

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

개정 2

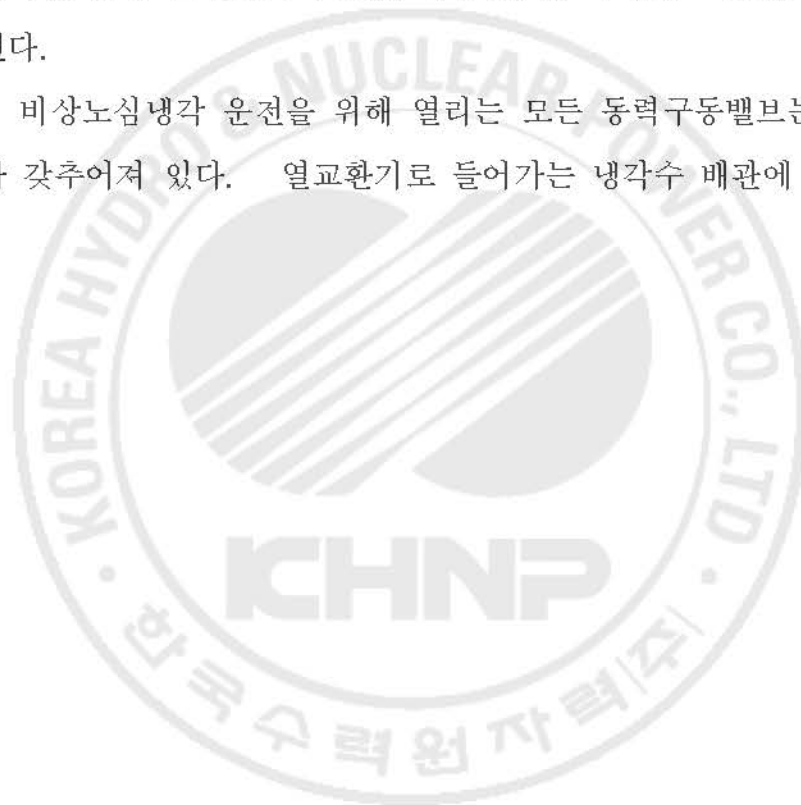
1996. 10

6.3.3.6.2 동력구동밸브

금속 밀봉장치를 가지는 나비형 밸브들은 경수를 수용하고있는 비상노심냉각계통의 저압부분에 사용된다. 게이트밸브는 중수나 경수를 수용하는 고압부분에 사용된다.

경수계통에 있는 모든 대형저압밸브는 보수를 용이하게 하기 위해 플랜지로 연결되지만 모든 고압밸브나 모든 중수밸브는 누설을 최소화시키기 위해 용접으로 연결된다.

비상노심냉각 운전을 위해 열리는 모든 동력구동밸브는 병렬로, 이중으로된 밸브가 갖추어져 있다. 열교환기로 들어가는 냉각수 배관에 있는 밸브



월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

들도 유사하게 이중으로 되어있다. 이중밸브중 어느 하나만 열려도 충분한 유량을 공급하게 된다.

정상운전과 LOCA 상태시 위치 그리고 비상노심냉각계통과 보조계통을 위한 모든 동력구동밸브의 고장시 위치가 도표 6.3-3A, 6.3-3B, 6.3-3C, 6.3-3D와 6.3-3E에 나타나 있다.

6.3.3.6.3 체크밸브

ECC 체크밸브들은 정상적으로 정체유체 배관에 설치되어 있어서 이것들의 자유로운 개방을 보장하기 위한 시험장치가 필요하다. 이 시험장치는 정상적인 체크밸브와같이 체크밸브의 개폐능력을 손상시키지 않도록 설계되어 있다.

시험가능한 스윙체크밸브의 이용도를 증명하는 시험은, 밸브의 자유로운 개방을 보장할 수 있도록 시험장치를 이용한 각 밸브의 개폐작동을 포함하고 있다. 이 시험기간동안 진행방향의 양의 압력차에 의해 열리는 체크밸브의 능력은 손상되지 않으므로 비상노심냉각계통의 효율성은 떨어지지 않는다.

비상노심냉각계통은 다음과 같은 세가지의 특이한 시험가능한 스윙체크밸브의 설계를 활용하고 있다.

가. 공통의 비상노심냉각펌프의 배출관에 설치되어 있는 체크밸브

(3432-V139와 V153)은 시험목적의 수동형 체인바퀴가 각각 부착된 웨이퍼 스윙체크밸브이다. 이 체크밸브들은 저압의 비상노심냉각 운전시 펌프트립의 경우 비상노심냉각 펌프하류배관의 배수를 막아준다.

나. 경수체크밸브 (3432-V76, V77, V96, V97)는 시험목적으로 수동레버가 설치된 스윙체크밸브이다. 밸브 V76과 V77은 고압주입동안

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

개정 2
1996. 10

에 중압주입배관으로의 역류를 막아준다. 밸브 V96과 V97은 중수차단밸브들의 시험동안에 중수 체크밸브의 보조장치로서 비상노심냉각계통의 나머지 부분으로부터 냉각재계통을 격리시킨다.

- 다. 원자로 양단에서 각각의 루프에 대한 비상노심냉각주입 배관에 있는 중수 체크밸브들은 (3432-PV33, PV34, PV47과 PV48) 원격수동 조절 공기 구동기가 갖추어진 스윙체크밸브이다. 비상노심주입이 대기상태인 정상운전동안 공기구동기는 차단된다. 이 공기구동기는 이 밸브들을 시험하기 위해 원자로가 정지된 동안에만 사용된다. 이러한 밸브들은 중수차단밸브들의 시험동안에 비상노심냉각계통으로부터 냉각재계통을 차단시킨다. 이것들은 또한 비상노심냉각계통 운전동안 손상되지 않은 루프의 냉각재가 파손된 루프로 배출되는 것을 방지한다.

2

6.3.3.6.4 방출밸브

방출밸브는 비상노심냉각기와 배관의 보호를 위해 갖추어져 있다. 자세한 내용은 6.3.2.8절의 과압력보호를 참조하고 방출밸브들의 설정압력은 비상노심 냉각 배관 및 계기도면 86-34320-1-1-FS-E (그림 6.3-2)에 명시되어 있다.

6.3.3.7 오리피스

유량제한 오리피스들 (3432-RO5, 6, 7과 8) 이 원자로 출구모관들에 연결된 비상노심냉각주입 배관에 설치되어진다. 이들의 목적은 원자로 출구모관으로의 비상노심냉각 유량을 줄이고 원자로 입구모관들의 유량을 증가시킴으로써 원자로 출구 모관의 대형 파단후, 연료의 냉각을 개선하기 위한 것이다.

6.3.3.8 파열판

파열판 (3432-RD1 과 RD2) 은 경수로 채워진 계통부분과 중수로

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

채워진 계통부분을 분리시키기 위하여 비상노심냉각계통에 설치된다. 이 파열판은 중수체크밸브를 시험하는 동안 중수의 질저하를 방지한다.

6.3.3.9 배관과 재질

비상노심냉각계통 내 다음 부분은 스테인레스강 A-312 등급 TP304L이다.

- 고압 비상노심냉각계통 가스탱크 3432 TK 2에서 고압 비상노심 냉각 물탱크 3432-TK1/-TK3까지 8인치와 16인치 배관
- 축압 건물에 있는 화학 첨가 배관 3/4W-78/79와 보조건물에 있는 3/4W-21/22
- 살수탱크까지의 직립관 3/4W-100, 고압 비상노심냉각 주입밸브 MV79/MV80과 고압 경수 격리 밸브사이의 배기 및 배수관, 파열판 RD1 상류에 있는 경수 배기관, 중수 체크 밸브와 중수 격리밸브 사이에 있는 감압코일을 포함하는 감압관, 짧은 10인치 직립관 3432-Y26/27, 하류에 있는 중수배기관 V37과 V38사이와 V59와 V58사이의 중수 배수관.

나머지 모든 비상노심냉각계통의 배관은 탄소강 SA106 등급 B이다. 스테인레스강인 V27, V30, V69, V70, V108, V109, V146, V147, RV26, RV67, RV68, RV85, RV86, RV102, RV133, RV152, PV81, PV82를 제외한 모든 밸브는 탄소강이다.

프랜지 연결은 돌출면 (raised face)형이고 압축제한 가스켓을 사용한다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

6.3.3.10 압축가스 공급

비상노심냉각계통 가스 탱크를 초기에 채우고 4.14 MPa(g) (600 psig)의 탱크운전 압력을 유지하기 위해서 6.9 MPa(g) (1000 psig)에서 건조되고 압축된 공기를 정격유량 43 Std m³/h (1500 Std ft³/h)으로 6.9 MPa(g) (1000 psig) 공급할 수 있는 용량의 공기압축기와 건조기가 필요하다. 공기 압축기는 초기에 최대한 5일 동안 가스 탱크를 가압할 수 있는 크기이다. 공기압축기는 자동조절 회로를 사용하여 비상노심냉각 가스 탱크 (TK2) 의 압력을 4.14 MPa(g) (600 psig)에서 4.36 MPa(g) (632 psig) 까지의 범위내로 조절한다. 이것은 가스 격리 밸브 3432-PV81과 PV82 그리고 공급 밸브 3432-V98과 V111을 통한 누설 분을 보충해준다. 이러한 공기공급은 만일 공기압축기가 보수로 인하여 사용이 불가능할 경우 질소가스 실린더로 부터 압축가스공급을 보조받는다. 운전원들에 의한 유지보수를 최소화하기 위하여 4개의 실린더가 비상노심냉각계통 가스탱크에 연결될 수 있도록 질소공급 분기관을 설치하였다.

6.3.4 계통 규격 분류

비상노심냉각계통은 CSA 표준 N285.0, 5장 (참고문헌 6.3-10), AECB 규제문서 R-7 (참고문헌 6.3-2)과 R-9 (참고문헌 6.3-1)에 따라 분류한다. ANSI B31.1 (참고문헌 6.3-26) 또는 ASME 보일러 및 압력용기 규격 (참고문헌 6.3-25) III장과 VIII장은 적용가능한 계통설계에 이용된다.

체크밸브 3432-PV33, PV34, PV47과 PV48의 하류 계통부분은 어떤 상황에서 손상이 되면 냉각재 상실사고를 유발할 수 있기 때문에 원자력등급 1로 분류된다.

주입밸브 3432-MV31, MV50, MV79와 MV80을 포함하고 이곳에서 부터 체크밸브3432-PV33, PV34, PV47와 PV48, 배수밸브 3432-PV78, PV87,

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

PV88, 시험밸브 PV73과 PV74, 그리고 중수 보충 밸브 3432-V155, V156, V157, V158까지의 계통 부분은 R-7요건을 따르기 위해 원자력등급 1이다. R-7요건에 의해 냉각재계통에서 두번째 격리밸브를 포함하는 곳까지의 배관은 원자력등급 1이 되어야 한다. 중수격리밸브 3432-MV39, MV40 등등은 시험을 위하여 정기적으로 열리므로 MV31, 50, 79와 80은 두번째 격리밸브로 간주된다.

3432-PV73 (PV74)의 하류 배관은 LOCA 후 또는 정상운전상태 동안 가압이되지 않으므로 원자력등급 3이다. 또한 이것은 저온에서 동작되고 단지 적은 양의 방사능을 함유하고 있다.

계통의 중압과 저압의 모든 부분 (배기와 배수관 제외) 중압 살수 밸브 3432-MV31과 MV50까지 (그러나 밸브는 포함 안됨)는 원자력등급 2이다. 원자로건물 바깥에있는 이 부분은 사고 후에 감지할 만한 양의 방사능 물질을 포함하므로 R-9요건에 따른다. 원자로건물 경계에서 고압 주입 격리밸브 3432-MV79와 MV80까지의 밸브를 포함하지 않는 원자로건물 내 고압주입라인 16W-62의 일부분과 같이 원자로건물 내 중압/저압 비상노심냉각계통의 일부는 원자로건물 확장부를 형성한다. 따라서 이 부분들은 R-7에 따라 원자력등급 2로 분류되는데, R-7은 원자로건물 확장부를 원자력등급 2로 하도록 요구하고 있다.

비상노심냉각 압력 경계밖에 있는 펌프의 배기및 배수관 부분과 관련 밸브들은 시험이나 보수시 사용하고 비상노심냉각운전에는 필요하지 않으므로 원자력등급 3으로 분류된다.

건조기 3432-DR1의 하류에 있는 체크밸브 3432-V98에서 원자로건물 경계까지 (화학첨가 고압시료용기 (canister)와 관련밸브 3432-V69, V70과 압축기 3432-CP1과 건조기 3432-DR1과 가스분기관 3432-Y26, 압력조절 밸브 3432-PRV100과 PRV112와 등급 6인 관련배관들 제외)의 고압주입계통부분은 원자력등급 3으로 분류된다. 이것은 비상노심냉각계통의 최소 규격 등급이 3이어

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

야 한다는 R-9 (참고문헌 6.3-2)의 요건을 만족한다.

등급 6 부분은 통상 체크밸브나 수동 밸브에 의하여 계통으로부터 차단된다. 화학 첨가 고압시료 용기는 계통으로부터 차단될 수 있고 연결배관은 원자력등급 2 밸브 3432-V27, V30(저압 비상노심냉각계통의 원자력등급 2 부분)와 원자력등급 3 밸브 3432-V108, V109 (고압 비상노심냉각계통의 원자력등급 3 부분)에서 차단된다. 이러한 차단에 의하여 화학첨가 고압시료 용기와 밸브 3432-V69, V70에 대해서는 등급 6이 적절하다.

건조기로부터 출구 배관상에 있는 체크 밸브 3432-V98은 압축기 혹은 건조기가 기능상실인 경우에 가스 탱크 3432-TK2의 급속한 감압을 방지한다. 따라서, 압축기와 건조기는 등급 6으로 충분하다.

가스 분기관으로부터 출구배관상에 있는 정상시 닫혀있는 원자력등급 3 수동밸브 3432-V101은 가스 분기관 혹은 압력조절 밸브 3432-PRV100이 기능상실인 경우에 고압가스 탱크 3432-TK2의 급속한 감압을 방지한다. 그리고 출구 배관상에 있는 원자력등급3 체크 밸브 3432-V113은 가스 분기관 혹은 압력조절 밸브 3432-PRV112가 기능상실인 경우 고압 물탱크 3432-TK1과 TK3의 급속한 감압을 방지한다. 또한, 질소가스 실린더 자체는 비원자력등급이다. 그러므로, 분기관과 압력 조절 밸브에 대해서는 등급 6으로 규격 분류하는 것이 타당하다.

6.3.5 계통운전

6.3.5.1 초기운전

LOCA 후, 냉각재계통은 감압된다. 운전 압력에서 비상노심냉각수가 냉각재계통으로 주입될 수 있는 압력까지 냉각재계통의 감압을 블로우 다운

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

단계라 한다. 이 기간은 대형파단인 경우 몇초에서 소형파단인 경우 몇분까지 다르다. 3개의 모관 압력 측정중에서 2개가 5.42 MPa(g) (785.3 psig) 이하로 떨어졌을 때, 루프 격리밸브들이 닫혀서 파단루프를 비파단루프로부터 격리시킨다.

어느 한 루프에서 다른 (독립적인) 압력측정 결과가 5.42 MPa(g) (785.3 psig) 이하로 떨어지고 원자로건물 압력이 3.45 kPa(d) (0.5 psid) 이상 혹은 감속재 수위가 10.12m 이상 혹은 냉각재계통 압력이 5.42 MPa(g) 이하로 낮게 유지 될 때, LOCA 신호가 발생하고 비상노심냉각계통이 작동된다. 이 계통의 작동은 3단계로 나뉘어진다.

6.3.5.2 고압주입 운전

LOCA 신호를 받은 후, 가스 차단 밸브, 고압 주입밸브와 중수 차단밸브가 동시에 열리고 파열판은 냉각수가 주입되도록 파열된다. 냉각재계통 압력이 주입압력이하로 떨어지자마자 물은 고압 비상노심냉각수 탱크로부터 냉각재계통의 모든 모관으로 흘러 들어간다. 물탱크로부터의 유량은 파열크기에 따라 다르다.

