의 진공펌프로 복수기의 공기를 제거한다. 정상 운전 중에는 2대의 진공펌프가 운전되며, 과잉 공기 유입시에는 추가로 2대의 진공펌프가 자동 기동하게 된다.

복수기 압력이 5 in HgA로 상승하면 복수기고압경보가 주제어실에 울린다. 만일 복수기진공계통이 복수기 압력을 7.5 in HgA 이하로 유지하지 못하면 터빈은 트립된다. 복수기가 진공 상실후 초래되는 결과는 15.2.3절에 기술되어 있다.

복수기진공계통은 고온대기 기간같은 터빈우회계통이 운전되는 어떠한 경우에도 비 응축성 가스를 제거하도록 설계된다. 복수기진공계통의 오동작이나 복수기가 기능 정지된 경우 원자로냉각재계통으로부터의 열제거는 주증기대기방출밸브에 의해 수행된다.

증기발생기에서 2차측으로의 누설을 감지하기 위하여 증기패킹 배출기와 기계식 진공펌프에 의해 방출되는 증기와 비 응축성 가스는 10 CFR 50, 부록 A, 일반설계기준 60 및 64에 따라 제어되고 감시된다. 일반설계기준 60 및 64에 대한 준수내용은 각각 3.1.2.51절 및 3.1.2.55절에 기술되어 있다. 터빈건물로 배수되는 액체 및 기체에 대한 방사선 평가는 각각 11.2절 및 11.3절에 기술되어 있다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

복수기진공계통에서 취급되는 물질은 폭발할 가능성이 없다.

10.4.2.3 안전성 평가

격납건물격리밸브부터 격납건물내의 역류방지까지는 안전성관련 계통이고 그 외는 비안전성관련 계통이다. 격납건물격리작동신호가 작동하면 격납건물격리밸브가 닫히는 안전 기능을 갖고 있다.

10.4.2.4 시험 및 검사

복수기진공계통은 가동전에 적용 코드 및 표준에 따라서 시험 및 검사한다. 복수기진공계통에 대한 정기적인 가동중시험 및 검사는 계획정비 기간에 실시한다. 복수기진공계통 예비 기기는 가동을 확인을 위해 정기적으로 작동시킨다.

10.4.2.5 계측설비

진공펌프는 주제어실에서 제어되고 복수기 압력을 5 in HgA (127 mm HgA) 이하로 유지하게 한다. 복수기 압력이 7.5 in HgA (191 mm HgA)로 상승하게 되면 터빈은 정지된다. 복수기진공계통에서 방출되는 방사능 값은 증기발생기 누설감지를 위해 방사능 감시설비에 의해 연속적으로 감시된다.

복수기에서 격납건물로 방출되는 배관의 격리밸브는 주제어실에서 수동으로 조절된다. 그러나 이 격납건물격리밸브는 방사능 감시계통에서 고방사능이 검출되면 자동으로 열리고 격납건물격리작동신호가 발생하면 닫히게 된다.

10.4.3. 터빈축밀봉계통

10.4.3.1 설계기준

10.4.3.1.1 안전 설계기준

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

터빈축밀봉계통은 터빈 쉘 또는 배출 후드와 대기 사이에서의 일반적인 공기유입과 증기 유출 현상을 방지하며, 안전 기능을 갖지 않는다.

10.4.3.1.2 출력운전 설계기준

- 가. 터빈축밀봉계통은 터빈 및 급수펌프 터빈에서의 공기유입과 증기유출을 방지하도록 설계된다.
- 나. 터빈축밀봉계통은 유출된 증기를 응축시켜 복수기로 회수하며, 응축되지 않는 가스는 대기로 방출시키는 기능을 갖는다.

10.4.3.2 계통 설명

그림 10.4-2에 나타난 터빈축밀봉계통은 아래와 같이 구성된다.

- 가. 자동 증기공급 및 자동 배출조절 장치와 기동운전과 비정상운전에 대비한 수동 우회밸브,
- 나. 100% 용량 2 대인 블로우어를 갖춘 1 대의 증기 패킹 배출기, 여기서 각각의 블로우어에는 1 개의 흡입밸브와 1 개의 배출 역류방지밸브가 설치된다. (표 10.4-1 참조)

축밀봉 기능이 상실될 경우, 정상운전시 고압터빈에서는 증기가 유출되고, 저압터빈에서는 공기유입 현상이 발생하게 될 것이다.

터빈축밀봉계통에서 공기와 증기의 혼합물은 증기패킹배출기로 집결되며, 여기서 증기는 복수와의 열교환을 통해 응축된 후, 복수기 온수조로 회수된다. 증기패킹배출기의 배기관을 통해 소외로 방출되는 배기가스는 진공펌프 대기방출배기관과 통합되어 11.5절의 방사선감시계통을 통해 방사성물질의 대기 유출이 감시된다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

정상적인 축밀봉용 증기공급이 불가할 경우 보조증기계통에서 공급되는 증기가 사용되며, 터빈발전기의 기동시 축밀봉용 증기는 보조증기 모관으로부터 공급된다. 한편 저부하 운전시 축밀봉용 증기는 주증기계통에서도 공급된다.

터빈발전기의 부하가 상승함에 따라 고압터빈의 축밀봉을 위한 증기 요구량은 점차적으로 감소되고, 고압터빈 축에서는 증기유출이 시작된다. 고압터빈 축에서 유출된 과잉 증기는 증기밀봉 모관의 압력을 일정하게 유지시키기 위해 증기밀봉 모관으로 유입된다.

증기밀봉제어계통 고장시에는 전동기 구동 우회밸브가 증기밀봉 모관의 압력조절을 위해 사용된다. 증기패킹배출기 내에서는, 각각 100% 용량인 2대의 블로워중 1대를 작동시켜 진공상태를 유지시키며 2대의 블로워가 모두 기능을 상실한 경우에는 터빈건물로 증기유출이 발생하게 된다.

10.4.3.3 안전성 평가

터빈축밀봉계통은 안전성 기능이 요구되지 않으며, 이에 따라 안전성 평가는 수행하지 않는다. 터빈축밀봉계통은 비 오염 증기를 사용하게되며, 정상운전시 방사성 증기 유출은 발생되지 않아야 한다.

10.4.3.4 시험 및 검사

터빈축밀봉계통은 연속 운전되며, 이에 따라 계통운전 상황은 발전소 운전원에 의해 항상 감시될 수 있다.

10.4.3.5 계측설비

증기밀봉 공급밸브와 배출밸브에 신호를 제공하여 증기밀봉 모관 압력을 유지시키기 위한 압력 조절기가 설치된다.

현장 및 주제어실에는 증기밀봉 모관 압력을 감시하는 지시 또는 경보 기기로 구성된 표

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

시기가 설치된다.

10.4.4 터빈우회계통

10.4.4.1 설계기준

터빈우회계통은 안전성 관련 기능을 갖지 않는다. 터빈우회계통은 원자로출력급감발계통 (7.7.1.1.6절에 기술)과 연계하여 다음 기능을 수행하도록 설계된다.

- 가. 원자로 정지 및 1차 또는 2차 안전밸브의 열림이 없이 어떠한 크기의 부하 감발도 수용
- 나. 발전소 정지후 안전밸브의 열림을 방지하기 위해 핵증기공급계통 열조건 제어
- 다. 고온 영출력 조건에서 핵증기공급계통 유지
- 라. 터빈계통 병입시 터빈출력보다 원자로출력이 더 커야 할 경우 핵증기공급계통 열조건 제어
- 마. 터빈출력 및 원자로출력이 설정된 한계치 이하로 내려갈 경우 제어봉자동이동 금지(AMI) 신호 제공 ; 원자로 출력이 15% 이하일 경우 이 출력 이하로의 원자로 자동조절을 방지하기 위해 자동이동금지신호 제공
- 바. 원자로냉각재계통 가열 혹은 냉각시 원자로냉각재계통 온도의 수동 조절을 위한 수단 제공
- 사. 밸브 마모를 최소화하고 조절성을 유지할 수 있도록 터빈 우회밸브의 운전성 제공
- 아. 모든 터빈우회밸브와 복수기 셀이 유용할 때 대기방출을 최소화하기 위하여 순차적으로 동작되는 터빈우회밸브의 운전성 제공

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

자. 단일기기 고장 혹은 단일 운전원 실수시 과도한 증기배출이 방지되도록 설계에 다중성 포함

차. 복수기 압력이 기설정 제한치를 초과했을 때 터빈 복수기 우회유량을 차단하는 복수기연동장치 제공

환경 설계조건은 3.11절에 기술되어 있다.

10.4.4.2 계통 설명 및 운전

10.4.4.2.1 개요

터빈우회계통은 증기우회제어계통, 터빈우회밸브 및 관련 배관과 계측설비로 구성되어 있다. 증기우회계통은 7.7.1.1.5절에 기술되어 있다.

10.4.4.2.2 배관 및 계측설비

터빈우회계통은 주증기 모관 후단의 지선에 설치되어 있는 8개의 터빈우회밸브로 구성되어 있고 이는 그림 10.3-1에서와 같이 주복수기 혹은 대기로 방출한다.

10.4.4.2.3 터빈우회밸브

터빈우회밸브들은 8개의 공기구동식 밸브로 구성되며, 증기발생기 출구압력 1,070 psia (75.2 kg/cm²A)에서 터빈우회밸브 각각의 용량은 1.4×10^6 16/hr 이하이고, 터빈우회밸브 8개의 총량은 정격 증기 유량의 55%가 되도록 설계되어 있다. 이 밸브들은 정상적으로는 증기우회제어계통에 의해 조정되나 원격 혹은 현장에서 수동으로 운전될 수도 있다. 자동조절모드에서 운전 될때, 밸브들은 최소 15초 및 최대 20초내에 완전히 열리거나 닫힌다. 증기우회계통에서 급속 열림 신호를 받을 경우 밸브들은 1초 내에 열릴 수 있도록 설계되며, 열림허용신호가 제거될 경우 밸브들은 5초 내에 닫히도록 설계되었다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

이 계통은 핵연료장전 전 고온기능 시험시 고온대기상태에서 운전이 가능하도록 44,000 lb/hr (19,958.4 kg/hr)의 낮은 유량에서도 조정될 수 있다.

10.4.4.2.4 계통 운전

터빈우회계통은 터빈 정지밸브의 전단에 있는 주증기 모관으로부터 증기를 받아 터빈발전기를 우회하여 주복수기 및 대기로 방출한다. 정상 운전시 우회밸브들은 7.7.1.1.5절에서 기술한 바와 같이 대기상태에 있다. 냉각 혹은 고온대기시는, 터빈 우회밸브들은 증기발생기 압력과 원자로냉각재 온도변화를 조절하기 위해 주제어실에서 개별적으로 조정될 수 있다.

터빈우회계통의 밸브들은 복수기로 과도한 증기가 유입되는 것을 방지하기 위해 고장시 닫힘 형태로 설계된다. 만약 우회밸브가 고장으로 열리지 않을 경우 주증기안전밸브가 주증기관의 과압방지를 수행한다. 주증기대기방출밸브는 원자로 붕괴열을 발산하는 고온대기에서 발전소를 유지하거나 설정된 원자로 냉각률에 따라 원자로를 냉각시키는데 사용된다. 주증기안전밸브와 주증기대기방출밸브는 10.3.2.2.4절과 10.3.2.2.5절에 각각 기술되어 있다.

복수기가 열제거원으로서 이용될 수 없을 경우, 연동장치는 터빈우회밸브를 열리지 못하게 하고 만약 열려 있으면 터빈우회밸브를 닫도록 한다. 주증기안전밸브 및 주증기대기방출밸브는 터빈우회밸브들이 작동 불능일 경우 원자로냉각재계통의 열을 제거하는데 사용된다. 안전밸브들이 증기발생기를 위한 과압방지를 제공하기 때문에 터빈우회계통은 제어계통으로만 국한하고 보호계통으로서 특별한 요건에 대한 적용이 없이 설계된다. 이 계통의 상실로 인해 원자로냉각재계통에 치명적인 영향을 주지는 않는다.

10.4.4.3 안전성 평가

이 계통은 비 안전성 관련 계통이다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

10.4.4.4. 시험 및 검사

터빈우회계통이 가동에 들어가기 전에 모든 계통밸브는 개폐시간의 적합여부가 시험된다. 우회증기관은 초기에 기밀도를 확인하기 위해 수압 시험되었다. 우회밸브는 터빈이 운전중 일 때 시험될 수 있다. 모든 계통배관 및 밸브는 가동중 검사시 쉽게 접근할 수 있도록 하였다. 각 우회밸브는 유지 보수를 용이하게 하기 위하여 격리밸브가 설치되어 있다. 모든 계통배관은 ASME B31.1의 136 및 137항 요건에 따라 검사 및 시험되었다.

10.4.4.5 계측설비

터빈우회계통의 제어계통은 7.7.1.1.5절에 기술되어 있다. 원자로출력급감발계통의 제어계통은 7.7.1.1.6절에 기술되어 있다.

10.4.5 순환수계통

순환수계통은 복수기 및 2차측 기기냉각수열교환기의 폐열을 흡수하기 위해 냉각수인 해수를 공급하며 흡수된 열을 동해 바다로 배출한다.

10.4.5.1 설계기준

설계기준은 다음과 같다.

- 발전소 모든 부하 조건하에서 복수기 및 2차측 기기냉각수열교환기의 폐열을 흡수할 수 있도록 충분한 유량을 공급한다.
- 복수기 배압을 설계 제한치 이내로 유지할 수 있도록 적정량의 해수를 복수기에 공급한다.
- 복수기 배수조로 많은 양의 해수가 유입되면 터빈건물의 범람을 막기 위해 순환수계통을 수동으로 차단할 수 있게 설계되어 있다.
- 해수 수위 및 온도 변화를 고려하여 안전하고 신뢰도 있게 작동하도록 설계된다.
- 2차측 기기냉각해수계통에 필요한 냉각해수를 공급한다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

적용되는 규격 및 표준은 표 3.2-5에 나열되어 있다.

10.4.5.2 계통 설명

순환수계통은 순환수 펌프, 배관, 밸브 및 계기로 구성되며 복수기 수실 공기제거계통, 복수기튜브세척계통, 순환수펌프 베어링윤활수계통등의 보조계통들이 있다. 그림 10.4-3에 계통도가 나타나 있다. 순환수펌프는 동해에 위치한 취수구조물에서 해수를 취수하여 콘크리트 도관으로 해수를 공급하며, 터빈건물에 있는 복수기를 통과한 해수는 복수기와 연결된 배출도관을 통하여 바다로 방출된다. 정상운전중 6대의 순환수 펌프로써 6개의 복수기수실에 냉각수를 공급하고, 낮은 해수 온도 및 저출력운전시 전력절감을 위해 1~2대의 펌프를 감소운전할 수 있으며, 최소한 4대는 운전되어야 한다. 한 호기당 16-2/3% 용량 순환수 펌프 6대가 설치되며, 이 순환펌프는 전동기구동 수직형 습식 1단 원심펌프이다.

펌프의 토출측에는 펌프가 가동 중지인 경우 펌프를 격리시키기 위해 전동기구동 나비형 밸브를 설치한다.

전동기구동 나비형 밸브는 각 순환수펌프 토출관 및 복수기 입·출구에 설치되어 펌프 정지시 펌프를 격리시키고 배관 손상시 복수기 셀을 격리시킨다.

순환수펌프 토출관은 서로 연결되어 있으며, 순환수배관은 고무(혹은 폴리에틸렌) 라이닝 강관 및 철근콘크리트 도관으로 제작된다. 콘크리트 도관은 취수구조물과 터빈건물 사이에 설치되며 복수기 유입부는 강관이다. 복수기 출구 배관은 강관이며, 콘크리트 도관과 연결된다. 강관과 콘크리트 도관 연결부분은 밀봉을 확실히 하고자 텀블(thimble)을 사용하여 강관을 콘크리트 도관안으로 매설한다. 배관 구경이 2 in 이하인 경우 배관 재질은 모넬(니켈-구리 합금강)이며, 2½ in 이상 24 in까지는 폴리에틸렌을 라이닝한 강관이고, 84 in 배관은 고무를 라이닝한 강관이다.

발전소는 터빈건물 범람에 대처하도록 설계되어 있다. 터빈건물에 설치되는 순환수배관

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

의 파단을 고려해서 복수기 배수조에는 범람수위 계측장비가 설치되어 있고, 복수기 배수조중 2/3가 고-고수위가 되면 모든 순환수펌프를 수동으로 정지시키며, 이러한 것은 운전원 및 기기를 보호하기 위하여 설계에 반영되었다. 그렇지만, 이러한 계측장비는 터빈건물범람 사건을 설계하는데 있어서 신뢰성을 주지는 못한다.

터빈건물 설계기준 침수위 결정시 터빈건물로의 해수 유입량은 순환수펌프 6대 운전시 순환수 배관의 파단부위를 통하여 방출되는 유량으로 간주한다. 터빈건물 기초부는 해수로 채워지고, 범람수위는 터빈건물의 해수 유출입 유량이 일치할 때까지 상승한다. 유입된 해수는 설치된 패널(루버)로 통해 방출된다. 터빈건물 설계기준 침수위 결정과 관련된 주요인자는 표 10.4-2에 나타나 있다.

범람한 물의 유출에 대처하기 위해 루버설치 이외의 발전소 구역은 범람한 물이 안전성 지역으로 유입되지 않도록 설계되어 있다. 터빈건물과 안전성관련 건물 사이의 모든 출입구는 설계기준의 범람수위(107 ft 6 in) 위에 설치되어 있다. 그리고 그 설계기준 수위 이하의 터빈건물과 연결된 건물의 모든 관통부는 범람에 대처하기 위해 밀봉되어 있다. 그래서 발전소는 터빈건물이 범람하여도 안전정지를 할 수 있도록 설계되어 있다. 수동적인 설계 특징 및 범람 원인을 차단하기 위한 운전원의 행위요건 없이도 발전소는 터빈건물이 범람하여도 안전정지가 되도록 설계되었다.

복수기 배수조펌프는 범람을 완화시키는데 사용되지만 안전관련 기기는 아니다.

복수기 수실 공기제거계통은 100% 용량 2 대의 펌프 및 진공제어탱크를 사용하여 계통 내에 사이폰을 유지하고 수실에서 비응축성 기체를 제거한다. 프라이밍 탱크가 고수위가 되면 자동적으로 밸브가 닫혀 해수가 펌프로 유입되는 것을 차단한다. 펌프는 연속 운전하며 진공파쇄기에 의하여 과진공으로부터 보호된다. 정상 운전시 수증기 및 불용성 가스들은 방사능에 오염되지 않아서 대기로 방출한다.

정상 운전시 해수에 염소를 주입하고 복수기 튜브 세척계통이 작동한다. 염소는 복수기 튜브 내에 생물의 성장 및 취수구조물에 해양 유기체 성장을 억제하는데 사용한다. 복수기 튜브 세척계통은 부식 침전물 등을 제거하여 설계 상태에서의 복수기 효율을 유지한

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

다. 튜브내정보다 크게 특별히 정교하게 제작된 스폰지 고무 볼은 계속적으로 복수기를 순환하면서 튜브 내 벽을 깨끗이 청소한다. 복수기 튜브 세척계통은 복수기 튜브내에 침전될 수 있는 여러 가지 형태의 오염물을 계속적으로 제거함으로써 복수기 청결성을 유지한다. 자체 정화 필터가 복수기 수실 유입 배관에 설치된다.

71

순환수계통은 튜브 내의 압력이 증기가 유입되는 셀보다 높아 방사능에 오염된 물질이 튜브 내로 유입하는 것을 방지한다. 그래서 복수기 튜브가 누설되면 튜브 내의 해수는 복수기 셀로 유입한다.

밸브나 밸브 연결 부위에서의 작은 양의 누설은 복수기 배수조 수위 경보로 감지된다. 배관 및 신축 이음의 파손으로 인한 과도한 누설시 점진적인 진공 상실 및 복수기 배수조 고수위로 인한 경보가 주제어실에서 표시되며, 복수기 배수조 고-고수위시 수동으로 모든 순환수펌프를 정지시킨다.

10.4.5.3 안전성 평가

순환수계통은 비 안전 계통이며, 안전성 평가가 필요하지 않다.

10.4.5.4 시험 및 검사

모든 계통 기기의 성능, 구조적 건전성 및 밀폐 건전성은 연속적인 운전으로 보여주어야 한다. 계통의 모든 능동 기기는 발전 기간 동안 검사를 위하여 접근 가능하도록 하였다. 순환수펌프는 HI(hydraulic institute) 코드에 따라서 검사하였다.

10.4.5.5 계측설비

순환수펌프의 펌프 상태는 주제어실에 지시되고 제어된다. 순환수펌프의 불시정지시에는 주제어실에 경보가 발생된다.

순환수펌프 출구 밸브와 복수기 수실 순환수 입구/출구 밸브들 또한 밸브 상태가 주제어

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

실에서 지시되고 제어된다. 순환수펌프들은 펌프 출구 밸브들이 20% 열린 이후 기동되도록 연동되어 있으며, 해당되는 펌프가 정지하면 순환수 펌프출구 밸브들은 자동적으로 닫힌다.

복수기 입구 및 출구 순환수 압력은 현장에 지시된다. 복수기 입구 및 출구 온도는 현장에 지시되고 발전소 컴퓨터에 기록된다. 취수구 해수 수위는 주제어실에 지시되며 저수위 시는 주제어실에 경보가 발생된다.

10.4.6 복수탈염계통

10.4.6.1 설계기준

울진 5,6호기의 복수탈염계통은 2차측 수질화학기준을 만족시키기 위하여 복수에 포함된 용해성 및 부유성 불순물을 제거하여 다음의 수질 기준을 유지한다.

가. 나트륨	≤ 1.0 ppb
나. 염화물	≤ 0.15 ppb
다. 실리카	≤ 1.0 ppb
라. 양이온 전도도	$\leq 0.1 \mu\text{mho/cm @ } 25^{\circ}\text{C}$
마. 철	≤ 1.0 ppb
바. 현탁 고형물	≤ 1.0 ppb
사. 황산염	≤ 0.2 ppb
아. 25°C에서 pH	6.8 - 7.2

복수탈염계통은 복수계통에서 공급되는 전체의 복수 유량을 연속적으로 처리할 수 있다. 복수탈염계통은 전유량, 부분유량 및 우회모드에서 운전될 수 있다. 또한 기동시마다 “재순환 세정” 모드 운전으로 이차 계통의 부식생성물을 제거할 수 있다.

재생용 온수탱크를 제외한 모든 압력용기는 KEPIC MGB에 따라 설계, 제작되어 있다. 온수 탱크는 ASME 코드 Sec. IV에 따라 설계, 제작되어 있다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

계통은 비 안전성 관련, 품질그룹 D, 비1E급, 내진범주 III급으로 분류된다.

10.4.6.2 계통 설명

10.4.6.2.1 개요 및 계통운전

복수탈염계통은 복수펌프 후단에 위치하고, 2단계 과정으로 복수 전량을 탈염하며, 2개의 부속계통 즉, 탈염계통과 외부 수지재생계통으로 구성되어 있다.

각 호기의 탈염계통은 5개의 병렬 양이온 교환탑 후단에 5개의 병렬 혼합상 이온 교환탑으로 구성되어 있다. 1개의 양이온 교환탑과 1개의 혼합상 이온 교환탑으로 구성된 각 계열은 전 복수유량의 1/4을 처리하는 용량을 가지고 있다. 교환탑 1계열은 대기상태로 유지된다. 그러므로, 발전소의 모든 운전모드 동안 복수탈염계통은 공정처리 능력의 감소 없이 연속 운전을 유지할 수 있다.

운전중인 각 이온교환탑을 통과한 탈염수내의 불순물 농도 또는 교환탑 입출구의 차압이 규정치를 초과하거나, 규정치의 용량을 처리한 후에는 이온교환탑의 수지가 소모되었으므로 세정된 예비 교환탑으로 교체 운전하며, 사용중이던 이온교환탑은 수동으로 정상운전 상태를 중지하고 재생운전 상태로 변환한다. 한 계열의 이온교환탑은 항상 대기 상태에 있고, 소모된 수지는 재생약품이 급수계통으로 유입되는 것을 최소화 시키기 위하여 이온교환탑에서 외부수지재생계통으로 이송된다. 수지혼합/저장탱크 및 양이온재생/저장탱크에 저장되어 있는 이미 재생된 예비 수지는 빈 이온교환탑으로 이송되어 예비상태에 놓인다. 소모된 수지는 다른 이온교환탑 수지가 소모됐을 때 사용되기 위해 수지혼합/저장탱크 및 양이온재생/저장탱크로 이송되어 재생된다. 상기의 반복적인 공정은 수지이송운전 동안만 제외하고 예비 교환탑이 항상 이용 가능하도록 되어 있다.

양이온과 혼합상 이온 교환탑에는 별도의 재생 탱크가 설치되어 있다.

양이온 교환탑의 재생계통은 2개의 양이온 재생/저장 탱크로 구성되어 있다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

혼합상 이온교환탑 재생계통은 수지분리/양이온 재생 탱크, 음이온 재생 탱크, 수지혼합/저장탱크, 중간수지 저장탱크를 포함하는 4개의 용기로 구성되어 있다. 재생된 수지는 수지혼합/저장탱크에 보관된다.

재생절차는 운전자의 수동조작으로 기동한 후 자동으로 제어된다. 또한 재생계통은 황산과 가성소다 저장 설비, 희석수 공급설비, 온수 탱크 그리고 각 탈염탑의 상태뿐만 아니라 재생공정을 감시하는 제어반을 포함한다.

재생폐기물은 복수 탈염 배수조로 배출되고, 폐수 이송계통의 화학 폐수 집수조를 거쳐 중합 폐수처리장으로 이송된다. 복수탈염설비 배수조 폐기물의 방사능 수준이 표 11.5-1에 제시된 CPP 지역 집수정 고정보 설정치를 넘으면 폐기물은 액체방사성폐기물계통으로 이송된다.

10.4.6.2.2 기기 설명

10.4.6.2.2.1 개요



계통의 모든 용기와 재생탱크는 용기 내부를 정기적으로 검사할 수 있도록 맨홀이 갖추어진다. 또한 용기는 발전소 운전원이 수지의 양 및 경계를 확인할 수 있도록 충분한 수의 투시창을 갖추고있다.

재생 기기를 제외한 모든 용기와 배관의 설계 최대 압력은 복수펌프의 체절 수두이며 용기는 이 수두를 견디도록 되어 있다.

10.4.6.2.2.2 양이온교환탑

5개의 양이온교환탑 각각은 전 복수 유량의 25%를 처리한다. 용기의 주 기능은 복수에서 암모니아를 제거하고 일차 여과 기능을 수행한다.

용기는 탄소강으로 제작되고 고무로 라이닝 된다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

10.4.6.2.2.3 혼합상 이온교환탑

혼합상 이온교환탑은 염화물 이온을 포함해서 이온 불순물을 제거하고 추가적인 여과 기능을 수행한다. 용기는 탄소강으로 제작되고 용기내부는 고무로 라이닝 되어 있다.