LOCA 신호는 30초가 지연된 후 주증기 안전밸브를 열어서 증기발생기를 냉각시킨다. 이러한 시간 지연은 시험중 급속냉각 (crash cooldown)의 부주의한 작동을 방지하기 위하여 운전원에게 어느 정도의 여유를 제공해 준다. LOCA 신호는 또한 살수탱크와 연결된 비상노심냉각펌프 흡입밸브를 열게하고 한 대의 비상노심냉각펌프와 원자력등급 3 디젤들을 기동시킨다. 고압주입은 100% 모관 파열 크기인 경우에 최소한 2.5분동안 지속된다. 이것은 2개의 고압주입밸브가 열린 상태에서 평균 유량 1400 l/s (18000 Igpm)에 해당된다. 소형 파단인 경우에 고압주입 시간은 길어진다. 10% 파열 크기인 경우에 평균 유량은 700 l/s (9000 Igpm) 로 줄어든다. 물이 비상노심냉각수 탱크로부터 배출될

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

때 탱크내 수위와 주입압력은 떨어진다. 고압비상노심냉각수 탱크가 저수위일때 고압 비상노심냉각 주입 밸브와 하류 시험밸브들은 닫히도록 신호가 발생하고 고압 비상노심냉각은 끝난다. 소형파단인 경우 비상노심냉각수탱크로부터 고압주입은 30분까지 계속될 수도 있다.

6.3.5.3 중압주입 운전

중압주입밸브는 고압 비상노심냉각수탱크 저수위 신호에 열리고 중압주입은 고압주입이 끝났을 때 시작한다. 비상노심냉각 펌프는 살수탱크로부터 모든 원자로 모관으로 물을 주입시킨다. 펌프출구압력이 주입되는 곳보다 높을 때 살수탱크로부터 비상노심냉각펌프를 통해 모관으로 물의 유동이 시작된다. 충분한 물이 보장되어 있는데 이는 100% 파열 크기인 경우에 중압 주입이 최소한 12.5분동안 살수탱크로부터 계속될 수 있는 양이다. 이것은 평균유량 645 l/s (8500 Igpm) 와 같다. 소형파단인 경우, 이 시간은 길어진다. 10% 파열크기인 경우에 평균유량은 380 l/s (5000 Igpm)로 줄어든다.

6.3.5.4 저압주입 운전

살수탱크 저 수위시 저압주입이 시작되고 다음 조치에 의해 중압주입이 자동적으로 끝난다: 원자로 건물의 지하에 연결된 비상노심냉각펌프의 흡입 밸브를 열고 살수탱크로 연결된 비상노심냉각 펌프의 흡입밸브를 닫고 비상노심냉각 열교환기에 냉각수가 흐를 수 있도록 기기 냉각수 회수 밸브를 연다.

원자로건물의 지하바닥에 있는 혼합된 경수와 중수를 회수하여 비상노심냉각 열교환기를 통해 냉각재계통으로 재순환시켜서 장기 저압주입이 이루어진다.

중압주입동안 사용된 두 대의 100% 비상노심냉각펌프는 또한 장기

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

재순환을 위하여 작동된다. 한 펌프만이 이 기능을 수행하고 다른 하나는 대기 상태로 둔다.

LOCA신호에 의해 비상노심냉각펌프의 살수탱크 흡입측 밸브 3432-PV10과 PV11은 자동적으로 열린다. 흡입밸브 3432-PV163과 PV162는 정상적으로 열려있다. 이들 밸브가 열렸을때 ‘자동’ 위치에 있던 비상노심냉각펌프가 기동한다. 대기상태의 ECC펌프는 대기상태를 유지한다. ECC펌프운전은 펌프손상방지만을 위하여 한대로만 제한된다.

만일 ‘자동’ 상태의 ECC 펌프가 펌프 저차압으로 인한 기동실패이면 대기상태의 ECC펌프가 10초의 시간지연후 자동으로 기동한다. 따라서 어느 때든 단 한대의 ECC펌프를 운전한다.

펌프손상을 방지하기 위한 최소 허용 펌프유량은 158 l/s (2080 Igpm)이다.

한대의 펌프운전으로 중압 ECC 주입이 시작되기 전에 우회배관과 우회배관에 있는 유량 제한 오리피스에 의해 이 유량은 보증된다. 두대의 펌프가 동시에 운전하는것을 허용하지 않기 때문에 어떤 펌프손상 가능성도 없다.

2개의 열교환기가 병렬로 연결되어 있어서 초기에는 760 l/s (10000 Igpm) 의 2차측 전체 용수용량이 2개의 열교환기에 공급된다. 원자로의 정상운전동안 양측열교환기의 1차측과 2차측에 있는 열교환기 격리밸브는 최대 신뢰도를 위하여 열려있고 기기 냉각수 회수 밸브 7134-PV569와 PV570 은 닫혀있다 (냉각수 재순환이 일어나지 않음). 따라서 기기 냉각수 회수 밸브 7134-PV569와 PV570을 여는 즉시 저압비상노심냉각 (LPECC)이 시작되며 두개의 열교환기에 의하여 냉각이 이루어진다. 운전원이 수동운전할 시간적 여유가 있을 때 열교환기 하나는 대기상태에 있도록 격리된다 (6.3.5.5절 참조). 한 열교환기의 2차측 용수의 유량은 초기에 606 l/s (8000 Igpm) 이고 LOCA 발생 24시간후 부지설계 기

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

준 지진에 대해서 비상 급수 공급 유량은 103.5 l/s (1366 Igpm) 이다.

대형과단사고의 경우 원자로심으로부터 붕괴열이 제거되고 이러한 붕괴열은 열교환기를 통해 기기 냉각수계통이나 비상급수공급계통으로 전달된다.

소형과단사고의 경우 주입유량이 적어 열교환기를 통하여 제거되는 열량도 작다. 펌프 유량은 필요시 증가될 수도 있는데, 그것은 열교환기에 의해 냉각된 펌프유량의 일부분을 대기상태로 있는 펌프측의 재순환 밸브 3432-PV23 이나 -PV24 그리고 흡입밸브 3432-PV1 이나 PV2를 원격 수동제어하여 원자로 건물 지하바닥으로 되돌려 보냄으로서 이루어질 수 있다. 펌프 흡입구를 분리하는 벽은 지하에 축적된 물을 냉각시키기 위해 원자로건물 지하에 있는 냉각수의 적절한 순환을 일으킨다.

저압 비상노심냉각계통 작동중에 펌프 트립사고가 발생한 경우 병렬로 배열된 체크 밸브 3432-V139와 V153 (같은 배관, 3432-16W65, 펌프와 연결된 우회 배관하류, 3432-12W9)는 회수 배수조로 연결된 3432-16W65 배관의 배수를 방지한다. 이것은 펌프가 재운전될 때 수격현상을 최소로 한다.

그림 7.2.3-3은 대형과단시 비상노심냉각계통의 압력변화곡선을 나타낸다. 적정량의 유량이 냉각재계통으로 제공됨을 확인하는 비상노심냉각계통의 성능은 15.2.1절에 제시되어 있다.

6.3.5.5 수동 조치

가상된 LOCA 가 발생한 시간으로부터 첫 15분 동안에 운전되는 모든 비상노심냉각계통은 자동적으로 이루어진다.

자동으로 수행되는 모든 조치는 주제어실에서 수동으로 운전될 수 있어야한다. 체크 밸브가 열리는 것과 같은 자체로 구동되는 작동은 포함되지 않는다. 수동설비는 운전원에게 안전한 상태가 아니라는 것을 인지하도록 off-normal

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

개정 2

1996. 10

상태 경보를 발생시키는 장치이다.

보수를 위해 냉각재계통을 감압시킬 수 있도록 수동제어로 비상노심냉각계통을 차단 (block) 할 수 있어야 한다. 비상노심냉각계통이 “폐쇄” 상태가 될 때 이 상태를 나타내는 경보장치가 있어야 한다. (7장 참조)

저압 비상노심냉각운전을 한 두시간 운전한 후 운전원은 운전중인 열교환기 2대 중 1대를 수동으로 격리시켜야 한다.

장기 재순환 운전동안 지진사고가 있는 경우, LOCA 후 24시간 (LOCA 후 24시간 이내 지진은 발생가능성이 희박하다), 정상 비상노심냉각펌프의 전원과 ECC 열교환기로의 기기 냉각수 공급이 중단될 수 있다. 운전원은 계속적으로 붕괴열을 제거하기 위하여 비상급수계통으로부터 ECC 열교환기로 냉각수를 공급함으로서 장기운전을 복구시켜야 한다. 비상전원이 공급될 때 비상노심냉각 펌프가 재기동한다. 이렇게 되기 위해서 펌프전원 절환 스위치가 3급전원에서 EPS 위치로 절환되어야 하고 펌프는 수동스위치를 제 2 제어지역에서 순간적으로 기동위치로 놓음으로써 기동된다. 비상노심냉각펌프 전동기는 지진이나 또는 4급 전원과 3급 전원 상실로 인해 HVAC와 지역공기냉각기에 의한 보조건물의 냉각과 환기없이도 비상노심냉각 가동기간중 운전 가능하다. 이 사고동안 평균 실내온도는 60℃로 예상된다.

2

6.3.5.6 이용도 시험

비상노심냉각계통은 사고상태에서만 운전이 요구되며 평상시에는 대기 상태에 있다. 비상노심냉각계통의 요구 이용도를 개선하기 위하여 계통운전에 필요한 모든 능동기기, 계기와 제어논리는 기능적 적합성을 위하여 정상운전 동안에 주기적으로 시험된다. 어떤 기기의 시험빈도는 기기의 고장율과 다중성을 기준으로 결정되며 이 계통의 신뢰도 보고서에 기록된다. 비상노심냉각계통은 어떤 정기시험기간 동안에도 이용 가능해야 한다.

밸브와 펌프 같은 비상노심냉각기기의 시험은 아래에 간략하게 기술되어 있다. 이 내용은 완전한 절차를 설명한 것이 아니다. 기기회로와 작동

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

논리의 시험은 기기시험의 일부로 시험되지 않는다. (7장 참조)

6.3.5.6.1 비상노심냉각펌프 시험

펌프 유량시험은 우선 펌프 재순환 밸브 [REDACTED]가 열린 상태를 확인하고 [REDACTED], [REDACTED]를 열고 [REDACTED] (혹은 [REDACTED]가 열린 상태에서 [REDACTED], [REDACTED]을 열고 [REDACTED]를 기동)을 기동시킴으로서 이루어진다. 펌프의 운전은 유량계 [REDACTED]을 통한 유량을 관측과 시운전동안 같은 조건 하에서 수행된 유량을 비교하여 확인한다.

비상노심냉각펌프의 시험은 중압 혹은 저압 비상노심냉각 이용도에 영향을 미치지 않는다.

6.3.5.6.2 밸브 3432-PV1, PV2 시험

이 밸브들은 한번에 하나씩 시험한다. 각 밸브의 작동은 열림 상태에 스위치를 놓고 리미트 스위치에 의해서 밸브가 열린 상태임을 확인한 후 밸브를 닫음으로서 시험된다.

6.3.5.6.3 밸브 3432-MV31, MV50 시험

중압 주입밸브 [REDACTED]을 시험하기 위해서 상류차단 밸브 [REDACTED]를 닫는다. 다른 유로가 비상노심냉각에 이용될 수 있도록 한 번에 한 밸브를 시험한다.

밸브 [REDACTED]을 시험할 때, 밸브 [REDACTED]에서 [REDACTED]까지의 배관에 있는 물은 평상시 열려있는 배수 밸브 [REDACTED]을 경유하여 방사성 배수계통으로 흐른다. 유동은 배수 배관 감시창으로 확인할

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

개정 2

1996. 10

수 있다. 시험후 [REDACTED] 과 [REDACTED] 은 정상 위치로 돌린다.

6.3.5.6.4 밸브 3432-V76, V77, V96, V97 시험

이러한 체크 밸브는 원자로 운전정지동안 외부 손잡이를 이용하여 플래퍼 (flapper)를 손으로 들어서 열리는 위치까지 동작이 자유롭다는 것을 확인하기 위하여 시험한다.

6.3.5.6.5 밸브 3432-PV33, PV34, PV47, PV48 시험

각 체크밸브의 공기식 구동기는 체크밸브 신뢰도를 향상시키기 위하여 정상 원자로 운전중 분리된다. 이들 체크 밸브들은 보통 대기 상태에서 작동이 자유롭다. 공기식 구동기는 시험을 수행하기 위하여 원자로 정지중에 연결된다. 체크 밸브의 플래퍼는 닫힌상태에 위치하며 시험용 구동기는 시험이 진행될 때만 플래퍼를 열림 상태 위치로 들어 올리는데 사용된다. 시험용 구동기는 시험이 완료되고 나서, 플래퍼를 풀어줌으로써 밸브가 자유롭게 여 닫힐 수 있도록 한다.

이들 체크 밸브들은 원자로 정지 기간중 시험된다. 시험주기는 16장 참조.

6.3.5.6.6 밸브 3432-MV39-MV46, 3432-MV59-MV66의 시험

원자로의 양단에 있는 중수 격리밸브는 따로 시험한다. 밸브 [REDACTED] 에서 [REDACTED] 까지 [REDACTED] 는 시험 수동 스위치와 시험주입 논리 (7장) 의 적절한 작동으로 시험된다. 리미트 스위치는 밸브위치를 나타낸다. 중수격리밸브의 시험동안 노심을 우회하는 유동을 방지하기 위하여 입구 모관 밸브들을 우선 시험하기 전에 출구 모관밸브들이 닫혀진 것을 확인해야 한다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

우선 출구 모관밸브들을 우선 시험하고 한 루프에서 다른 루프까지 교대로 시험하여 시험순서 간 밸브차단 시간 (20초) 을 허용하여 우발적 노심우회 가능성을 최소화한다.

6.3.5.6.7 밸브 3432-PV81, PV82 시험

가스 차단 밸브 [REDACTED] 는 주기적으로 밸브양단의 차압이 [REDACTED] 로 유지한 상태에서 시험한다. 이것은 [REDACTED] 의 하류 압력을 약 [REDACTED] 까지 증가시켜 수행한다.

가스 탱크 TK2 의 압력이 시험후 최소한 [REDACTED] 이상임을 보증하기 위해 시험전 정상압력 이상으로 증가시킨다.

비상노심냉각 물 탱크를 [REDACTED] 로 가압시키도록 가스차단 밸브 [REDACTED] 는 개방된다. 이들 밸브의 작동은 리미트 스위치로 나타나고 비상노심냉각수 탱크내의 압력지시계 [REDACTED] 은 탱크가 가압되어 있는것을 확인시켜준다. 그리고 나서 가스차단 밸브는 닫힌다. 또한 주제어반에 압력지시계 [REDACTED] 이 있다.

6.3.5.6.8 밸브 3432-PV83, PV84 시험

정상적으로 열려있는 배기밸브에 대한 시험은 가스 차단 밸브 [REDACTED] 에 대한 시험의 일환으로서 수행된다.

6.3.5.6.9 밸브 3432-MV71, MV72, MV79, MV80 시험

시험전 고압 주입밸브 [REDACTED] ([REDACTED] 에 대한 절차는 괄호로 나타냄) 와 하류 격리밸브인 [REDACTED] 는 닫힌다. 또한 밸브간 배기 밸브 [REDACTED] 도 닫힌다. 고압 주입 밸브는 시험 수동스위치를 조작하거

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

나 해당 비상노심냉각 논리 순서 시험으로 시험한다. 리미트스위치는 밸브의 개폐위치를 나타낸다. 한번에 한 개의 고압주입 밸브만 시험한다. ECC 논리 순서 시험을 이용하여 정상적으로 열려있는 고압 시험밸브 [REDACTED]가 ‘닫힘’ 작동을 시험할 경우에는 두 개의 유로가 모두 막히는 것을 방지하기 위하여 주의를 해야한다.

시험 후에 고압주입 밸브는 자동 조절 상태로 복원되며 고압시험 밸브는 열리고 배기밸브 [REDACTED] 이나 [REDACTED] 은 열린다.

주입 밸브 시험 중에 격리 밸브인 [REDACTED]가 고장으로 열릴 경우 파열판이 파열되는 것을 방지하기 위하여 시험을 하기 전에 비상노심 냉각수 탱크 압력은 [REDACTED] [REDACTED] 임을 확인해야 하고 배수 밸브 [REDACTED] 은 개방된다.

6.3.5.6.10 밸브 7134-PV567/PV568과 PV569/PV570 시험

통상적으로 닫혀있는 기기 냉각수 회수 밸브 [REDACTED]의 열림작동 시험을 위하여 시험수동스위치와 비상노심냉각 논리 순서 시험이 이용되며 시험 후 이들 밸브는 닫힌다. 밸브 [REDACTED]을 시험하기전에 닫혀지고 시험이 완료된후 연다.

6.3.5.6.11 밸브 3432-MV75 및 체크밸브 3432-V139, V153 시험

경수 우회 밸브 [REDACTED]는 단지 비상전원공급계통 (EPS) 에서 전원공급되며 비상전원공급계통이 동작중일 경우에 한하여 작동된다. 시험을 위해 제 2 제어지역 (SCA)에 있는 밸브수동스위치 [REDACTED]를 ‘열림’위치에 둔다. 이러한 조치는 밸브가 열려 있으면 중압 및 장기 비상노심냉각회로가 우회되기 때문에 주제어실에 비정상경보 (off normal alarm)를 발생시킨다. 그리

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

고나서 수동스위치는 닫힘 위치로 복귀하고 밸브의 재닫힘을 확인한다.

체크밸브 [REDACTED] 은 체인 및 리미트스위치와 함께 수동조작기 (레버암)에 연결된다. 체크밸브의 디스크는 보통 닫힘위치에 놓이며 레버암은 디스크를 들어올려 열림 위치로 전환하는데 사용된다. 운전원은 시험을 마친 후에 디스크가 완전히 제자리에 위치하였는지 (리미트스위치지시)를 확인해야 한다.

6.3.5.7 보수 및 유지

비상노심냉각계통에서 대부분의 기기에 대한 보수는 운전 정지중에 수행된다. 비상노심냉각펌프에 대한 개개의 격리 밸브, 배기구 및 배수구와 비상노심냉각 열교환기의 1 차측 및 2 차측에 위치하는 개개의 격리밸브는 이들 기기에 대한 보수를 용이하게 하기 위하여 공급된다. 비상노심냉각 열교환기에서 개스킷은 5년마다 교체하여야 한다.

살수탱크 격리 밸브 [REDACTED], 중수격리밸브 [REDACTED] 물재순환 밸브 [REDACTED], 물우회밸브 [REDACTED] 등을 보수할 경우에는 프리즈 플러그 (freeze plug)를 사용해야 한다. 파열판의 검사나 교체를 위해서는 파열판 상류와 하류의 물을 배수시켜야 한다.

6.3.5.8 가동중검사

86-03640-PIP-001 (참고문헌 6.3-33)의 5.2.2절에는 비상노심냉각계통의 다음과 같은 부분에 대해서 가동중검사를 하도록 규정하고 있다.

- 원자로 모관에서 중수 격리 밸브에 이르는 배관 및 중수 격리 밸브 3432--MV39 에서 MV46까지 그리고 MV59에서 MV66까지.
- 중수 체크 밸브 3432-PV33, PV34, PV47, PV48 에서 중압 및 고압

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

주입 밸브에 이르는 12"와 16"배관 및 중·고압 주입밸브

3432-MV31, MV50 그리고 MV79, MV80

- 원자로건물 바닥에서 밸브 3432-PV1 및 PV2와 스테인레스강 환관
이음 3432-EJ1, EJ2에 이르는 펌프 흡입관

6.3.6 안전성

6.3.6.1 신뢰도

월성 2, 3, 4호기에 대해 최종 비상노심냉각 신뢰도분석은 확률론적 안전성 평가(PSA) 방법론 86-03600-SAB-001 (참고문헌 6.3-34) 의 5장에 객관적으로 설명된 상세한 방법론을 적용한다. 신뢰도분석은 NUREG 0492와 AECB 자문문서 C-98 (참고문헌 6.3-35)에 기술된 원칙을 적용한 고장 수목해석을 이용하여 수행된다. 고장 수목 논리는 “직접원인의 원리”를 이용하여 개발되었다. 실제 운전 경험에 근거한 Ontario Hydro 의 최근 일반 CANDU자료가 이용된다. 그러나 CANDU 6와 Ontario Hydro 원자력 발전소간에 약간의 설계및 기기 차이들이 있는데 월성 2, 3, 4호기 신뢰도 분석에 요구되는 기기 자료가 DARA 데이터 베이스를 이용할 수 없어 이 자료는 1992년 12월까지 수정된 Point Lepreau 기기 신뢰도 데이터베이스를 인용한다. 또한 시험 빔 보수 휴먼 에러도 모델이 된다.

월성 2, 3, 4호기에 대해 비상노심냉각계통 이용도를 개선하기 위하여 월성1호기로 부터 다음 변경사항들이 진행되었다.

- 가. 고압 비상노심냉각운전 (HP ECC)이 끝나면 고압주입 시험밸브 MV71 또는 MV72는 자동적으로 닫힌다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

이것은 고압주입관 차단에 대한 다중성을 부여한다 (고압 비상노심 냉각운전이 끝난 후에 고압주입밸브 MV79 혹은 MV80이 닫히지 않은 경우를 대비해서).

나. 시험 가능한 체크밸브는 내부 연결장치 (linkage) 가 없다.

월성 1호기에서는 플래퍼워치를 감지하기 위하여 시험용 비상노심 냉각 체크밸브에 내부연결 장치가 이용되었다. 이들 내부연결 장치는 체크밸브의 고장율을 증가시키는 것으로 밝혀졌다. 월성 2, 3, 4호기에서는 내부 연결 장치가 없는 시험용 체크밸브를 사용한다.

다. 저압 비상노심냉각의 작동의 자동화

이러한 설계변경은 LOCA후 15분이 되면 운전원이 수동으로 중압에서 저압 비상노심냉각운전으로 스위치를 조작할 필요성을 없애준다. 이러한 변경 목적은 운전원의 조치에 연관된 높은 이용불능도를 제거하기 위한 것이며 만일 자동화 하지 않을 경우 LOCA직후 운전원이 조치를 취해야 한다.

라. 이로 말미암아 열교환기의 부식이나 생물학적인 오염과 같은 잠재적인 문제점이 줄어든다. 비상노심냉각열교환기의 냉각수를 기기냉각해수에서 기기 냉각수로 변경 (기기냉각해수: 해수, 재순환 냉각수: 탈염수)

마. 삼중 살수탱크 수위측정

중압 비상노심냉각으로 부터 저압 비상노심냉각으로의 전환에 대한 신뢰도를 향상시킨다.

바. 비상노심냉각펌프와 펌프의 살수탱크 흡입밸브와의 연동장치 제거
월성 1호기에서 중압 비상노심냉각운전 (MPECC) 중에 각 펌프는 밸브가 닫혔을때 펌프가 기동하거나 운전되는 것을 막기 위하여 펌

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

개정 2
1996. 10

프의 살수탱크 흡입밸브 (P2에 대하여 PV10, P1에 대해 PV11)와 연동되었다. 이러한 변경은 PV23 및 PV24를 통한 다른 흡입유로를 사용하고 흡입밸브 (PV10, PV163 또는 PV11, PV162)를 경유하여 다른 펌프의 흡입유로를 이용하게 된다. 적절한 흡입유로를 확보하기 위하여 PV23 및 PV24는 월성1호기가 12인치인 것에 비해 16인치로 되었다.

- 사. 밸브 MV75의 크기를 감소시키고 주제어실에 비정상위치 (off-normal position)를 경보한다.
 밸브 MV75는 필요한 경우 DBE이후 살수탱크나 비상급수공급계통으로부터 냉각재 계통에 보충수를 공급한다. 비상노심냉각회과는 중압 비상노심냉각이나 저압 비상노심냉각운전 중에 밸브 MV75가 열리면 즉 일부의 비상노심냉각유량이 냉각재계통을 우회하게 되어 감소된다. 이러한 우회량을 감소시키기 위하여 밸브 MV75의 크기를 16인치에서 6인치로 줄였다. 중압 비상노심냉각이나 저압비상노심냉각운전중에 밸브 MV75의 열릴 가능성을 줄이기 위하여 주제어실에 밸브 MV75의 비정상위치 (off-normal position) 에 대한 경보가 제공된다.
- 아. 급속냉각기능의 비실패도는 급속냉각중에 16개의 주증기 안전밸브중에 7개를 개방하여 적절한 냉각을 시킬경우 감소된다 성공적인 급속냉각을 위해 열어야 할 최소한의 주증기 안전밸브의 수를 16개 중 10개에서 7개로 줄임.(월성1호기 이용 불능도 해석에 16개 주증기 안전밸브중에 10개를 사용한것과 비교됨).
- 자. 중수격리체크밸브 PV33, 34, 47, 48의 공기식 구동기는 원자로 정상 운전동안에는 연결되지 않고 원자로 정지동안 시험을 위해 사용된다. 시험빈도는 16장에 기술되어 있다. PV10과 PV11은 각각 PV163과 PV162와 이중으로 되어

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

개정 2
1996. 10

있다.

차. 체크밸브 설계가 개선되었다. 이 개선에는 재질개선과 리미트스위치 설치가 포함된다. 그외에 다른 기계적으로 시험가능한 체크밸브들은 현장 지시계가 부착 되어 있다.

카. 중압 비상노심냉각밸브 MV31과 MV50의 제어 논리는 이들 밸브가 고압 비상노심냉각이 시작되고 90초 후에 열리는 대신 고압 비상노심냉각 물탱크가 저수위시에 열리도록 수정되었다. 이것은 고압 주입중 체크밸브 V76이나 V77의 단일 고장으로 인한 비상노심냉각의 손상 가능성을 제거한다.

결과적으로 비상노심냉각계통의 이용불능도는 10^{-8} 이하이다.

6.3.6.2. 다중성

비상노심냉각계통은 대부분 능동기기에 대해 다중성을 제공한다. 중수 체크밸브 3432-PV33, PV34, PV47과 PV48은 다중성을 부여하지 않는다.

가. 체크밸브는 개방기능에 있어 극히 신뢰할 만하고 자체적으로 (Self actuating) 구동된다. 따라서 LOCA후 비상노심냉각 주입이 요구될때 밸브가 열리지 않을 가능성은 거의 없다.

나. 밸브에 대한 시험장치는 상류 압력이 하류 압력을 초과할 경우에

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

밸브가 자동적으로 열리는 것을 차단하지 못하도록 설계된다.

다. 비상노심냉각 주입이 시작될 때 건전한 루프의 체크밸브는 파단된 루프로 냉각제가 배출되는것을 방지하기 위하여 닫혀야 한다. 따라서 건전한 루프의 블로우다운확률은 다중의 중수 체크밸브를 덧 붙임으로 해서 증가된다

라. 중수 격리밸브의 시험 중에 혹은 가상의 비상노심냉각이 시작되었을 경우에 체크밸브는 비상노심냉각계통으로 역류 (blowback)를 방지하도록 닫혀야 한다. 따라서 역류 (blowback)확률은 체크밸브를 추가함으로써 증가하게 된다.

다음으로 쌍을 이루고 있는 각 능동기기의 제어나 운전에 필요한 전원은 분리되고 독립적인 기수/우수 회로 (odd/even circuits)에서 공급된다. 또한 다중계통 (3급전원과 비상전원공급계통)에서의 전원이 모든 필수기기에 공급된다.

비상노심냉각 열교환기의 냉각수는 기기 냉각수계통에서 제공된다. 냉각은 또한 수동으로 작동되는 비상급수공급계통에 의해서도 제공된다. 비상급수공급은 LOCA 발생 24시간 후 기기 냉각수계통에 대한 보완책으로 전체용량을 감당할 수 있고, 비상노심냉각 열교환기에 이르는 냉각수 유로에는 충분한 다중 밸브가 설치되어 있다.

LOCA 발생 24시간 후 부지설계지진에 따른 3급 과 4급전원이 완전히 상실되는 사고가 발생하면, 비상전원 공급계통에 의해 비상노심냉각펌프가 작동되며, 비상급수계통은 비상노심냉각기능을 수행하는 동안 비상노심냉각 열교환기에 냉각수를 공급할 능력이 있다.

압축공기계통의 고장에 의해 비상노심냉각계통의 의도된 기능 수행

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

이 방해받지 않는다.

6.3.6.3 기능상의 독립

비상노심냉각계통은 물리적으로나 운전측면에서 제 1원자로정지계통과 제 2정지 계통으로부터 독립되어 있다. 또한 비상노심냉각계통은 LOCA 신호 조건인 원자로건물압력과 원자로건물 바닥에 있는 물과 중수의 혼합물이 담긴 원자로건물이 원자로건물의 건전성에 의존한다는 것을 제외하고는 격납계통으로부터 물리적으로나 운전측면에서 독립되어 있다. 비상노심냉각계통과 살수계통은 공통 수원 즉 살수탱크를 공유하고 있지만 기능상에 있어서는 독립적이다. 살수탱크는 세종류의 물저장계통을 포함하고 있다. 바닥에는 114 m³의 저장수가 있는데 살수 냉각기가 잠기도록 하는데 이용되며 이물은 사용되지 않는다. 중앙부위에는 500 m³의 저장수가 있으며 이는 중압 비상노심냉각 주입이나 증기발생기에 대한 보충수로서 이용된다. 살수탱크의 상단에는 살수용으로 1559 m³의 물이 있으나 살수에 의해 물이 다 쓰이지 않을 경우 중압 비상노심냉각 주입에 이용된다. 살수탱크 설계에 따르면 중압 비상노심냉각 주입용으로 이용되는 실제 물의 양은 500 m³ 이상이다.

비상노심냉각계통은 운전측면에서 냉각재계통, 냉각수계통 (RCW와 EWS), 계기용 공기공급계통, 전력공급계통, 방사성배수계통 및 보조건물 중앙오염배출계통을 포함하는 비상노심냉각계통의 작동을 위하여 필요한 이러한 계통들을 제외하고는 모든 공정계통에 독립적이다. 또한 비상노심냉각계통은 정상적인 원자로 운전 중에 보충수를 공급하기 위해 탈염수 계통에 의존하다.

6.3.6.4 부주의한 운전

비상노심냉각계통은 비상노심냉각계통의 (잠재적인) 부주의한 운전

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

에 의해서 발전소의 안전이 영향을 받지 않도록 설계된다. 이것은 비상노심냉각계통의 전체 혹은 일부에 대한 부주의한 운전이 LOCA나 원자로건물의 손상을 일으키지 않도록 함으로써 이루어진다. 오동작에 의한 증기발생기의 급속냉각은 증기발생기 튜브를 통한 LOCA를 일으키지 않는다. 비상노심냉각계통의 다음 설비들이 비상노심냉각계통의 부주의한 운전에 의한 LOCA를 방지한다.

- 가. 계통의 부주의한 운전이 일어났을 경우를 대비하여 직접 냉각재 계통에 연결될 수 있는 비상노심냉각계통 부분에 직렬로 2조의 체크밸브를 설치하고,
- 나. 비상노심냉각계통을 가장 멀리 떨어진 체크밸브의 후단까지 냉각재 계통기준 (Class 1, 설계압력 : 12.9 MPa(g)) 에 따라 설계.
원자로건물의 손상은 비상 노심계통을 AECB 규제 문서 R-7 (참고 문헌 6.3-2)의 요건에 따라 설계하고 비상노심냉각계통의 전체 중압과 저압 부분을 원자로건물 설계기준인 원자력등급 2로 설계함으로써 예방된다.

6.3.6.5 비상노심냉각계통 성능검증

AECB 규제문서 R-9에 명시된 요건을 만족하기 위한 비상노심냉각계통의 유효성에 대한 검증은 15장 사고해석에 기술되어 있다. 신호검출, 유로재충수, 핵연료 및 핵연료채널 건전성 그리고 장기 열제거원에 대한 요건들은 6.3.1.2 절의 기능적 설계기준에 나타나 있다.

15장의 다음 절들은 비상노심냉각계통 유효성을 검증하는 사고해석 결과를 보여주고 있다; 15.2.1.1.A항 (대형파단), 15.2.1.2.A항 (소형파단), 15.2.1.3.A항 (압력관 파단), 15.2.1.4.A항 (채널 유동 차단), 15.2.1.5.A항 (엔드 피팅

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

고장), 15.2.1.6. (자관파단).

6.3.7 참고문헌

- 6.3-1 Atomic Energy Control Board (AECB) Regulatory Document R-9, Requirements for Emergency Core Cooling Systems for CANDU Nuclear Power Plants, 1991 February.
- 6.3-2 Atomic Energy Control Board (AECB) Regulatory Document R-7, Requirements for Containment Systems for CANDU Nuclear Power Plants, 1991 February.
- 6.3-3 Atomic Energy Control Board (AECB) Consultative Document C-6, Requirements for the Safety Analysis of CANDU Nuclear Power Plants 1980 June.
- 6.3-4 Safety Design Guide, "Safety Related Systems", 86-03650-SDG-001, Rev. 2, 1992 October.
- 6.3-5 Safety Design Guide, "Seismic Qualification", 86-03650-SDG-002, Rev. 2, 1992 October.
- 6.3-6 Safety Design Guide, "Environmental Qualification", 86-03650-SDG-003, Rev.2, 1992 October.
- 6.3-7 Safety Design Guide, "Grouping and Separation", 86-03650-SDG-004, Rev. 2, 1992 October.
- 6.3-8 Safety Design Guide, "Fire Protection", 86-03650-SDG-005, Rev. 2, 1992 October.
- 6.3-9 Safety Design Guide, "Containment Extension", 86-03650-

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

SDG-006, Rev. 2, 1992 October.