10.4.6.2.2.4 양이온재생/저장탱크

양이온교환탑에서 소모된 양이온 수지는 양이온 재생/저장탱크로 이송되어 황산으로 재생된 후 양이온교환탑으로 이송될 때까지 양이온 재생/저장탱크에 저장한다.

용기는 탄소강으로 제작되고 용기내부는 고무로 라이닝 되어 있다.

10.4.6.2.2.5 혼합상 이온 재생탱크

혼합상 이온 재생탱크는 수지 분리/양이온 재생탱크, 음이온 재생탱크, 수지혼합/저장탱크 및 중간수지저장탱크로 구성되어 있다. 혼합상 이온교환탑에서 소모된 혼합상 수지는 수지 분리/양이온 재생탱크와 음이온 재생탱크로 각각 분리/이송되어 황산과 가성소다로 재생된 후 혼합상 이온교환탑으로 이송될 때까지 수지혼합/저장탱크에 저장된다. 용기는 탄소강으로 제작되고 용기내부는 고무로 라이닝되어 있다.

10.4.6.2.2.6 황산과 가성소다 저장 및 공급계통

계통은 황산 및 가성소다 저장탱크, 일일탱크 및 화학약품 계량펌프로 구성된다. 온수탱크가 가성소다 희석수를 공급하기 위해 설치되어 있다.

재생 기간 동안 화학약품 계량펌프는 자동제어계통에서 결정된 정확한 양의 약품을 일일탱크에서 양이온과 음이온재생탱크로 이송시킨다. 재생약품은 재생탱크에 주입되기 전에 희석된다. 일일탱크 수위가 낮으면 화학약품이 저장탱크에서 일일탱크로 중력에 의해 공급된다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

황산과 가성소다 일일탱크는 각각 양이온교환탑과 혼합상 이온교환탑에서 2회 재생에 요구되는 화학 약품양을 기준으로 크기가 결정되었다.

황산과 가성소다 저장탱크는 예상 재생 주기에 기초한 최소 30일분 저장을 기준으로 크기가 결정되었다.

10.4.6.2.2.7 시료채취계통

시료채취계통은 복수 탈염탑에서 나온 탈염수의 화학 성분을 감시하기 위해 설치된다.

시료채취계통은 실험실용 시료채취 설비와 나트륨, 전도도 및 pH 측정을 위한 계기를 갖춘 시료 배수대를 포함한다.

10.4.6.3 안전성 평가

복수탈염계통은 비 안전성 관련 계통이며 발전소의 안전정지에 필요하지 않다.

10.4.6.4 시험 및 검사

모든 기기는 적용되는 장비의 규격서 및 코드에 따라서 검사 및 시험하였다. 기기 제작자의 권고사항과 발전소의 관례는 필요한 유지관리사항을 결정하는데 고려된다.

10.4.6.5 계측설비

복수탈염계통을 감시하고 제어하기 위해 현장제어반이 설치되어 있다. 황산 및 가성소다 계량 펌프는 현장 제어반에서 제어되며, 자동제어계통에서 설정된 양으로 일일탱크에서 정확한 약품 분량을 이송시킨다. 황산과 가성소다가 용해된 물의 유량은 현장에서 지시된다. 재생제 농축에 의한 고/저 전도도 발생시에는 현장제어반에 정보가 발생된다. 황산 및 가성소다 일일탱크의 저수위시 각 계량펌프를 불시정지시키며 어느 한 탱크의 저

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

수위시에는 현장제어반에 정보가 발생된다. 양이온 및 혼합상 이온 교환탑에 대해 압력계, 차압계, 유량계 및 적산유량계가 현장제어반에 설치되어 있다.

양이온 및 혼합상 이온 교환탑 용기를 통과하는 전 복수유량은 현장제어반에 지시된다. 양이온 또는 혼합상 이온 교환탑의 높은 차압에도 정보가 제공된다. 양이온 교환탑과 혼합상 이온 교환탑 용기의 출구 전도도, 나트륨 및 pH는 현장제어반에서 연속적으로 감시된다. 염소는 실험실용 시료채취에 의해서 감시가 가능하다.

계통 고장정보는 주제어반에 제공되어 발전소 운전원에게 비정상 상태를 알리게되어 있다.

10.4.7 복수 및 급수계통

복수 및 급수계통은 가열된 급수를 증기발생기에 공급한다. 복수 및 급수계통은 발전소 기동 및 정상 운전시에 증기발생기 내에 적당한 급수량을 유지시킬수 있다.

복수저장 설비는 9.2.6절에 기술되어 있다.

10.4.7.1 설계기준

10.4.7.1.1 안전 설계기준

복수 및 급수계통은 다음의 기준을 만족시키도록 설계되어야 한다.

- 가. 급수계통 배관 파단 사고가 원자로냉각재압력경계에 최소한의 영향을 주도록 설계되어야 한다.
- 나. 급수계통은 급수 공급 배관의 파단 사고가 원자로의 안전정지를 방해하지 않도록 설계되어야 한다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

- 다. 주급수격리밸브를 포함한 격리밸브실 내의 배관에서부터 증기발생기 입구 노즐까지의 배관은 안전정지지진의 영향을 견디도록 설계되어야 한다.
- 라. 안전성 관련 기기 및 배관은 고에너지 및 중에너지 배관 파단, 타격 및 분사 충돌(jet impingement)의 영향에 대해 보호되도록 설치, 설계되어야 한다.
- 마. 복수 및 급수계통은 태풍, 홍수 및 지진등과 같은 유해 환경 사고가 계통의 안전 기능을 저해하지 않도록 설계 되어야 한다.
- 바. 계통에 공급되는 소외전원상실이 원자로의 안전정지를 방해하지 않아야 한다.
- 사. 급수계통은 수격 현상의 발생을 억제하고 그 영향을 감소시키도록 설계되어야 한다.

10.4.7.1.2 출력운전 설계기준

복수 및 급수계통은 다음의 기준을 만족시키도록 설계된다.

- 가. 복수 및 급수계통은 증기발생기 배수 혹은 건식 휴관후 재충수를 포함한 모든 운전 기간중에 증기발생기에 요구되는 온도 및 압력으로 급수를 공급하도록 설계되어야 한다.
- 나. 추기 배관 및 급수 가열기는 주터빈으로의 물의 유입 가능성을 최소화하고 추기계통에 함유된 에너지에 의한 터빈 과속을 제한하도록 설계되어야 한다.

10.4.7.2 계통 설명

재생 급수 가열을 이용하여 폐쇄 증기 사이클에서 가열된 급수를 증기발생기에 공급하는 복수 및 급수계통은 배관, 밸브, 펌프, 열교환기, 제어, 계측 및 재생 급수 가열을 이용한 폐쇄 증기 회로에서 가열된 급수를 증기발생기에 공급하는 관련 기기들로 구성된다. 그

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

림 10.4-4는 복수 및 급수계통을 나타낸다. 급수계통의 일부분, 즉 주급수격리밸브를 포함한 격리밸브실 내의 배관에서부터 증기발생기 입구 노즐 사이의 급수계통은 안전성 관련 부분으로 ASME 코드 Sec. III, Class 2 요건에 따라 설계되었다. 위 부분을 제외한 복수 및 급수계통은 비 안전성 관련으로 ASME B31.1에 따라 설계되었다.

주복수기 온수조(hotwell)의 보충수는 복수저장탱크에서 공급된다. 복수저장 및 이송계통은 9.2.6절에 기술되어 있다.

복수펌프는 주복수기 온수조에서 복수를 흡입하여 탈기기로 공급한다. 복수펌프 계열은 공통 입출구 모관에 3대의 전동기 구동, 50% 용량의 원심 펌프로 구성되어, 정상운전시 2대의 펌프가 운전되며 1대의 복수펌프 비상 정지시에 대기펌프가 자동으로 기동한다. 복수펌프는 주복수기 온수조에서 복수를 흡입하여 복수탈염계통, 증기패킹배출기 및 탈기기를 포함한 저압급수가열기를 통해 두대의 탈기기저장탱크로 복수를 공급한다.

1번 및 2번 저압급수가열기는 주복수기 목(neck)안에 설치되며, 3번 가열기는 가열기 베이에 수평으로 설치되었다. 탈기기를 제외한 모든 저압급수가열기는 폐쇄형으로 일체형 배수 냉각기를 가지고 있으며 4번 저압급수가열기는 직접 접촉식 탈기형 급수가열기이다.

1, 2 및 3단 저압급수가열기는 3개의 1/3용량 저압급수가열기 계열로 배열되며 이들 저압급수가열기 계열에는 전동기구동 차단밸브가 설치되었다.

3번 저압급수가열기 셀의 배수는 2번 및 1번 저압 급수가열기 셀을 통해 주복수기로 보내진다. 또한 각 저압급수가열기는 주복수기로 직접 배수할수 있는 비상 배수관을 가지고 있다.

주복수기로부터 저압급수가열기 및 탈기기를 통과한 복수는 급수승압펌프로 보내어진다.

급수계통은 3대의 65% 용량 급수승압펌프, 3대의 65% 용량 급수펌프 및 3단의 고압급수가열기로 구성된다. 정상 운전시에 2대의 급수승압펌프는 탈기기저장탱크에서 급수를 흡입하여 2대의 급수펌프로 배출하며, 급수펌프는 3단의 고압급수가열기를 거쳐 2 대의 증

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

기발생기로 급수를 공급한다. 모든 급수 승압 펌프 및 1대의 급수펌프는 전동기로 구동되며 그외 2대의 급수펌프는 터빈으로 구동된다. 또한 모든 급수펌프는 각각 독립적인 변속 제어설비를 갖추고 있다. 급수펌프 터빈을 구동하기 위한 증기는 저부하시 및 급수펌프 1대 운전과 같은 과부하시 에는 주증기 모관에서, 정상 운전시에는 습분분리재열기 후단에서 공급된다.

고압급수가열기는 일체형 배수 냉각기를 가지고 있으며 2계열이 병렬로 배열된다. 7번 고압급수가열기 셀의 배수는 6번, 5번 고압급수가열기 셀 그리고 탈기기저장탱크로 보내어 진다. 고압급수가열기의 배수를 주복수기로 직접 보낼수 있는 비상 배수관이 설치된다.

고압급수가열기 계열을 운전에서 격리하기 위한 격리 및 우회밸브가 고압급수가열기 계열에 설치되어 있으며, 하나의 계열이 격리되었을 경우에도 계통의 운전성이 유지된다.

발전소 기동 및 정지시에 전동기구동 기동 급수펌프는 증기발생기로 급수를 공급한다. 기동급수펌프 및 관련 제어밸브는 적은 양의 급수가 요구되는 발전소 기동, 정지 및 고온 대기시에 증기발생기 수위를 운전원이 쉽게 조절할수 있도록 저출력 운전시 증기발생기로 급수를 공급한다. 또한 기동급수펌프는 증기발생기 후관처리 조건시 증기발생기 충수에 사용할 수 있다.

정상운전시 증기발생기로 공급되는 급수량은 급수펌프 속도, 이코노마이저 급수 라인 및 하향유로(downcommer) 급수라인에 설치된 2개의 급수제어밸브에 의해 조절되며, 급수제어밸브의 위치 및 급수 펌프의 속도는 급수제어계통에 의해 조절된다.

주급수격리밸브는 주증기관파단사고, 급수관파단사고, 냉각재상실사고 또는 증기발생기 고수위시에 증기발생기와 급수계통을 격리하며, 급수배관파단사고시 격납건물로부터의 방사능 유출 가능성을 제거한다.

복수, 급수 및 기동 급수펌프가 충분한 유량에서 운전되어 펌프의 손상을 막도록 해당 펌프에 최소 재순환유량제어계통이 설치되어 있다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

10.4.7.3 안전성 평가

- 가. 급수배관은 급수배관 파단사고시에 파단사고로 인한 원자로냉각재압력경계의 손상을 막기 위해 필요한 범위까지 분리되거나 제한된다. 본 내용은 3.6절에 상세히 기술되어 있다.
- 나. 주급수관은 급수배관의 파단이 원자로의 안전정지를 저해하지 않도록 설계된다. 본 내용은 3.6절에 기술되어 있다.
- 다. 주급수격리밸브를 포함한 격리밸브실 내의 배관에서부터 증기발생기 입구 노즐 사이의 배관 및 격리밸브는 3.7절 및 3.9절에 기술된 요건에 따라 내진범주 I급 기준을 만족하도록 설계되었다.
- 라. 기기 및 배관은 3.6절에 언급된 고에너지 및 중에너지 배관 파단의 영향에 대해 보호되도록 설계되었다.
- 마. 유해 환경 조건이 계통의 안전성 관련 부분의 안전 기능을 저해하지 않는다. 바람 및 태풍에 의한 하중은 3.3절, 홍수설계는 3.4절, 내진설계는 3.7절, 기계 및 전기 기기의 내환경설계는 3.11절에 기술되어 있다.
- 바. 소외전원상실이 7.4절 및 8.3절에 기술된 바와 같이 원자로의 안전정지를 방해하지 않는다.
- 사. 급수계통은 3.9절에 기술된 요건에 따라 수격 현상의 발생을 막고 그 영향을 최소화하도록 설계된다.

10.4.7.4 시험 및 검사

주급수격리밸브를 포함한 격리밸브실 내의 배관에서부터 증기발생기 입구노즐 사이의 배관은

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

KEPIC 해당요건에 따라 검사한다. 주급수격리밸브 동작시험은 상온정지 기간중 밸브 전행정시험으로 수행된다.

1

주복수기 온수조와 주증기격리밸브실 입구 사이의 배관은 ASME B31.1의 136 및 137절에 따라 검사 및 시험을 하였다. ASME 코드 Sec. III, Class 2 밸브는 KEPIC MO에 따라 가동중에 주기적으로 작동 및 누설검사를 한다.

1

급수가열기, 탈기저장탱크, 펌프 및 밸브는 적용되는 코드에 따라 공장에서 수압 검사를 하였으며, 급수가열기 튜브의 연결부는 제작소에서 누설검사를 하였다. 최초 발전소가동전에 전체 복수 및 급수계통에 대해 적용되는 코드에 따라 현장 수압 검사 및 시험을 실시한다. 또한 주기적인 계통의 검사 및 시험이 계획된 보수정지 기간중에 실시된다.

10.4.7.5 계측설비

급수펌프, 급수승압펌프, 기동 급수펌프와 복수펌프는 주제어반(MCB)에서 제어되고 그 상태 및 부하전류가 지시된다. 급수펌프, 급수승압펌프와 기동급수펌프의 저유효흡입압력, 급수펌프와 기동급수펌프의 출구 모관의 고압력 발생시 정보가 발생된다. 펌프 손상을 방지하기 위해 최소 펌프 유량(재순환 계통)을 유지시키기 위한 제어설비가 설치된다. 가동중인 2대의 복수펌프중 하나가 불시 정지하게 되면 대기중인 복수펌프가 자동으로 기동된다.

주급수 총 유량이 설계유량의 140%를 초과했을 때는 모터구동 주급수펌프는 정지되며 다음의 신호중 어느 하나에 의해서도 동작중인 주급수펌프가 자동으로 정지한다.

2

- 가. 연관된 급수승압 펌프의 저-저유효흡입수두 (2/3 신호)
- 나. 주증기격리신호
- 다. 연관된 급수승압펌프 정지
- 라. 펌프 출구밸브 닫힘
- 마. 급수펌프 출구 모관의 고-고압력 (2/3 신호)
- 바. 터빈구동급수펌프 보호를 위한 급수 펌프 터빈 이상정지 신호

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

- 사. 전기적 보호신호 (전동기 구동펌프) 또는
- 아. 윤활유 저-저압력(2/3 신호)
- 자. 탈기기 저-저수위 (2/3신호)
- 차. 13.8kV BUS 저-저전압

급수 유량, 복수 유량, 주증기 유량, 증기발생기 수위는 주제어반에 지시된다. 다중으로 설치되어 운전원이 선택할 수 있는 증기발생기의 수위, 급수 유량 및 주증기 유량 신호는 급수제어계통에 입력되어 펌프의 속도와 급수제어밸브 위치를 조절함으로써 계통 요구 사항을 충족하는 급수 유량을 조절한다. 급수제어계통으로부터 발생하는 다음의 경보신호는 소내경보계통 또는 발전소컴퓨터로 입력된다.

- 가. 원자로 이상정지 신호 오버라이드
- 나. 증기발생기 고수위 신호 오버라이드
- 다. 증기발생기 고/저 수위
- 라. 증기발생기 입력채널 편차
- 마. 급수제어계통 트러블

주급수격리밸브는 주제어반에 설치된 제어스위치로 수동으로 열고 닫을 수 있다. 이 밸브들은 공학적안전설비작동계통(ESFAS)에서 발생하는 주증기격리신호에 따라 자동으로 닫힌다.

밸브제어압력 ‘저’ 나 각 주급수 격리밸브의 유압유 저장조(hydraulic reservoir) 유위 ‘저’는 주제어반에 경보된다.

복수 및 급수계통의 재고량은 복수저장탱크로부터 복수를 자동으로 보충하거나, 복수저장탱크로 방출하여 유지된다. 이 보충 및 주입은 복수기 온수조 수위제어기에 의해서 제어된다.

이 계통의 수질은 복수계통에 암모니아나 하이드라진을 주입시킴으로써 유지하는데 암모니아 및 하이드라진 주입은 공정시료채취계통에서 감시되는 비전도도나 계통내 하이드라

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

진 잉여분에 따라 조절된다.

10.4.8 증기발생기취출계통

10.4.8.1 설계기준

증기발생기취출계통의 목적은 급수계통 및 복수 탈염계통에 포함된 불순물이 증기발생기 내에서 농축되므로 이 불순물을 제거하고, 원자력안전위원회 고시 제2016-16호(방사선방호 | 232 등에 관한 기준)의 규정에 따라 환경으로의 방사성물질의 방출을 방지하거나 최소화하며, | 92 10 CFR 50 부록 I의 ALARA 기준을 따르는데 있다.

본 계통의 격납건물격리밸브를 포함하여 증기발생기취출노즐에서 주증기격리밸브실까지 관련 배관 및 밸브, 증기발생기 쉘측 압력경계의 배관 및 밸브, 격납건물격리 경계부분의 배관 및 밸브는 안전성 관련이며 품질그룹 B, 내진범주 I급으로 설계한다. 그 밖의 배관, 밸브, 열교환기, 탱크, 여과기, 탈염기, 기타 설비는 비 안전성 관련, 품질그룹 D, 내진 범주 II급 또는 III급으로 설계한다.

증기발생기취출계통은 취출수의 화학적 순도를 2차측 수질 제한치 이내로 유지할 수 있도록 설계한다. 증기발생기취출계통은 설계기준 핵연료 손상과 동시에 증기발생기의 1차측에서 2차측으로의 설계 기준 전열관 누설이 일어날 경우, 증기발생기 취출수의 방사능 준위를 90% 낮출 수 있도록 설계한다.

1차측에서 2차측으로의 전열관 누설 사고시, 손상이 안된 증기발생기는 정상운전 범위내에서 취출량을 유지하며, 반면에 손상된 증기발생기는 2차측 방사선 준위를 운영기술지침서 제한치 이하로 유지하기 위해 취출량을 증가시키도록 설계한다. 주기적으로 고유량 취출 운전하여 증기발생기 관판에 축적된 찌꺼기를 제거함으로써 2차측 수질을 좀 더 향상시키도록 한다. 본 계통은 취출수에 포함되어 버려지는 열 에너지의 일부를 재생시켜 그것을 2차측 계통으로 환원시킬 수 있도록 설계한다. 본 계통의 배관은 포화증기 및 이상유체의 처리에 적합한 재질로 설계한다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

증기발생기취출계통은 증기발생기 습식 및 건식 휴관시(layup operation) 증기발생기의 재순환, 정화, 배수, 재충전, 질소 공급, 화학첨가제 주입 및 혼합 등을 할 수 있게 설계한다.

10.4.8.2 계통 설명 및 운전

10.4.8.2.1 개요

증기발생기취출계통의 배관 및 계장도는 그림 10.4-5와 같다. 본 계통은 취출계통과 습식휴관계통 등 2개의 부계통으로 이루어진다. 취출계통은 다시 2개의 연속 취출 트레인 과 1개의 고유량 취출 트레인으로 나누어지며 이들은 여과기 및 탈염기들을 상호 공유한다. 습식휴관계통은 증기발생기당 1개씩 총 2개의 재순환 트레인으로 구성되며 이들 또한 취출계통의 여과기 및 탈염기를 공동으로 이용한다.

10.4.8.2.2 기기 설명

10.4.8.2.2.1 증기발생기 취출수 재생열교환기

증기발생기 취출수 재생열교환기는 쉘-튜브형 열교환기이다. 증기발생기로부터의 고온의 취출수는 쉘측으로 흐르고, 복수탈염기 후단부로부터 오는 복수는 취출수의 튜브측으로 흘러 열에너지를 회수 재생하도록 한다. 온도는 복수의 유량을 조절함으로써 제어된다.

10.4.8.2.2.2 증기발생기 취출수 비재생열교환기

증기발생기 취출수 비재생열교환기는 쉘-튜브형 열교환기이다. 쉘측으로 흐르는 냉각수 원으로는 기기냉각수를 사용한다. 이 열교환기는 방사성 화학처리를 위해 취출수의 온도를 낮추는 역할을 한다.

10.4.8.2.2.3 플래시탱크

플래시탱크는 1대의 고유량 취출수 플래시탱크와 2대의 연속 취출수 플래시탱크가 있다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

고유량 취출수 플래시탱크는 고유량 취출수를 수집하며 연속 취출수 플래시탱크는 연속 저유량의 취출수를 수집하여 증기발생기 취출수 비재생열교환기 및 재생열교환기로 각각 보낸다.

플래시탱크들은 수위, 압력과 온도를 측정할 수 있는 계기를 갖춘 수직형 압력용기로 탱크 압력은 배기밸브로서 조절된다. 플래시탱크는 취출수용, 배기 압력 방출용 및 배수용 노즐을 갖고 있다.

10.4.8.2.2.4 고유량 취출수 이송펌프

원심형 고유량 취출수 이송펌프는 연속 취출수와 혼합하기 위해서 고유량 취출수 플래시 탱크로부터 증기발생기 비재생열교환기까지 고유량 취출수를 이송한다.

10.4.8.2.2.5 습식 휴관 재순환 펌프

원심형 습식 휴관 재순환 펌프는 증기발생기 2차측 용수의 여과 및 정화를 위하여 재순환시킨다.

10.4.8.2.2.6 여과기

여과기는 2개가 설치되며, 하나는 탈염기가 막히지 않도록 입자들을 제거하는 탈염기 전단부 여과기와 다른 하나는 복수계통 속으로 빠져나가는 작은 수지를 막기 위해 탈염기 후단부에 있는 후단 여과기이다.

10.4.8.2.2.7 탈염기

증기발생기 취출수를 복수계통으로 회귀될 수 있는 수질로 정화하기 위해 2대의 혼합상 탈염기가 설치되어 있다. 1대의 혼합상탈염기가 가동되면 다른 한대는 대기상태에 있게 된다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

10.4.8.2.3 계통 운전

발전소 정상운전 동안, 증기발생기취출계통은 각각의 증기발생기에 대해 최대 증기량의 0.2%인 12,720 lb/hr (5,765 kg/hr), 총 25,440 lb/hr (11,530 kg/hr)까지 연속적으로 취출 운전된다. 증기발생기 수질이 기준 초과시 각 증기발생기에서 최대증기량의 1%인 63,600 lb/hr (28,850 kg/hr)까지 연속적으로 취출 운전된다. 증기발생기취출계통은 증기발생기 관판에 축적된 찌꺼기를 제거하기 위하여 무부하시 각 증기발생기의 2차측 고온관 또는 저온관에서 최대 증기량의 10.3%인 654,500 lb/hr (296,900 kg/hr), 100% 출력운전시 고온관에서 최대 증기량의 9.1%인 576,400 lb/hr (261,400 kg/hr) 및 저온관에서 최대 증기량의 14.0%인 888,840 lb/hr (403,000 kg/hr)까지 고유량취출 운전을 하며, 일주일에 한번 또는 필요시 운전된다. 한편, 한 증기발생기에서는 연속취출 운전을 다른 증기발생기에서는 고유량취출 운전을 동시에 수행할 수 있다.

연속취출수는 연속취출수 플래시탱크에 수집되며 탱크의 압력은 탱크배기관에 설치된 압력조절밸브에 의하여 200 psig로 일정하게 유지된다. 탱크의 수위는 재생열교환기 후단에 위치한 수위조절밸브에 의해 일정하게 유지된다. 연속취출수 플래시 탱크에서 발생된 증기는 고압급수가열기(5A, 5B)로 배기시켜 열을 재생한다. 탱크내에 응축된 취출수는 재생열교환기를 통과하면서 튜브를 통해 흐르는 복수계통에 열을 전달하고 가열된 복수는 탈기기로 보내진다. 재생열교환기를 통해 흐르는 취출수의 온도는 복수계통에 설치된 조절밸브에 의해 복수계통의 유량을 조절함으로써 일정하게(130°F, 54°C) 유지된다.

재생열교환기를 통과한 취출수는 비재생열교환기를 거치며, 셀측으로 흐르는 기기냉각수에 의해 추가로 냉각되나 별도의 온도제어 설비는 없다. 냉각된 취출수는 여과기 및 탈염기를 거쳐 복수기(A 또는 C)로 이송된다.

고유량취출수는 고유량취출수 플래시탱크에 수집되며 탱크의 압력은 탱크배기관에 설치된 압력조절밸브에 의해 185 psig로 일정하게 유지된다. 고유량취출수 유량은 유량조절밸브에 의해 조절된다. 고유량취출수는 고유량취출수 플래시탱크에서 5 psig까지 감압된 후에 고유량취출수 이송펌프에 의해 비재생열교환기로 이송되고 연속취출수와 혼합되어 냉각된

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

후 여과기와 탈염기를 거쳐 복수기로 회귀된다.

증기발생기는 습식휴관 재순환계통에 의해 각 증기발생기당 300 gpm으로 운전됨으로써 습식휴관 상태로 유지되며, 습식휴관 운전이 종료되면 증기발생기의 수위가 적정수위에 도달할 때까지 또는 요구되는 수질이 만족될 때까지 중력 또는 습식휴관 재순환펌프에 의해 폐수처리계통이나 액체방사성폐기물계통으로 배수시키도록 되어 있다. 증기발생기의 재충수는 급수계통을 이용하며, 급수계통이 사용될 수 없을 때에는 보조급수계통이 사용될 수 있다.

발전소 운전정지기간이 단기간일때는 질소기체를 이용하여 증기발생기를 건식휴관 상태로 유지시킨다.

증기발생기취출계통은 설계기준핵연료 손상과 동시에 증기발생기의 1차측에서 2차측으로의 설계기준 전열관 파단누설이 발생했을 때, 취출수의 방사능 준위 90%를 감소시킨다.

복수기 튜브 사고로 인하여 고염소 농도가 감지되면 취출수를 폐수처리계통으로 방출할 수 있다. 증기발생기 2차측 화학적 수질요건을 유지하기 위해서는 발전소 정상운전 조건 하에서 증기발생기 모두로부터 연속 취출 운전을 하는 것이 효과적이다. 복수기 누수 사고시 2차측 급수내의 용해된 나트륨의 농도는 취출 유량을 증가시켜 감소시키도록 한다. 증기발생기 2차측 고온관, 저온관 및 하향유로 부근의 수질을 감시하기 위하여 각각의 증기발생기로부터 주기적이고 연속적인 시료채취를 한다.

10.4.8.3 안전성 평가

증기발생기취출계통의 격납건물격리밸브는 정상운전시 열려 있으나, 격납건물 및 증기발생기의 건전성을 유지하기 위하여 주증기격리신호, 보조급수작동신호 또는 격납건물격리신호에 의하여 자동으로 폐쇄되도록 되어 있다. 또한 격납건물 외부에 설치된 2번째 격리밸브는 고유량취출수 플래쉬탱크의 고-고수위, 연속취출수 플래쉬탱크의 고-고수위, 또는 탈염기 하단부에서의 고방사선 준위신호에 의해 자동으로 격리된다.

증기발생기취출계통중 격납건물 격리설비 및 증기발생기 2차측 압력경계를 이루는 계통의 배관 및 기기는 3.2절의 요건에 따라 내진범주 I급으로 설계되어 있다. 취출수 배관

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

에 대해서는 주증기격리밸브실 관통벽에 앵커부분까지 내진법주 I급으로 설계되어 있다. 붕괴 또는 전도시 증기발생기 취출계통과 다른 안전성 관련 계통의 건전성을 상실시킬수 있는 기기는 내진법주 II급으로 설계되어 있다.

10.4.8.4 시험 및 검사

증기발생기취출계통의 방사선감시기는 정기적으로 시험 및 재교정을 수행한다. 격납건물 격리밸브 기능을 하는 취출계통의 정기 시험은 기밀도 및 작동성을 점검하기 위하여 수행한다. 모든 기기는 검사 유지를 위하여 접근 가능해야 하고 필요에 따라 주기적인 육안검사 및 예방 보수를 실시한다.

10.4.8.5 계측설비

11.5절에 기술된 바와 같이 후단여과기 출구에 방사선 감시설비가 설치되어 있다.

각 연속취출 플래쉬탱크에 수위, 압력조절 기능이 제공된다. 방출배관에 위치한 연속취출수 플래쉬탱크 압력조절밸브는 열림으로 설정되어 있으며, 일정한 탱크 압력을 유지한다. 재생열교환기 후단에 위치한 수위조절 밸브는 플래쉬 탱크 수위를 유지한다. 연속취출수 플래쉬탱크 고-고, 고 그리고 저 수위가 주제어반에 경보된다.

고유량취출수 플래쉬탱크 방출배관의 압력조절밸브는 고유량취출 운전 동안 탱크의 압력을 일정하게 유지시키는데 고유량취출후 탱크 압력이 5 psig (0.35 kg/cm^2)에 이를 때까지 압력조절밸브의 설정압력을 5 psig (0.35 kg/cm^2)씩 현장제어반에서 단계적으로 조정한다. 고유량취출수 플래쉬탱크에는 수위제어설비가 설치되어 있다. 탱크 고-고수위는 주제어반에, 고 혹은 저수위는 현장제어반에 수위경보가 경보된다.

고유량취출수이송펌프는 고유량취출수 유량 제어밸브와 연동되어 두개의 유량 제어밸브 중 하나가 열리거나, 고유량취출수 플래쉬탱크가 저수위일 때, 또는 고유량취출수 플래쉬탱크 압력이 10 psig (0.70 kg/cm^2)이상 일 때 기동할 수 없게 된다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

취출배관의 잠재적인 고장, 또는 연속취출수 플래시탱크 제어 이상 등을 운전원에게 알리기 위하여 재생열교환기의 출구 및 증기 배기관의 고유량 또는 저유량 경보가 주제어반에 설치되어 있다.

열교환기의 잠재적인 고장을 운전원에게 알리기 위하여 재생열교환기 출구의 고온 경보가 주제어반에 설치되어 있다. 고온에서 탈염기에 대한 손상을 방지하기 위해 혼상탈염기 입구의 고온경보가 주제어반에 설치되어 있다. 여과기와 탈염기를 위한 차압지시계가 현장에 설치되어 있다.

10.4.9 보조급수계통

보조급수계통은 주급수계통이 사고로 인해 급수를 공급하지 못할 때, 발전소 고온대기 상태와 정지냉각계통이 기동하는 시점까지의 원자로냉각기간 동안 증기발생기로 급수를 공급한다.

10.4.9.1 설계기준

보조급수계통은 주급수 상실사고시 증기발생기에 적절한 냉각수를 공급하는 기능을 갖고 있다. 각각의 증기발생기에 보조급수를 공급하기 위해 설계된 각 보조급수계통의 부속계통은 정지냉각계통이 운전되는 온도 및 압력까지 발전소를 안전하게 냉각시킬 수 있는 충분한 보조급수를 공급한다. 대기로 방출되는 증기량과 냉각 기간 동안의 수축을 고려하여 증기발생기(1대 또는 2대)에 공급하여야 하는 총 보조급수 유량은 300,000 gallons (1,135.6 m³)이다.

보조급수계통은 보조급수펌프 흡입측으로부터 전동기구동 보조급수격리밸브 전단까지 내진범주 I급, 품질그룹 C이며, 보조급수격리밸브부터 하류 방향으로 역류방지밸브까지의 배관 및 밸브류는 품질그룹 B가 적용된다. 발전소 비상운전시, 보조급수펌프는 내진범주 I급, 품질그룹 C인 복수저장탱크에서 흡입을 취하며 복수저장탱크로 연결된 재순환계통이 있다(그림 9.2-6 참조). 또한, 보조급수계통은 내진범주 III급, 품질그룹 D인 보충수탈염계통 및 원수계통으로부터 냉각수를 대체 공급받을 수 있도록 설계된다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

10.4.9.2 계통 설명

보조급수계통은 독립된 2개의 부속계통으로 구성되며, 각 부속계통은 소내 비상전력계통(비상디젤발전기)으로부터 동력을 공급받는 전동기구동 펌프와 주증기계통에서 공급되는 증기로 구동되는 증기터빈구동펌프로 구성된다. 각 부속계통은 해당 증기발생기에 급수를 공급할 수 있도록 설계되며, 보조급수계통내의 단일고장(표 10.4-3 참조)과 동시에 주급수관 혹은 주증기관파단사고시에도 건전한 증기발생기로 적절한 급수를 공급할 수 있도록 설계된다. 본 계통의 기기 다중성, 유로, 안전등급, 품질등급, 주배관 치수 및 계통 운전 개념은 그림 10.4-6과 같다.

보조급수계통은 발전소 비상운전시 원자로냉각재계통을 냉각시키기 위해 증기발생기로 급수를 공급할 수 있도록 다양하고 다중적인 계통을 구성하고 있으며, 또한 본 계통내 단일기기 고장과 동시에 발생할 수 있는 증기발생기 1대와 연결된 급수 배관 가상파단을 가정하여 안전 관련 기능을 수행할 수 있도록 설계한다. 최소 유량은 다음의 사고 운전 상태를 가정하여 공급되도록 한다.

가. 정상급수상실 상태

나. 소외전원상실을 수반하는/수반하지 않는 2차 계통배관의 부분 파단 혹은 밸브 기능상실 사고와 동시에 발생할 수 있는 보조급수계열에서의 가장 제한적인 단일고장 상태

다. 소외전원상실을 수반하는/수반하지 않는 증기발생기 전열관 파단과 동시에 발생할 수 있는 보조급수계열에서의 가장 제한적인 단일고장 상태

라. 소외전원상실을 수반하는/수반하지 않는 2차계통 배관의 완전 파단과 동시에 발생할 수 있는 보조급수계열에서의 가장 제한적인 단일고장 상태

마. 소외전원 및 소내교류전원 상실을 유발시키는 모든 사고 상태

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

바. 소외전원상실을 수반하는/수반하지 않는 소형 냉각재상실사고와 동시에 발생할 수 있는 보조급수계열에서의 가장 제한적인 단일고장 상태

과도 혹은 사고상태 기간 동안 보조급수계통은 다음과 같이 최소한 요구되는 총 급수 유량을 공급할 수 있도록 설계된다.

가. 2차측 배관파단 미 발생시

소외전원상실 및 보조급수계통 내에서의 최악의 단일고장을 가정하여, 단일 증기발생기에 연속적으로 공급되어야 할 총 보조급수 유량은 증기발생기 압력이 1,270 psia ($89.3 \text{ kg/cm}^2\text{A}$)일 때 500 gpm ($1.89 \text{ m}^3/\text{min}$)이며, 양쪽 증기발생기에서 보조급수를 요구하는 경우의 총 보조급수 유량도 상기와 동일하다. 단일 증기발생기에 공급되어야 할 최대 보조급수 유량은 증기발생기 압력이 1,270 psia ($89.3 \text{ kg/cm}^2\text{A}$)일 때 750 gpm ($2.84 \text{ m}^3/\text{min}$)이다.

나. 2차측 배관 파단 발생시

소외전원상실과 보조급수계통 내의 최악의 단일고장을 가정하여 손상되지 않은 증기발생기에 공급되어야 할 최소 유량은 증기발생기 압력이 1,270 psia ($89.3 \text{ kg/cm}^2\text{A}$)에서 500 gpm ($1.89 \text{ m}^3/\text{min}$)이다. 단일 증기발생기에 공급되어야 할 최대 유량은 보조급수계통(증기발생기 압력은 파단 지점에 따라 대기압 혹은 격납건물 압력임)의 최대 토출 조건에서 750 gpm ($2.84 \text{ m}^3/\text{min}$)이다.

사고후 운전원의 조치없이 보조급수작동신호에 의하여 보조급수계통은 자동으로 기동된다. 보조급수펌프의 자동 작동은 7.3 및 7.7절에 기술되어 있다. 수동 작동 수단도 또한 구비되어 있다. 복수저장탱크는 평상시 보조급수펌프에 급수를 공급할 수 있도록 배열되어 있다.

보조급수계통은 소외전원상실 유무에 관계없이 보조급수작동신호를 받으면 45초 이내에

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

증기발생기에 자동으로 급수를 공급한다. 보조급수계통은 : 1) 손상되지 않은 증기발생기에는 보조급수작동신호가 제거된 후 15초 이내에 자동적으로 보조급수 공급이 차단되고, 2) 증기발생기가 손상된 것으로 확인되었을 시는 30분 이내에 운전원에 의하여 수동으로 손상된 증기발생기에 보조급수 공급을 차단시킨다.

원자로의 열은 증기발생기에서 급수가 증발되면서 제거되고, 발생된 증기는 주복수기가 이용 가능한 경우 증기를 터빈우회계통에 의하여 복수기로 방출되나, 주 복수기가 이용불능인 경우에는 주증기대기방출밸브를 통하여 대기로 방출된다. 원자로냉각재 온도 및 압력이 각각 350°F (176.7°C), 410 psia (28.8 kg/cm²A)로 떨어지면, 정지냉각계통으로 냉각기능이 전환된다.

보조급수계통은 발전소 정상기동 및 정지시에 사용되지 않는다. 따라서 보조급수계통은 중에너지 배관계통으로 분류된다.

보조급수펌프 사양은 다음과 같다.

대 수	호기당 4 대
형 식	수평식, 2 대의 전동기구동, 2 대의 터빈구동
정격 용량 (대당)	최소 토출량을 제외하고 550 gpm (2.08 m ³ /min)
실양정	3,600 ft (1097 m)
제동 마력 (전동기구동/터빈구동)	885 hp (660 kW)/1,090 hp (813kW)

보조급수펌프 터빈에 공급되는 구동용 증기는 주증기계통의 주증기격리밸브 전단에 있는 주증기배관에서 취한다. 주제어반과 원격정지반에는 보조급수격리밸브 및 제어밸브용 제어스위치가 있으며, 각 밸브들은 수동제어가 가능하다. 보조급수제어밸브들은 닫힘/제어모드가 있고, 제어모드로 있을 때에는 보조급수제어밸브는 관련된 증기발생기 수위에 따라 제어되고, 또는 닫혀진다. 밸브 위치지시계는 주제어반과 원격정지반에 있다.

솔레노이드 구동 보조급수제어밸브의 제어기능 상실시 증기발생기에 공급되는 보조급수는 전동기구동 보조급수격리밸브의 자동 닫힘/열림에 의해 제어된다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

10.4.9.3 안전성 평가

보조급수펌프는 7.3절에 기술된 관련 보조급수작동신호에 의하여 기동된다. 2대의 전동기구동 펌프는 1E급 비상디젤발전기로부터 비상전력이 공급된다. 전동기구동 밸브는 1E급 교류전원 혹은 직류전원이 공급된다. 나머지 2대의 보조급수펌프는 소내 및 소외교류전원상실시 보조급수를 공급할 수 있도록 증기터빈에 의하여 구동된다.

보조급수작동신호는 관련 증기발생기에 보조급수를 공급하기 위하여 보조급수계통 제어밸브 및 격리밸브들을 정렬시킨다. 증기발생기 수위는 보조급수제어밸브와 격리밸브들에 의해 유지되고, 보조급수펌프는 증기발생기 수위가 회복되더라도 지속적으로 운전된다. 손상된 증기발생기에 보조급수 공급을 차단시키기 위해서는 운전원에 의하여 수동으로 손상된 증기발생기로 통하는 2개의 보조급수 배관 각각에 설치된 보조급수제어밸브와 격리밸브들중 하나를 닫으면 된다.

각 증기발생기 공급 배관에 유량제한 장치(캐비테이팅 벤츄리)가 설치되어 있어 증기발생기 압력저하시 보조급수펌프가 최대 토출(runout flow) 조건이 되는 것을 방지하게 되어 있다.

보조급수는 급수 배관중 하향 유로 노즐을 통해 공급된다. 따라서 하향 유로 급수 배관은 증기발생기에 가열되지 않은 보조급수 유입으로 인한 수격 현상을 방지토록 설계된다.

NUREG-0718의 조치사항 II.E.1.1에 따른 보조급수계통의 평가는 부록 10A에서 기술된다.

10.4.9.4 시험 및 검사

각 보조급수펌프나 방출 배관을 포함하여 격납건물격리밸브 전단까지는 ASME 코드 Sec. III 및 KEPIC MN, Class 3에 따라 수압시험을 수행하고, 격납건물격리밸브를 포함한 나머지 보조급수 배관에 대해서는 Class 2에 따라 수압 시험을 수행한다. 터빈구동기는 출하 전에 성능 시험, 급속 기동 시험, 과속 정지 시험을 실시하였다. 모든 보조급수계통의 기기는

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

조립 완료후에 기능 시험을 실시한다. 보조급수계통은 발전기간 중 운영기술지침서에 규정된 주기에 따라 정기적인 성능 시험이 가능해야 한다. 시험 기간 동안 급수 보조공급원은 주급수 계통 또는 증기발생기를 오염시키기 때문에 허용되지 않는다.

10.4.9.5 계측설비

보조급수계통에 대한 계측 및 제어설비는 주제어반과 원격정지제어반에 설치된다.

주제어실 계측설비는 보조급수 유량, 온도, 펌프 흡입 및 토출 압력, 모터 구동펌프의 모터 전류, 증기발생기 수위, 모든 동력구동 밸브와 보조급수펌프의 상태 지시등을 겸한 제어용 수동 조작 스위치, 보조급수제어밸브의 닫힘/조절 제어스위치 및 상태지시등과 같은 감시설비를 포함 한다. 원격정지제어반에는 상기 제어용 수동조작 스위치 외에 절환스위치도 포함한다.

펌프의 흡입과 토출부에서의 저압력, 공급 보조급수 고온, 비정상 펌프진동 그리고, 펌프 기동 실패에 대한 정보가 주제어반에 설치된다. 그리고 보조급수계통의 동작 불능 상태가 주제어반에 지시된다.

보조급수 제어기능의 상세한 논의는 7.3절에 기술되어 있다. 원격정지제어반에서 감시되는 제어지점(control point)과 계통 매개 변수의 목록은 7.4절에 기술되어 있다. NUREG-0718의 II.E.1.2, 개정 2에 따른 유량지시 및 보조급수계통의 자동기동은 7.3절에 기술되어 있다.

10.4.10 약품주입 및 취급계통

약품주입 및 취급계통은 모든 운전모드 및 운전정지 상태에서 복수, 급수 및 증기발생기 내의 용존산소 및 pH를 제어하기 위해 복수 및 급수계통에 하이드라진과 pH 제어제를 주입한다.

10.4.10.1 설계기준

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

약품주입 및 취급계통은 비안전성 관련이다. 약품주입 및 취급계통은 복수 및 급수에 있는 용존산소를 제어하기 위해 복수계통에 하이드라진을 연속적으로 주입시켜 10.3.5절에서 논의된 증기발생기 이차계통수의 수질요건을 만족시킨다.

약품주입 및 취급계통은 복수 및 급수계통의 pH 조절을 위해 복수계통에 pH 제어제를 연속적으로 주입시켜 10.3.5절에서 논의된 증기발생기 2차계통수의 수질 요건을 만족시킨다. 1 140

약품주입 및 취급계통은 발전소 정상운전 동안의 연속 주입외에 추가로 증기발생기 습식 보관시 증기발생기 취출계통의 증기발생기 재순환 배관, 발전소 기동시 급수계통 배관, 보조급수펌프 작동시 보조급수계통 배관에 각각 하이드라진과 pH 제어제를 주입할 수 있다. 1 140

10.4.10.2 계통 설명

하이드라진주입계통은 대량저장탱크 또는 드럼에서 고농도 하이드라진을 공급받는다. pH 제어제 계통은 대량저장탱크 또는 드럼에서 고농도의 pH 제어제를 공급받는다. 하이드라진과 pH 제어제에 필요한 희석수는 복수저장 및 이송계통으로부터 일일탱크에 공급된다. 1 140

복수계통에 필요한 pH 제어제 계량펌프는 급수의 전도도 및 복수유량에 의해 자동적으로 조절되거나 수질조건에 따라 수동 조절한다. 복수계통에 필요한 pH 제어제 계량펌프는 급수의 잔류 하이드라진 농도 및 복수유량에 의해 자동적으로 조절되거나 수질조건에 따라 수동 조절한다. 1 140

pH 제어제와 하이드라진은 모두 복수탈염설비 출구측 복수계통 주배관에 주입된다. 1 140

pH 제어제와 하이드라진은 증기발생기 습식 보관시 각 증기발생기 재순환펌프 전단에 주입된다. 또한 에탄올아민 또는 수산화암모늄과 하이드라진은 보조급수펌프 토출 배관에 주입될 수도 있다. 1 140

약품주입 및 취급계통의 배관 및 계장도는 그림 10.4-7에 나타나 있다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

10.4.10.3 안전성 평가

약품주입 및 취급계통은 비안전성관련 계통이고 발전소 안전정지에 필요하지 않다.

10.4.10.4 시험 및 검사

약품공급 및 취급계통은 주입계통과 화학약품탱크 수위 감지기의 적절한 기능을 확인하기 위해 발전소 기동 전에 점검된다.

10.4.10.5 계측설비

약품주입계통의 수동 및 자동 제어를 위한 계측설비가 설치되어 있다. 공정시료채취계통에 전도도 분석기와 잔류 하이드라진 분석기가 설치되어 수질을 감시하고 자동 모드 상태의 약품계량펌프에 신호를 제공한다.

자동으로 제어되는 pH 제어제 계량 펌프 및 하이드라진 계량 펌프는 pH 제어제와 하이드라진을 복수펌프 출구 주배관에 공급한다. 동작되는 펌프에 대해서만 펌프행정제어 신호가 입력된다. 자동운전을 위한 제어신호는 공정시료채취계통에서 공급된다.

140

1

일일탱크의 약품이 저-저수위 이하로 내려가면, 수위스위치에 의해 펌프가 정지한다. 저수위 정보는 현장제어반에 지시된다. 비정상상태를 발전소 운전원에게 알리기 위해서 계통 이상상태는 주제어실에 정보가 발생한다.

1

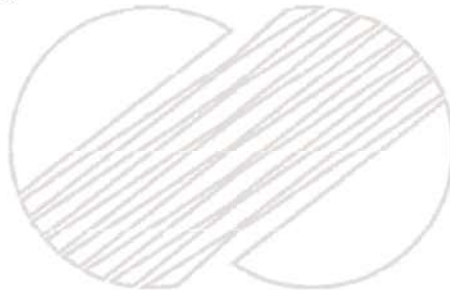
현장 및 원격경보가 성능을 감시하고 계통기기를 보호하기 위해 제공된다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10.4-1

터빈축밀봉계통

<u>계통 구성</u>	<u>설 계 값</u>
증기밀봉 모관 압력	3 ~ 5 psig (0.21 ~ 0.35 kg/cm ²)
증기패킹배출기 진공도	3 ~ 5 in wg (76.2 ~ 127 mm wg)
증기패킹배출기 수량	1
블로우어 수량	2



울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10.4-2

터빈건물 설계기준 범람수위

<u>변 수</u>	<u>수 치</u>
최대 유입량	815,000 gpm (185,101 m ³ /hr)
배수로 길이	157 ft (47.9 m)
배수로 높이	
흡입창내 수로 차단량 (%)	< 20
루버 개방 하부	100 ft 6 in
루버 개방 상부	104 ft 6 in
기준층 이상의 터빈건물 범람 높이 (El. 100'-6")	< 4 ft 0 in (1.2 m)
터빈건물 설계기준 범람 준위	El. 104 ft 6 in (31.9 m)

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10.4-3

보조급수계통 고장모드 및 영향평가

(초기사고 : 증기발생기에 인접한 급수배관의 파단)

<u>기 기</u>	<u>고장모드</u>	<u>영 향</u>
보조급수펌프	기동 및 혹은 작동 고장	4대 펌프 (계열당 2대) 설치됨. 남아 있는 3대의 펌프로 안전성관련 기능 유지됨.
보조급수 역류방지밸브	단힘불능 고장 (보조급수 공급배관으로 급수 역누설)	각 보조급수 계열에 다중적인 역류 방지밸브가 있고 다중적으로 온도 감시를 함.
	열림불능 고장	(ANSI/ANS 58.9 해당안됨)
증기발생기로 통하는 보조급수 제어밸브 및 격리밸브	고장단힘	100% 4대 펌프 및 밸브가 설치됨. 고장시 최소한 1개의 제어밸브는 열림. 또한 격리밸브는 핸들에 의하여 열 수 있음.
	고장열림	격리밸브는 증기발생기 수위에 따른 사이클링 신호에 따라 조절됨.
보조급수 배관과 급수배관 연결지점 전단의 역류방지 밸브	단힘불능고장 (보조급수 공급배관으로 급수 역누설)	다중의 역류방지밸브가 있고 다중적으로 온도 감시를 함.
	열림불능고장	(ANSI/ANS 58.9 해당안됨)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

복수기진공계통 배관 및 계장도

그림 10.4-1 (2 중 1)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

복수기진공계통 배관 및 계장도

그림 10.4-1 (2 중 2)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

터빈축밀봉계통 배관 및 계장도

그림 10.4-2



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

순환수계통 배관 및 계장도

그림 10.4-3 (5 중 1)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

순환수계통 배관 및 계장도

그림 10.4-3 (5 중 2)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6 호기
최종안전성분석보고서

순환수계통 배관 및 계장도

그림 10.4-3 (5 중 3)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

순환수계통 배관 및 계장도

그림 10.4-3 (5 중 4)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6 호기
최종안전성분석보고서

순환수계통 배관 및 계장도

그림 10.4-3 (5 중 5)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

복수 및 급수계통 배관 및 계장도

그림 10.4-4 (10 중 1)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

복수 및 급수계통 배관 및 계장도

그림 10.4-4 (10 중 2)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

복수 및 급수계통 배관 및 계장도

그림 10.4-4 (10 중 3)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

복수 및 급수계통 배관 및 계장도

그림 10.4-4 (10 중 4)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

복수 및 급수계통 배관 및 계장도

그림 10.4-4 (10 중 5)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

복수 및 급수계통 배관 및 계장도

그림 10.4-4 (10 중 6)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

복수 및 급수계통 배관 및 계장도

그림 10.4-4 (10 중 7)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6 호기
최종안전성분석보고서

복수 및 급수계통 배관 및 계장도

그림 10.4-4 (10 중 8)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

복수 및 급수계통 배관 및 계장도

그림 10.4-4 (10 중 9)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6 호기
최종안전성분석보고서

복수 및 급수계통 배관 및 계장도

그림 10.4-4 (10 중 10)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

증기발생기 취출계통 배관 및 계장도

그림 10.4-5 (3 중 1)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

증기발생기 취출계통 배관 및 계장도

그림 10.4-5 (3 중 2)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

증기발생기 취출계통 배관 및 계장도

그림 10.4-5 (3 중 3)





한국수력원자력주식회사
울진원전 5, 6호기
최종안전성분석보고서

약품주입 및 취급계통 배관 및 계장도

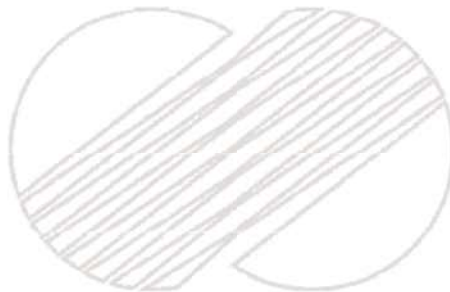
그림 10.4-7

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

부록 10A

보조급수계통 신뢰도분석



울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

목 차

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
10A.1	<u>개 요</u>	10A-1
10A.1.1	배경	10A-1
10A.1.2	분석 목적 및 범위	10A-1
10A.1.3	분석 방법	10A-2
10A.1.4	허용 기준	10A-2
10A.2	<u>계통 설명</u>	10A-2
10A.2.1	보조급수계통의 기능과 일반설명	10A-2
10A.2.2	계통 운전	10A-3
10A.3	<u>신뢰도 분석</u>	10A-4
10A.3.1	분석 방법	10A-4
10A.3.2	결과 및 결론	10A-5
10A.3.3	결과 설명	10A-5
10A.3.3.1	주급수상실과 원자로정지(LMFW)	10A-5
10A.3.3.2	소외전원상실에 따른 주급수상실과 원자로정지(LOOP)	10A-8
10A.3.3.3	발전소정전사고에 따른 주급수상실과 원자로정지(LOOP)	10A-10
10A.4	<u>참고문헌</u>	10A-13

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

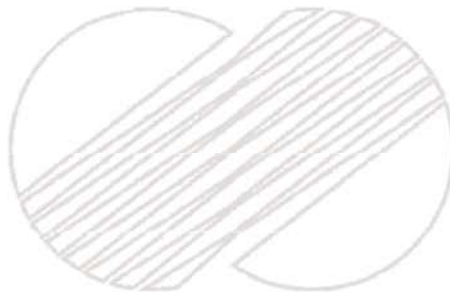
표 목 차

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
10A-1	보조급수계통 SPR 분석요구 과도사건 신뢰도분석 결과	10A-15
10A-2	보조급수계통 추가 원자로정지유발 과도사건 신뢰도분석 결과	10A-16
10A-3	LMFW 사건에 대한 최소단절집합 (공통원인고장 고려, 평균값 이용)	10A-17
10A-4	LMFW 사건에 대한 최소단절 집합 (공통원인고장 불고려, 평균값 이용)	10A-19
10A-5	LOOP 사건에 대한 최소단절집합 (공통원인고장 고려, 평균값 이용)	10A-21
10A-6	LOOP 사건에 대한 최소단절집합 (공통원인고장 불고려, 평균값 이용)	10A-23
10A-7	SBO 사건에 대한 최소단절집합 (공통원인고장 고려, 평균값 이용)	10A-25
10A-8	SBO 사건에 대한 최소단절집합 (공통원인고장 불고려, 평균값 이용)	10A-27
10A-9	LMFW 사건에 대한 최소단절집합 (공통원인고장 고려, 평균값 이용)	10A-29
10A-10	LMFW 사건에 대한 최소단절집합 (공통원인고장 불고려, 평균값 이용)	10A-31
10A-11	LOOP 사건에 대한 중요도분석 결과 (공통원인고장 고려, 평균값 이용)	10A-33
10A-12	LOOP 사건에 대한 중요도분석 결과 (공통원인고장 불고려, 평균값 이용)	10A-35
10A-13	SBO 사건에 대한 중요도분석 결과 (공통원인고장 고려, 평균값 이용)	10A-37
10A-14	SBO 사건에 대한 중요도분석 결과 (공통원인고장 불고려, 평균값 이용)	10A-39

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 목 차(계속)

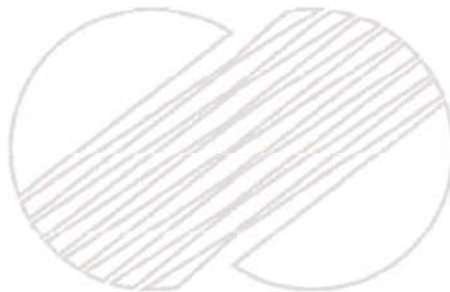
<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
10A-15	정량화에 사용된 고장율 데이터	10A-41
10A-16	보조급수계통 신뢰도분석에 사용된 공통원인 변수	10A-65



울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

그림 목차

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>
10A-1	보조급수계통의 단순계통도
10A-2	울진 5,6호기 및 한국 표준형원전의 보조급수계통 신뢰도분석 결과 비교
10A-3	울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목



울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

부록 10A 보조급수계통 신뢰도분석

10A.1 개요

10A.1.1 배경

Three Mile Island 원자력발전소 사고와 관련한 다수의 연구결과, 보조급수계통이 그와 같은 사고를 완화하기 위한 가장 중요한 기능을 담당할 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 10 CFR 50.34(f)(1)(ii)에서는 보조급수계통의 신뢰도분석을 수행하여 제출할 것을 요구하고 있으며, 1980년 3월 10일자의 NRC letter(참고문헌 1) 와 NUREG-0800(SRP), Section 10.4.9(참고문헌 2) 및 NUREG-0737, Item ILE.1.1(참고문헌 3)은 NUREG-0635(참고문헌 4)에 기술된 것과 유사한 방법으로 주급수계통 상실시의 3가지 과도사건 조건하에서 보조급수계통의 신뢰도분석을 요구하였다.