- 6.3-10 CAN3-N285.0 : General Requirements for Pressure-Retaining Systems and Components in CANDU Nuclear Power Plants.
- 6.3-11 CAN3-N285.1 : Requirements for Class 1, 2 and 3 Pressure-Retaining Systems and Components in CANDU Nuclear Power Plants.
- 6.3-12 CSA-N285.4 : Periodic Inspection of CANDU Nuclear Power Plant Components.
- 6.3-13 CSA-N285.5 : Periodic Inspection of CANDU Nuclear Power Plant Containment Components.
- 6.3-14 CSA-N286.0 : Quality Assurance Program Requirements for Nuclear Power Plants.
- 6.3-15 CSA-N286.1 : Procurement Quality Assurance for Nuclear Power Plants.
- 6.3-16 CSA-N286.2 : Design Quality Assurance for Nuclear Power Plants.
- 6.3-17 CAN3-N286.3 : Construction and Installation Quality Assurance for Nuclear Power Plants.
- 6.3-18 CSA-N286.4 : Commissioning Quality Assurance for Nuclear Power Plants.
- 6.3-19 CSA-N286.5 : Operation Quality Assurance for Nuclear Power Plants.
- 6.3-20 CAN3-N289.1 : General Requirements for Seismic Qualification of CANDU Nuclear Power Plants.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

- 6.3-21 CAN3-N289.3 : Design Procedures for Seismic Qualification for CANDU Nuclear Power Plants.
- 6.3-22 CSA-N289.4 : Testing Requirements for Seismic Qualification of CANDU Nuclear Power Plants.
- 6.3-23 CSA-N289.5 : Instrumentation Inspection and Records for Seismic Qualification of CANDU Nuclear Power Plants.
- 6.3-24 CSA-N290.6 : Requirements for Monitoring the Display of CANDU Nuclear Power Plant Status in the Event of an Accident.
- 6.3-25 ASME Boiler and Pressure Vessel Code (Section III and VIII).
- 6.3-26 ANSI B31.1.
- 6.3-27 AECL Technical Specification 86-30840-TS-001, "Nuclear Pressure Vessels..."
- 6.3-28 AECL Technical Specification 86-30830-TS-001, "Nuclear Valves General".
- 6.3-29 AECL Technical Specification 86-34322-TS-002, "Emergency Core Cooling Pumps".
- 6.3-30 AECL Technical Specification 86-34321-TS-002, "Emergency Core Cooling Heat Exchangers".
- 6.3-31 AECL Technical Specification 86-30000-TS-008, "General Requirements Miscellaneous Nuclear Process Equipment".
- 6.3-32 AECL Technical Specification 86-30830-TS-006, "Nuclear Pressure Relief Valves".
- 6.3-33 86-03640-PIP-001: Wolsong 2/3/4 Periodic Inspection Program.
- 6.3-34 86-03600-SAB-001: Probabilistic Safety Assessment (PSA)

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

개정 2
1996. 10

Methodology.

- 6.3-35 Atomic Energy Control Board (ACEB) Consultative Document C-98, Requirements for Reliability Analysis of Safety-Related Systems in Nuclear Reactors.
- 6.3-36 Compliance with AECB Consultative Document C-6, 86-00580-AR-001, Rev. 2.
- 6.3-37 Licensing Submission Document, "Long-Term Reliability Standard for Containment and ECC", 86-00580-LS-002, Rev. 1, 1996 October.



월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

표 6.3-1

비상노심냉각계통의 기기에 대한 전원 공급 및 수요

기기번호	기 기 명	정격단위	공칭전압	등 급	상
3432-CPM01	고압 비상노심냉각계통 압축기	20.00 HP	460	IV	3
3432-DR01	고압 비상노심냉각계통 건조제어	0.60 HP	120	IV	1
3432-HTR01	비상노심냉각계통 회수펌프 (-PM01) 전동기 가열	1.00 kW	208	IV	1
3432-HTR02	비상노심냉각계통 회수펌프 (-PM02) 전동기 가열기	1.00 kW	208	IV	1
3432-HTR03	화학물질 재순환 배관 가열기	45.00 HP	480	IV	3
3432-MV031	비상노심냉각 회수계통 12인치 밸브	13.30 HP	460	EPS/II	3
3432-MV039	비상노심냉각 회수계통 10인치 밸브	5.30 HP	460	II	3
3432-MV040	비상노심냉각 회수계통 10인치 밸브	5.30 HP	460	II	3
3432-MV041	비상노심냉각 회수계통 10인치 밸브	5.30 HP	460	EPS/II	3
3432-MV042	비상노심냉각 회수계통 10인치 밸브	5.30 HP	460	EPS/II	3
3432-MV043	비상노심냉각 회수계통 10인치 밸브	5.30 HP	460	EPS/II	3
3432-MV044	비상노심냉각 회수계통 10인치 밸브	5.30 HP	460	EPS/II	3
3432-MV045	비상노심냉각 회수계통 10인치 밸브	5.30 HP	460	II	3
3432-MV046	비상노심냉각 회수계통 10인치 밸브	5.30 HP	460	II	3
3432-MV050	비상노심냉각 회수계통 12인치 밸브	13.30 HP	460	II	3
3432-MV059	비상노심냉각 회수계통 10인치 밸브	5.30 HP	460	II	3
3432-MV060	비상노심냉각 회수계통 10인치 밸브	5.30 HP	460	II	3
3432-MV061	비상노심냉각 회수계통 10인치 밸브	5.30 HP	460	II	3
3432-MV062	비상노심냉각 회수계통 10인치 밸브	5.30 HP	460	II	3
3432-MV063	비상노심냉각 회수계통 10인치 밸브	5.30 HP	460	II	3
3432-MV064	비상노심냉각 회수계통 10인치 밸브	5.30 HP	460	II	3
3432-MV065	비상노심냉각 회수계통 10인치 밸브	5.30 HP	460	II	3
3432-MV066	비상노심냉각 회수계통 10인치 밸브	5.30 HP	460	II	3
3432-MV071	비상노심냉각 고압 12인치 밸브	10.60 HP	460	II	3
3432-MV072	비상노심냉각 고압 12인치 밸브	10.60 HP	460	II	3
3432-MV075	비상노심냉각 고압 6인치 밸브	0.25 HP	460	EPS	3
3432-MV079	비상노심냉각 고압 12인치 밸브	10.60 HP	460	EPS/II	3
3432-MV080	비상노심냉각 고압 12인치 밸브	10.60 HP	460	EPS/II	3
3432-MV134	비상노심냉각 열교환기 #2 16인치 차단밸브	1.50 HP	460	EPS/II	3
3432-MV135	비상노심냉각 열교환기 #1 16인치 차단밸브	1.50 HP	460	EPS/II	3
3432-MV136	비상노심냉각 열교환기 #2 16인치 차단밸브	1.50 HP	460	EPS/II	3
3432-MV151	비상노심냉각 열교환기 #1 16인치 차단밸브	1.50 HP	460	EPS/II	3
3432-PM01	비상노심냉각 회수펌프 NO.1	750.00HP	4000	EPS/III	3
3432-PM02	비상노심냉각 회수펌프 NO.2	750.00HP	4000	EPS/III	3
3432-PM03	화학물질 재순환 펌프	3.00HP	460	IV	3

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

표: 6.3-2A, 6.3-2B 및 6.3-2C에 대한 주:

1. 3432-CP1은 계통 대기 중에 가스탱크압력을 유지하도록 고압 비상노심냉각 가스탱크 (TK2)로 압축공기를 공급한다. 공기 압축기는 질소(N₂) 병에 의해 보조 받는다.
2. 이러한 것들은 비상노심냉각운전을 위해서는 요구되지 않는다. 3432-P3는 고압물탱크 (TK1및 TK3)를 통해 물을 순환시키도록 요구되며 3432-HR3는 계통이 대기상태로 있는 중에 고압 비상노심냉각수탱크 온도를 조절하도록 요구된다.
3. 언제든지 DBE 발생시, 요구되는 경우 고압 (HP) 보충이 이용가능하도록 주 제어실 제어를 무시하고 제 2 제어지역에서 수동으로 같은 기능을 수행할 수 있도록 되어있다. 이들 공기구동밸브를 제어하는 솔레노이드 밸브는 통상 1급 전원에서 전원공급되고 EPS에 의해 보조받는다.
4. 이들 밸브는 계기용공기공급 상실을 대비해 보조 공기 공급탱크를 갖고 있다.
5. 이들 밸브의 공기구동기는 밸브시험시 이용된다.
6. 밸브 3432-MV41, MV42, MV43, MV44는 EWS계통 (34610)에서 이용된다. DBE 사고시 EWS 보충수를 공급할 수 있도록 관련 주제어실 기능을 무시하고 제 2 제어지역에서 이들 밸브를 수동으로 제어할 수 있도록 되어있다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

표 6.3-3A

공통 밸브들

기 기	기 기 명	정상시 상태	LOCA 상태	고장시 모드
PV 73/74	파열판/배기밸브	N/O	20초 지연후 닫힘	F/O
PV49/PV52/PV53 /PV56	중수배기밸브 (원격 수동)	N/C	닫 힘	F/C
PV35/PV36/PV54 /PV55	중수가압밸브 (원격 수동)	N/C	닫 힘	F/C
MV39-46 MV59-66	중수차단밸브 (수동/자동)	N/C	닫 힘	F/I
PV78	배기밸브	N/O	닫 힘	F/C

범 례

N/O = 정상시 열림

N/C = 정상시 닫힘

F/O = 고장시 열림

F/C = 고장시 닫힘

F/I = 고장시 불확실

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

표 6.3-3B

고압 비상노심냉각 밸브

기 기	기 기 명	정상시 상태	LOCA 상태	고장시 모드
PV81/PV82	고압가스 차단밸브	N/C	열 립	F/O
PV83/PV84	고압 배기밸브	N/O	닫 힘	F/C
MV79/MV80	고압수차단밸브	N/C	열 립 고압물탱크 저수위시 닫힘	F/I
MV71/72	고압수시험밸브	N/O	열 립 고압물탱크 저수위시 닫힘	F/I
PV87/PV88	고압배기 배수밸브	N/O	닫 힘	F/C

별 례

N/O = 정상시 열림

N/C = 정상시 닫힘

F/O = 고장시 열림

F/C = 고장시 닫힘

F/I = 고장시 불확실

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

표 6.3-3C

중압/저압 비상노심냉각 밸브

기 기	기 기 명	정상시 상태	LOCA 상태	고장시 모드
V99	물 재순환밸브	N/O	열 립	-
MV75	경수 우회밸브(원격수동, 비상전원공급 계통전원에 의해서만)	N/C	LOCA 시 기능없음. 설계기준 지진시 비상급수공급계통 으로부터 열수송계통에 냉각수 공급 을위해 제 2 제어지역으로부터 수동으로 열림.	F/I
PV10/PV11 PV163/PV162	중압살수탱크 차단밸브	N/C N/O	PV10/PV11은 자동 논리회로에 의해 열림. 중압비상노심 냉각완료후 자동 으로 4개밸브모두 닫힘	F/C
PV23/PV24	비상노심냉각펌프재순환 밸브(수동조절)	N/O	열 립	F/O
PV8/PV9	중압수 시험 밸브 비상노심냉각 밸브 시험동안 에는 닫힘.	N/O	열 립	F/O
MV31/MV50	중압수차단밸브	N/C	고압비상노심냉각완료후 자동으 로 열림.	F/I
PV1/PV2	회수배수조 차단밸브, 원격 수동조절	N/C	중압비상노심냉각 완료후 자동 으로 열림	F/O

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

표 6.3-3C(계속)

중압/저압 비상노심냉각 밸브

기 기	기 기 명	정상시 상태	LOCA 상태	고장시 모드
V5/V6	펌프차단밸브	N/O	열 립	-
MV134, 136 MV135, 151	비상노심냉각 열교환기 (1차 측) 차단밸브	N/O	열립, 그후에 하나의 열교환기를 차단하기위해 수동 으로 한쌍의 밸브 를 닫음.	F/I

범 례

N/O = 정상시 열립

N/C = 정상시 닫힘

F/O = 고장시 열립

F/C = 고장시 닫힘

F/I = 고장시 불확실

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

표 6.3-3D

냉각재 루프격리밸브

기 기	기 기 명	정상시 상태	LOCA 시 상태	고장시 모드
3332-MV1/MV2	가압기차단밸브	N/O	닫 힘	F/I
3331-MV13/-MV22	중수충수밸브	N/O	닫 힘	F/I
3335-MV1~MV4	정화계통밸브	N/O	닫 힘	F/I



월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

표 6.3-3E

열교환기 냉각수 측 밸브

기 기	기 기 명	정상시 상태	LOCA 시 상태	고장시 모드
7134-V565/V566	기기 냉각수계통 열교환기차단밸브 (수동)	N/O	열 립	-
7134-PV567/PV568	기기 냉각수계통 열교환기차단밸브 (공기 구동)	N/O	열 립	F/O
7134-PV569 /PV570	기기 냉각수회수 밸브 (공기구동)	N/C	저압 비상노심냉각 작동시 자 동으로 열림	F/C
3461/MV110/MV13	비상급수공급 전동 기구동 밸브 (상류)	N/C	부지설계지진 (LOCA 24시간 후)이나 4, 3급 전원의 상실에 의해 기기 냉각수를 이용할 수 없을때 운전원이 연다.	F/I
3461-V111/V112	비상급수공급 비상 노심냉각 열교환기 차단밸브(수동)	N/O	열 립	-
3461-MV47 3461-MV114	비상급수공급 전동 기 구동밸브 (하류)	N/C	부지설계 지진(LOCA 24시간 후)에 의해 기기 냉각수를 이 용할수 없을때 운전원이 연다.	F/I

* 저압 비상노심냉각 운전시 하나의 열교환기만 필요하다. 일차측과 이차측으로
동시에 유량이 공급될때 운전원이 일차측과, 이차측의 차단밸브를 닫아 하나의
열교환기를 차단시킬 수 있다.

월성 3.4 호기 최종안전성분석보고서

표 6.3-2A

비상노심냉각계통의 기기에 대한 주요 설계변수: 고압주입단계

기 기	종 류	크 기	설 계 변 수				배관유체	등급	내진 등급	동 력
			설 계 조 건		운 전 조 건*					
			온도(℃)	압력(MPa(g))	온도(℃)	압력(MPa(g))				
고압가스탱크 (3432-TK2)	수평형 밀폐 원통형	107.6m³	66	6.21	21	4.14	공기	3	DBE A	해당 무
고압물탱크 (3432-TK1 & TK3)	수직형 밀폐 원통형	107.6m³	66	6.21	21	4.14	탈염수	3	DBE A	해당 무
공기압축기 (3432-CP1) (주 1)		43 m³/h 20HP	66	6.21	21	출구압력 > 4.3	공기	6	해당 무	등급 IV 460 V
물탱크펌프 (3432-P3) (주 2)	수직형 직렬식	수두 30.5 m 5.46 m³/h	66	6.21	21	출구128ft~185ft 입구28ft~85ft	경수, 하이드라 진 pH10	3	DBE A	등급 IV
물탱크가열기 (3432-HR3) (주 2)	전기식 물순환형	45 KW	66	6.21	입구: 21 출구: 28	0.448	경수 유량 1.5l /s	3	DBE A	등급 IV 460 V 3상

* 계통의 대기상태 조건은 그림 6.3-2 참조.

월성 3.4 호기 최종안전성분석보고서

표 6.3-2A (계속)

비상노심계통의 기기에 대한 주요 설계변수: 고압주입단계

기 기	설 계 변 수									
	종 류	크 기	설 계 조 건		운 전 조 건*		배관유체	등급	내진 등급	동 력
			온도(℃)	압력(MPa(g))	온도(℃)	압력(MPa(g))				
고압가스 차단 밸브 (3432-PV81 & PV82)	볼	8 in.	66	6.21	21	4.14	공기	3	DBE B	공기압 (주 3)
고압가스탱크 배기 밸브 (3432-PV83 & PV84)	글로브	3/4 in.	66	6.21	21	>0.172 <4.14	공기	3	DBE B	공기압 (주 3)
고압수차단밸브 (3432-MV79 & MV 80)	게이트	12 in.	104	12.89	21 (HP ECC)	4.04 (HP ECC)	경수	1	DBE B	등급 IV, III, II & EPS
고압수시험밸브 (3432-MV71 & MV72)	게이트	12 in.	104	12.89	21 (HP ECC)	4.04 (HP ECC)	경수	1	DBE B	등급 IV, III, II
고압수체크밸브 (3432-V96 & V97)	체크 스윙	12 in.	104	12.89	최 대 4 9 하 류(LPE CC)	4.04 (HP ECC)	경수	1	DBE B	해당 무

* 계통의 대기상태 조건은 그림 6.3-2 참조.

월성 3.4 호기 최종안전성분석보고서

표 6.3-2B

비상노심계통의 기기에 대한 주요 설계변수: 고압주입단계

기 기	종 류	크 기	설 계 변 수				배관유체	등급	내진 등급	동 력
			설 계 조 건 온도(℃)	압력(MPa(g))	운 전 조 건* 온도(℃)	압력(MPa(g))				
중압경수 차단밸브(3432- MV31&MV50)	게이트	12 in.	104	12.89	최대 49 (LP ECC)	최대 0.93 (MP ECC)	경수+중수 (LP ECC)	1	DBE B	등급II & EPS
중압경수 시험밸브(3432- PV8&PV9)	나비형 웨이퍼	16 in.	104	1.72	최대 49 (LP ECC)	최대 0.93 (MP ECC)	경수+중수 (LP ECC)	2	DBE B	공기압
중압경수 체크밸브(3432- V76&V77)	스윙크	12 in.	104	12.89	최대 49 (LP ECC)	하류압력:최대4 .04(LP ECC)	경수+중수 (LP ECC)	1	DBE B	해당 무
살수탱크 차단밸브(3432- PV10,PV163, PV11 & PV 162) (주4)	나비형 웨이퍼	16 in.	104	1.72	최대 66 하류 (LP ECC)	최대 0.604 (MP ECC)	경수+중수 (LP ECC)	2	DBE B	공기압
회수배수조 차단밸브(3432- PV1 & 2)(주4)	나비형 웨이퍼	18 in.	104	1.72	최 대 6 6 (LP ECC)	최대 0.604 (MP ECC)	경수+중수 (LP ECC)	2	DBE B	공기압

* 계통의 대기상태 조건은 그림 6.3-2 참조.

월성 3.4 호기 최종안전성분석보고서

표 6.3-2B (계속)

비상노심계통의 기기에 대한 주요 설계변수: 고압주입단계

기 기	설 계 변 수									
	종 류	크 기	설 계 조 건		운 전 조 건*		배관유체	등급	내진 등급	동 력
			온도(℃)	압력(MPa(g))	온도(℃)	압력(MPa(g))				
경수우회밸브 (3432-MV75)	나비형 웨이퍼	6 in.	104	1.72	최대 49 (LP ECC)	최대 0.93 (MP ECC)	경수+중수 (LP ECC)	2	DBE B	EPS만
회수펌프제순 환밸브(3432- PV23 &PV24)	나비형 웨이퍼	16 in.	104	1.72	최대 66 (LP ECC)	최대 0.604 (MP ECC)	경수+중수 (LP ECC)	2	DBE B	공기압
비상노심냉각 회수펌프 (3432-P1&P2)	수직형 원심	총수두 70.1m shutoff 107m	104	1.72	38 (계통 대기상태) 66 (LP ECC)	출구: 0.93 (MPECC) 0.59 (LP ECC) 흡입구: 0.604 (MP ECC)	경수+중수 (LP ECC)	2	DBE B	등급IV, III,&EPS 전 동 기 : 4000V
펌프출구체크 밸브(3432-V3 & V4)	체크 웨이퍼 형	16 in.	104	1.72	최대 66 (LP ECC)	최대 0.93 (MP ECC)	경수+중수 (LP ECC)	2	DBE B	해당사항 없음
펌프차단밸브 (3432-V5 & V6)	나비형 웨이퍼	16 in.	104	1.72	최대 66 (LP ECC)	최대 0.93 (MP ECC)	경수+중수 (LP ECC)	2	DBE B	수동

* 계통의 대기상태 조건은 그림 6.3-2 참조.

월성 3.4 호기 최종안전성분석보고서

표 6.3-2B (계속)

비상노심계통의 기기에 대한 주요 설계변수: 고압주입단계

기 기	설 계 변 수									
	종 류	크 기	설 계 조 건		운 전 조 건*		배관유체	등급	내진 등급	동 력
			온도(℃)	압력(MPa(g))	온도 (℃)	압력(MPa(g))				
열교환기 (3432-HX1 & HX2)	판 형	42.2MV	1차: 104 2차: 104	1차: 1.72 2차: 1.72	1차측 입구:66 출구:49 2차측 입구:35 출구:52	1차: 최대 0.93 (MP ECC)	경수+중수 (LP ECC)	2	DBE B	해당 무
열교환기 차단밸브(3432-MV134,135, 136& 151)	나비형 웨이퍼	16 in.	104	1.72	66 (LP ECC)	0.93 (MP ECC)	경수+중수 (LP ECC)	2	DBE B	등 급 II & EPS
열교환기 출구관에 있 는 체크밸브 (3432-V139 & 153)	체크형 웨이퍼	16 in.	104	1.72	49 (LP ECC)	0.93 (MP ECC)	경수+중수 (LP ECC)	2	DBE B	해당 무

* 계통의 대기상태 조건은 그림 6.3-2 참조.

월성 3.4 호기 최종안전성분석보고서

표 6.3-2C

비상노심계통의 기기에 대한 공통 설계변수: 고압주입단계

기 기	설 계 변 수									
	종 류	크 기	설 계 조 건		운 전 조 건*		배관유체	등급	내진 등급	동 력
온도(℃)	압력(MPa(g))	온도(℃)	압력(MPa(g))							
파열판(3432-RD1 & RD2)	삽입형	12 in.	104	12.99	계통대기 상태 38	0.172-5.52 파 열압력:50 psid 반대저항 압력: 25psid	경수+중수	1	DBE A	해당 무
중수 체크밸브 (3432-PV33,34,47 & 48) (주 5)	체크 스텝	12 in.	315	12.89	계통대기 상태 최소:38	계 통 대 기 상 태 0-11.11	계통대기 상태 중 수	1	DBE B	공기압
중수 차단밸브 (3432-MV39,40,45,46,59,60,65,66)	게이트	10 in.	279	12.89	계 통 대 기 상태 267	계 통 대 기 상 태 11.11	계통대기 상태 중 수	1	DBE B	등급IV,Ⅲ Ⅱ,Ⅱ
중수 차단밸브 (3432-MV41**,42**, 43**,44**,61,62,63,64) (주 6)	게이트	10 in.	316	12.89	계 통 대 기 상태 310	계통대기상태 9.89	계통대기 상태 중 수	1	DBE B	등급 Ⅳ, Ⅲ, Ⅱ & **EPS

* 계통의 대기상태 조건은 그림 6.3-2 참조.

월성 3.4 호기 최종안전성분석보고서

표 6.3-2C (계속)

비상노심계통의 기기에 대한 공통 설계변수: 고압주입단계

기 기	설 계 변 수									
	종 류	크 기	설 계 조 건		운 전 조 건*		배관유체	등급	내진 등급	동 력
			온도(℃)	압력(MPa(g))	온도 (℃)	압력(MPa(g))				
오리피스 (3432-RO3)	끝 이 뿔 족 한 유 량 제 한 형	158 ℓ/s	104	1.72	38	수두차이 0.867	경수+중수 (LP ECC)	2	해당 무	해 당
오리피스 (3432-RO5,6,7,8)	끝 이 뿔 족 한 유 량 제 한 형	302.7 ℓ/s	316	10.7	21	입구: 5.5 출구: 5	계통대기 상태 중 수	1	DBE B	해당 무

* 계통의 대기상태 조건은 그림 6.3-2 참조.



한국수력원자력
월성원자력 3,4호기
최종 안전성 분석 보고서

비상노심냉각계통 개략도

그림 6.3-1



한국전력공사
원성원자력 2,3,4호기
최종 안전성 분석 보고서

비상노심냉각계통 흐름도

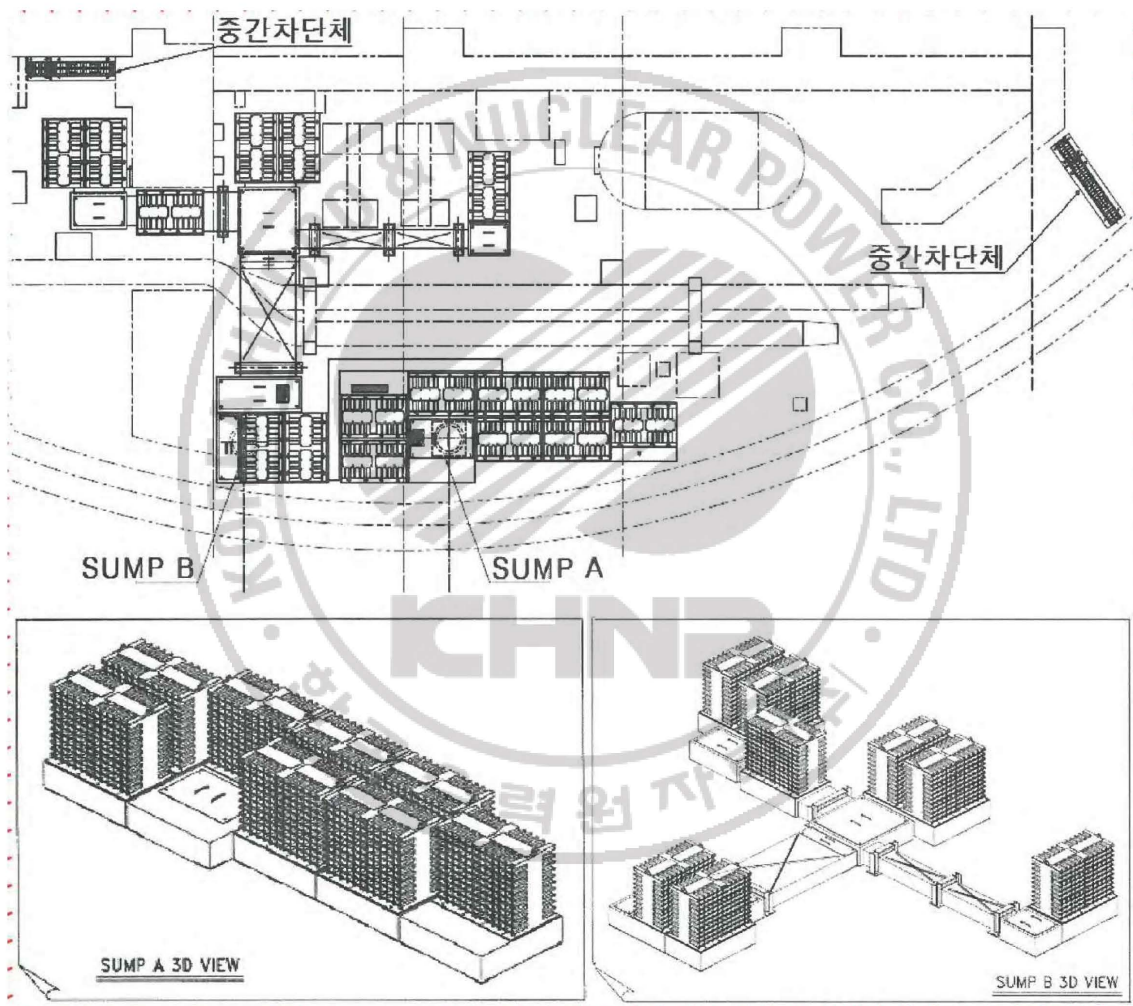
그림 6.3-2

승인근거

원자력안전과-1646

(2018.10.26)

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서



217

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

6.4 제 1 원자로정지계통(SDS 1)

제 1 원자로정지계통은 6.1절에 명시된 안전기능을 수행하기 위해서 월성 2,3,4호기에 설치된 네가지 안전계통중의 하나다. SDS1은 28개의 스프링 장착 정지봉을 중력으로 노심에 낙하시킴으로써 원자로 출력운전을 신속히 중지시키고 원자로를 안전정지상태로 유지시킬 수 있다. 이 정지봉들은 중성자 흡수재질 [스테인레스 스틸판에 샌드위치된 (sandwiched) 카드뮴 (Cadmium)] 로 만들어졌으며 노심으로 떨어질 때마다 원자로 운전을 중지시킨다. 게다가, SDS1은 SDS1에 의한 가동정지 필요성을 검출하는 세 개의 독립채널 D,E,F를 가진 논리계통을 채택한다. 만일 3개채널중 두 개가 SDS1정지 (즉 이 채널들은 트립상태임)에 대한 요구가 감지되면, 그때 원자로 트립이 시작되고 노심밖 대기위치에 있는 정지봉을 잡고있는 클러치로부터 직류(direct current)를 제거함으로써 SDS1의 정지봉 낙하논리는 정지봉이 노심으로 낙하하는 것을 허용한다.

제 1 원자로정지계통이 기능적(functional)으로 분명치 않다면 원자로가 운전되어서는 안된다. 28개의 정지봉중 최소한 26개가 노심밖의 위치 (대기상태)에 있을 때 제 1 원자로정지계통은 기능적이다.

기능수행을 위해 제 1 원자로정지계통에는 전력 및 공기공급과 같은 신뢰성있는 서비스 (service)가 제공된다. 이는 제 2원자로정지계통인 SDS 2와는 독립적이고 분리되어 있으며 어떤 공정계통과도 완전히 독립적이다.

6.4.1 설계기준

제 1 원자로정지계통은 AECB 규제문서 R-8, “CANDU 발전소의 정지계통에 대한 요건”, (참고문헌 6.4-6)을 준수하여 설계된다. 독자적으로 작동하는 제 1 원자로정지계통은 단일공정고장 사고중 신속히 원자로를 정지시켜 이 사고중 대중에 대한 방사선량제한치를 초과하지 않도록 설계한다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

이 요건을 만족하기 위해 제 1 원자로정지계통은 신속한 원자로 정지를 위해서 충분한 속도를 가진 많은 정지봉과 부반응도 깊이 (negative reactivity depth)를 가지고 있어야 한다. (정지봉 속도와 반응도 깊이의 결합은 정지계통 유효도 (shutdown system effectiveness)로 알려져 있다.) 상기요건을 만족키 위해 필요한 요구되는 월성 2, 3, 4 호기 설계의 최소 정지봉수는 26개이다.

6.4.1.1 설계기준사고

상기고려사항을 충족시키기 위해서 신속한 SDS1 작동을 요구하는 가상시발사고의 주요분류는 다음과 같다:

- 가. 제어기능상실 (LOR)
- 나. 냉각재상실 사고 (LOCA)
- 다. 냉각재 유량상실 (4급전원 상실)
- 라. 2차측 열제거원 상실
- 마. 감속재 냉각 상실

대형 LOCA를 제외하고 이러한 시발 사고중 하나에 대해서 SDS1은 사고전에 결함이 없었던 원자로 채널내의 핵연료가 사고결과 파손이 생기지 않도록 보장되어야 한다.

6.4.1.2 기능적 요건 (Functional Requirements)

SDS1의 주요한 기능적요건은 다음과 같다:

- 가. 원자로의 신속한 정지를 요하는 사건들에 대해 독자적으로 작동하는 SDS1은 다음사항들을 보장하여야 한다:

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

1. 제 1 원자로정지계통이 확실히 보충되도록 미임계 상태를 충분한 기간동안유지한다.
2. 기준 선량 제한치들 (reference dose limits)을 초과하지 않도록 한다.
3. 과압, 과도한 핵연료온도나 핵연료 파손으로 인한 손상을 방지하여 냉각재계통의 건전성을 유지 (파단점 (break point) 제외) 한다.
4. 사고중 노심내 에너지 생성율과 격납건물내로 방출될 수 있는 전체 에너지율을 제한하여 격납건물 건전성을 유지한다.

6.4.1.3 제 1 원자로정지계통 성능요건

가. 반응도 깊이

모든 관련 공정 파손과 가상시발사고에 대해 제 1 원자로정지계통은 AECB 자문문서 C-6 (참고문헌 6.4-9) 에 규정된 허용선량치를 넘지 않도록 그 기능을 수행해야 한다. SDS1 부반응도 깊이와 정지봉의 노심삽입 속도는 원자로 출력을 가능한 핵연료 냉각과 일치하는 수준으로 줄일 수 있도록 충분해야 한다. 이 기능은 최소부반응도깊이 (minimum negative reactivity depth) (즉, 사고시 두 개의 가장 유효한 정지봉을 이용할 수 없다고 가정함)로도 달성되어야 한다.