10A.1.2 분석 목적 및 범위

이 분석의 목적은 현재의 보조급수계통의 설계가 SRP 10.4.9에 규정된 규제요건을 만족시킴을 보여주기 위한 것이다.

울진 5,6호기 보조급수계통의 신뢰도분석은 NUREG-0635에서 검토할 것을 요구하고있는 다음과 같은 과도사건에 대해 수행하였다.

- 1) 주급수상실과 원자로정지(LMFW)
- 2) 소외전원상실에 따른 주급수상실과 원자로정지(LOOP)
- 3) 발전소정전사고에 따른 주급수상실과 원자로정지(SBO)

그리고 추가적으로 주급수상실로 인한 원자로정지를 유발시키는 다음 5가지 과도사건에 대한 신뢰도분석을 수행하였다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

- 1) 기기냉각수상실사고에 따른 주급수상실과 원자로정지(LOCCW)
- 2) 4.16KV 교류전원상실사고에 따른 주급수상실과 원자로정지(LOKV)
- 3) 125V 직류전원상실사고에 따른 주급수상실과 원자로정지(LODC)
- 4) 대형 2차측파단사고에 따른 주급수상실과 원자로정지(LSSB)
- 5) 증기발생기세관파단사고에 따른 주급수상실과 원자로정지(SGTR)

10A.1.3 분석 방법

이 분석은 NUREG/CR-2300(참고문헌 5)의 고장수목의 구성 및 평가방법을 기본으로 수행하였다. 고장수목분석 방법과 고장을 데이터는 울진 5,6호기 확률론적안전성평가보고서(참고문헌 6)와 EPRI URD(참고문헌 7)에 근거하였으며, 최소단절집합은 NUPRA 전산코드(참고문헌 8)를 이용하여 구하였다. 모든 능동기기 및 단일고장 피동기기를 포함하는 고장수목으로부터 최소단절집합을 구할 수 있고 여기에는 공통원인고장과 운전원오류도 포함된다.

10A.1.4 허용 기준

NUREG-0800, Section 10.4.9 보조급수계통 II.5.C에 따르면 보조급수계통 이용불능도는 NUREG-0635에 사용된 방법을 사용한 분석에서 다양한 주급수상실사고에 대해 $1.0E-4$ 에서 $1.0E-5$ 의 이용불능도를 가질 것을 요건으로 제시하고 있다.

10A.2 계통 설명

본 절에서는 보조급수계통의 주요 기능 및 계통운전을 기술하였으며 상세한 내용은 10.4.9절에 기술되어있다.

10A.2.1 보조급수계통의 기능과 일반 설명

보조급수계통은 주급수계통이 가상사고로 인해 급수를 공급하지 못할 때, 정지냉각계통이 기동하는 시점까지의 원자로냉각기간 동안 증기발생기로 급수를 공급하는 공학적안전설

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

비이다.

울진 5,6호기의 보조급수계통의 단순계통도가 그림 10A-1에 나타나 있다. 보조급수계통은 독립된 2개의 부계열로 구성되며, 각 부계열은 전동기구동펌프와 증기터빈구동펌프로 구성된다. 각 부계열은 해당 증기발생기에 급수를 공급할 수 있도록 설계되었다. 전동기구동펌프와 증기터빈구동펌프의 조합은 펌프의 구동력에 대한 다양성을 확보하기 위한 것이다. 보조급수펌프 터빈은 증기 구동, 수평 1단 비압축성 기기이며, 공급되는 구동용 증기는 주증기계통의 주증기 격리밸브 전단에 있는 주증기배관에서 취한다.

1차적으로 사용되는 보조급수는 복수저장탱크에 저장된 급수이다. 또한 탈염수저장탱크 그리고/또는 원수탱크(raw water tank)의 저장수를 복수공급헤드를 통해 대체 급수로 사용할 수 있다.

10A.2.2 계통 운전

보조급수계통은 정상적인 발전소 기동/정지 시에는 사용되지 않는다. 이 계통은 공학적안전설비의 하나로서 보조급수작동신호에 따라 증기발생기에 충분한 급수를 제공하여 원자로냉각재로부터 노심 잔열을 제거하는 기능을 수행한다. 보조급수작동신호는 다음중 하나의 신호에 의해 발생된다.

- 1) 증기발생기 저수위
- 2) 수동 작동

보조급수작동신호는 관련 증기발생기에 보조급수를 공급하기 위하여 2대의 보조급수펌프를 동시에 기동시키며 보조급수계통 조절밸브를 자동 조절 모드로 전환시키고 격리밸브들을 정렬시킨다. 증기발생기 수위는 보조급수조절밸브와 격리밸브들에 의해 유지되고, 보조급수펌프는 지속적으로 운전된다. 손상된 증기발생기에 보조급수 공급을 차단시키기 위해서는 운전원에 의하여 수동으로 손상된 증기발생기로 통하는 2개의 유로 상에 설치된 보조급수조절밸브와 격리밸브들중 하나씩을 각각 닫으면 된다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

증기발생기 수위는 보조급수조절밸브의 작동에 의해 MOD-HIGH 수위와 MOD-LOW 수위 사이에서 안정화되며, 이러한 수위제어는 사고가 종결될 때까지 계속된다. 보조급수조절밸브는 정상시 개방상태이며, 솔레노이드밸브의 구동력이 상실되는 경우와 같이 고장시 개방상태가 된다. 만약 보조급수조절밸브가 고장개방되어 제어가 불가능하게 되면 보조급수격리밸브를 이용하여 사고가 종결될 때까지 증기발생기 수위를 제어한다.

10A.3 신뢰도 분석

10A.3.1 분석 방법

본 신뢰도분석을 위해서 이용된 고장수목은 울진 5,6호기 확률론적안전성평가보고서에 사용된 것과 동일하다. 기기고장을 데이터도 동일한 값을 사용하였으며, 이들 자료에 이용가능한 데이터가 없는 경우는 EPRI URD 데이터를 이용하였다

보조급수계통의 고장수목은 그림 10A-3에 나타내었으며 정량화에 이용된 기기고장을 데이터는 표 10A-15에 나타내었고 공통원인 변수들은 표 10A-16에 나타내었다.

이들 데이터를 이용한 정량화 과정을 통하여 주요 최소단절집합을 구하고 중요도분석을 수행하였다.

본 분석에서 사용된 성공기준, 용어 정의 및 가정사항들은 다음과 같다.

1) 성공 기준

울진 5,6호기의 보조급수계통 각 계열들은 100% 용량의 펌프를 포함한 2개의 부계열들로 구성된다. 보조급수펌프의 100% 용량은 증기발생기 수위를 정상상태로 유지하기 위한 최소한의 요구량 500gpm ($1.89\text{m}^3/\text{분}$)에 기초하여 결정되었으며, 주급수상실사고가 발생하는 경우 보조급수계통의 운전 성공기준은 적어도 1대의 펌프 및 그와 관련된 부계열의 밸브들이 운전가능하고 1대의 증기발생기로 급수를 공급할 수 있어야 한다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

2) 수행시간

보조급수계통은 모든 과도사건에 대하여 정지냉각계통이 가동될 때까지 지속적인 운전이 가능하여야 하며, 이러한 조건과 기기의 가동중고장율(running failure rate)의 결정 등을 위한 지속적인 기능 수행시간을 24시간으로 가정하였다.

3) 고장

부분적으로 성공적인 기능을 수행하는 능동 및 피동기기는 고장으로 간주된다. 즉, 이 분석에서는 모든 기기 및 운전원 행위는 완전한 성공 또는 완전한 실패로만 고려된다.

10A.3.2 결과 및 결론

분석 결과는 표 10A-1 및 10A-2에 제시하였다. 표에서 제시된 바와 같이 울진 5,6호기 보조급수계통의 신뢰도는 SRP 10.4.9에 규정된 규제요건을 만족시킴을 알 수 있다.

각 사고에 대한 주요 최소단절집합들은 표 10A-3부터 표 10A-8까지에 나타나 있다. 또한 각 사고에 대한 중요도분석 결과는 표 10A-9부터 표 10A-14까지에 수록하였다.

또한, 울진 5,6호기 보조급수계통의 신뢰도와 한국 표준형원전의 보조급수계통 신뢰도(참고문헌 9)와의 비교가 그림 10A-2에 나타나 있다.

10A.3.3 결과 설명

여기서는 NUREG-0635 분석대상인 3가지 과도사건에 대하여 공통원인고장을 고려한 경우와 고려하지 않은 경우에 대해서 각각 정량화 과정을 통해 얻어진 주요 최소단절집합과 중요도분석 결과를 설명한다.

10A.3.3.1 주급수상실과 원자로정지(LMFW)

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

가. 공통원인고장 고려 경우

이 경우의 정점사건 이용불능도는 1.00×10^{-5} 로 나타났으며 최소단절집합들은 표 10A-3에 나타나 있다. 주요 최소단절집합들은 다음의 5가지이다.

- 1) 증기발생기 1 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1048과 증기발생기2 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1049의 공통원인고장은 정점사건 이용불능도의 20.8%를 차지하는 주요 기본사건이다.
- 2) 증기발생기 1 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1007A와 증기발생기2 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1007B의 공통원인고장은 정점사건 이용불능도의 20.8%를 차지하는 주요 기본사건이다.
- 3) 각 펌프의 최소유량 우회배관상에 있는 역류방지밸브들(CV-1012A/B, CV-1014A/B)의 공통원인고장은 정점사건 이용불능도의 16.8%를 차지하는 주요 기본사건이다
- 4) 각 펌프 후단에 있는 역류방지밸브들(CV-1003A/B, CV-1004A/B)의 공통원인고장은 정점사건 이용불능도의 16.8%를 차지하는 주요 기본사건이다
- 5) 모터구동펌프의 공통원인고장과 터빈구동펌프의 공통원인고장은 정점사건 이용불능도의 3.3%를 차지하는 주요 기본사건이다.

위의 5가지 주요 최소단절집합들은 정점사건 이용불능도의 약 78.5% 를 차지하고 있다.

이 경우의 Fussel-Vessely 중요도분석 결과를 표 10A-9에 나타내었으며 주요한 기본사건은 다음과 같다.

- 1) 증기발생기 1 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1048과 증기발생기2 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1049의 공통원인고장은 정점사건에 20.8%를 기여하는 주요 기본사건이다.
- 2) 증기발생기 1 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1007A와 증기발생기2 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1007B의 공통원인고장은 정점사건에 20.8%를 기여하는 주요 기본사건이다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

- 3) 각 펌프의 최소유량 우회배관상에 있는 역류방지밸브들(CV-1012/B, CV-1014 A/B)의 공통원인고장은 정점사건에 16.8%를 기여하는 주요 기본사건이다.
- 4) 각 펌프 후단에 있는 역류방지밸브들(CV-1003A/B, CV-1004A/B)의 공통원인고장은 정점사건에 16.8%를 기여하는 주요 기본사건이다.
- 5) 터빈구동펌프의 공통원인고장은 정점사건에 8.7%를 기여하는 주요 기본사건이다.
- 6) 모터구동펌프의 공통원인고장은 정점사건에 6.8%를 기여하는 주요 기본사건이다.

나. 공통원인고장 불고려 경우

이 경우의 정점사건 이용불능도는 9.99×10^{-7} 로 나타났으며 최소단절집합들은 표 10A-4에 나타나 있다. 주요 최소단절집합들은 다음의 6가지이다.

- 1) DPS 신호발생기기의 고장과 운전원의 AFAS신호 발생실패 및 AFAS 신호발생기기의 고장 사건 조합은 정점사건 이용불능도의 9.1%를 차지한다.
- 2) DPS 신호발생기기의 고장과 운전원의 AFAS신호 발생실패 및 AFAS Bistable에 대한 운전원의 보정오류 사건 조합은 정점사건 이용불능도의 5.7%를 차지한다.
- 3) 증기발생기 1 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1007A와 증기발생기 2 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1007B의 닫힘 사건 조합은 정점사건 이용불능도의 4.0%를 차지한다.
- 4) 증기발생기 1 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1048과 증기발생기 2 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1007B의 닫힘 사건 조합은 정점사건 이용불능도의 4.0%를 차지한다.
- 5) 증기발생기 1 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1048과 증기발생기 2 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1049의 닫힘사건 조합은 정점사건 이용불능도의 4.0%를 차지한다.
- 6) 증기발생기 1 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1007A와 증기발생기 2 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1049의 닫힘 사건 조합은 정점사건 이용불능도의 4.0%를 차지한다.

위의 6가지 주요 최소단절집합들은 정점사건 이용불능도의 약 30.8%를 차지하고 있다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

이 경우의 Fussel-Vessely 중요도분석 결과를 표 10A-10에 나타내었으며 주요한 기본사건은 다음과 같다.

- 1) 각 터빈구동펌프의 기동실패 사건들은 정점사건에 20.7%의 기여를 하는 주요 기본사건들이다.
- 2) 증기발생기 1 입구측 역류방지밸브 CV-1048, CV-1007A와 증기발생기 2 입구측 밸브 CV-1049, CV-1007B의 개방실패 사건들은 각각 정점사건에 18.7%의 기여를 하는 주요 기본사건들이다.
- 3) 운전원의 AFAS신호 발생 실패 및 AFAS 신호발생기기의 고장 사건들은 각각 정점사건에 14.8%의 기여를 하는 주요 기본사건들이다.
- 4) 각 모터구동펌프의 운전중 고장사건들은 정점사건에 10.5%의 기여를 하는 주요 기본사건들이다.
- 5) 각 터빈구동펌프의 운전중 고장사건들은 정점사건에 9.9%의 기여를 하는 주요 기본사건들이다.

10A.3.3.2 소외전원상실에 따른 주급수상실과 원자로정지(LOOP)

가. 공통원인고장 고려 경우

이 경우의 정점사건 이용불능도는 3.05×10^{-5} 로 나타났으며 최소단절집합들은 표 10A-5에 나타나 있다. 주요 최소단절집합들은 다음의 5가지이다.

- 1) AAC 디젤발전기를 포함하는 3대의 비상디젤발전기 작동중 공통원인고장 사건과 2대의 터빈구동펌프의 기동 공통원인고장 사건의 조합은 정점사건 이용불능도의 18.9%를 차지한다.
- 2) 증기발생기 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1048와 CV-1049의 공통원인고장은 정점사건 이용불능도의 6.8%를 차지한다.
- 3) 증기발생기 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1007A와 CV-1007B의 공통원인고장은 정점사건 이용불능도의 6.8%를 차지한다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

- 4) 각 펌프의 최소유량 우회배관상에 있는 역류방지밸브들(CV-1012A/B, CV-1014A/B)의 공통원인고장은 정점사건 이용불능도의 5.5%를 차지하는 주요 기본사건이다
- 5) 각 펌프 후단에 있는 역류방지밸브들(CV-1003A/B, CV-1004A/B)의 공통원인고장은 정점사건 이용불능도의 5.5%를 차지하는 주요 기본사건이다

위의 5가지 주요 최소단절집합들은 정점사건 이용불능도의 약 43.5% 를 차지하고 있다.

이 경우의 Fussel-Vessely 중요도분석 결과를 표 10A-11에 나타내었으며 주요한 기본사건은 다음과 같다.

- 1) AAC 디젤발전기를 포함하는 3대의 비상디젤발전기 작동중 공통원인고장 사건은 정점사건에 40.1% 의 기여를 하는 주요 기본사건이다.
- 2) 2대의 터빈구동펌프의 기동 공통원인고장 사건은 정점사건에 32.6% 의 기여를 하는 주요 기본사건이다.
- 3) 터빈구동펌프 01PB의 기동고장 사건은 정점사건에 15.2% 의 기여를 하는 주요 기본사건이다.
- 4) 비상디젤발전기 작동중 고장 기본사건(A 계열)은 정점사건에 14.8% 의 기여를 하는 주요 기본사건이다.
- 5) 터빈구동펌프 02PA의 기동고장 사건은 정점사건에 13.5% 의 기여를 하는 주요 기본사건이다.

나. 공통원인고장 불고려 경우

이 경우의 정점사건 이용불능도는 4.26×10^{-6} 로 나타났으며 최소단절집합들은 표 10A-6에 나타나 있다. 주요 최소단절집합들은 다음의 6가지이다.

- 1) 비상디젤발전기 작동중 고장(A 계열) 기본사건과 증기발생기 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1049의 열림실패 및 터빈구동펌프 TDP01B의 기동 실패 사건의 조합은 정점사건 이용불능도의 4.1%를 차지한다.
- 2) 비상디젤발전기 작동중 고장(A 계열) 기본사건과 증기발생기 입구측 공통배관상의

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

역류방지밸브 CV-1007B의 열림실패 및 터빈구동펌프 TDP01B의 기동 실패 사건의 조합은 정점사건 이용불능도의 4.1%를 차지한다.

- 3) DPS 신호발생기기의 고장 과 운전원의 AFAS 발생실패 및 AFAS 신호발생기기의 고장 사건 조합은 정점사건 이용불능도의 2.1%를 차지한다.
- 4) 비상디젤발전기 작동중 고장(A 계열) 기본사건과 증기발생기 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1049의 열림실패 및 터빈구동펌프의 작동중 고장 사건의 조합은 정점사건 이용불능도의 1.9%를 차지한다.
- 5) 비상디젤발전기 작동중 고장(A 계열) 기본사건과 증기발생기 입구측 공통배관상의 역류방지밸브 CV-1007B의 열림실패 및 터빈구동펌프의 작동중 고장 사건의 조합은 정점사건 이용불능도의 1.9%를 차지한다.

위의 5가지 주요 최소단절집합들은 정점사건 이용불능도의 약 14.1% 를 차지하고 있다.

이 경우의 Fussel-Vessely 중요도분석 결과를 표 10A-12에 나타내었으며 주요한 기본사건은 다음과 같다.

- 1) 비상디젤발전기 작동중 고장 기본사건은(A 계열) 은 정점사건에 52.5%의 기여를 하는 주요 기본사건이다.
- 2) 터빈구동펌프 01B의 기동실패 기본사건은 정점사건에 40.7%의 기여를 하는 주요 기본사건이다.
- 3) 터빈구동펌프 02A의 기동실패 기본사건은 정점사건에 29.5%의 기여를 하는 주요 기본사건이다.
- 4) 터빈구동펌프 01B의 운전중 고장 기본사건은 정점사건에 19.4%의 기여를 하는 주요 기본사건이다.
- 5) 비상디젤발전기 작동중 고장 기본사건은(B 계열) 는 정점사건에 17.1%의 기여를 하는 주요 기본사건이다

10A.3.3.3 발전소정전사고에 따른 주급수상실과 원자로정지(SBO)

가. 공통원인고장 고려 경우

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

이 경우의 정점사건 이용불능도는 2.48×10^{-3} 로 나타났으며 최소단절집합들은 표 10A-7에 나타나 있다. 주요 최소단절집합들은 다음의 6가지이다.

- 1) 2대의 터빈구동펌프의 기동 공통원인고장 사건은 정점사건 이용불능도의 48.3%를 차지한다.
- 2) 터빈구동펌프 01B의 기동실패사건과 터빈구동펌프 02A 기동실패사건의 조합은 정점사건 이용불능도의 9.1%를 차지하는 주요 기본사건이다.
- 3) 증기공급배관의 공기구동밸브(V109, V110) 들의 열림 공통원인고장 사건은 정점사건 이용불능도의 5.3%를 차지한다.
- 4) 증기격리 공기구동밸브 (V009, V010) 들의 열림 공통원인고장 사건은 정점사건 이용불능도의 5.3%를 차지한다.
- 5) 터빈구동펌프 01B의 기동실패사건과 터빈구동펌프 02A의 운전중 고장 기본사건들의 조합은 정점사건 이용불능도의 4.3%를 차지한다.
- 6) 터빈구동펌프 01B의 운전중 고장 기본사건과 터빈구동펌프 02A의 기동실패 기본사건들의 조합은 정점사건 이용불능도의 4.3%를 차지한다.

위의 6가지 주요 최소단절집합들은 정점사건 이용불능도의 약 76.6%를 차지하고 있다.

이 경우의 Fussel-Vessely 중요도분석 결과를 표 10A-13에 나타내었으며 주요한 기본사건은 다음과 같다.

- 1) 2대의 터빈구동펌프의 기동 공통원인고장 사건은 정점사건에 48.3%의 기여를 하는 주요 기본사건이다.
- 2) 터빈구동펌프 02A의 기동실패 기본사건은 정점사건에 19.2%의 기여를 하는 주요 기본사건이다.
- 3) 터빈구동펌프 01B의 기동실패 기본사건은 정점사건에 19.1%의 기여를 하는 주요 기본사건이다.
- 4) 각 터빈구동펌프의 가동중 고장 기본사건은 정점사건에 9.2%의 기여를 하는 주요 기본사건들이다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

나. 공통원인고장 불고려 경우

이 경우의 정점사건 이용불능도는 9.88×10^{-4} 로 나타났으며 최소단절집합들은 표 10A-8 에 나타나 있다. 주요 최소단절집합들은 다음의 6가지이다.

- 1) 각 터빈구동펌프의 기동 실패 기본사건들의 조합은 정점사건 이용불능도의 22.8%를 차지한다.
- 2) B계열 터빈구동펌프의 작동중 고장 기본사건과 A계열 터빈구동펌프의 기동 실패 기본사건의 조합은 정점사건 이용불능도의 10.9%를 차지한다.
- 3) A계열 터빈구동펌프의 작동중 고장 기본사건과 B계열 터빈구동펌프의 기동 실패 기본사건의 조합은 정점사건 이용불능도의 10.9%를 차지한다.
- 4) 각 터빈구동펌프의 작동중 고장 기본사건들의 조합은 정점사건 이용불능도의 5.2%를 차지한다.
- 5) B계열 터빈구동펌프의 기동 실패 기본사건과 A계열 터빈구동펌프의 시험 및 보수로 인한 이용불능 기본사건의 조합은 정점사건 이용불능도의 5.2%를 차지한다.
- 6) A계열 터빈구동펌프의 기동 실패 기본사건과 B계열 터빈구동펌프의 시험 및 보수로 인한 이용불능 기본사건의 조합은 정점사건 이용불능도의 5.2%를 차지한다.

위의 6가지 주요 최소단절집합들은 정점사건 이용불능도의 약 60.2%를 차지하고 있다.

이 경우의 Fussel-Vessely 중요도분석 결과를 표 10A-14에 나타내었으며 주요한 기본사건은 다음과 같다.

- 1) 터빈구동펌프 02A의 기동 실패 기본사건은 정점사건에 48.1%의 기여를 하는 주요 기본사건이다.
- 2) 터빈구동펌프 01B의 기동 실패 기본사건은 정점사건에 47.9%의 기여를 하는 주요 기본사건이다.
- 3) 터빈구동펌프 02A의 가동중 고장 기본사건은 정점사건에 23.1%의 기여를 하는 주요 기본사건이다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

- 4) 터빈구동펌프 01B의 가동중 고장 기본사건은 정점사건에 23.0%의 기여를 하는 주요 기본사건이다.

10A.4 참고문헌

1. NRC Letter of March 10, 1980, To all Pending Operating License Applicants of Nuclear Steam Supply Systems Designed by Westinghouse and Combustion Engineering.

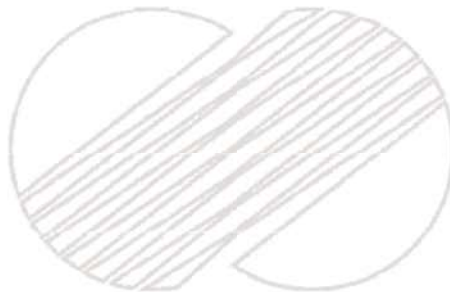
Subject : Actions Required from Operating License Applicants of Nuclear Steam Supply Systems Designed by Westinghouse and Combustion Engineering Resulting from the NRC Bulletins and Orders Task Force Review Regarding the Three Mile Island Unit 2 Accident.

2. NUREG-0800, Section 10.4.9, "Standard Review Plan for Auxiliary Feedwater System," Rev.2, 1981.
3. NUREG-0737, "Clarification of TMI Action Plan Requirements," November, 1980
4. NUREG-0635, "Generic Evaluation of Feedwater Transients and Small Break Loss of Coolant Accidents in Combustion Engineering Designed Operating Plants," 1982.
5. NUREG/CR-2300, "PRA Procedures Guide," 1982
6. 한국수력원자력주식회사, "울진5,6호기 확률론적 안전성 평가(Ⅱ단계 연구)(최종보고서)," 98NJ14, 2002.6.
7. EPRI(Electric Power Research Institute), "Advanced Light Water Reactor Utility Requirements Document, ALWR Evolutionary Plant, PRA Key Assumptions and Groundrules," Volume II, Chapter I, Appendix A, August 1990.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

8. NUS-5218, "NUPRA - The NUS Probabilistic Risk Assessment Workstation," Version 1.2, NUS Corporation, Nov. 1989.
9. 한국수력원자력주식회사, "영광원자력발전소5,6호기 최종안전성분석보고서," 부록 10A.



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

표 10A-1

보조급수계통 SRP 분석요구 과도사건 신뢰도분석 결과

과도 사건 ¹⁾		울진 5,6호기 보조급수계통 이용불능도	영광 5,6호기 보조급수계통 이용불능도
		평균값	평균값
주급수상실사고 (LMFW)	CCF	1.00×10^{-5} ²⁾	1.02×10^{-5}
	IND	9.99×10^{-7} ³⁾	9.97×10^{-7}
소외전원상실사고 (LOOP)	CCF	3.05×10^{-5} ³⁾	5.46×10^{-5}
	IND	4.26×10^{-6} ³⁾	7.41×10^{-6}
발전소정전사고 (SBO)	CCF	2.48×10^{-3} ³⁾	2.76×10^{-3}
	IND	9.88×10^{-4} ³⁾	1.05×10^{-3}

1) CCF : 공통원인고장 고려
IND : 공통원인고장 불고려

2) 이 값은 SRP 규제요건에 해당되며 요건을 만족한다.

3) 이 값은 SRP 규제요건에 해당되지 않는다.

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

표 10A-2

보조급수계통 추가 원자로정지유발 과도사건 신뢰도분석 결과

과도 사건 ¹⁾		울진 5,6호기 보조급수계통 이용불능도	영광 5,6호기 보조급수계통 이용불능도
		평균값	평균값
기기냉각수상실사고 (LOCCW)	CCF	$6.19 \times 10^{-5} \text{ } ^2)$	6.45×10^{-5}
	IND	$3.02 \times 10^{-5} \text{ } ^2)$	2.97×10^{-5}
4.16KV 교류모션상실사고(LOKV)	CCF	$6.19 \times 10^{-5} \text{ } ^2)$	6.55×10^{-5}
	IND	$3.02 \times 10^{-5} \text{ } ^2)$	3.02×10^{-5}
125V 직류전원상실사고 (LODC)	CCF	$5.24 \times 10^{-4} \text{ } ^2)$	5.31×10^{-4}
	IND	$5.15 \times 10^{-4} \text{ } ^2)$	5.15×10^{-4}
대형2차측파단사고(LSSB)	CCF	$9.47 \times 10^{-4} \text{ } ^2)$	9.47×10^{-4}
	IND	$9.36 \times 10^{-4} \text{ } ^2)$	9.36×10^{-4}
증기발생기세관파단사고(SGTR)	CCF	$9.47 \times 10^{-4} \text{ } ^2)$	9.47×10^{-4}
	IND	$9.36 \times 10^{-4} \text{ } ^2)$	9.36×10^{-4}

1) CCF : 공통원인고장 고려, IND : 공통원인고장 불고려

2) 이 값은 SRP 규제요건에 해당되지 않는다.

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-3 (2 중 1)

LMFW 사건에 대한 최소단절집합 (공통원인고장 고려, 평균값 이용)

이용불능도 = 1.00E-05

1	2.0800E-006	AFCVW10489		
2	2.0800E-006	AFCVW1007AB		
3	1.6800E-006	AFCVW101214		
4	1.6800E-006	AFCVW10034		
5	3.3000E-007	AFMPW12	AFTPW12	
6	9.0675E-008	FSOPVAFAS	FSSKZAFAS	FSSKZDPS
7	7.2000E-008	AFTPW12	HCCQW0013	
8	6.1875E-008	AFMPW12	AFTPS01PB	AFTPS02PA
9	5.7114E-008	FSOPHBIAFAS	FSOPVAFAS	FSSKZDPS
10	4.0000E-008	AFCVO1048	AFCVO1049	
11	4.0000E-008	AFCVO1007A	AFCVO1049	
12	4.0000E-008	AFCVO1007B	AFCVO1048	
13	4.0000E-008	AFCVO1007A	AFCVO1007B	
14	3.6025E-008	AFMPW12	ATAVW00910	
15	3.6025E-008	AFMPW12	ATAVW109110	
16	3.3960E-008	AFTPW12	CWMPKRUN	
17	2.9700E-008	AFMPW12	AFTPR02PA	AFTPS01PB
18	2.9700E-008	AFMPW12	AFTPR01PB	AFTPS02PA
19	2.8800E-008	AFTPW12	HCCQKCCP	
20	2.8800E-008	AFTPW12	CWCUKRUN	

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-3 (2 중 2)

이용불능도 = 1.00E-05

21	2.8800E-008	AFTPW12	HHABKESWP	
22	2.8800E-008	AFTPW12	HCCQK0013	
23	1.5552E-008	AFMPR01PA	AFMPR02PB	AFTPW12
24	1.4688E-008	AFMPM02PB	AFMPR01PA	AFTPW12
25	1.4688E-008	AFMPM01PA	AFMPR02PB	AFTPW12
26	1.4256E-008	AFMPW12	AFTPR01PB	AFTPR02PA
27	1.4025E-008	AFMPW12	AFTPM02PA	AFTPS01PB
28	1.4025E-008	AFMPW12	AFTPM01PB	AFTPS02PA
29	1.3500E-008	AFTPS01PB	AFTPS02PA	HCCQW0013
30	1.2960E-008	AFMPK12	AFTPW12	
31	1.2960E-008	AFMPR02PB	AFMPS01PA	AFTPW12
32	1.2960E-008	AFMPR01PA	AFMPS02PB	AFTPW12
33	1.2240E-008	AFMPM02PB	AFMPS01PA	AFTPW12
34	1.2240E-008	AFMPM01PA	AFMPS02PB	AFTPW12
35	1.0973E-008	AFMPR01PA	AFTPW12	HCCQMAFMP02B
36	1.0973E-008	AFMPR02PB	AFTPW12	HCCQMAFMP01A
37	1.0800E-008	AFMPS01PA	AFMPS02PB	AFTPW12
38	1.0800E-008	AFCVO1049	AFMPR01PA	AFTPS01PB
39	1.0800E-008	AFCVO1007B	AFMPR01PA	AFTPS01PB
40	1.0800E-008	AFCVO1048	AFMPR02PB	AFTPS02PA

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-4 (2 중 1)

LMFW 사건에 대한 최소단절집합 (공통원인고장 불고려, 평균값 이용)

이용불능도 = 9.99E-07

1	9.0675E-008	FSOPVAFAS	FSSKZAFAS	FSSKZDPS
2	5.7114E-008	FSOPHBIAFAS	FSOPVAFAS	FSSKZDPS
3	4.0000E-008	AFCVO1007A	AFCVO1007B	
4	4.0000E-008	AFCVO1007B	AFCVO1048	
5	4.0000E-008	AFCVO1048	AFCVO1049	
6	4.0000E-008	AFCVO1007A	AFCVO1049	
7	1.0800E-008	AFCVO1048	AFMPR02PB	AFTPS02PA
8	1.0800E-008	AFCVO1007A	AFMPR02PB	AFTPS02PA
9	1.0800E-008	AFCVO1049	AFMPR01PA	AFTPS01PB
10	1.0800E-008	AFCVO1007B	AFMPR01PA	AFTPS01PB
11	1.0200E-008	AFCVO1049	AFMPM01PA	AFTPS01PB
12	1.0200E-008	AFCVO1007A	AFMPM02PB	AFTPS02PA
13	1.0200E-008	AFCVO1048	AFMPM02PB	AFTPS02PA
14	1.0200E-008	AFCVO1007B	AFMPM01PA	AFTPS01PB
15	9.0000E-009	AFCVO1049	AFMPS01PA	AFTPS01PB
16	9.0000E-009	AFCVO1007A	AFMPS02PB	AFTPS02PA
17	9.0000E-009	AFCVO1048	AFMPS02PB	AFTPS02PA
18	9.0000E-009	AFCVO1007B	AFMPS01PA	AFTPS01PB
19	7.6200E-009	AFCVO1049	AFTPS01PB	HCCQMAFMP01A
20	7.6200E-009	AFCVO1007A	AFTPS02PA	HCCQMAFMP02B

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-4 (2 중 2)

이용불능도 = 9.99E-07

21	7.6200E-009	AFCVO1048	AFTPS02PA	HCCQMAFMP02B
22	7.6200E-009	AFCVO1007B	AFTPS01PB	HCCQMAFMP01A
23	6.6200E-009	AFCVO1007B	CDVVT1347	
24	6.6200E-009	AFCVO1007B	CDVVT1167	
25	6.6200E-009	AFCVO1049	CDVVT1167	
26	6.6200E-009	AFCVO1049	CDVVT1347	
27	6.6200E-009	AFCVO1007A	CDVVT1348	
28	6.6200E-009	AFCVO1048	CDVVT1348	
29	6.6200E-009	AFCVO1007A	CDVVT1196	
30	6.6200E-009	AFCVO1048	CDVVT1196	
31	5.1840E-009	AFCVO1007B	AFMPR01PA	AFTPR01PB
32	5.1840E-009	AFCVO1048	AFMPR02PB	AFTPR02PA
33	5.1840E-009	AFCVO1007A	AFMPR02PB	AFTPR02PA
34	5.1840E-009	AFCVO1049	AFMPR01PA	AFTPR01PB
35	4.8960E-009	AFCVO1007A	AFMPM02PB	AFTPR02PA
36	4.8960E-009	AFCVO1049	AFMPM01PA	AFTPR01PB
37	4.8960E-009	AFCVO1048	AFMPM02PB	AFTPR02PA
38	4.8960E-009	AFCVO1007B	AFMPM01PA	AFTPR01PB
39	4.3200E-009	AFCVO1007B	AFMPS01PA	AFTPR01PB
40	4.3200E-009	AFCVO1049	AFMPS01PA	AFTPR01PB

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-5 (2 중 1)

LOOP 사건에 대한 최소단절집합 (공통원인고장 고려, 평균값 이용)

이용불능도 = 3.05E-05

1	5.7600E-006	AFTPW12	EGDGK01ABET	
2	2.0800E-006	AFCVW10489		
3	2.0800E-006	AFCVW1007AB		
4	1.6800E-006	AFCVW101214		
5	1.6800E-006	AFCVW10034		
6	1.0800E-006	AFTPS01PB	AFTPS02PA	EGDGK01ABET
7	6.2880E-007	ATAVW00910	EGDGK01ABET	
8	6.2880E-007	ATAVW109110	EGDGK01ABET	
9	5.1840E-007	AFTPR02PA	AFTPS01PB	EGDGK01ABET
10	5.1840E-007	AFTPR01PB	AFTPS02PA	EGDGK01ABET
11	3.3000E-007	AFMPW12	AFTPW12	
12	2.4883E-007	AFMPR02PB	AFTPW12	EGDGR01A
13	2.4883E-007	AFTPR01PB	AFTPR02PA	EGDGK01ABET
14	2.4480E-007	AFTPM02PA	AFTPS01PB	EGDGK01ABET
15	2.4480E-007	AFTPM01PB	AFTPS02PA	EGDGK01ABET
16	2.3501E-007	AFMPM02PB	AFTPW12	EGDGR01A
17	2.2932E-007	AFTPW12	EGDGR01A	
		EGDGR01B	ESDGR01E	
18	2.0736E-007	AFMPS02PB	AFTPW12	EGDGR01A
19	1.9907E-007	AFTPW12	EGDGK01ABD	ESDGR01E
20	1.7556E-007	AFTPW12	EGDGR01A	HCCQMAFMP02B

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-5 (2 중 2)

이용불능도 = 3.05E-05

21	1.7280E-007	AFCVO1049	AFTPS01PB	EGDGR01A
22	1.7280E-007	AFCVO1007B	AFTPS01PB	EGDGR01A
23	1.6323E-007	AFTPW12	EGDGM01E	
		EGDGR01A	EGDGR01B	
24	1.6200E-007	AFTPW12	EGDGW01ABET	
25	1.4400E-007	AFTPS02PA	ATAVO010	EGDGK01ABET
26	1.4400E-007	AFTPS02PA	ATAVO110	EGDGK01ABET
27	1.4400E-007	AFTPS01PB	ATAVO109	EGDGK01ABET
28	1.4400E-007	AFTPS01PB	ATAVO009	EGDGK01ABET
29	1.4170E-007	AFTPW12	EGDGK01ABD	EGDGM01E
30	1.1750E-007	AFTPM02PA	AFTPR01PB	EGDGK01ABET
31	1.1750E-007	AFTPM01PB	AFTPR02PA	EGDGK01ABET
32	1.0368E-007	AFTPK12	EGDGK01ABET	
33	9.0675E-008	FSOPVAFAS	FSSKZAFAS	FSSKZDPS
34	8.2944E-008	AFCVO1049	AFTPR01PB	EGDGR01A
35	8.2944E-008	AFCVO1007B	AFTPR01PB	EGDGR01A
36	7.6800E-008	EDBYW125DC	EGDGK01ABET	
37	7.2000E-008	AFTPW12	HCCQW0013	
38	6.9120E-008	AFTPR01PB	ATAVO109	EGDGK01ABET
39	6.9120E-008	AFTPR01PB	ATAVO009	EGDGK01ABET
40	6.9120E-008	AFTPR02PA	ATAVO110	EGDGK01ABET

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-6 (2 중 1)

LOOP 사건에 대한 최소단절집합 (공통원인고장 불고려, 평균값 이용)

이용불능도 = 4.26E-06

1	1.7280E-007	AFCVO1049	AFTPS01PB	EGDGR01A
2	1.7280E-007	AFCVO1007B	AFTPS01PB	EGDGR01A
3	9.0675E-008	FSOPVAFAS	FSSKZAFAS	FSSKZDPS
4	8.2944E-008	AFCVO1049	AFTPR01PB	EGDGR01A
5	8.2944E-008	AFCVO1007B	AFTPR01PB	EGDGR01A
6	5.7114E-008	FSOPHBIAFAS	FSOPVAFAS	FSSKZDPS
7	4.6656E-008	AFMPR02PB	AFTPS01PB	EGDGR01A
		AFTPS02PA		
8	4.4064E-008	AFMPM02PB	AFTPS01PB	EGDGR01A
		AFTPS02PA		
9	4.2998E-008	AFTPS01PB	AFTPS02PA	ESDGR01E
		EGDGR01A	EGDGR01B	
10	4.2000E-008	AFCVO1049	AFTPS01PB	EGDGS01A
11	4.2000E-008	AFCVO1007B	AFTPS01PB	EGDGS01A
12	4.0000E-008	AFCVO1007A	AFCVO1007B	
13	4.0000E-008	AFCVO1007B	AFCVO1048	
14	4.0000E-008	AFCVO1048	AFCVO1049	
15	4.0000E-008	AFCVO1007A	AFCVO1049	
16	3.9168E-008	AFCVO1049	AFTPM01PB	EGDGR01A
17	3.9168E-008	AFCVO1007B	AFTPM01PB	EGDGR01A
18	3.8880E-008	AFMPS02PB	AFTPS01PB	EGDGR01A
		AFTPS02PA		
19	3.2918E-008	AFTPS01PB	AFTPS02PA	HCCQMAFMP02B
		EGDGR01A		
20	3.0606E-008	AFTPS01PB	AFTPS02PA	EGDGR01B
		EGDGM01E	EGDGR01A	

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-6 (2 중 2)

이용불능도 = 4.26E-06				
21	2.8598E-008	AFTPS01PB	CDVVT1196	EGDGR01A
22	2.8598E-008	AFTPS01PB	CDVVT1348	EGDGR01A
23	2.3040E-008	AFCVO1007B	ATAVO010	EGDGR01A
24	2.3040E-008	AFCVO1007B	ATAVO110	EGDGR01A
25	2.3040E-008	AFCVO1049	ATAVO110	EGDGR01A
26	2.3040E-008	AFCVO1049	ATAVO010	EGDGR01A
27	2.2395E-008	AFMPR02PB	AFTPR02PA	EGDGR01A
		AFTPS01PB		
28	2.2395E-008	AFMPR02PB	AFTPR01PB	EGDGR01A
		AFTPS02PA		
29	2.1151E-008	AFMPM02PB	AFTPR01PB	EGDGR01A
		AFTPS02PA		
30	2.1151E-008	AFMPM02PB	AFTPR02PA	EGDGR01A
		AFTPS01PB		
31	2.0639E-008	AFTPR02PA	AFTPS01PB	EGDGR01A
		EGDGR01B	ESDGR01E	
32	2.0639E-008	AFTPR01PB	AFTPS02PA	ESDGR01E
		EGDGR01A	EGDGR01B	
33	2.0160E-008	AFCVO1049	AFTPR01PB	EGDGS01A
34	2.0160E-008	AFCVO1007B	AFTPR01PB	EGDGS01A
35	1.8662E-008	AFMPS02PB	AFTPR02PA	EGDGR01A
		AFTPS01PB		
36	1.8662E-008	AFMPS02PB	AFTPR01PB	EGDGR01A
		AFTPS02PA		
37	1.5801E-008	AFTPR01PB	AFTPS02PA	HCCQMAFMP02B
		EGDGR01A		
38	1.5801E-008	AFTPR02PA	AFTPS01PB	HCCQMAFMP02B
		EGDGR01A		
39	1.4691E-008	AFTPR02PA	AFTPS01PB	EGDGR01B
		EGDGM01E	EGDGR01A	
40	1.4691E-008	AFTPR01PB	AFTPS02PA	EGDGR01B
		EGDGM01E	EGDGR01A	

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-7 (2 중 1)

SBO 사건에 대한 최소단절집합 (공통원인고장 고려, 평균값 이용)

이용불능도 = 2.48E-03

1	1.2000E-003	AFTPW12	
2	2.2500E-004	AFTPS01PB	AFTPS02PA
3	1.3100E-004	ATAVW109110	
4	1.3100E-004	ATAVW00910	
5	1.0800E-004	AFTPR02PA	AFTPS01PB
6	1.0800E-004	AFTPR01PB	AFTPS02PA
7	5.1840E-005	AFTPR01PB	AFTPR02PA
8	5.1000E-005	AFTPM01PB	AFTPS02PA
9	5.1000E-005	AFTPM02PA	AFTPS01PB
10	3.0000E-005	AFTPS01PB	ATAVO009
11	3.0000E-005	AFTPS01PB	ATAVO109
12	3.0000E-005	AFTPS02PA	ATAVO010
13	3.0000E-005	AFTPS02PA	ATAVO110
14	2.4480E-005	AFTPM02PA	AFTPR01PB
15	2.4480E-005	AFTPM01PB	AFTPR02PA
16	2.1600E-005	AFTPK12	
17	1.4400E-005	AFTPR02PA	ATAVO110
18	1.4400E-005	AFTPR02PA	ATAVO010
19	1.4400E-005	AFTPR01PB	ATAVO109
20	1.4400E-005	AFTPR01PB	ATAVO009

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-7 (2 중 2)

이용불능도 = 2.48E-03

21	6.8000E-006	AFTPM01PB	ATAVO009
22	6.8000E-006	AFTPM01PB	ATAVO109
23	6.8000E-006	AFTPM02PA	ATAVO010
24	6.8000E-006	AFTPM02PA	ATAVO110
25	5.6250E-006	AFTPS02PA	AFVVU1016B
26	5.6250E-006	AFTPS01PB	AFVVU1006A
27	5.6250E-006	AFTPS01PB	AFVVU1016A
28	5.6250E-006	AFTPS02PA	AFVVU1006B
29	4.0000E-006	ATAVO009	ATAVO010
30	4.0000E-006	ATAVO010	ATAVO109
31	4.0000E-006	ATAVO009	ATAVO110
32	4.0000E-006	ATAVO109	ATAVO110
33	3.0000E-006	AFCVO1004B	AFTPS02PA
34	3.0000E-006	AFCVO1014B	AFTPS02PA
35	3.0000E-006	AFTPS02PA	ATCVO1020B
36	3.0000E-006	AFCVO1014A	AFTPS01PB
37	3.0000E-006	AFTPS01PB	ATCVO1020A
38	3.0000E-006	AFCVO1004A	AFTPS01PB
39	3.0000E-006	AFCVO1007A	AFTPS02PA
40	3.0000E-006	AFCVO1048	AFTPS02PA

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-8 (2 중 1)

SBO 사건에 대한 최소단절집합 (공통원인고장 불고려, 평균값 이용)

이용불능도 = 9.88E-04

1	2.2500E-004	AFTPS01PB	AFTPS02PA
2	1.0800E-004	AFTPR01PB	AFTPS02PA
3	1.0800E-004	AFTPR02PA	AFTPS01PB
4	5.1840E-005	AFTPR01PB	AFTPR02PA
5	5.1000E-005	AFTPM02PA	AFTPS01PB
6	5.1000E-005	AFTPM01PB	AFTPS02PA
7	3.0000E-005	AFTPS01PB	ATAVO009
8	3.0000E-005	AFTPS01PB	ATAVO109
9	3.0000E-005	AFTPS02PA	ATAVO010
10	3.0000E-005	AFTPS02PA	ATAVO110
11	2.4480E-005	AFTPM02PA	AFTPR01PB
12	2.4480E-005	AFTPM01PB	AFTPR02PA
13	1.4400E-005	AFTPR02PA	ATAVO110
14	1.4400E-005	AFTPR02PA	ATAVO010
15	1.4400E-005	AFTPR01PB	ATAVO109
16	1.4400E-005	AFTPR01PB	ATAVO009
17	6.8000E-006	AFTPM02PA	ATAVO110
18	6.8000E-006	AFTPM02PA	ATAVO010
19	6.8000E-006	AFTPM01PB	ATAVO109
20	6.8000E-006	AFTPM01PB	ATAVO009

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-8 (2 중 2)

이용불능도 = 9.88E-04

21	5.6250E-006	AFTPS02PA	AFVVU1006B
22	5.6250E-006	AFTPS01PB	AFVVU1006A
23	5.6250E-006	AFTPS01PB	AFVVU1016A
24	5.6250E-006	AFTPS02PA	AFVVU1016B
25	4.0000E-006	ATAVO109	ATAVO110
26	4.0000E-006	ATAVO009	ATAVO110
27	4.0000E-006	ATAVO009	ATAVO010
28	4.0000E-006	ATAVO010	ATAVO109
29	3.0000E-006	AFCVO1004A	AFTPS01PB
30	3.0000E-006	AFCVO1014B	AFTPS02PA
31	3.0000E-006	AFTPS02PA	ATCVO1020B
32	3.0000E-006	AFCVO1004B	AFTPS02PA
33	3.0000E-006	AFCVO1049	AFTPS01PB
34	3.0000E-006	AFCVO1007B	AFTPS01PB
35	3.0000E-006	AFCVO1014A	AFTPS01PB
36	3.0000E-006	AFTPS01PB	ATCVO1020A
37	3.0000E-006	AFCVO1007A	AFTPS02PA
38	3.0000E-006	AFCVO1048	AFTPS02PA
39	2.7000E-006	AFTPR02PA	AFVVU1016B
40	2.7000E-006	AFTPR01PB	AFVVU1016A

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-9 (2 중 1)

LMFW 사건에 대한 중요도분석 결과 (공통원인고장 고려, 평균값 이용)

순위	기본사건	점 추정치	F-V 중요도	위험도달성가치	위험도감소가치
1	AFCVW10489	2.080E-006	2.081E-001	100043.73	1.263
2	AFCVW1007AB	2.080E-006	2.081E-001	100043.73	1.263
3	AFCVW101214	1.680E-006	1.681E-001	100043.77	1.202
4	AFCVW10034	1.680E-006	1.681E-001	100043.77	1.202
5	AFTPW12	1.200E-003	8.703E-002	73.44	1.095
6	AFMPW12	2.750E-004	6.799E-002	248.18	1.073
7	AFTPS02PA	1.500E-002	4.209E-002	3.76	1.044
8	AFTPS01PB	1.500E-002	4.209E-002	3.76	1.044
9	AFTPR01PB	7.200E-003	1.948E-002	3.69	1.020
10	AFTPR02PA	7.200E-003	1.948E-002	3.69	1.020
11	AFCVO1007A	2.000E-004	1.924E-002	97.17	1.020
12	AFCVO1048	2.000E-004	1.924E-002	97.17	1.020
13	AFCVO1007B	2.000E-004	1.924E-002	97.17	1.020
14	AFCVO1049	2.000E-004	1.924E-002	97.17	1.020
15	AFMPR02PB	3.600E-003	1.780E-002	5.93	1.018
16	AFMPR01PA	3.600E-003	1.780E-002	5.93	1.018
17	AFMPM02PB	3.400E-003	1.679E-002	5.92	1.017
18	AFMPM01PA	3.400E-003	1.679E-002	5.92	1.017
19	FSSKZDPS	1.600E-002	1.479E-002	1.91	1.015
20	FSOPVAFAS	3.680E-003	1.479E-002	5.00	1.015

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-9 (2 중 2)

순위	기본사건	점 추정치	F-V 중요도	위험도달성가치	위험도감소가치
21	AFMPS01PA	3.000E-003	1.475E-002	5.90	1.015
22	AFMPS02PB	3.000E-003	1.475E-002	5.90	1.015
23	HCCQW0013	6.000E-005	1.456E-002	243.60	1.015
24	HCCQMAFMP01A	2.540E-003	1.241E-002	5.87	1.013
25	HCCQMAFMP02B	2.540E-003	1.241E-002	5.87	1.013
26	FSSKZAFAS	1.540E-003	9.071E-003	6.88	1.009
27	ATAVW109110	1.310E-004	8.990E-003	69.62	1.009
28	ATAVW00910	1.310E-004	8.990E-003	69.62	1.009
29	AFTPM01PB	3.400E-003	8.631E-003	3.53	1.009
30	AFTPM02PA	3.400E-003	8.631E-003	3.53	1.009
31	CWMPKRUN	2.830E-005	6.745E-003	239.32	1.007
32	FSOPHBIAFAS	9.700E-004	5.714E-003	6.88	1.006
33	HHABKESWP	2.400E-005	5.681E-003	237.72	1.006
34	HCCQK0013	2.400E-005	5.681E-003	237.72	1.006
35	HCCQKCCP	2.400E-005	5.681E-003	237.72	1.006
36	CWCUKRUN	2.400E-005	5.681E-003	237.72	1.006
37	ATAVO109	2.000E-003	4.798E-003	3.39	1.005
38	ATAVO110	2.000E-003	4.798E-003	3.39	1.005
39	ATAVO009	2.000E-003	4.798E-003	3.39	1.005
40	ATAVO010	2.000E-003	4.798E-003	3.39	1.005