원자로 정상운전조건에서 모든 조절봉 (adjuster rods) 이 노심내에 있고 액체영역 제어 수위가 40%~50% 범위에 있을 때 모든 28개 정지봉의 총 부정반응도깊이 (total negative static reactivity depth)는 약 -80 milli-k 이다. 만약 두 개의 가장 유효한 봉이 사용 불가할 때 정지봉의 정지 정 깊이 (shutdown static depth)는 약 -50 milli-k 로 떨어진다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

나. 해석적 및 시운전 점검확인

SDS1 성능요건을 실증하기 위해 반응도깊이와 속도 모두 확인되어야 한다. 설계를 돕기 위한 (design-assist) 안전해석은 6.4.1.2절의 기능요건 취지를 충족시키는 최소부반응도깊이 및 정지봉 삽입속도를 결정한다.

정지봉 속도요건은 시간에 대한 정지봉 낙하거리의 그래프 (graph)위에 세 개의 게이트 (gates) 나 위치 (positions) 로 주어진다. 정지봉은 사용전에 세 개의 모든 게이트(gates)를 만족시켜야 한다. 필요하다면 정지봉이 세개의 모든 게이트 요건을 만족시키는 것을 보장하기 위해 추가적인 보수가 수행되어야 한다. 26개 정지봉이 모든 게이트 요건을 만족시킬 때 SDS1은 기능요건을 수행할 수 있는 것이 된다.

정지봉의 반응도깊이는 원자로의 저출력 임계 (phase B) 시운전중 실험적으로 점검된다. 그때 모든 봉의 전체부정지깊이 (total negative shutdown depth)는 안전해석에서 사용된 가정과 일치하는 것이 확인된다. 제 1 원자로정지계통의 속도와 유효성은 B단계(phase B) 시운전중에 또한 점검된다. 이 실험에서, 26개 정지봉 (2개의 가장 유효한 봉을 제외한 모두) 은 SDS1 트립(trip) 및 중성자속이 원자로심의 미리 정해진 위치에서 측정된 후 노심내로 떨어지는 것이 허용된다. 이러한 결과는 같은 사고의 모의시험결과와 비교되고 제 1 원자로정지계통의 성능 및 유효성은 모의시험결과와 같이 좋거나 더 좋은 것으로 증명된다. SDS1 유효성의 점검은 성능저하가 생기지 않았다는 것을 보증하기 위해 매 2주기 계획예방정비시마다 한번씩 수행한다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

수행된다.

6.4.1.4 안전요건(Safety Requirements)

SDS1은 필요할때마다 원자로를 정지시키고 안전한 정지상태로 유지해야한다. SDS1의 안전범주 (Safety Category) 는 2(a) (참고문헌 3.2-1 참조) 이며 이 계통이 정상가동 안전관련계통의 고장사고시 원자로를 신속히 정지시키도록 설계된 것을 가리킨다. 이를 위해, SDS1은 SDS1의 작동을 요하는 어떠한 가상 사건을 종결시키기 위해 두 개의 다른 트립변수를 사용한다. 이러한 타입의 중복 (redundancy) 은 독립설비고장에 대해 보호해 준다. 더구나 제 1 원자로정지계통의 3개 채널화 (triple channelization) 는 실제 서비스 (active service) 로부터 특정한 제 1 원자로정지계통 안전채널 (safety channel) 을 제거함으로써 제 1 원자로정지계통의 보수 유지 및 시험을 허용한다.

제 1 원자로정지계통의 보수유지 및 시험요건은 수행되어야 하며 년 10^{-3} 의 전체 SDS1의 이용불능도 목표와 일치해야 한다.

6.4.1.5 적용가능한 안전설계 지침서

이 계통에 적용가능한 안전설계지침서는 다음과 같다:

- 가. 86-03650-SDG-001: 안전관련계통 (참고문헌 6.4-1)
- 나. 86-03650-SDG-002: 내진 검증 (참고문헌 6.4-2).

제 1 원자로정지계통의 내진검증은 DBE, 범주 B이어야 한다.

- 다. 86-03650-SDG-003: 환경검증 (참고문헌 6.4-3).

원자로 건물내에 위치한 SDS1 설비는 안전설계 지침서에 정의된 “제한된” LOCA와 “제한된” 주증기관과단을 포함하는 설계기준사고 조건에 대해 환경적으로 적합해야 한다. 이것은 소형 LOCA에 따른 지체된 정지에 대한 요구사항을 만족시키고 주제어실의 비

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

상원자로 감시를 위해 필요하다.

라. 86-03650-SDG-004: 그룹화 및 분리 (참고문헌 6.4-4)

마. 86-03650-SDG-005: 화재방호 (참고문헌 6.4-5)

6.4.1.6 적용가능한 AECB (규제문서)

가. AECB 규제문서 R-8 (참고문헌 6.4-6)

나. AECB 규제문서 R-10 (참고문헌 6.4-7)

6.4.1.7 코드, 기준 및 등급 분류

제 1 원자로정지계통에 대한 코드 요건은 월성 2, 3, 4호기 계통 분류 목록 (86-01345-SCL-001, 개정 2, 참고문헌 6.4-8) 에 명시되어 있다.

제 1 원자로정지계통 전체는 ASME 보일러 및 압력용기 코드3장에 1등급 (class 1) 으로 분류되어 있다. 이는 이계통의 부분적 파손이 간접적으로 중대한 방사능 방출을 초래할 수 있기 때문이다. 그러나 정지봉기기는 86-01345-SCL-001, 개정 2에 따르면 3등급 (class 3)으로 분류된다.

6.4.2 계통설명

제 1 원자로정지계통은 여러 가지 전지 및 공정 트립 측정에 의해서 세개중 두 개의 동시 작동논리에 의해 작동되며 스프링이 달린 28개의 수직 정지봉으로 구성되어 있다. 스프링은 각각의 속도요건을 만족시키기 위해 충분히 압축되어 있다.

직류클러치를 푸는 것에 의한 정지봉 낙하는 SDS1의 기능이다. 모터및 구동회로는 전기적으로 클러치회로와 독립적으로, 제어와 보호기능의 효과적인 분리를 보장한다. SDS1 정지봉의 인출은 원자로 조절계통에 의해 제어된

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

다. 정지봉은 두 बैं크로 이루어진다. 정지봉은 보통 한번에 한 बैं크 인출한다. 인출논리, 계측 및 제어 기능은 조절계통의 일부분이다. 만일 중성자 출력 대수율이 초당 7%보다 크고 양출력오차 (positive power error) 가 1%보다 클 때 정지봉의 인출이 금지된다.

102

제 1 원자로정지계통의 초기 트립변수, 측정 루우프(loops), 작동논리, 시험 및 다른 제어관련 사항이 7.2.1 절에서 설명된다.

6.4.3 기기설명

6.4.3.1 정지봉기기

정지봉기기 하우징 (housings) 은 반응도 장치대 판위에 설치되며 클러치, 모터, 전위차계, 기어박스 및 원치가 원자로 정지중에 그리고 가동중 제한된 기간동안 접근가능하다.

정지봉기기는 구동장치 도르레에 감긴 스테인레스 강 케이블에 부착되어 있다. 구동장치는 있는 반응도 장치대 상부 수직 안내관 바로 위에 장착되어 있다.

더 상세한 내용은 4.2.2.5절에 있다.

6.4.4 참고문헌

- 6.4-1 Safety Design Guide, “Safety Related Systems” , 86-03650-SDG-001, Rev. 2. 1992.
- 6.4-2 Safety Design Guide, “Seismic Qualification” , 86-03650-SDG-002, Rev. 2. 1992.
- 6.4-3 Safety Design Guide, “Environmental Qualification” , 86-03650-

월성 3, 4 호기 최종안전성분석보고서

- SDG-003, Rev. 2. 1992.
- 6.4-4 Safety Design Guide, “Grouping and Separation” , 86-03650-SDG-004, Rev. 2. 1992.
- 6.4-5 Safety Design Guide, “Fire Protection” , 86-03650-SDG-005, Rev. 2. 1992.
- 6.4-6 Atomic Energy Control Board (AECB) Regulatory Document R-8, “Requirements for Shutdown Systems for CANDU Nuclear Power Plants” .
- 6.4-7 Atomic Energy Control Board (AECB) Regulatory Document R-10, “The Use of Two Shutdown Systems in Reactors” .
- 6.4-8 86-01345-SCL-001: System Classification List, Rev. 2.
- 6.4-9 Atomic Energy Control Board (AECB) Consultative Document C-6, “Requirement for the Safety Analysis of CANDU Nuclear Power Plants” .

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

6.5 제 2 원자로정지계통 (SDS2)

제 2 원자로정지계통(SDS2)은 6.1절에 명시된 안전기능을 수행하도록 월성 2, 3, 4호기 발전소에 설치된 네개의 안전계통중의 하나이다. SDS2는 여섯개의 수평으로 분포된 노즐을 통하여 농축된 질산가돌리늄용액을 대량의 감속재에 신속하게 주입하여 원자로 출력을 급속히 정지시켜 원자로를 안전정지상태로 유지한다. 질산가돌리늄용액은 여섯개의 독물질탱크에 저장된다: 각 탱크는 하나의 노즐에 연결된다. SDS2는 독립된 삼중논리계통(G, H & J 채널)을 이용하여 이것은 비상정지상태를 감지하여, 신속하게 작동하는 헬륨압력밸브를 열어 가돌리늄 독물질을 감속재에 주입시킨다.

54

SDS2가 작동 가능함이 보장되지 않은 상황에서 원자로를 운전해서는 않된다. SDS2는 여섯개의 독물질 탱크중에 다섯개, 세개의 트립채널중 두개가 이용 가능할 때 작동가능하다고 선언된다. 이러한 기능을 수행하기 위하여 제 2정지계통에는 신뢰할 만한 전원과 공기 공급장치가 마련되어 있다. SDS2는 SDS1과 독립되어 있다. 이것은 또한 기타 공정계통과도 완전히 독립되어 있다.

6.5.1 설계기준

SDS2는 AECB 규제문서 R-8 (CANDU 원자력발전소의 정지계통에 대한 요건(참고문헌 6.5.-7))에 따라 설계된다. 독립적으로 작동하는 SDS2는 단일공정 고장사건중에 즉각 원자로를 정지시켜 사고중에 대중에 대한 방사선선량 제한치(radioactive dose limits)를 넘지 않도록 설계한다.

이러한 요건을 만족하기 위하여, SDS2는 충분한 헬륨압력과 질산가돌리늄이 있어야 하는데 이는 즉각적인 원자로 정지를 위하여 충분한 속도와 부반응도를 갖는 주입을 필요로 하기 때문이다. 상기 요건을 만족시키기 위해 필요한 최소 독물질탱크의 수는 다섯개이다(즉, 이용불가능한 탱크 수가 한개를

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

넘어서는 안됨). 가상사고해석을 수행할때 항상 하나의 탱크는 이용불능임을 가정하고 안전해석을 수행한다.

6.5.1.1 설계기준사고

상기요건을 이행하기 위하여 즉각적인 SDS2 조치를 필요로하는 가상시발사고의 주요 범주는 다음과 같다.

- 가. 제어기능상실(LOR)
- 나. 냉각재 상실사고(LOCA)
- 다. 냉각재 유량상실(4급 전원상실 및 펌프 고착)
- 라. 이차측 열제거 상실
- 마. 감속재냉각 상실

SDS2는 이러한 사고에 대하여 냉각재계통의 건전성이 유지되는것을 보장해야 한다. 대형 냉각재 상실사고를 제외한 모든 사고에 대하여 사전 연료결함과는 별도로 연료손상에 대한 설명이 있어야 한다. 단일채널사고의 경우 영향을 받은 채널에 핵연료 손상이 있을 수도 있다.

6.5.1.2 기능적 요건

SDS2의 주요 기능적 요건은 원자로를 즉시 정지시키는 것이 보장되어야 하고, 다음을 만족하도록 설계하여야 한다:

- 가. 신속한 원자로 정지조치를 요하는 사고에 대해서 SDS2만으로도 다음을 보장하여야 한다.
 - (1). 원자로를 미임계상태로 만들고 SDS2가 신뢰할 정도로 보충되도록 할 만큼 충분한 기간동안 미임계상태를 유지하여야 한다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

- (2). 기준선량제한치(reference dose limits)를 넘지 않아야 한다.
 - (3). 파단점(break points)를 제외한 과압, 과도한 연료온도, 또는 연료파열에 의한 결함을 방지함으로써 냉각재계통의 건전성이 유지되도록 하여야 한다.
- 나. 원자로가 가동중일 때에는 항상 대기상태 (poised position) 로 유지하여 SDS2의 세트립 채널중 두채널로 부터 신호를 받았을 때 신뢰 할 수 있고 신속하게 원자로를 정지시켜야 한다.
- 다. 공정계통의 정상운전이 정지계통의 기능에 손상을 주지 않도록 보장하여야 한다.
- 라. 원자로에 연료가 있는 경우, 제 1 정지계통이 대기상태인 채로 원자로가 보증정지상태에 있을 경우를 제외하고는 어떤 상황하에서도 계통이용이 불가능해서는 안된다(즉, 이용불가능한 탱크 수가 한개를 넘어서는 안됨).
- 마. 감속재속에 질산가돌리늄용액을 주입시켜 신속하게 정지시킬 수 있어야 한다.
- 바. 액체주입계통의 배수, 질산가돌리늄을 필요한 농도로 중수와 균일하게 교반시키고 계통을 재충수할 수 있는 수단이 있어야 한다.
- 사. 독물질탱크내의 독물질 농도를 정확하게 측정할 수 있도록 연속적인 온라인 액체시료 채취가 가능한 수단이 있어야 한다. 액체 독물질탱크내에서 독물질의 성층화를 제거하고 균일한 농도를 유지하기 위하여 재순환 시료채취계통이 설치되어야 한다. 또한 시료채취계통은 독물질탱크내의 독물질농도를 높일 수 있는 수단을 제공하여야 한다.
- 아. 시료채취를 하고 있는 탱크로 부터 주입을 막아서는 안되는 온라인

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

개정 25
2000. 6. 5

시료채취계통에 의한 시료채취를 할 수 있어야 한다.

자. 다음과 같이 가돌리늄농도에 관한 정보를 제공하여야 한다.

- (1). 전도도 탐침(probe)에 의하여 측정된 저농도를 확인하기 위하여 후방배수 시키기전 독물질탱크내의 가돌리늄농도
- (2). 농축된 독물질용액을 첨가하기전 혼합탱크내의 가돌리늄농도
- (3). 독물질탱크로 이송하기전 혼합탱크내의 가돌리늄농도

차. 독물질탱크의 전도도를 연속적으로 측정하여야 한다. 감속재측으로 독물질의 바람직스럽지 못한 이동은 경보에 의하여 알려져야 한다.

카. 헬륨탱크압력, 독물질탱크 수위, 불격리밸브의 닫힘상태를 표시하여 줄 수 있어야 한다.

25

6.5.1.3 제 2 원자로정지계통의 성능요건

가. 반응도 깊이 및 속도

- (1). 모든 관련 공정계통고장에 대하여 제 2 원자로정지계통은 AECB 자문문서 C-6 (참고문헌 6.5-15)에서 허용한 대로 사고에 대한 허용선량 제한치를 초과하지 않도록 그 기능을 수행하여야 한다. 제 2 원자로정지계통의 부반응도 깊이(negative reactivity depth) 및 원자로내로의 독물질 주입속도는 이용가능한 핵연료냉각 수준으로 원자로 출력을 감발시킬 만큼 충분해야 한다. 이러한 기능은 최소 부반응도 깊이 (사고에 대하여 최대 유효 주입노즐이 이용 불가능한 상태) 로 이용 가능해야 한다.

정상운전조건하에서 이용가능한 여섯개의 모든 독물질탱크와 가돌리늄 8000mg/kg의 독물질 농도에 의하여 제공되는 총부

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

반응도깊이는 대략 - 400 milli-k 를 초과한다. 만약 가장 효과적인 주입노즐이 이용불가능하고 가돌리늄 4000 mg/kg의 독물질 농도일때 반응도 깊이는 대략 - 200 milli-k 까지 떨어진다.