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-10 (2 중 1)

LMFW 사건에 대한 중요도분석 결과 (공통원인고장 불고려, 평균값 이용)

순위	기본사건	점 추정치	F-V 중요도	위험도달성가치	위험도감소가치
1	AFTPS01PB	1.500E-002	2.066E-001	14.57	1.260
2	AFTPS02PA	1.500E-002	2.065E-001	14.56	1.260
3	AFCVO1049	2.000E-004	1.874E-001	938.00	1.231
4	AFCVO1007B	2.000E-004	1.874E-001	938.00	1.231
5	AFCVO1007A	2.000E-004	1.873E-001	937.40	1.230
6	AFCVO1048	2.000E-004	1.873E-001	937.40	1.230
7	FSOPVAFAS	3.680E-003	1.480E-001	41.07	1.174
8	FSSKZDPS	1.600E-002	1.480E-001	10.10	1.174
9	AFMPR02PB	3.600E-003	1.050E-001	30.05	1.117
10	AFMPR01PA	3.600E-003	1.049E-001	30.03	1.117
11	AFTPR01PB	7.200E-003	9.909E-002	14.66	1.110
12	AFTPR02PA	7.200E-003	9.902E-002	14.65	1.110
13	FSSKZAFAS	1.540E-003	9.080E-002	59.87	1.100
14	AFMPS02PB	3.000E-003	8.746E-002	30.06	1.096
15	AFMPS01PA	3.000E-003	8.740E-002	30.05	1.096
16	AFMPM02PB	3.400E-003	7.319E-002	22.45	1.079
17	AFMPM01PA	3.400E-003	7.313E-002	22.44	1.079
18	FSOPHBIAFAS	9.700E-004	5.719E-002	59.91	1.061
19	HCCQMAFMP02B	2.540E-003	5.466E-002	22.47	1.058
20	HCCQMAFMP01A	2.540E-003	5.462E-002	22.45	1.058

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-10 (2 중 2)

순위	기본사건	점 추정치	F-V 중요도	위험도달성가치	위험도감소가치
21	CDVVT1348	3.310E-005	3.101E-002	937.81	1.032
22	CDVVT1196	3.310E-005	3.101E-002	937.81	1.032
23	CDVVT1167	3.310E-005	3.099E-002	937.22	1.032
24	CDVVT1347	3.310E-005	3.099E-002	937.22	1.032
25	AFTPM01PB	3.400E-003	3.005E-002	9.81	1.031
26	AFTPM02PA	3.400E-003	3.001E-002	9.80	1.031
27	ATAVO110	2.000E-003	2.741E-002	14.68	1.028
28	ATAVO010	2.000E-003	2.741E-002	14.68	1.028
29	ATAVO009	2.000E-003	2.739E-002	14.67	1.028
30	ATAVO109	2.000E-003	2.739E-002	14.67	1.028
31	HCCQS0013B	6.000E-004	1.744E-002	30.05	1.018
32	HCCQS0013A	6.000E-004	1.743E-002	30.03	1.018
33	HCSKAAFMP2B	9.250E-003	1.575E-002	2.69	1.016
34	HCOPVCQAFMP2B	5.860E-002	1.575E-002	1.25	1.016
35	HCSKAAFMP1A	9.250E-003	1.574E-002	2.69	1.016
36	HCOPVCQAFMP1A	5.860E-002	1.574E-002	1.25	1.016
37	AFVVU1015B	3.750E-004	1.088E-002	29.99	1.011
38	AFVVU1005B	3.750E-004	1.088E-002	29.99	1.011
39	AFVVU1005A	3.750E-004	1.087E-002	29.98	1.011
40	AFVVU1015A	3.750E-004	1.087E-002	29.98	1.011

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-11 (2 중 1)

LOOP 사건에 대한 중요도분석 결과 (공통원인고장 고려, 평균값 이용)

순위	기본사건	점 추정치	F-V 중요도	위험도달성가치	위험도감소가치
1	EGDGK01ABET	4.800E-003	4.007E-001	84.08	1.669
2	AFTPW12	1.200E-003	3.262E-001	272.52	1.484
3	AFTPS01PB	1.500E-002	1.518E-001	10.97	1.179
4	EGDGR01A	5.760E-002	1.480E-001	3.42	1.174
5	AFTPS02PA	1.500E-002	1.353E-001	9.89	1.157
6	AFTPR01PB	7.200E-003	7.262E-002	11.01	1.078
7	AFCVW1007AB	2.080E-006	6.815E-002	32763.67	1.073
8	AFCVW10489	2.080E-006	6.815E-002	32763.67	1.073
9	AFTPR02PA	7.200E-003	6.472E-002	9.92	1.069
10	EGDGR01B	5.760E-002	5.842E-002	1.96	1.062
11	AFCVW10034	1.680E-006	5.504E-002	32763.69	1.058
12	AFCVW101214	1.680E-006	5.504E-002	32763.69	1.058
13	ESDGR01E	5.760E-002	5.354E-002	1.88	1.057
14	EGDGM01E	4.100E-002	3.800E-002	1.89	1.039
15	EGDGS01A	1.400E-002	3.570E-002	3.51	1.037
16	ATAVW00910	1.310E-004	3.549E-002	271.87	1.037
17	ATAVW109110	1.310E-004	3.549E-002	271.87	1.037
18	EGDGK01ABD	2.880E-003	3.451E-002	12.95	1.036
19	AFTPM01PB	3.400E-003	3.062E-002	9.97	1.032
20	AFMPR02PB	3.600E-003	3.015E-002	9.35	1.031

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-11 (2 중 2)

순위	기본사건	점 추정치	F-V 중요도	위험도달성가치	위험도감소가치
21	AFMPM02PB	3.400E-003	2.581E-002	8.56	1.026
22	AFTPM02PA	3.400E-003	2.538E-002	8.44	1.026
23	AFMPS02PB	3.000E-003	2.511E-002	9.35	1.026
24	AFCVO1049	2.000E-004	2.501E-002	126.04	1.026
25	AFCVO1007B	2.000E-004	2.501E-002	126.04	1.026
26	AFMPW12	2.750E-004	2.226E-002	81.93	1.023
27	ATAVO010	2.000E-003	1.993E-002	10.95	1.020
28	ATAVO110	2.000E-003	1.993E-002	10.95	1.020
29	HCCQMAFMP02B	2.540E-003	1.925E-002	8.56	1.020
30	ATAVO109	2.000E-003	1.774E-002	9.85	1.018
31	ATAVO009	2.000E-003	1.774E-002	9.85	1.018
32	EGDGS01B	1.400E-002	1.392E-002	1.98	1.014
33	ESDGS01E	1.400E-002	1.279E-002	1.90	1.013
34	EGDGW01ABET	1.350E-004	1.125E-002	84.32	1.011
35	CCMVO0105A	4.000E-003	1.003E-002	3.50	1.010
36	AFCVO1007A	2.000E-004	9.459E-003	48.29	1.010
37	AFCVO1048	2.000E-004	9.459E-003	48.29	1.010
38	AFMPR01PA	3.600E-003	8.805E-003	3.44	1.009
39	EDBYW125DC	1.600E-005	7.867E-003	492.66	1.008
40	AFMPS01PA	3.000E-003	7.316E-003	3.43	1.007

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-12 (2 중 1)

LOOP 사건에 대한 중요도분석 결과 (공통원인고장 불고려, 평균값 이용)

순위	기본사건	점 추정치	F-V 중요도	위험도달성가치	위험도감소가치
1	EGDGR01A	5.760E-002	5.249E-001	9.59	2.105
2	AFTPS01PB	1.500E-002	4.070E-001	27.73	1.686
3	AFTPS02PA	1.500E-002	2.946E-001	20.35	1.418
4	AFTPR01PB	7.200E-003	1.941E-001	27.76	1.241
5	EGDGR01B	5.760E-002	1.707E-001	3.79	1.206
6	AFCVO1049	2.000E-004	1.590E-001	795.93	1.189
7	AFCVO1007B	2.000E-004	1.590E-001	795.93	1.189
8	AFTPR02PA	7.200E-003	1.401E-001	20.32	1.163
9	EGDGS01A	1.400E-002	1.259E-001	9.87	1.144
10	ESDGR01E	5.760E-002	1.137E-001	2.86	1.128
11	AFMPR02PB	3.600E-003	8.924E-002	25.70	1.098
12	AFTPM01PB	3.400E-003	8.154E-002	24.90	1.089
13	EGDGM01E	4.100E-002	8.043E-002	2.88	1.087
14	AFMPS02PB	3.000E-003	7.431E-002	25.70	1.080
15	AFMPM02PB	3.400E-003	7.245E-002	22.24	1.078
16	AFCVO1007A	2.000E-004	5.724E-002	287.14	1.061
17	AFCVO1048	2.000E-004	5.724E-002	287.14	1.061
18	HCCQMAFMP02B	2.540E-003	5.396E-002	22.19	1.057
19	ATAVO110	2.000E-003	5.260E-002	27.25	1.056
20	ATAVO010	2.000E-003	5.260E-002	27.25	1.056

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-12 (2 중 2)

순위	기본사건	점 추정치	F-V 중요도	위험도달성가치	위험도감소가치
21	AFTPM02PA	3.400E-003	4.569E-002	14.39	1.048
22	EGDGS01B	1.400E-002	3.985E-002	3.81	1.042
23	ATAVO009	2.000E-003	3.757E-002	19.75	1.039
24	ATAVO109	2.000E-003	3.757E-002	19.75	1.039
25	CCMVO0105A	4.000E-003	3.497E-002	9.71	1.036
26	FSOPVAFAS	3.680E-003	3.471E-002	10.40	1.036
27	FSSKZDPS	1.600E-002	3.471E-002	3.13	1.036
28	AFMPR01PA	3.600E-003	3.091E-002	9.56	1.032
29	ESDGS01E	1.400E-002	2.650E-002	2.87	1.027
30	CDVVT1196	3.310E-005	2.621E-002	792.81	1.027
31	CDVVT1348	3.310E-005	2.621E-002	792.81	1.027
32	AFMPS01PA	3.000E-003	2.563E-002	9.52	1.026
33	AFMPM01PA	3.400E-003	2.261E-002	7.63	1.023
34	EGDGM01A	2.630E-003	2.255E-002	9.55	1.023
35	FSSKZAFAS	1.540E-003	2.130E-002	14.81	1.022
36	HCCQMAFMP01A	2.540E-003	1.673E-002	7.57	1.017
37	HCCQS0013B	6.000E-004	1.441E-002	24.99	1.015
38	FSOPHBIAFAS	9.700E-004	1.341E-002	14.82	1.014
39	HCOPVCQAFMP2B	5.860E-002	1.297E-002	1.21	1.013
40	HCSKAAFMP2B	9.250E-003	1.297E-002	2.39	1.013

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-13 (2 중 1)

SBO 사건에 대한 중요도분석 결과 (공통원인고장 고려, 평균값 이용)

순위	기본사건	점 추정치	F-V 중요도	위험도달성가치	위험도감소가치
1	AFTPW12	1.200E-003	4.833E-001	403.27	1.935
2	AFTPS02PA	1.500E-002	1.915E-001	13.57	1.237
3	AFTPS01PB	1.500E-002	1.907E-001	13.52	1.236
4	AFTPR02PA	7.200E-003	9.191E-002	13.67	1.101
5	AFTPR01PB	7.200E-003	9.152E-002	13.62	1.101
6	ATAVW109110	1.310E-004	5.276E-002	403.70	1.056
7	ATAVW00910	1.310E-004	5.276E-002	403.70	1.056
8	AFTPM02PA	3.400E-003	3.875E-002	12.36	1.040
9	AFTPM01PB	3.400E-003	3.856E-002	12.30	1.040
10	ATAVO009	2.000E-003	2.553E-002	13.74	1.026
11	ATAVO109	2.000E-003	2.553E-002	13.74	1.026
12	ATAVO010	2.000E-003	2.542E-002	13.69	1.026
13	ATAVO110	2.000E-003	2.542E-002	13.69	1.026
14	AFTPK12	2.160E-005	8.699E-003	403.74	1.009
15	AFVVU1006A	3.750E-004	4.787E-003	13.76	1.005
16	AFVVU1016A	3.750E-004	4.787E-003	13.76	1.005
17	AFVVU1006B	3.750E-004	4.767E-003	13.71	1.005
18	AFVVU1016B	3.750E-004	4.767E-003	13.71	1.005
19	ATCVO1020A	2.000E-004	2.553E-003	13.76	1.003
20	AFCVO1049	2.000E-004	2.553E-003	13.76	1.003

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-13 (2 중 2)

순위	기본사건	점 추정치	F-V 중요도	위험도달성가치	위험도감소가치
21	AFCVO1004A	2.000E-004	2.553E-003	13.76	1.003
22	AFCVO1007B	2.000E-004	2.553E-003	13.76	1.003
23	AFCVO1014A	2.000E-004	2.553E-003	13.76	1.003
24	AFCVO1004B	2.000E-004	2.542E-003	13.71	1.003
25	AFCVO1048	2.000E-004	2.542E-003	13.71	1.003
26	ATCVO1020B	2.000E-004	2.542E-003	13.71	1.003
27	AFCVO1014B	2.000E-004	2.542E-003	13.71	1.003
28	AFCVO1007A	2.000E-004	2.542E-003	13.71	1.003
29	AFCVW1004AB	2.080E-006	8.377E-004	403.75	1.001
30	AFCVW1014AB	2.080E-006	8.377E-004	403.75	1.001
31	ATCVW1020	2.080E-006	8.377E-004	403.75	1.001
32	AFCVW10489	2.080E-006	8.377E-004	403.75	1.001
33	AFCVW1007AB	2.080E-006	8.377E-004	403.75	1.001
34	EDBYABT01B	5.000E-004	7.901E-004	2.58	1.001
35	EDBYMBT01B	4.600E-004	7.269E-004	2.58	1.001
36	ESDGR01E	5.760E-002	7.119E-004	1.01	1.001
37	EGDGM01E	4.100E-002	5.068E-004	1.01	1.001
38	AFVVT1013A	3.310E-005	4.225E-004	13.77	1.000
39	CDVVT1196	3.310E-005	4.225E-004	13.77	1.000
40	AFVVT1002A	3.310E-005	4.225E-004	13.77	1.000

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-14 (2 중 1)

SBO 사건에 대한 중요도분석 결과 (공통원인고장 불고려, 평균값 이용)

순위	기본사건	점 추정치	F-V 중요도	위험도달성가치	위험도감소가치
1	AFTPS02PA	1.500E-002	4.808E-001	32.57	1.926
2	AFTPS01PB	1.500E-002	4.790E-001	32.46	1.920
3	AFTPR02PA	7.200E-003	2.308E-001	32.82	1.300
4	AFTPR01PB	7.200E-003	2.299E-001	32.71	1.299
5	AFTPM02PA	3.400E-003	9.728E-002	29.51	1.108
6	AFTPM01PB	3.400E-003	9.688E-002	29.40	1.107
7	ATAVO009	2.000E-003	6.410E-002	32.99	1.068
8	ATAVO109	2.000E-003	6.410E-002	32.99	1.068
9	ATAVO110	2.000E-003	6.387E-002	32.87	1.068
10	ATAVO010	2.000E-003	6.387E-002	32.87	1.068
11	AFVVU1016A	3.750E-004	1.202E-002	33.04	1.012
12	AFVVU1006A	3.750E-004	1.202E-002	33.04	1.012
13	AFVVU1016B	3.750E-004	1.198E-002	32.92	1.012
14	AFVVU1006B	3.750E-004	1.198E-002	32.92	1.012
15	ATCVO1020A	2.000E-004	6.410E-003	33.05	1.006
16	AFCVO1004A	2.000E-004	6.410E-003	33.05	1.006
17	AFCVO1007B	2.000E-004	6.410E-003	33.05	1.006
18	AFCVO1014A	2.000E-004	6.410E-003	33.05	1.006
19	AFCVO1049	2.000E-004	6.410E-003	33.05	1.006
20	AFCVO1048	2.000E-004	6.387E-003	32.93	1.006

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-14 (2 중 2)

순위	기본사건	점 추정치	F-V 중요도	위험도달성가치	위험도감소가치
21	ATCVO1020B	2.000E-004	6.387E-003	32.93	1.006
22	AFCVO1014B	2.000E-004	6.387E-003	32.93	1.006
23	AFCVO1004B	2.000E-004	6.387E-003	32.93	1.006
24	AFCVO1007A	2.000E-004	6.387E-003	32.93	1.006
25	EDBYABT01B	5.000E-004	1.899E-003	4.80	1.002
26	ESDGR01E	5.760E-002	1.789E-003	1.03	1.002
27	EDBYMBT01B	4.600E-004	1.747E-003	4.80	1.002
28	EGDGM01E	4.100E-002	1.273E-003	1.03	1.001
29	AFVVT1013A	3.310E-005	1.061E-003	33.05	1.001
30	AFVVT1002A	3.310E-005	1.061E-003	33.05	1.001
31	CDVVT1348	3.310E-005	1.061E-003	33.05	1.001
32	CDVVT1196	3.310E-005	1.061E-003	33.05	1.001
33	AFVVT1006A	3.310E-005	1.061E-003	33.05	1.001
34	ATVVT1151	3.310E-005	1.061E-003	33.05	1.001
35	CDVVT1167	3.310E-005	1.057E-003	32.93	1.001
36	ATVVT1152	3.310E-005	1.057E-003	32.93	1.001
37	CDVVT1347	3.310E-005	1.057E-003	32.93	1.001
38	AFVVT1013B	3.310E-005	1.057E-003	32.93	1.001
39	AFVVT1002B	3.310E-005	1.057E-003	32.93	1.001
40	AFVVT1006B	3.310E-005	1.057E-003	32.93	1.001

표 10A-15 (24 중 1)

정량화에 사용된 고장을 데이터

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
AFCLOSEDTM	5.00E-001	TIME FRACTION THAT AFW ISOL.MOV CLOSED	1
AFCVO1003A	2.00E-004	CHECK VALVE V1003A FAILS TO OPEN (ON DEMAND)	1
AFCVO1003B	2.00E-004	CHECK VALVE V1003B FAILS TO OPEN (ON DEMAND)	1
AFCVO1004A	2.00E-004	CHECK VALVE V1004A FAILS TO OPEN (ON DEMAND)	1
AFCVO1004B	2.00E-004	CHECK VALVE V1004B FAILS TO OPEN (ON DEMAND)	1
AFCVO1007A	2.00E-004	CHECK VALVE V1007A FAILS TO OPEN (ON DEMAND)	1
AFCVO1007B	2.00E-004	CHECK VALVE V1007B FAILS TO OPEN (ON DEMAND)	1
AFCVO1008A	2.00E-004	CHECK VALVE V1008A FAILS TO OPEN (ON DEMAND)	1
AFCVO1008B	2.00E-004	CHECK VALVE V1008B FAILS TO OPEN (ON DEMAND)	1
AFCVO1012A	2.00E-004	MDP 01PA MINI FLOW LINE CV V1012A FAILS TO OPEN	1
AFCVO1012B	2.00E-004	MDP 02PB MINI FLOW LINE CV V1012B FAILS TO OPEN	1
AFCVO1014A	2.00E-004	TDP 02PA MINI FLOW LINE CV V1014A FAILS TO OPEN	1
AFCVO1014B	2.00E-004	TDP 01PB MINI FLOW LINE CV V1014B FAILS TO OPEN	1
AFCVO1048	2.00E-004	CHECK VALVE V1048 S/G 1 INLET LINE FAILS TO OPEN	1
AFCVO1049	2.00E-004	CHECK VALVE V1049 S/G 2 INLET LINE FAILS TO OPEN	1
AFCVW10034	1.68E-006	CV V1003A,1003B & V1004A,1004B FAIL TO OPEN (CCF-4/4)	1
AFCVW1003B4A	2.08E-006	CV V1003B & V1004A FAIL TO OPEN (CCF- 2/2)	1
AFCVW1003B4AB	1.87E-006	CV V1003B , V1004A & V1004B FAIL TO OPEN(CCF-3/3)	1
AFCVW1003B4B	2.08E-006	CV V1003B & V1004B FAIL TO OPEN (CCF- 2/2)	1
AFCVW1004AB	2.08E-006	CV V1004A & V1004B FAIL TO OPEN (CCF- 2/2)	1

* 데이터 원

1. 울진 5,6호기 PSA 예비보고서 제6장, 신뢰도 데이터
2. EPRI ALWR URD, Volume II, Chapter 1, Appendix A.

표 10A-15 (24 중 2)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
AFCVW10078	1.68E-006	CV V1007A,1007B & V1008A,1008B FAIL TO OPEN (CCF-4/4)	1
AFCVW1007AB	2.08E-006	CV V1007A & V1007B FAIL TO OPEN (CCF- 2/2)	1
AFCVW101214	1.68E-006	CV V1012A,1012B & V1014A,1014B FAIL TO OPEN (CCF-4/4)	1
AFCVW1012B4A	2.08E-006	CV V1012B & V1014A FAIL TO OPEN (CCF- 2/2)	1
AFCVW1012B4AB	1.87E-006	CV V1012B , V1014A & V1014B FAIL TO OPEN(CCF-3/3)	1
AFCVW1012B4B	2.08E-006	CV V1012B & V1014B FAIL TO OPEN (CCF- 2/2)	1
AFCVW1014AB	2.08E-006	CV V1014A & V1014B FAIL TO OPEN(CCF- 2/2)	1
AFCVW10489	2.08E-006	CV V1048 & V1049 FAIL TO OPEN (CCF- 2/2)	1
AFMPK12	1.08E-005	AFW MDP P01A, P02B FAIL TO RUN (CCF)	1
AFMPM01PA	3.40E-003	AFW MDP 01PA UNAVAILABLE DUE TO TEST & MAINTENANCE	1
AFMPM02PB	3.40E-003	AFW MDP 02PB UNAVAILABLE DUE TO TEST & MAINTENANCE	1
AFMPR01PA	3.60E-003	AFW MDP 01PA FAILS TO RUN	1
AFMPR02PB	3.60E-003	AFW MDP 02PB FAILS TO RUN	1
AFMPS01PA	3.00E-003	AFW MDP 01PA FAILS TO START	1
AFMPS02PB	3.00E-003	AFW MDP 02PB FAILS TO START	1
AFMPW12	2.75E-004	AFW MDP P01A,P02B FAIL TO START (CCF)	1
AFMVO0043	4.00E-003	AFW ISOL.MOV V0043 FAILS TO OPEN DURING CYCLING OPERATION	1
AFMVO0044	4.00E-003	AFW ISOL.MOV V0044 FAILS TO OPEN DURING CYCLING OPERATION	1
AFMVO0045	4.00E-003	AFW ISOL.MOV V0045 FAILS TO OPEN DURING CYCLING OPERATION	1
AFMVO0046	4.00E-003	AFW ISOL.MOV V0046 FAILS TO OPEN DURING CYCLING OPERATION	1
AFMVWDR4346	1.35E-004	COMMON CAUSE FAILURE OF ISOL. MOV DRIVERS	1
AFMVWDR4445	1.35E-004	COMMON CAUSE FAILURE OF ISOL. MOV DRIVERS	1

표 10A-15 (24 중 3)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
AFMVW34	1.03E-007	AFW ISOL.MOV 0043, 0044 FAIL TO OPEN (2/4 CCF)	1
AFMVW345	2.73E-006	AFW ISOL.MOV 0043, 0044,0045 FAIL TO OPEN (3/4 CCF)	1
AFMVW3456	1.47E-004	AFW ISOL.MOV 0043, 0044,0045,0046 FAIL TO OPEN (4/4 CCF)	1
AFMVW346	2.73E-006	AFW ISOL.MOV 0043, 0044,0046 FAIL TO OPEN (3/4 CCF)	1
AFMVW35	1.03E-007	AFW ISOL.MOV 0043, 0045 FAIL TO OPEN (2/4 CCF)	1
AFMVW356	2.73E-006	AFW ISOL.MOV 0043, 0045,0046 FAIL TO OPEN (3/4 CCF)	1
AFMVW36	1.03E-007	AFW ISOL.MOV 0043, 0046 FAIL TO OPEN (2/4 CCF)	1
AFMVW36D2	1.58E-004	CCF OF DRIVERS FOR AFW ISOL.MOV 0043 & 0046 (2/2 CCF)	1
AFMVW45	1.03E-007	AFW ISOL.MOV 0044, 0045 FAIL TO OPEN (2/4 CCF)	1
AFMVW456	2.73E-006	AFW ISOL.MOV 0044, 0045,0046 FAIL TO OPEN (3/4 CCF)	1
AFMVW456T3	1.53E-004	AFW ISOL.MOV 0044, 0045,0046 FAIL TO OPEN (3/3 CCF)	1
AFMVW45D2	1.58E-004	CCF OF DRIVERS FOR AFW ISOL.MOV 0044 & 0045 (2/2 CCF)	1
AFMVW45T2	1.80E-006	AFW ISOL.MOV 0044, 0045 FAIL TO OPEN (2/3 CCF)	1
AFMVW46	1.03E-007	AFW ISOL.MOV 0044, 0046 FAIL TO OPEN (2/4 CCF)	1
AFMVW46D2	1.58E-004	AFW ISOL.MOV 0044, 0046 FAIL TO OPEN (2/2 CCF)	1
AFMVW46T2	1.80E-006	AFW ISOL.MOV 0044, 0046 FAIL TO OPEN (2/3 CCF)	1
AFMVW56	1.03E-007	AFW ISOL.MOV 0045, 0046 FAIL TO OPEN (2/4 CCF)	1
AFMVW56D2	1.58E-004	AFW ISOL.MOV 0045, 0046 FAIL TO OPEN (2/2 CCF)	1
AFMVW56T2	1.80E-006	AFW ISOL.MOV 0045, 0046 FAIL TO OPEN (2/3 CCF)	1
AFSVO0035A	7.82E-004	AFW MODULATING SV0035 FAILS TO OPERATE	1

표 10A-15 (24 중 4)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
AFSVO0036A	7.82E-004	AFW MODULATING SV0036 FAILS TO OPERATE	1
AFSVO0037B	7.82E-004	AFW MODULATING SV0037 FAILS TO OPERATE	1
AFSVO0038B	7.82E-004	AFW MODULATING SV0038 FAILS TO OPERATE	1
AFSVW00356	5.64E-008	AFW MODULATING SV 0035 & 0036 FAIL TO OPERATE (CCF 2/4)	1
AFSVW003567	1.74E-006	AFW MODULATING SV 035,036&037 FAIL TO OPERATE (CCF 3/4)	1
AFSVW0035678	3.92E-005	AFW MODULATING SV 035,036,037,038 F.T OPERATE (CCF 4/4)	1
AFSVW00357	5.64E-008	AFW MODULATING SV 0035 & 0037 FAIL TO OPERATE (CCF 2/4)	1
AFSVW003578	1.74E-006	AFW MODULATING SV 035,037&038 FAIL TO OPERATE (CCF 3/4)	1
AFSVW00358	5.64E-008	AFW MODULATING SV 0035 & 0038 FAIL TO OPERATE (CCF 2/4)	1
AFSVW00367	5.64E-008	AFW MODULATING SV 0036 & 0037 FAIL TO OPERATE (CCF 2/4)	1
AFSVW003678	1.74E-006	AFW MODULATING SV 036,037&038 FAIL TO OPERATE (CCF 3/4)	1
AFSVW003678T3	4.27E-005	AFW MODULATING SV 036,037&038 FAIL TO OPERATE (CCF 3/3)	1
AFSVW00367D2	4.65E-005	AFW MODULATING SV 0036 & 0037 FAIL TO OPERATE (CCF 2/3)	1
AFSVW00367T2	1.29E-006	AFW MODULATING SV 0036 & 0037 FAIL TO OPERATE (CCF 2/2)	1
AFSVW00368	5.64E-008	AFW MODULATING SV 0036 & 0038 FAIL TO OPERATE (CCF 2/4)	1
AFSVW00368D2	4.65E-005	AFW MODULATING SV 0036 & 0038 FAIL TO OPERATE (CCF 2/2)	1
AFSVW00368T2	1.29E-006	AFW MODULATING SV 0036 & 0038 FAIL TO OPERATE (CCF 2/3)	1
AFSVW00378	5.64E-008	AFW MODULATING SV 0037 & 0038 FAIL TO OPERATE (CCF 2/4)	1
AFSVW00378D2	4.65E-005	AFW MODULATING SV 0037 & 0038 FAIL TO OPERATE (CCF 2/2)	1
AFSVW00378T2	1.29E-006	AFW MODULATING SV 0037 & 0038 FAIL TO OPERATE (CCF 2/3)	1

표 10A-15 (24 중 5)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
AFTPK12	2.16E-005	AFW TDP P01B, P02A FAIL TO RUN (CCF)	1
AFTPM01PB	3.40E-003	AFW TDP 01PB UNAVAILABLE DUE TO TEST & MAINTENANCE	1
AFTPM02PA	3.40E-003	AFW TDP 02PA UNAVAILABLE DUE TO TEST & MAINTENANCE	1
AFTPR01PB	7.20E-003	AFW TDP 01PB FAILS TO RUN	1
AFTPR02PA	7.20E-003	AFW TDP 02PA FAILS TO RUN	1
AFTPS01PB	1.50E-002	AFW TDP 01PB FAILS TO START	1
AFTPS02PA	1.50E-002	AFW TDP 02PA FAILS TO START	1
AFTPW12	1.20E-003	AFW TDP P01B,P02A FAIL TO START (CCF)	1
AFVVT1001A	3.31E-005	MDP 01A SUCT. LINE VV V1001A TRANSFER CLOSED	1
AFVVT1001B	3.31E-005	MDP 02B SUCT. LINE VV V1001B TRANSFER CLOSED	1
AFVVT1002A	3.31E-005	TDP 02A SUCT. LINE VV V1002A TRANSFER CLOSED	1
AFVVT1002B	3.31E-005	TDP 01B SUCT. LINE VV V1002B TRANSFER CLOSED	1
AFVVT1005A	3.31E-005	MDP 01A DISCH.LINE VV V1005A TRANSFER CLOSED	1
AFVVT1005B	3.31E-005	MDP 02B DISCH.LINE VV V1005B TRANSFER CLOSED	1
AFVVT1006A	3.31E-005	TDP 02A DISCH.LINE VV V1006A TRANSFER CLOSED	1
AFVVT1006B	3.31E-005	TDP 01B DISCH.LINE VV V1006B TRANSFER CLOSED	1
AFVVT1011A	3.31E-005	MDP 01A MINI. LINE VV V1011A TRANSFER CLOSED	1
AFVVT1011B	3.31E-005	MDP 02B MINI. LINE VV V1011B TRANSFER CLOSED	1
AFVVT1013A	3.31E-005	TDP 02A MINI. LINE VV V1013A TRANSFER CLOSED	1
AFVVT1013B	3.31E-005	TDP 01B MINI. LINE VV V1013B TRANSFER CLOSED	1

표 10A-15 (24 중 6)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
AFVVU1005A	3.75E-004	MDP 01A DISCH.LINE VV V1005A NOT RESTORED AFTER T&M	1
AFVVU1005B	3.75E-004	MDP 02B DISCH.LINE VV V1005B NOT RESTORED AFTER T&M	1
AFVVU1006A	3.75E-004	TDP 02A DISCH.LINE VV V1006A NOT RESTORED AFTER T&M	1
AFVVU1006B	3.75E-004	TDP 01B DISCH.LINE VV V1006B NOT RESTORED AFTER T&M	1
AFVVU1015A	3.75E-004	OPERATOR FAILS TO RESTORE AFTER TEST & MAINTENANCE V1015A	1
AFVVU1015B	3.75E-004	OPERATOR FAILS TO RESTORE AFTER TEST & MAINTENANCE V1015B	1
AFVVU1016A	3.75E-004	OPERATOR FAILS TO RESTORE AFTER TEST & MAINTENANCE V1016A	1
AFVVU1016B	3.75E-004	OPERATOR FAILS TO RESTORE AFTER TEST & MAINTENANCE V1016B	1
ATAVO009	2.00E-003	AFW TBN STEAM ISOL. VALVE AV009 FAILS TO OPEN	1
ATAVO010	2.00E-003	AFW TBN STEAM ISOL. VALVE AV010 FAILS TO OPEN	1
ATAVO109	2.00E-003	AV109 FAILS TO OPEN	1
ATAVO110	2.00E-003	AV110 FAILS TO OPEN	1
ATAVW00910	1.31E-004	AFW TBN STEAM ISOL. VALVE V009 & V010 CCF TO OPEN	1
ATAVW109110	1.31E-004	AV109 & AV110 FAIL TO OPEN (CCF)	1
ATCVO1020A	2.00E-004	MAIN STEAM SUPPLY LINE CV V1020A FAILS TO OPEN	1
ATCVO1020B	2.00E-004	MAIN STEAM SUPPLY LINE CV V1020B FAILS TO OPEN	1
ATCVW1020	2.08E-006	CV V1020A & V1020B FAIL TO OPEN (CCF)	1
ATVVT1151	3.31E-005	MAIN STEAM LINE VV 1151 TO TDP 02PA TRANSFER CLOSE	1
ATVVT1152	3.31E-005	MAIN STEAM LINE VV 1152 TO TDP 01PB TRANSFER CLOSE	1
CCAVO905A	2.00E-003	ECW CONDENCER CH02A PRESS. CONTROL AOV V905 FAILS TO OPEN	1

표 10A-15 (24 중 7)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
CCAVO906B	2.00E-003	ECW CONDENCER CH02B PRESS. CONTROL AOV V906 FAILS TO OPEN	1
CCAVWECWC2	1.31E-004	CCF OF ECW CHLR CON PRESS. CONTROL AOV V905/6 F.T OPEN	1
CCCVC1001A	1.00E-003	CCW PUMP 01PA DISCH . CV 1001 FAILS TO CLOSE AFTER PUMP TRIP	1
CCCVC1002B	1.00E-003	CCW PUMP 01PB DISCH . CV 1002 FAILS TO CLOSE AFTER PUMP TRIP	1
CCCVO1003A	2.00E-004	CCW PUMP 02PA DISCH . CV 1003 FAILS TO OPEN ON DEMAND	1
CCCVO1004B	2.00E-004	CCW PUMP 02PB DISCH . CV 1004 FAILS TO OPEN ON DEMAND	1
CCCVWV1001A02B	1.04E-006	CC RUNNING PUMP DISCHARGE CHECK VV FAIL TO CLOSE	1
CCCVWV1003A04B	2.08E-006	CC STANDBY PUMP DISCHARGE CHECK VV FAILS TO OPEN	1
CCHXBHE01A	2.40E-005	HX HE01A FAILS DUE TO SEVER LEAKAGE OR PLUGGING	1
CCHXBHE01B	2.40E-005	HX HE01B FAILS DUE TO SEVER LEAKAGE OR PLUGGING	1
CCHXBHE02A	2.40E-005	HX HE02A FAILS DUE TO SEVER LEAKAGE OR PLUGGING	1
CCHXBHE02B	2.40E-005	HX HE02B FAILS DUE TO SEVER LEAKAGE OR PLUGGING	1
CCHXBHE03A	2.40E-005	HX HE03A FAILS DUE TO SEVER LEAKAGE OR PLUGGING	1
CCHXBHE03B	2.40E-005	HX HE03B FAILS DUE TO SEVER LEAKAGE OR PLUGGING	1
CCHXMHE03A	5.75E-004	CCW H03A UNAVIALBLE DUE TO MAINTENANCE	1
CCHXMHE03B	5.75E-004	CCW H03B UNAVIALBLE DUE TO MAINTENANCE	1
CCMPKPP01AB	5.64E-006	CCF-CCW PUMPS 01PA, 01PB FAILS TO RUN	1
CCMPKPP02AB	5.64E-006	CCF-CCW PUMPS 02PA,02PB FAILS TO RUN	1
CCMPM002PA	2.63E-003	CCW PUMP 02PA UNAVAILABLE DUE TO MAINTENANCE	1
CCMPM002PB	2.63E-003	CCW PUMP 02PA UNAVAILAVLE DUE TO MAINTENANCE	1
CCMPR001PA	1.20E-004	CCW PUMP 01PA FAILS TO RUN	1
CCMPR001PB	1.20E-004	CCW PUMP 01PB FAILS TO RUN	1
CCMPR002PA	1.20E-004	CCW PUMP 02PA FAILS TO RUN	1
CCMPR002PB	1.20E-004	CCW PUMP 02PB FAILS TO RUN	1

표 10A-15 (24 중 8)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
CCMPS002PA	1.30E-003	CCW PUMP 02PA FAILS TO START	1
CCMPS002PB	1.30E-003	CCW PUMP 02PB FAILS TO START	1
CCMPV02PA	1.16E-002	OPERATOR FAILS TO START THE STANDBY CCW PUMP 02PA	1
CCMPV02PB	1.16E-002	OPERATOR FAILS TO START THE STANDBY CCW PUMP 02PB	1
CCMPWPP02AB	1.56E-004	CCF-CCW PUMP 02PA, 02PB FAIL TO START	1
CCMVO0105A	4.00E-003	DG HX ISOLATION VALVE MV105 FAILS TO OPEN ON DEMAND	1
CCMVO0106B	4.00E-003	DG HX ISOLATION VALVE MV106 FAILS TO OPEN ON DEMAND	1
CCMVO095A	4.00E-003	ECW CONDENSOR 02CA DISCH.MOV 095 FAILS TO OPEN	1
CCMVO096B	4.00E-003	ECW CONDENSOR 02CB DISCH.MOV 096 FAILS TO OPEN	1
CCMVWDGHX	2.94E-004	CCF-CCW TO DG HX ISOLATION VALVE FAIL TO OPEN	1
CCMVWMOVS	2.94E-004	CCF-ECW CONDENSOR DISCH. MOV 095/096 FAILS TO OPEN	1
CCOPHHX03A	2.26E-002	OPERATOR FAILS TO ALIGN S/B CCW HX03A (V1145/1009/1015)	1
CCOPHHX03B	2.26E-002	OPERATOR FAILS TO ALIGN S/B CCW HX03B (V1146/1010/1016)	1
CCOPUVV1151A	3.75E-004	CCW HX03A DISCHARGE VALVE V1151 NOT RESTORED AFTER T&M	1
CCOPUVV1152B	3.75E-004	CCW HX03B DISCHARGE VALVE V1152 NOT RESTORED AFTER T&M	1
CCPWA534A	2.61E-004	PRESS. SW. IN THE CCW PP DISCH. FAIL TO GENERATE SIGNAL	1
CCPWA534B	2.61E-004	PRESS. SW. IN THE CCW PP DISCH. FAIL TO GENERATE SIGNAL	1
CCPWW534	2.61E-005	CCF OF PRESS.SW.53, 54 IN THE CCW PUMP DISCHARGE LINE	1
CCVVO1145A	6.00E-005	CCW HX03A ISOLATION VALVE V1145 FAILS TO OPEN	1
CCVVO1146B	6.00E-005	CCW HX03B ISOLATION VALVE V1146 FAILS TO OPEN	1

표 10A-15 (24 중 9)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
CCVVU1009A	3.75E-004	CCW PUMP 02PA DISCH .VALVE V1009 NOT RESTORED AFTER T&M	1
CCVVU1010B	3.75E-004	CCW PUMP 02PB DISCH .VALVE V1010 NOT RESTORED AFTER T&M	1
CCVVUV1021	3.75E-004	DG HX A DISCH.V1021 NOT RESTORED AFTER TEST & MAINTENANCE	1
CCVVUV1022	3.75E-004	DG HX B DISCH.V1022 NOT RESTORED AFTER TEST & MAINTENANCE	1
CCVVUV1925	3.75E-004	CHILLER 2A VV 1019/ 1025 MOT RESTORED AFTER TEST/MAINTENANCE	1
CCVVUV2026	3.75E-004	CHILLER 2B VV 1020/ 1026 NOT RESTORED AFTER TEST/MAINTENANCE	1
CCVWYTK01A	7.20E-006	CCW SURGE TANK 01A EMPTY LEVEL MISSIG. TRAIN A	1
CCVWYTK01B	7.20E-006	CCW SURGE TANK 01B EMPTY LEVEL MISSIG. TRAIN B	1
CDTKBCST1A	2.40E-006	CST A FAILS CATASTROPHICALLY	1
CDTKBCST2B	2.40E-006	CST B FAILS CATASTROPHICALLY	1
CDVVT1167	3.31E-005	SG1 PUMPS RETURN LINE TO CST A V1167 TRANSFER CLOSED	1
CDVVT1196	3.31E-005	SG2 PUMPS RETURN LINE TO CST B V1196 TRANSFER CLOSED	1
CDVVT1347	3.31E-005	SG1 PUMPS SUCT.LINE FROM CST A VV1347 TRANSFER CLOSED	1
CDVVT1348	3.31E-005	SG2 PUMPS SUCT.LINE FROM CST B VV1348 TRANSFER CLOSED	1
CWCKAECWA	4.46E-004	ECW PP PP02A/CHILL- ER CH02A ACTUATING CIRCUIT FAILURE	1
CWCKAECWB	4.46E-004	ECW PP PP02B/CHILL- ER CH02B ACTUATING CIRCUIT FAILURE	1
CWCKWECWS	4.46E-005	CCF OF ECW PUMP/ CHILLER ACTUATING CIRCUIT	1
CWCUKRUN	2.40E-005	ESSENTIAL CHILLER FAILS TO RUN DUE TO CCF	1
CWCUM0002A	5.09E-003	ESSENTIAL CHILLER CH02A UNAVAILABLE DURING T&M	1
CWCUM0002B	5.09E-003	ESSENTIAL CHILLER CH02B UNAVAILABLE DUE TO MAINTENCE	1

표 10A-15 (24 중 10)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
CWCUR0001A	2.40E-004	ESSENTIAL CHILLER CH01A FAILS TO CONTINUE OPERATING	1
CWCUR0001B	2.40E-004	ESSENTIAL CHILLER CH01B FAILS TO CONTINUE OPERATING	1
CWCUR0002A	2.40E-004	ESSENTIAL CHILLER CH02A FAILS TO CONTINUE OPERATING	1
CWCUR0002B	2.40E-004	ESSENTIAL CHILLER CH02B FAILS TO CONTINUE OPERATING	1
CWCUS0002A	6.00E-003	ESSENTIAL CHILLER CH02A FAILS TO START	1
CWCUS0002B	6.00E-003	ESSENTIAL CHILLER CH02B FAILS TO START	1
CWCWSTART	6.00E-004	ESSENTIAL CHILLER FAIL TO START DUE TO CCF	1
CWCVC1010A	1.00E-003	ECW PUMP DISCH. CV1010A FAILS TO CLOSE AFTER PP STOP	1
CWCVC1010B	1.00E-003	ECW PUMP DISCH. CV1010B FAILS TO CLOSE AFTER PP STOP	1
CWCVO1014A	2.00E-004	CHECK VALVE 1014A FAILS TO OPEN ON DEMAND	1
CWCVO1014B	2.00E-004	CHECK VALVE 1014B FAILS TO OPEN ON DEMAND	1
CWCWV1010AB	1.04E-005	CCF OF ECW PP DISCH CV1010A&B FAILS TO CLOSE AFTER PUMP STOP	1
CWCWV1014AB	2.08E-006	CCF OF ECW PUMP DISCH. LINE CV1014A &B FAILS TO OPEN	1
CWMPKRUN	2.83E-005	ESSENTIAL CHILLED WATER PUMP FAILS TO RUN DUE TO CCF	1
CWMPM002PA	5.09E-003	ECW PUMP PP02A UNAVAILABLE DUE TO MAINTENANCE	1
CWMPM002PB	5.09E-003	ECW PUMP PP02B UNAVAILABLE DUE TO MAINTENANCE	1
CWMPR001PA	6.00E-004	ESSENTIAL CHILLED WATER PUMP PP01A FAILS TO RUN	1
CWMPR001PB	6.00E-004	ESSENTIAL CHILLED WATER PUMP PP01B FAILS TO RUN	1
CWMPR002PA	6.00E-004	ESSENTIAL CHILLED WATER PUMP PP02A FAILS TO RUN	1
CWMPR002PB	6.00E-004	ESSENTIAL CHILLED WATER PUMP PP02B FAILS TO RUN	1

표 10A-15 (24 중 11)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
CWMPS002PA	2.30E-003	ECW PUMP PP02A FAILS TO START	1
CWMPS002PB	2.30E-003	ECW PUMP PP02B FAILS TO START	1
CWMPV002CA	1.26E-002	OPERATOR FAILS TO ACTUATE ECW CHILLER CH02A	1
CWMPV002CB	1.26E-002	OPERATOR FAILS TO ACTUATE ECW CHILLER CH02B	1
CWMPV002PA	1.26E-002	OPERATOR FAILS TO ACTUATE ECW PUMP PP02A	1
CWMPV002PB	1.26E-002	OPERATOR FAILS TO ACTUATE ECW PUMP PP02B	1
CWMPWSTART	2.76E-004	ECW PUMP FAIL TO START DUE TO CCF	1
EDBCABC01A	1.68E-004	1E BATTERY CHARGER BC01A FAILS TO MAINTAIN OUTPUT	1
EDBCABC01B	1.68E-004	1E BATTERY CHARGER BC01B FAILS TO MAINTAIN OUTPUT	1
EDBCABC01C	1.68E-004	1E BATTERY CHARGER BC01C FAILS TO MAINTAIN OUTPUT	1
EDBCABC01D	1.68E-004	1E BATTERY CHARGER BC01D FAILS TO MAINTAIN OUTPUT	1
EDBCKBC	1.68E-005	1E BATTERY CHARGER FAIL TO MAINTAIN OUTPUT (CCF 4/4)	1
EDBCKBC3	4.20E-006	1E BATTERY CHARGER FAIL TO MAINTAIN OUTPUT (CCF 3/3)	2
EDBCMBC01A	4.60E-004	1E BATTERY CHARGER BC01A UNAVAILABLE DUE TO TEST & MAINTENANCE	1
EDBCMBC01B	4.60E-004	1E BATTERY CHARGER BC01B UNAVAILABLE DUE TO TEST & MAINTENANCE	1
EDBCMBC01C	4.60E-004	1E BATTERY CHARGER BC01C UNAVAILABLE DUE TO TEST & MAINTENANCE	1
EDBCMBC01D	4.60E-004	1E BATTERY CHARGER BC01D UNAVAILABLE DUE TO TEST & MAINTENANCE	1
EDBSK125DC	4.80E-007	FAULTS ON 1E 125V DC CONTROL CENTERS (COMMON CAUSE FAILURE)	1
EDBSYDC01A	4.80E-006	FAULT ON 1E 125V DC CONTROL CENTER BUS DC01A	1
EDBSYDC01B	4.80E-006	FAULT ON 1E 125V DC CONTROL CENTER BUS DC01B	1
EDBSYDC01C	4.80E-006	FAULT ON 1E 125V DC CONTROL CENTER BUS DC01C	1

표 10A-15 (24 중 12)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
EDBSYDC01D	4.80E-006	FAULT ON 1E 125V DC CONTROL CENTER BUS DC01D	1
EDBSYDC01E	4.80E-006	FAULT ON AAC 125V DC CONTROL CENTER BUS DC01E	1
EDBTMBT01E	4.60E-004	DIV.E(AAC) BATTERY BT01E UNABIALBLE DUE TO MAINTENANCE	1
EDBYABT01A	5.00E-004	1E BATTERY BT01A FAILS TO PROVIDE OUTPUT	1
EDBYABT01B	5.00E-004	1E BATTERY BT01B FAILS TO PROVIDE OUTPUT	1
EDBYABT01C	5.00E-004	1E BATTERY BT01C FAILS TO PROVIDE OUTPUT	1
EDBYABT01D	5.00E-004	1E BATTERY BT01D FAILS TO PROVIDE OUTPUT	1
EDBYABT01S	5.00E-004	AAC BATTERY BT01E FAILS TO PROVIDE OUTPUT ON DEMAND	1
EDBYMBT01A	4.60E-004	1E BATTERY BT01A UNAVAILABLE DUE TO TEST & MAINTENANCE	1
EDBYMBT01B	4.60E-004	1E BATTERY BT01B UNAVAILABLE DUE TO TEST & MAINTENANCE	1
EDBYMBT01C	4.60E-004	1E BATTERY BT01C UNAVAILABLE DUE TO TEST & MAINTENANCE	1
EDBYMBT01D	4.60E-004	1E BATTERY BT01D UNAVAILABLE DUE TO TEST & MAINTENANC	1
EDBYW125DC	1.60E-005	1E BATTERY FAILS TO PROVIDE OUTPUT (CCF 4/4)	1
EDBYW125DC3	1.25E-005	1E BATTERY FAILS TO PROVIDE OUTPUT (CCF 3/3)	2
EDLBIBT01A	1.20E-005	1E BATTERY BT01A LOAD BKR TO DC01A SPURIOUS OPEN	1
EDLBIBT01B	1.20E-005	1E BATTERY BT01B LOAD BKR TO DC01B SPURIOUS OPEN	1
EDLBIBT01C	1.20E-005	1E BATTERY BT01C LOAD BKR TO DC01C SPURIOUS OPEN	1
EDLBIBT01D	1.20E-005	1E BATTERY BT01D LOAD BKR TO DC01D SPURIOUS OPEN	1
EDLBIBT01S	1.20E-005	AAC BATTERY BT01S LOAD BKR TO BUS DC01E OPEN SPURIOUSELY	1
EDLBIDC01A	1.20E-005	1E BATTERY CHARGER BC01A LOAD BREAKER SPURIOUS OPEN	1

표 10A-15 (24 중 13)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
EDLBIDC01B	1.20E-005	1E BATTERY CHARGER BC01B LOAD BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EDLBIDC01C	1.20E-005	1E BATTERY CHARGER BC01C LOAD BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EDLBIDC01D	1.20E-005	1E BATTERY CHARGER BC01D LOAD BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EDLBIDCDP1A	1.20E-005	LOAD BKR FROM 125V DC BUS 01A TO DC DIST. PNL OPEN	1
EDLBIDCDP1B	1.20E-005	LOAD BKR FROM 125V DC BUS 01B TO DC DIST. PNL OPEN	1
EDLBIDCP1E	1.20E-005	LOAD BRK AAC 125V DC BUS 01E TO DC DIST.PNL OPEN SPURIOUSLY	1
EGDGK01ABD	2.88E-003	1E DG-01A & 1E DG01B FAILS TO RUN (CCF)	1
EGDGK01ABET	4.80E-003	1E DG-01A & 01B & AAC DG-01E FAILS TO RUN(CCF)	1
EGDGK01AED	1.47E-004	1E DG-01A & AAC DG01E FAILS TO RUN (CCF)	1
EGDGK01BED	1.47E-004	1E DG-01B & AAC DG-01E FAILS TO RUN (CCF)	1
EGDGM01A	2.63E-003	1E DIESEL GENERATOR 01A UNAVAILABLE DUE TO TEST & MAINTENANCE	1
EGDGM01B	2.63E-003	1E DIESEL GENERATOR 01B UNAVAILABLE DUE TO TEST & MAINTENANCE	1
EGDGM01E	4.10E-002	AAC DG01E UNAVAILA. DUE TO MAINTENANCE	1
EGDGR01A	5.76E-002	1E DIESEL GENERATOR 01A FAILS TO RUN	1
EGDGR01B	5.76E-002	1E DIESEL GENERATOR 01B FAILS TO RUN	1
EGDGS01A	1.40E-002	1E DIESEL GENERATOR 01A FAILS TO START	1
EGDGS01B	1.40E-002	1E DIESEL GENERATOR 01B FAILS TO START	1
EGDGW01ABD	2.38E-004	1E DG 01A & DG 01B FAILS TO START(CCF)	1
EGDGW01ABET	1.35E-004	1E DG-01A & 01B & AAC DG01E FAILS TO START(CCF)	1
EGDGW01AED	3.80E-007	1E DG-01A & AAC DG01E FAILS TO START(CCF)	1

표 10A-15 (24 중 14)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
EGDGW01BED	3.80E-007	1E DG-01B & AAC DG01E FAILS TO START	1
EGOPHDG01E	1.36E-003	OPERATOR FAILS TO START AAC DG-01E& CONNECT AT 4.16KV	1
EKBSKSW01AB	4.80E-007	FAULT ON 1E 4.16KV SWITCH GEAR BUSES (COMMON CAUSE FAILURE)	1
EKBSYSW01A	4.80E-006	FAULT ON 1E 4.16KV SWITCH GEAR BUS SW01A	1
EKBSYSW01B	4.80E-006	FAULT ON 1E 4.16KV SWITCH GEAR BUS SW01B	1
EKBSYSW01E	4.80E-006	FAULT ON AAC 4.16KV BUS SW01E	1
EKHBCAAC1B	3.00E-004	FEED BRK-1 FROM AAC BUS SW01E FAILS TO CLOSE	1
EKHBCAAC2B	3.00E-004	FEED BKR-2 FROM AAC BUS SW01E FAILS TO CLOSE	1
EKHBCDG01A	3.00E-004	1E 4.16KV BUS SW01A FEED BRK FROM D/G 01KA FAILS TO CLOSE	1
EKHBCDG01B	3.00E-004	1E 4.16KV BUS SW01B FEED BRK FROM D/G 01B FAILS TO CLOSE	1
EKHBCDG01E	3.00E-004	AAC 4.16KV BUS SW01E FEED BRK FROM AAC DG01E FAILS TO CLOSE	1
EKHBCSATA	3.00E-004	1E 4.16KV BUS SW01A FEED BRK FROM SAT TR02M FAIL TO CLOSE	1
EKHBCSATB	3.00E-004	1E 4.16KV BUS SW01B FEED BRK FROM SAT TR02N FAIL TO CLOSE	1
EKHBITR01A	1.44E-005	1E 480V LOAD CENTER XFMR TR01A FEED BKR SPURIOUS OPEN	1
EKHBITR01B	1.44E-005	1E 480V LOAD CENTER XFMR TR01B FEED BKR SPURIOUS OPEN	1
EKHBITR01E	1.44E-005	1E 480V AAC L/C XFMR TR01E FEED BKR OPEN SPURIOUSLY	1
EKHBITR02A	1.44E-005	1E 480V LOAD CENTER XFMR TR02A FEED BKR SPURIOUS OPEN	1
EKHBITR02B	1.44E-005	1E 480V LOAD CENTER XFMR TR02B FEED BKR SPURIOUS OPEN	1
EKHBIUATA	1.44E-005	1E 4.16KV BUS SW01A FEED BRK FROM UAT TR01M SPURIOUS OPEN	1
EKHBIUATB	1.44E-005	1E 4.16KV BUS SW01B FEED BRK FROM UAT TR01N SPURIOUS OPEN	1