(2). 해석 및 시운전에 의한 확인

SDS2 성능요건을 입증하기 위하여 반응도깊이 및 속도 둘다 확인되어야 한다. 설계용 안전해석에 의하여 기능요건의 의도를 이행할 최소 부반응도깊이 및 독물질 주입속도를 결정한다. 주입속도 요건은 동적 반응도 대 시간 (그림 7.2.2-4 참조) 의 그래프 형태로 주어진다. 주입계통은 (다섯개 독물질 탱크의 이용가능) 주입계통이 이용가능하다고 선언될 수 있기 전에 그래프의 요건을 만족해야 한다. 여섯개의 독물질 탱크중에 다섯개의 탱크가 이용 가능할 때(즉, 가장 효과적인 주입노즐 이용 불가능할 때), 그리고 반응도 대 시간의 그래프를 만족시킬 때 SDS2는 그 기능요건을 수행하는데 이용가능하다고 선언된다. 여섯개 독물질 탱크의 반응도깊이는 저출력임제(단계 B) 및 원자로의 시운전단계 중에 실험적으로 확인된다. 이 단계중에 다섯개의 탱크에 의한 총 부정지 깊이 (total negative shutdown depth)는 안전해석에서 가정했던 것과 일치시키고자 확인된다.

가장 효과적인 노즐이 이용 불가능한 상태에서 SDS2의 속도 및 효율은 또한 B 단계 시운전 기간중에 확인된다. 시운전 시험중에 주입계통은 4000 mg/kg의 가돌리늄 농도를 갖는 다섯개의 독물질탱크와 7.9 MPa의 최소 헬륨압력으로 기동된다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

SDS2로 트립되고 난 다음 실제 중성자속은 노심내의 미리 정해진 위치에서 측정된다. 이들 결과는 SDS2의 성능효력이 모의실험 결과와 같은지 혹은 보다 나은 것인지 입증하기 위하여 같은 사건의 모의실험 결과와 비교된다.

이러한 확인작업은 아무런 성능저하도 일어나지 않았다는 것을 보장하기 위하여 SDS2에 대하여 매 2주기 계획예방정비시마다 한번씩 실시한다.

54

6.5.1.4 안전요건

액체주입정지계통(SDS2)은 안전계통이다. 이계통의 안전범주는 안전설계지침서 (86-03650-SDG-001)에 의하여 2(a)이며, 정상적으로 작동중인 안전관련계통이 고장났을 때 핵반응을 신속하게 정지시키도록 설계된 계통임을 나타낸다.

이 계통은 원자로를 정지시켜 안전정지상태로 유지하여야 한다. SDS2의 보수 및 시험요건은 수행되어야 하며, 전체적인 SDS2의 이용불능도 목표치인 10^{-3} 과 일치하여야 한다.

6.5.1.5 적용 안전설계지침서

계통에 적용가능한 안전설계는 다음과 같다.

- 가. 86-03650-SDG-001: 안전관련계통(참고문헌 6.5-2)
- 나. 86-03650-SDG-002: 내진검증(참고문헌 6.5-3)
- 다. 86-03650-SDG-003: 환경검증(참고문헌 6.5-4)
- 라. 86-03650-SDG-004: 그룹화 및 분리(참고문헌 6.5-5)

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

마. 86-03650-SDG-005: 화재방호(참고문헌 6.5-6)

바. 86-03650-SDG-006: 원자로건물 확장부(참고문헌 6.5-12)

6.5.1.6 적용 AECB 규제문서

가. AECB 규제문서 R-8(참고문헌 6.5-7)

나. AECB 규제문서 R-10(참고문헌 6.5-8)

6.5.1.7 코드, 기준 및 등급분류

일반적으로 기기 고장으로 계통운전에 손상을 줄 수 있는 계통부분은 ASME 보일러 및 압력용기 코드 III장에 의하여 등급 1로 분류된다.

계통의 헬륨공급부위는 등급 3으로 분류된다. 이 부위에서의 헬륨압력은 두개의 독립적인 압력감지기에 의하여 연속적으로 감시되며 각기 제어실에 경보를 갖고 있다. 계통의 이 부위에서의 고장은 단지 깨끗한 헬륨만을 유출시키며, 만약 계통의 이부위를 사용하지 못할지라도 이것은 제어실에 알려져 계통을 수리하여 재대기시킬 때까지 원자로를 정지시킬 수 있다.

독물질 혼합, 배수 및 충수부위는 이부위에서의 기기 고장으로 비록 삼중수소의 유출이 발생하더라도 계통운전에 손상을 주지 않기때문에 등급 3으로 분류된다. 또한 이 부위는 통상계통의 나머지 부분과 격리되어 있다.

헬륨다기관 및 이웃한 압력조절밸브는 비안전성 등급(CSA 표준 B.51, 등급 6)으로 분류된다. 이 기기의 고장은 단지 깨끗한 헬륨만을 유출시키며 계통운전에 손상을 주지 않는다.

모든 시료채취계통 기기들은 등급 1로 분류되며 예외적으로 유량계와 급속연결커플링은 각각 등급 3과 등급 6으로 분류된다. 등급 1로 분류되지 않은 이들 기기는 제한된 시간동안만 온라인이 허용된다. 등급 1로 분류되지 않은 이들 기기의 고장은 액체 주입정지계통 운전에 손상을 주지 않으며 따라서

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

이들은 등급 1 요건으로부터 제외하였다.

원자로건물 확장부, 즉 원자로건물벽 외부로부터 격리밸브에 이르는 관 및 격리밸브 자체는 등급 2 로 분류된다.

계통에 대한 코드요건은 월성원자력발전소 2, 3, 4 호기 계통분류목록(참고문헌 6.5-16)에 수록되어 있다.

6.5.2 계통설명

그림 7.2.2-2에 계통의 개략도를 나타내었다.

계통의 헬륨공급부분은 헬륨공급탱크를 8.3 MPa(g) 로 가압하여 이 압력을 그대로 유지한다. 보조건물에 위치한 헬륨분기관은 공급관의 압력조절기를 통하여 20개의 15.2 MPa(g) 헬륨병(cylinder)에 연결되어 있다. 각 병의 분기관상의 격리밸브를 이용하여 빈 병을 온라인 상태에서 교체할 수 있다. 만일 이 분기관의 압력이 10 MPa(g) 미만으로 떨어지면 압력스위치에 의하여 경보가 발생한다. 현장에 설치된 압력계가 분기관의 압력을 나타낸다.

헬륨공급관은 원자로건물로 들어가 헬륨공급탱크로 연결된다. 탱크 상류에는 기기의 상단을 격리하기 위한 수동 격리밸브와 체크밸브의 상류가 우발적으로 감압될 때 헬륨공급탱크의 감압을 방지하는 한개의 체크밸브, 과압방지용 방출밸브, 보수 또는 수리전 배기를 위한 배기밸브가 있다.

가압헬륨을 담고 있는 헬륨탱크는 액체독물질을 독물질탱크로 부터 감속재내로 밀어 넣는다.

헬륨주입관은 헬륨공급탱크와 급속개방밸브 (quick-opening valve) 열 및 독물질탱크를 연결시킨다. 이들 모든 배관은 스테인레스강으로 되어 있다. 헬륨주입관은 헬륨공급탱크의 출구에서부터 급속개방밸브열로 연결된다. 이 밸브

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

열은 세개의 평행한 분기관과 각 분기관위에 두개의 급속개방밸브가 달려 있다. 두개의 밸브 사이에는 사이공간의 배기를 목적으로 배기밸브가 달린 배기관이 놓인다. 밸브열 하류에는 하나의 단일관에 의하여 헬륨모관에 연결된다. 이 배관의 모관 바로 앞에는 제한 오리피스 (restriction orifice)가 하나 설치되어 있다. 배관 및 급속개방밸브의 크기는 계통에 적합한 헬륨유량요건에 따라 결정된다.

급속개방밸브가 열렸을 때, 독물질탱크내의 압력증가율을 감소시킴으로써 주입시 독물질탱크와 액체로 꽂 차있는 배관에 존재할 수 있는 아주 짧은 시간동안의 고압 과도상태를 제거할 수 있는 데 이는 제한 오리피스를 이용하거나 헬륨모관의 용적을 증가시킴으로써 이루어진다.

헬륨모관에는 여섯개의 독물질탱크로 연결되는 배관의 시작점인 여섯개의 구멍이 뚫려 있다. 배관의 크기 및 형상에 의하여 비제한적인 유체유동에 대한 요구와 모관의 열에 의한 움직임(열팽창)을 수용하는 데 필요한 유연성간의 균형을 이룬다. 또 하나의 고려사항으로서, 이들 배관에서 보다 작은 크기의 관이 감속재 수위변화에 기인한 독물질/감속재 계면의 움직임을 줄이는데 도움이 된다.

각 배관에는 독물질탱크의 배수, 재충전 및 보수시 격리를 위한 격리볼밸브, 독물질탱크 수위계를 위한 하나의 계측기연결부, 한개의 배기연결부 및 독물질탱크 상단을 열기 위한 한 조(set)의 플랜지가 있다. 또한 재순환되는 시료채취계통의 귀환라인에 대한 연결부가 이 배관에 위치한다.

중성자를 흡수하는 질산가돌리늄 용액(독물질)은 여섯개의 동일한 압력용기 (독물질탱크)에 저장된다. 용액농도는 8,000 mg/kg 가돌리늄 중수용액으로 설정되며 감속재에 완전히 분산되었을 때 - 500 milli-k에 해당한다.

계통의 이용도를 보증하기 위해서 독물질탱크내 독물질농도는 두 가지 방법으로 감시된다. 탱크의 바로 아래 각 주입라인에 장착된 전도도 탐침

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

이 농도를 연속적으로 감시하며 이는 주제어실에 표시된다. 독물질의 농도가 낮을 때는 (975 ms/m) 주제어실에 경보가 발생한다. 또 하나의 온라인 감시방법은 재순환 시료채취 회로를 이용하여 이는 계통으로부터 개개의 독물질탱크를 격리시키지 않고 시료를 채취할 수 있다. 이 방법은 정기적으로 위에 언급된 전도도 탐침의 지시값을 확인할 필요가 있을 때 혹은 독물질탱크의 재충전 후에 수행된다.

각 독물질탱크 출구로부터 주입배관은 각 독물질 주입정지장치 (liquid injection shutdown unit) 에 이어진다. 운전정지장치에 도달하기전에 U자형 모양을 이룬다. 각 라인의 수직구간에는 독물질탱크 바로 아래에, 볼 또는 볼받이 (ball seat) 를 검사하고자 할 때 독물질탱크 하단의 해체를 위한 플랜지가 있다. 각 주입라인의 수평부위에는 배수라인 연결부와 독물질탱크의 배수, 충전 및 보수시에 격리를 위한 볼 격리밸브가 있다. 주입관에 용접된 주입라인 엘보우 (elbow) 는 독물질과 감속재의 경계면 (interface) 이 U자형 배관의 상단에 접근하는 것을 감지하기 위한 전도도 탐침의 부착장소로 이용된다.

독물질탱크를 배수 및 배기시키기 위한 라인들이 있으며 이들 라인에는 각각 한개의 격리밸브가 있다.

상충기체 압력평형배관은 독물질주입정지계통의 헬륨모관과 감속재 상충기체계통을 연결한다. 이는 상충기체 압력의 변화를 독물질주입정지계통으로 전달하여 독물질과 감속재의 접촉면에 대한 효과를 최소로 한다. 또한 이는 급속 개방밸브들을 지나 누출되는 헬륨을 모두 배기시켜 모관내 압력증가를 막는다. 헬륨모관과 상충기체간의 압력차는 주입을 느리게 하거나 헬륨모관의 범람을 야기시킬 수 있다.

독물질용액과 감속재간 액체와 액체의 계면 (interface)이 있다. 이 계면은 차단 볼밸브가 개방되어 라인이 사용중일때 각 독물질탱크 아래 배관의 U 자형 구간의 수직 관의 하류에 위치한다. 이 접촉면은 배관내 액체의 전

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

후이동과 분자확산에 의하여, 밀도가 더 높은 가돌리늄질산염 용액으로부터 칼란드리아 쪽으로 이동한다. 경제성 및 안전성 이유 때문에 독물질이 감속재로 흘러 들어가는 것은 바람직하지 않다. 경제성 관점에서 볼 때 연료의 연소가 감소하거나 원자로가 이 독물질에 의해 운전정지될 수 있다. 안전성 관점에서 볼 때, 계통으로부터 독물질이 과다하게 손실되면 계통의 성능이 보장될 수 없다. 이 접촉면 이동을 최소화하기 위하여 특정 계통 설계사항이 반영되었다. 독물질탱크들은 감속재 수위보다 더 낮은 위치에 있다. 따라서 탱크들은 과다하게 채워지며 독물질용액과 헬륨의 접촉면은 독물질탱크 위의 한 개의 소구경 수직 배관에 위치한다. 그러므로 감속재 수위의 변화로 큰 구경의 주입관 내에서 단지 적은 양의 독물질이 이동하게 된다. 또한, 독물질탱크가 가득 차 있을때, 모든 액체는 액체유량을 제한하는 상부 볼받이(ball seat) 내의 구멍을 통해 유동하여야 한다. (그림 7.2.2-2 참조) 이 접촉면이 U 구간의 상부에 접근하는 때를 감지하는 전도도 탐침들이 제공되어 있다. 이 탐침들로부터 경보가 발생되면, 주입라인은 후방으로 배수되며 관련 독물질탱크는 새로운 질산가돌리늄 용액으로 재충전된다. 이 후방배수작업은 또한 전도도 경보에 관한 운전경험에 의거하여 예정된 간격으로 수행될 수 있다.

독물질 탱크 상·하단 배관에 있는 모든 차단 볼밸브에는 키와 잠금쇠 장치가 제공되어 있다. 키가 달린 연동장치를 이용하여 하나 이상의 독물질 탱크 밸브가 닫힐경우 운전자는 경보에 의해 경고를 받게 된다. 주 제어반으로부터 마스터 키가 회수되지 않는 경우 하나 이상의 탱크 격리가 방지된다.]

서로 다른 방법으로 헬륨 압력용기 및 각 독물질 탱크내 용액 수위가 이중으로 측정된다. 두개의 헬륨압력용기 압력계측기중 어느 하나의 헬륨압력이 8.1 MPa(g) 미만으로 떨어지거나 탱크수위가 2.05m 이하로 내려가면 제어실에 있는 경보가 울리게 된다. 여섯개의 급속개방밸브 및 세개의 배기밸브 각각에

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

는 이들 밸브의 개폐위치에서 리미트 스위치가 설치된다.

6.5.3 기기설명

6.5.3.1 헬륨공급탱크

헬륨공급탱크는 1.13 m^3 용량을 가진 등급 3 용기이다. 이는 304L 스테인레스강으로 제작된다.

이 탱크는 콘크리트 바닥을 통해 볼트로 고정된 세 개의 탄소강 지주에 의해 지지된다. 이들 지주는 급격한 감압으로 (계통 작동중) 잔류 헬륨이 약 -57°C 까지 냉각될 때 탱크의 열수축을 수용한다. 이들은 또한 설계기준 지진시 탱크를 지지한다.

6.5.3.2 급속개방밸브

이 열은 여섯 개의 3 인치 급속개방 글로브밸브로 이루어져 있으며, 세 개의 평행한 배관의 각각에 두 개의 밸브가 있다. 각 라인의 두 개의 급속개방밸브 사이 공간의 배기는 하나의 체크밸브와 직렬로 연결된 전기 구동 3/8 인치 글로브 밸브에 의한다.

이 급속개방밸브들과 3/8 인치 글로브밸브들은 세 개의 제 2 원자로정지계통 트립채널 G, H와 J에 의해 작동된다. 어느 한 채널의 두 개의 급속개방밸브들은 다른 배관에 위치한다. 한 채널의 배기밸브는 이 채널의 상류측 급속개방밸브와 동일한 라인에 연결되어 있다.

각 채널은 계통을 작동하지 않고 시험될 수 있으나, 만일 어느 두 개 또는 모두 세 개의 채널이 동시에 트립되면 이 계통은 작동한다.

원자로의 정상운전중 이 급속개방밸브들은 닫혀 있으며 배기밸브들

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

은 열려 있다. 만일 한 채널이 트립되면, 이 채널의 두 개의 급속개방밸브가 열리고 이 채널의 배기밸브는 닫힌다. 트립이 제거되면 이 급속개방밸브들은 닫히고 배기밸브는 열린다. 밸브들 사이에 갇힌 고압헬륨은 배기밸브를 통해서 빠져나간다.

체크밸브는 라인구간의 압력이 70 kPa(g)로 강해질 때까지 유동을 허용하며 이후 닫힌다. 이 압력은 하류측 급속개방밸브가 열릴때 헬륨모관 내 압력에 영향을 거의 주지 않는다. 이 70 kPa(g)의 체크밸브 개방 압력은 한 채널이 트립될때 헬륨모관으로부터 배기라인을 통한 헬륨의 손실을 방지한다.