표 10A-15 (24 중 15)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
EKHBWAAC1AB	3.00E-005	CCF-FEED BKRS 1AB FROM AAC BUS SW01E TO 1E BUS	1
EKHBWAAC2AB	3.00E-005	CCF-FEED BKRS 2AB FROM AAC BUS SW01E TO 1E BUS	1
EKHBWDG01AB	3.00E-005	CCF-1E 4.16KV BUS FEED BRKS FROM DG01A &B F.T CLOSE	1
EKHBWSATAB	3.00E-005	DEAMD CCF OF 1E 4.16K BUS FEED BRKS FAILS TO CLOSE	1
ELBSK480LC	4.80E-007	FAULTS ON 1E 480V LOAD CENTER BUS (COMMON CAUSE)	1
ELBSYLC01A	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V LOAD CENTER BUS LC01A	1
ELBSYLC01B	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V LOAD CENTER BUS LC01B	1
ELBSYLC01E	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V AAC LOAD CENTER BUS LC01E	1
ELBSYLC02A	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V LOAD CENTER BUS LC02A	1
ELBSYLC02B	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V LOAD CENTER BUS LC02B	1
ELLBIBC01A	1.20E-005	1E BATTERY CHARGER BC01A FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
ELLBIBC01B	1.20E-005	1E BATTERY CHARGER BC01B FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
ELLBIBC01C	1.20E-005	1E BATTERY CHARGER BC01C FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
ELLBIBC01D	1.20E-005	1E BATTERY CHARGER BC01D FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
ELLBILC01A	1.20E-005	1E 480V LOAD CENTER BUS LC01A FEED BKR SPURIOUS OPEN	1
ELLBILC01B	1.20E-005	1E 480V LOAD CENTER BUS LC01B FEED BKR SPURIOUS OPEN	1
ELLBILC01E	1.20E-005	1E 480V AAC L/C LC01E FEED BREAKER OPEN SPURIOUSLY	1
ELLBILC02A	1.20E-005	1E 480V LOAD CENTER BUS LC02A FEED BKR SPURIOUS OPEN	1
ELLBILC02B	1.20E-005	1E 480V LOAD CENTER BUS LC02B FEED BKR SPURIOUS OPEN	1
ELXMK480XFMR	3.00E-006	1E 480V LOAD CENTER XFMR FAIL WHILE OPERATING (CCF)	1

표 10A-15 (24 중 16)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
ELXMYTR01A	1.68E-005	1E 480V LOAD CENTER XFMR TR01A FAILS WHILE OPERATING	1
ELXMYTR01B	1.68E-005	1E 480V LOAD CENTER XFMR TR01B FAILS WHILE OPERATING	1
ELXMYTR01E	1.68E-005	1E 480V AAC LC XFMR TR01E FAILS WHILE OPERATING	1
ELXMYTR02A	1.68E-005	1E 480V LOAD CENTER XFMR TR02A FAILS WHILE OPERATING	1
ELXMYTR02B	1.68E-005	1E 480V LOAD CENTER XFMR TR02B FAILS WHILE OPERATING	1
EMBSK480MCC	4.80E-007	FAULTS ON 1E 480V MCC (COMMON CAUSE)	1
EMBSYMC01A	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V MOTOR CONTROL CENTER BUS MC01A	1
EMBSYMC01B	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V MOTOR CONTROL CENTER BUS MC01B	1
EMBSYMC01E	4.80E-006	FAULT ON AAC 480V MOTOR CONTROL CENTER BUS MC01E	1
EMBSYMC02A	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V MOTOR CONTROL CENTER BUS MC02A	1
EMBSYMC02B	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V MOTOR CONTROL CENTER BUS MC02B	1
EMBSYMC02E	4.80E-006	FAULT ON AAC 480V MOTOR CONTROL CENTER BUS MC02E	1
EMBSYMC03A	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V MOTOR CONTROL CENTER BUS MC03A	1
EMBSYMC03B	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V MOTOR CONTROL CENTER BUS MC03B	1
EMBSYMC04A	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V MOTOR CONTROL CENTER BUS MC04A	1
EMBSYMC04B	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V MOTOR CONTROL CENTER BUS MC04B	1
EMBSYMC05A	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V MOTOR CONTROL CENTER BUS MC05A	1
EMBSYMC05B	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V MOTOR CONTROL CENTER BUS MC05B	1
EMBSYMC06A	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V MOTOR CONTROL CENTER BUS MC06A	1
EMBSYMC06B	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V MOTOR CONTROL CENTER BUS MC06B	1

표 10A-15 (24 중 17)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
EMBSYMC07A	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V MOTOR CONTROL CENTER BUS MC07A	1
EMBSYMC07B	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V MOTOR CONTROL CENTER BUS MC07B	1
EMBSYMC08A	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V MOTOR CONTROL CENTER BUS MC08A	1
EMBSYMC08B	4.80E-006	FAULT ON 1E 480V MOTOR CONTROL CENTER BUS MC08B	1
EMLBIMC01A	1.20E-005	1E 480V MCC BUS MC01A FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EMLBIMC01B	1.20E-005	1E 480V MCC BUS MC01B FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EMLBIMC01E	1.20E-005	AAC 480V MCC BUS MC01E FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EMLBIMC02A	1.20E-005	1E 480V MCC BUS MC02A FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EMLBIMC02B	1.20E-005	1E 480V MCC BUS MC02B FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EMLBIMC02E	1.20E-005	AAC 480V MCC BUS MC02E FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EMLBIMC03A	1.20E-005	1E 480V MCC BUS MC03A FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EMLBIMC03B	1.20E-005	1E 480V MCC BUS MC03B FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EMLBIMC04A	1.20E-005	1E 480V MCC BUS MC04A FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EMLBIMC04B	1.20E-005	1E 480V MCC BUS MC04B FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EMLBIMC05A	1.20E-005	1E 480V MCC BUS MC05A FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EMLBIMC05B	1.20E-005	1E 480V MCC BUS MC05B FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EMLBIMC06A	1.20E-005	1E 480V MCC BUS MC06A FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EMLBIMC06B	1.20E-005	1E 480V MCC BUS MC06B FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EMLBIMC07A	1.20E-005	1E 480V MCC BUS MC07A FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EMLBIMC07B	1.20E-005	1E 480V MCC BUS MC07B FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1

표 10A-15 (24 중 18)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
EMLBIMC08A	1.20E-005	1E 480V MCC BUS MC08A FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EMLBIMC08B	1.20E-005	1E 480V MCC BUS MC08B FEED BREAKER SPURIOUS OPEN	1
EOSYFTRIP	2.70E-004	GRID COLLAPSE ON TURBINE TRIP	1
EOXHKSAT	2.88E-006	FAULTS ON STANDBY AUX.XFMRS (COMMON CAUSE)	1
EOXHKSATAB	2.88E-006	FAULTS ON STANDBY TR02M & TR02N (COMMON CAUSE)	1
EOXHMSATA	9.77E-003	SAT TR02M UNAVAILABLE DUE TO MAINTENANCE	1
EOXHMSATB	9.77E-003	SAT TR02N UNAVAILABLE DUE TO MAINTENANCE	1
EOXHYSATA	2.88E-005	FAULT ON STANDBY AUX.XFMR TR02M	1
EOXHYSATB	2.88E-005	FAULT ON STANDBY AUX.XFMR TR02N	1
ESDGR01E	5.76E-002	AAC D/G 01E FAILS TO RUN	1
ESDGS01E	1.40E-002	AAC D/G 01E FAILS TO START	1
FSCKASIASA	1.00E-003	NO SAFETY INJECTION ACTUATION SIGNAL TRAIN A	1
FSCKASIASB	1.00E-003	NO SAFETY INJECTION ACTUATION SIGNAL TRAIN B	1
FSOPHBIAFAS	9.70E-004	OPERATOR MISCALIBR. ERROR OF BISTABLES FOR AFAS	1
FSOPVAFAS	3.68E-003	OPERATOR FAILS TO GENERATE AFAS	1
FSSKZAFAS	1.54E-003	FS AFAS GENERATING DEVICE FAILS	1
FSSKZDPS	1.60E-002	FS DPS GENERATING DEVICE FAILS	1
HCCQK0013	2.40E-005	CUBICLE COOLERS FOR AFW MDP ROOM FAIL TO RUN (CCF)	1

표 10A-15 (24 중 19)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
HCCQKCCP	2.40E-005	RUNNING CCF OF CCW PUMP ROOM CUBICLE COOLERS	1
HCCQMAFMP01A	2.54E-003	CUBICLE COOLER FOR AFW MDP01A DUE TO MAINTENANCE	1
HCCQMAFMP02B	2.54E-003	CUBICLE COOLER FOR AFW MDP02B DUE TO MAINTENANCE	1
HCCQR0013A	2.40E-004	CUBICLE COOLER FOR AFW MDP 01A ROOM FAILS TO RUN	1
HCCQR0013B	2.40E-004	CUBICLE COOLER FOR AFW MDP 02B ROOM FAILS TO RUN	1
HCCQRCCP6A	2.40E-004	CCW PUMP CUBICLE COOLER 16A FAILS TO RUN	1
HCCQRCCP6B	2.40E-004	CCW PUMP CUBICLE COOLER 16B FAILS TO RUN	1
HCCQS0013A	6.00E-004	CUBICLE COOLER FOR AFW MDP 01A ROOM FAILS TO START	1
HCCQS0013B	6.00E-004	CUBICLE COOLER FOR AFW MDP 02B ROOM FAILS TO START	1
HCCQW0013	6.00E-005	CUBICLE COOLERS FOR AFW MDP ROOM FAIL TO START (CCF)	1
HCOPVCQAFMP1A	5.86E-002	OPERATOR FAILS TO START AFW MDP01A ROOM COOLER	1
HCOPVCQAFMP2B	5.86E-002	OPERATOR FAILS TO START AFW MDP02B ROOM COOLER	1
HCSKAAFMP1A	9.25E-003	FAILURE OF AFW MDP01A ROOM COOLER ACTUATION SIGNAL	1
HCSKAAFMP2B	9.25E-003	FAILURE OF AFW MDP02B ROOM COOLER ACTUATION SIGNAL	1
HCSKWAFMP	9.25E-004	CCF OF AFW MDP ROOM CUBICLE COOLER ACTUATION CIRCUIT	1
HCVVTAFMP1A	3.31E-005	CUBICLE COOLER FOR AFW MDP 01A ROOM VALVES FAIL CLOSED	1
HCVVTAFMP2B	3.31E-005	CUBICLE COOLER FOR AFW MDP 02B ROOM VALVES FAIL CLOSED	1
HDABKSUFAN	2.40E-005	RUNNING CCF OF DG ROOM SUPPLY FANS	1
HDABKSUFANE	2.40E-005	RUNNING CCF OF AAC DG ROOM SUPPLY FANS	1
HDABM03CA	2.54E-003	HIGH VOLUME SUPPLY FAN 03A UNAVIALABLE DUE TO MAINENANCE	1

표 10A-15 (24 중 20)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
HDABKSUFANE	2.40E-005	RUNNING CCF OF AAC DG ROOM SUPPLY FANS	1
HDABM03CA	2.54E-003	HIGH VOLUME SUPPLY FAN 03A UNAVIALABLE DUE TO MAINTENENCE	1
HDABM03CB	2.54E-003	HIGH VOLUME SUPPLY FAN 03B UNAVIALABLE DUE TO MAINTENENCE	1
HDABM04CA	2.54E-003	HIGH VOLUME SUPPLY FAN 04A UNAVIALABLE DUE TO MAINTENENCE	1
HDABM04CB	2.54E-003	HIGH VOLUME SUPPLY FAN 04B UNAVIALABLE DUE TO MAINTENENCE	1
HDABM05CA	2.54E-003	HIGH VOLUME SUPPLY FAN 05A UNAVIALABLE DUE TO MAINTENENCE	1
HDABM05CB	2.54E-003	HIGH VOLUME SUPPLY FAN 05B UNAVIALABLE DUE TO MAINTENENCE	1
HDABM06CA	2.54E-003	HIGH VOLUME SUPPLY FAN 06A UNAVIALABLE DUE TO MAINTENENCE	1
HDABM06CB	2.54E-003	HIGH VOLUME SUPPLY FAN 06B UNAVIALABLE DUE TO MAINTENENCE	1
HDABM15E	2.54E-003	HIGH VOLUME SUPPLY FAN 15E UNAVIALABLE DUE TO MAINTENENCE	1
HDABM16E	2.54E-003	HIGH VOLUME SUPPLY FAN 16E UNAVIALABLE DUE TO MAINTENENCE	1
HDABM17E	2.54E-003	HIGH VOLUME SUPPLY FAN 17E UNAVIALABLE DUE TO MAINTENENCE	1
HDABM18E	2.54E-003	HIGH VOLUME SUPPLY FAN 18E UNAVIALABLE DUE TO MAINTENENCE	1
HDABM19E	2.54E-003	HIGH VOLUME SUPPLY FAN 19E UNAVIALABLE DUE TO MAINTENENCE	1
HDABM20E	2.54E-003	HIGH VOLUME SUPPLY FAN 20E UNAVIALABLE DUE TO MAINTENENCE	1
HDABR03CA	2.40E-004	FAN 03CA FAILS TO RUN	1
HDABR03CB	2.40E-004	FAN 03CB FAILS TO RUN	1
HDABR04CA	2.40E-004	FAN 04A FAILS TO RUN	1
HDABR04CB	2.40E-004	FAN 04B FAILS TO RUN	1
HDABR05CA	2.40E-004	FAN 05A FAILS TO RUN	1

표 10A-15 (24 중 21)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
HDABR05CB	2.40E-004	FAN 05B FAILS TO RUN	1
HDABR06CA	2.40E-004	FAN 06A FAILS TO RUN	1
HDABR06CB	2.40E-004	FAN 06B FAILS TO RUN	1
HDABR15E	2.40E-004	FAN 15E FAILS TO RUN	1
HDABR16E	2.40E-004	FAN 16E FAILS TO RUN	1
HDABR17E	2.40E-004	FAN 17E FAILS TO RUN	1
HDABR18E	2.40E-004	FAN 18E FAILS TO RUN	1
HDABR19E	2.40E-004	FAN 19E FAILS TO RUN	1
HDABR20E	2.40E-004	FAN 20E FAILS TO RUN	1
HDABS03CA	6.00E-004	FAN 03CA FAILS TO START	1
HDABS03CB	6.00E-004	FAN 03CB FAILS TO START	1
HDABS04CA	6.00E-004	FAN 04CA FAILS TO START	1
HDABS04CB	6.00E-004	FAN 04CB FAILS TO START	1
HDABS05CA	6.00E-004	FAN 05CA FAILS TO START	1
HDABS05CB	6.00E-004	FAN 05CB FAILS TO START	1
HDABS06CA	6.00E-004	FAN 06CA FAILS TO START	1
HDABS06CB	6.00E-004	FAN 06CB FAILS TO START	1
HDABS15E	6.00E-004	FAN 15E FAILS TO START	1
HDABS16E	6.00E-004	FAN 16E FAILS TO START	1
HDABS17E	6.00E-004	FAN 17E FAILS TO START	1

표 10A-15 (24 중 22)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
HDABS18E	6.00E-004	FAN 18E FAILS TO START	1
HDABS19E	6.00E-004	FAN 19E FAILS TO START	1
HDABS20E	6.00E-004	FAN 20E FAILS TO START	1
HDABWSUFAN	6.00E-005	DEMAND CCF OF DG ROOM SUPPLY FANS	1
HDABWSUFANE	6.00E-005	DEMAND CCF OF AAC DG ROOM SUPPLY FANS	1
HDOPVABDG01A	5.86E-002	OPERATOR FAILS TO START FAN FOR DG01A ROOM VENTILATION	1
HDOPVABDG01B	5.86E-002	OPERATOR FAILS TO START FAN FOR DG01B ROOM VENTILATION	1
HDOPVABDG01E	5.86E-002	OPERATOR FAILS TO START FAN FOR DG01E ROOM VENTILATION	1
HDSKAAB156E	3.12E-003	HIGH VOLUME SUP/EXH FAN 15E/16E ACTUAT. CIRCUIT FAILURE	1
HDSKAAB178E	3.12E-003	HIGH VOLUME SUP/EXH FAN 17E/18E ACTUAT. CIRCUIT FAILURE	1
HDSKAAB190E	3.12E-003	HIGH VOLUME SUP/EXH FAN 19E/20E ACTUAT. CIRCUIT FAILURE	1
HDSKAAB34CA	3.12E-003	HIGH VOLUME SUP/EXH FAN 03A/04A ACTUAT. CIRCUIT FAILURE	1
HDSKAAB34CB	3.12E-003	HIGH VOLUME SUP/EXH FAN 03B/04B ACTUAT. CIRCUIT FAILURE	1
HDSKAAB56CA	3.12E-003	HIGH VOLUME SUP/EXH FAN 05A/06A ACTUAT. CIRCUIT FAILURE	1
HDSKAAB56CB	3.12E-003	HIGH VOLUME SUP/EXH FAN 05B/06B ACTUAT. CIRCUIT FAILURE	1
HDSKWAACFAN	3.12E-004	CCF OF AAC DG ROOM FANS ACTUATION CIRCUIT	1
HDSKWFAN	3.12E-004	CCF OF DG ROOM FANS ACTUATION CIRCUIT	1
HHABKESWP	2.40E-005	RUNNING CCF OF ESW PUMP ROOM AHUS	1
HHABMAH02A	5.85E-003	ESW PUMP ROOM AHU 02A UNAVAILABLE DUE TO MAINTENANCE	1
HHABMAH02B	5.85E-003	ESW PUMP ROOM AHU 02B UNAVAILABLE DUE TO MAINTENANCE	1
HHABR01CA	2.40E-004	ESW PUMP ROOM AHU AH01A FAILS TO RUN	1
HHABR01CB	2.40E-004	ESW PUMP ROOM AHU AH01B FAILS TO RUN	1

표 10A-15 (24 중 23)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
HHABR02CA	2.40E-004	ESW PUMP ROOM AHU AH02A FAILS TO RUN	1
HHABR02CB	2.40E-004	ESW PUMP ROOM AHU AH02B FAILS TO RUN	1
HHABS02CA	6.00E-004	ESW PUMP ROOM AHU AH02A FAILS TO START	1
HHABS02CB	6.00E-004	ESW PUMP ROOM AHU AH02B FAILS TO START	1
HHABW02AB	6.00E-005	DEMANDING CCF OF ESW PUMP ROOM AHUS AH02A & AH02B	1
HHIKA02CA	9.25E-003	ESW PUMP RM.A AHU 02CA INTERLOCK FAILS TO GENERATE SIGNAL	1
HHIKA02CB	9.25E-003	ESW PUMP RM.B AHU 02CB INTERLOCK FAILS TO GENERATE SIGNAL	1
HHIKWFAN	9.25E-004	DEMAND CCF OF ESW PUMP ROOM AHU INTERLOCK	1
HHOPV02CA	5.86E-002	OPERATOR FAILS TO START AHU 01CA IN ESW PUMP ROOM	1
HHOPV02CB	5.86E-002	OPERATOR FAILS TO START AHU 02CB IN ESW PUMP ROOM	1
NHHBYGENCB	2.26E-004	FAILURE ON GENERATOR CIRCUIT BRK(FAIL TO OPEN)	1
NOXH KUAT	2.88E-006	FAULTS ON UNIT AUX.XFMRS (COMMON CAUSE)	1
NOXHYMAIN	2.88E-005	FAULT ON MAIN XFMR	1
NOXHYUATA	2.88E-005	FAULT ON UNIT AUX. XFMR TR01M	1
NOXHYUATB	2.88E-005	FAULT ON UNIT AUX. XFMR TR01N	1
SBO-COND	2.35E-003	OTHER PLANT SBO	1
SWCVC1001A	1.00E-003	ESWP 01A DISCHAR. LINE CV 1001A FAILS TO CLOSE	1
SWCVC1002B	1.00E-003	ESWP 01B DISCH.LINE CV 1002B FAILS TO CLOSE	1
SWCVOCV1003	2.00E-004	ESW PUMP 2A DISCHA. LINE C/V 1003 FAILS TO OPEN	1
SWCVODV1004	2.00E-004	CHECK VALVE FAILS TO OPEN	1
SWCVW10012	1.04E-005	CCF ESWP DISCHAR. LINE CV 1001& 1002 FAIL TO CLOSE	1
SWCVWS1003/1004	2.08E-006	STANDBY LINE ESWP DISC. C/V 1003&1004 CCF TO OPEN	1

표 10A-15 (24 중 24)

기본사건	고장율(평균값)	기본사건 설명	데이터 원*
SWFLPFT03A	2.40E-004	CCW HX-03A DEBRIS FILTER FT03A PLUGS	1
SWFLPFT03B	2.40E-004	CCW HX-03B DEBRIS FILTER FT03B PLUGS	1
SWIKAESWPA	2.61E-004	ESW TRAIN A PUMP INTERLOCK FAILS TO ACTUATE ESW PUMP	1
SWIKAESWPB	2.61E-004	ESW TRAIN B PUMP INTERLOCK FAILS TO ACTUATE ESW PUMP	1
SWIKWESWP	2.61E-005	CCF OF ESW PUMP INTERLOCKS	1
SWMPKSESWP1A/B	3.60E-005	CCF OF ESW PUMPS 1A AND 1B TO RUN FOR 24 HRS	1
SWMPKSESWP2A/B	3.60E-005	ESW PUMPS 2A & 2B CCF TO RUN	1
SWMPMCESWP2A	2.63E-003	UNAVAILABLE DUE TO TEST AND MAINTENANCE	1
SWMPMDESWP2B	2.63E-003	UNAVAILABLE DUE TO TEST AND MAINTENANCE	1
SWMPRAESWP1A	7.68E-004	ESW PUMP 1A FAILS TO RUN DOR 24 HRS	1
SWMPRBESWP1B	7.68E-004	ESW PUMP 1B FAILS TO RUN FOR 24 HRS	1
SWMPRCESWP2A	7.68E-004	ESW PUMP 2A FAILS TO RUN FOR 24 HRS	1
SWMPRDESWP2B	7.68E-004	ESW PUMP 2B FAILS TO RUN FOR 24 HRS	1
SWMPSCESWP2A	2.40E-003	ESW PUMP 2A FAILS TO START ON DEMAND	1
SWMPSESWP2B	2.40E-003	ESW PUMP 2B FAILS TO START ON DEMAND	1
SWMPVESWP02A	1.16E-002	OPERATOR FAILS TO STAR ESW STANDBY PUMP 02A	1
SWMPVESWP02B	1.16E-002	OPERATOR FAILS TO START ESW STANDBY OUMP 02B	1
SWMPWSESWP2A/B	2.88E-004	ESW PUMP 2A & 2B CCF TO START	1
SWVVOCV1009	6.00E-005	CCW HX 3A ESW LINE VV 1009 FAILS TO OPEN	1
SWVVOCV1015	6.00E-005	CCW HX 3A ESW LINE VV 1015 FAILS TO OPEN	1
SWVVODV1010	6.00E-005	CCW HX 3B ESW LINE VV 1010 FAILS TO OPEN	1
SWVVODV1016	6.00E-005	CCW HX 3B ESW LINE VV 1016 FAILS TO OPEN	1
SWVVOV1027A	6.00E-005	CCW HX 3A ESW LINE VV 1027 FAILS TO OPEN	1
SWVVOV1028B	6.00E-005	CCW HX 3B ESW LINE VV 1028 FAILS TO OPEN	1

울진 5,6호기 최종안전성분석보고서

표 10A-16

보조급수계통 신뢰도분석에 사용된 공통원인 변수

기기	공통원인고장 분류크기	고장모드	공통원인고장 변수 ¹⁾
보조급수 터빈구동펌프	2대 (동일구동축펌프)	기동 실패 가동중 실패	$\beta=5.46E-2$ $\beta=3.00E-3$
보조급수 모터구동펌프	2대 (동일구동축펌프)	기동 실패 가동중 실패	$\beta=5.46E-2$ $\beta=3.00E-3$
필수해수계통펌프 (필수냉방수펌프, 기기냉각수펌프)	2대 펌프 4대 펌프	기동 실패 가동중 실패	$\beta=1.54E-2$ $\beta=2.95E-2$ $\tau=2.71E-1$ $\delta=9.34E-1$
모터구동밸브	4 밸브	요구 운전 실패	$\beta=6.24E-2$ $\tau=9.82E-1$ $\delta=9.23E-1$
슬레노이드밸브	4 밸브	요구 운전 실패	$\beta=9.35E-2$ $\tau=9.97E-1$ $\delta=9.31E-1$
공기구동밸브	2 밸브	요구 운전 실패	$\beta=6.65E-2$
역류방지밸브	2 밸브	요구시 개방 실패	$\beta=3.08E-4$
디젤발전기	3 대	기동 실패 운전중 고장	$\beta=1.34E-2$ $\tau=7.78E-1$ $\beta=6.95E-2$ $\tau=7.89E-1$
축전지	4대	운전 실패	$\beta=1.62E-2$ $\tau=6.66E-1$ $\delta=1.0$
기타 기기들		운전 실패	$\beta=1.0E-1^{2)}$

1) 울진 5,6호기 확률론적안전성평가 예비보고서, 제6장

2) EPRI URD KAG Rev.5에 공통원인고장 변수가 수록되어 있지 않는 경우 보수적으로 이 값을 사용함.



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

보조급수계통의 단순계통도
그림 10A-1 (2 중 1)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

보조급수계통의 단순계통도
그림 10A-1 (2 중 2)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목
그림 10A-3 (19 중 1)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목
그림 10A-3 (19 중 2)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목
그림 10A-3 (19 중 3)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목
그림 10A-3 (19 중 4)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목
그림 10A-3 (19 중 5)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목
그림 10A-3 (19 중 6)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목
그림 10A-3 (19 중 7)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목
그림 10A-3 (19 중 8)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목
그림 10A-3 (19 중 9)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목
그림 10A-3 (19 중 10)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목
그림 10A-3 (19 중 11)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목
그림 10A-3 (19 중 12)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목
그림 10A-3 (19 중 13)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목
그림 10A-3 (19 중 14)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목
그림 10A-3 (19 중 15)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목
그림 10A-3 (19 중 16)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목
그림 10A-3 (19 중 17)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목
그림 10A-3 (19 중 18)



한국수력원자력주식회사
울진원전 5,6호기
최종안전성분석보고서

울진 5,6호기 보조급수계통 고장수목
그림 10A-3 (19 중 19)