여섯개의 급속개방밸브들의 보수시, 한 채널의 두 개의 밸브가 동시에 시험 및 보수된다. 보수기간중 손상된 채널은 트립된 상태로 둔다. 이로써 제 2 정지계통이 이용도의 감소없이 용이하게 보수될 수 있게 해준다.

6.5.3.3 가돌리늄 압력용기 (독물질 탱크)

독물질탱크들은 주입을 위해 준비된 독물질용액의 대부분을 저장한다 (잔여 독물질은 탱크의 상하 배관에 담겨 있다).

각각의 독물질탱크는 본질적으로 두꺼운 벽을 가진 10 인치 직경 (외경) 의 스테인레스 강관이며, 양단에 맞대기용접된 플랜지 및 이와 맞는 플랜지 뚜껑을 가지고 있다. 각각의 탱크용량은 0.079 m^3 이며 304L 스테인레스 강으로 제작된다. 상단에 맞는 플랜지는 입구노즐, 한 개의 격판 및 상부 불받이를 지탱한다. 하단에 맞는 플랜지는 출구노즐, 배수 및 계측기 연결부와 하부 불받이를 지탱한다.

각각의 독물질탱크 내에는 한 개의 고체 폴리에틸렌 볼이 있다. 이 볼은 탱크가 가득차 있을 때 독물질용액에 부양되어 상부 불받이에 밀착되어 있다. 탱크 상부배관을 채우기 위해서 볼을 지나는 유동은 반드시 불받이의 구멍

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

을 통과해야 한다. 이 작은 구멍의 유동저항은 독물질과 감속재 접촉면의 급속한 이동을 방지하며 원자로를 향한 이 접촉면의 이동을 둔화시킨다.

격판은 주입시 헬륨분류가 불에 직접적으로 부딪치는 것을 방지한다. 한 개의 격판이 적절하게 위치하고 있으므로써 헬륨은 불을 지나 흐르지 않는다.

탱크 내 액체가 비워질 때 불은 하부 불반이 위에 내려 앉는다. 주입 후 약 5 MPa(g)의 잔류 헬륨압력으로 불과 불반이가 서로 접촉하여 양호한 밀봉상태를 이룬다.

불의 위치지시계는 광전자 계기로서, 불이 상부위치에 있는 것 즉 탱크가 액체로 가득차 있는 것을 지시한다.

각 탱크는 설계기준지진 범주 A로 내진검증된 등급 1 용기이다.

여섯 개의 독물질탱크 중 다섯 개를 이용할 수 있을 때 제 2 원자로정지계통이 이용될 수 있다. 이로 말미암아 계통의 이용불능도를 증가시키지 않고 제 2 원자로정지계통을 용이하게 보수할 수 있다.

6.5.3.4 혼합 및 배수탱크

계통의 이 부분은 질산가돌리늄 독물질용액의 혼합, 독물질탱크의 배수 및 새로운 독물질용액의 탱크 내 충전을 위해 사용된다. 이는 독물질 시료 채취와 잉여 용액의 배수용 시설을 제공한다.

계통의 이 부분에서의 고장은 계통운전을 방해하지 않으므로 등급 2 로 설계되는 원자로건물경계를 제외한 기기는 CAN3-N285.0-M81 의 등급 3 (참고문서 6.5-11) 에 준하여 설계된다. 탱크들은 NBCC 의 최소 요건 이상으로 내진검증되지 않는다.

부속 혼합기를 갖추고 있는 혼합탱크는 독물질탱크로 이송준비 중인 질산가돌리늄 용액의 혼합에 사용된다. 이의 크기(0.85 m^3) 는 주입후에

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

모든 독물질탱크의 내용물을 수용할 수 있도록 그 크기를 정하며, 이로 인하여 계통은 가능한한 신속하게 재대기 상태로 전환될 수 있다. 사용된 재질은 304L 스테인레스강이다.

배수탱크는 후방배수 중 독물질탱크 중 한 개의 내용물을 수용한다. 이는 또한 혼합탱크 내용물의 시료채취 중 소량의 독물질 용액을 수용한다. 이의 용량은 0.14 m^3 이며 304L 스테인레스강으로 제작된다.

한차례 주입후 탱크에 새로 충전하기 위해 질산가돌리높이 대량으로 혼합될 때, 혼합탱크 내용물의 시료채취 목적으로 한 개의 시료채취소가 이용된다.

이 시료채취소는 어느쪽 용기로부터도 시료가 채취될 수 있도록 혼합탱크와 배수탱크 사이에 위치해 있다. 시료채취소의 어느 한 쪽에 격리밸브가 있다.

6.5.4 계통운전

6.5.4.1 대기상태

이 상태에서 계통은 주입준비가 되어 있다. 이는 원자로 운전 중 이 계통의 정상상태이다.

6.5.4.2 독물질 주입

세 개의 트립채널 (G,H,J) 중 두 개 또는 세 개의 신호를 받으면 그 채널의 급속개방밸브들이 열린다. 헬륨공급탱크 내의 가압헬륨이 밸브열을 통해 헬륨모관으로 유동하여 이를 8.3 MPa(g) 까지 가압시킨다. 공급라인에서는 자동차단밸브가 닫혀 분기관으로부터 헬륨공급탱크로의 헬륨유동을 방지한다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

밸브열의 배기밸브들은 이들 채널의 급속개방밸브들을 여는 동일한 신호로 닫힌다. 이로써 헬륨의 불필요한 손실을 방지한다. 모관의 압력이 345 kPa(g)를 초과할 때 상충기체 균형밸브의 밸브가 닫혀, 헬륨이 상충기체계통으로 이동하는 것을 방지한다.

만일 주입 운전중에 상충기체 균형배관의 밸브가 닫히지 못하면 상충기체계통의 방출밸브들을 통해 헬륨이 유실될 것이다. 이러한 사실이 목격되면 밸브를 수동으로 닫아야 한다. 안전성과 관련되지는 않지만, 독물질주입 정지계통을 상충기체계통을 통해 배기시키는 것은 바람직하지 않다. 대기상태에서 밸브가 고장으로 닫히면 상충기체와 헬륨모관 사이의 압력차에의해서 모관에 독물질이 점점 유입되어 독물질의 주입을 지연시킨다. 이러한 현상을 예방하기 위하여 밸브의 비정상 위치 지시계와 독물질 탱크에 고수위 경보를 설치하여 운전원으로 하여금 밸브를 수동으로 열 수 있도록 되어 있다.

헬륨모관내의 가압된 헬륨에 의해서 독물질 탱크내의 독물질을 밀어 내어 칼란드리아 속으로 주입하게 된다. 독물질 탱크내에 떠 있는 불은 하강하여 탱크가 비워지면 하부 불받이에 내려 앉아 밀봉작용을 한다. 급속 개방밸브의 개방으로부터 독물질 탱크내의 불이 불받이에 내려 앉는 데 걸리는 시간은 대략 1.20초이다.

6.5.4.3 주입이후

주입직후 아직 급속개방밸브들이 개방된 채, 헬륨공급탱크, 헬륨모관 및 독물질탱크들은 모두 약 5.5 MPa(g) 까지 가압된다 (즉, 헬륨이 대기온도로 되돌아 간다). 독물질탱크의 불위치 지시계들은 모든 독물질탱크 불이 독물질탱크의 하단위에 위치하고 있음을 나타내어야 한다. 독물질탱크 수위계들은 탱크가 비어 있는 것을 나타내야 한다. 헬륨공급탱크의 압력계측은 저 탱크압력을 지

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

시하여야 하며, 주입모관과 감속재상충기체 간의 압력을 감시하는 압력계는 높은 차압을 보여야 한다. 이들 모든 경보는 정상적이며 주입후 무시될 수 있다. 트립은 수동으로 제거되어야 한다. 이것이 이루어질 때 급속개방밸브들은 닫히어 헬륨공급탱크를 헬륨모관과 독물질탱크들로부터 차단한다.

트립이 제거되고 급속개방밸브들이 닫힐 때, 밸브열 배기 밸브들이 열려 밸브열 내의 사이공간을 배기시키며, 헬륨공급배관 자동차단밸브가 개방된다. 이 밸브가 다시 열리면 헬륨분기관은 헬륨공급탱크를 재가압시키기 위해 헬륨을 공급하게 된다. 이는 단지 5개의 헬륨병이 배열된 한열로 가능하지 않으며, 어떤 경우라도 바람직하지는 않다. 계통을 재 대기시키는 마지막 단계로서 헬륨공급탱크가 재가압된다.i

만일 계통이 세 채널중 단지 두 개만 트립되면 헬륨이 트립되지 않은 채널의 배기밸브를 통하여 유실된다. 이는 헬륨 유실량이 무시할 만 하기 때문에 계통성에 어떤 영향도 주지 않는다. 이는 다른 두 개의 채널의 트립이 제거되거나 세번째 채널이 수동으로 트립될 때까지 지속된다.i

6.5.4.4 주입후 재대기

한차례 정지 후, 원자로를 재시동하고자 할 때 이 주입계통은 가능한 신속히 다시 대기상태로 복원시켜야 한다. 발전소 가동절차서에는 감속재 세정 작업을 시작하기 전에 독물질 주입계통을 먼저 대기상태로 복원시켜야 함을 요건화하여야 한다.

6.5.4.5 후방배수

이 작업은 차단용 볼밸브를 지나 주입라인을 따라 이동해 올라갔을 수 있는 독물질 용액을 뒤로 끌어내려 용액이 칼란드리아에 도달하는 것을 방지

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

개정 25
2000. 6. 5

하는 것이다. 이 작업은 단지 해당배관 내 전도도 탐침으로부터 예고신호 발생 후에 요구된다. 발전소 가동에 이를 정기적으로 계획하는 것이 더 편리할 수 있다. 이러한 계획적 후방배수의 주기는 발전소의 초기 운전기간 동안 얻은 실질적인 경험에 의하여 결정되어야 한다.

6.5.4.6 혼합탱크 시료채취

혼합탱크 가돌리늄 농도는 독물질용액이 정확한 농도를 갖고 있음을 확인하기 위해서 이들이 독물질탱크로 이송되기 바로 전에 시료채취되어야 한다. 가돌리늄 농도는 8000 ppm 이상이어야 한다. 실험실 분석용으로 두 개의 독립적인 시료를 채취하도록 권고하고 있다.

탱크내 용액의 농도를 요구치까지 올리는 데 얼마쯤의 농축액이 요구되는 가를 판단하기 위하여, 농축된 독물질을 첨가하기 전에 또 하나의 시료가 필요하다. 하나의 시료는 이 용도로서 충분하다.

6.5.4.7 독물질탱크 시료채취

각 독물질탱크는 운영기술지침서의 요구대로 주기적으로 시료를 채취하여야 한다. 운전결과 독물질탱크 하부 온라인 전도도 측정기의 신뢰도가 확보된 경우 시료채취계통 운전은 전도도 저경보 발생시에만 독물질 농도를 확인하는 수단으로 사용될 수 있다.

각 독물질탱크에 독물질용액을 재충전 했거나 실제 독물질농도 확인을 위해 역세정을 한 직후에는 시료를 채취하여야 한다. 재순환 시료채취계통은 탱크의 시료채취당 최대 한시간 동안 운전된다.

해당 독물질탱크의 독물질 용액은 해당 배수밸브를 통과하여 공통 배수모관 및 시료채취 계통내로 보내진다. 재순환되는 동안, 독물질은 펌프, 차단

25

25

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

개정 25

2000. 6. 5

밸브 및 체크밸브를 통하여 유동한다. 이는 이후, 액체독물질 수위 위의 해당 헬륨주입라인 상에 있는 탱크의 상단측과 연결되어 있는 별도의 귀환라인을 통해서 각 독물질탱크로 귀환한다. 4.5 L/min 의 설계유량에 약 35 분의 재순환 시간이 요구된다 (이는 독물질탱크 내용물을 두 차례 완전히 재순환 시킴을 나타낸다).

재순환되는 동안, 각 독물질탱크 상단에 있는 폴리에틸렌 볼은 약간 볼받이에서 이격되어 (볼에 가해지는 흡입력에 기인하여) 볼 주위에 유동이 형성되게 한다. 볼 주위 및 상부 볼받이의 구멍을 통한 유동이 재순환유동을 수용하는 데 충분하기 때문에, 독물질탱크 상부의 헬륨주입라인 내에 독물질의 증가는 별로 크지 않다. 헬륨주입라인 내에 독물질의 증가는 반드시 피해야 하는 데, 왜냐하면 이로써 헬륨모관의 범람을 가져올 수 있기 때문이다. 독물질 고수위경보 및 독물질 볼수위경보는 재순환 중 발생하지 않는다.

재순환 개시 직후, 한 개의 유량계(rotameter)를 갖는 별도의 라인으로 유량을 우회시킴으로써 유동이 국부적으로 확인된다. 측정이 완료된 후, 유동은 재순환 시간이 끝날 때까지 재순환라인으로 통과하도록 전환된다. 이때 유동은 통이 가득찰 때까지 빈 시료채취통으로 전환된다. 이후 펌프를 정지하고 시료채취 유로를 격리시킨 다음 시료채취 용기(canister)를 계통으로부터 분리되어 주사기로 시료를 채취한다.

만일 가돌리늄 농도가 최소 요구치인 8000 ppm 이하이면 독물질의 농도를 최소 8000 ppm 까지 증가시키기 위해 보충액을 마련하여야 한다. 요구되는 독물질 용액이 들어 있는 보충용기는 급속 연결 커플링에 의하여 연결된다. 재순환 및 유량 측정 배관은 밸브에 의하여 닫히지며 보충 용액은 시료채취계통을 통하여 송출되어 독물질 탱크내의 내용물과 혼합된다.

독물질탱크에 보충액을 첨가하는 일은 아주 드물게 일어난다. 독

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

물질탱크내 독물질 용액의 농도는 정상운전조건하에서 8000 ppm Gd 이하로 감소되지 않아야 한다. 만일 보충침가가 요구되면, 먼저 농도가 8000 ppm 이하로 떨어졌는지에 대해서 살펴보아야 한다.

6.5.4.8 시료채취중 주입

전체 시료채취계통은 주입압력으로 설계된다. 시료채취중 주입이 발생될 경우, 독물질용액 및 헬륨이 시료채취계통을 통하여 칼란드리아로 역류되는 것은 시료채취계통 내 체크밸브에 의해 방지된다.

주입발생시 즉시 운전원은 시료채취계통을 정지시키고 차단한다.

6.5.5 안전성

6.5.5.1 내진검증

독물질주입정지계통은 설계기준지진 (DBE) 중 또는 이후 가동될 수 있어야 한다. 따라서 계통의 내진검증은 DBE 범주 B 에 준한다.

대부분의 계통기기들은 계통운전중에 피동적이다. 여섯개의 급속 개방밸브, 배기밸브 및 상충기체 격리밸브는 DBE 범주 B에 준하여 검증된다. 계통의 운전중이 아니고 단지 압력경계 건전성의 보수시 작동이 요구되는 다른 기기들 (수동밸브, 압력용기 및 동력밸브등) 은 DBE 범주 A 에 준하여 검증된다.

독물질 혼합, 계통의 배수 및 충전부분에 관련된 탱크, 밸브 및 배관과 같이 설계기준 지진중 이의 고장이 계통운전을 방해하지 않는 기기들은 내진검증을 필요로 하지 않는다.

이에 대한 유일한 예외는 격납건물 경계를 이루는 혼합 및 배수탱크에 이르는 헬륨공급관 부위인데 이 부위는 DBE 범주 A에 준하여 검증된다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

격납건물 경계를 이루는 수동밸브는 DBE 범주 B에 준하여 검증된다. 재순환 시료채취계통의 등급 1 부위는 DBE 범주 A에 준하여 내진 검증된다. 내진경계를 형성하는 격리밸브는 DBE 범주 B에 준하여 검증된다.

6.5.5.2 환경 검증

독물질주입계통은 가혹한 환경조건을 (냉각재상실 또는 주증기 배관 파단) 야기시키는 사고시 필수안전기능을 수행하므로, 원자로 운전정지에 요구되거나 또는 이것의 고장이 원자로 운전정지에 영향을 미치는 계통기기는 반드시 검증되어야 한다.

제 2 원자로정지계통 안전관련 기기들은 안전관련 기기목록에 명기되어 있다. 검증이 요구되는 기기들은 이의 안전관련 기능 및 운전조건들을 상세히 기술한 환경검증 시방서를 가지고 있다. 기기공급자에 의해 검증시험이 수행되며, 공급자는 그 결과를 나타내는 검증보고서를 제출한다. 검증보고서 및 평가결과가 문서 묶음의 일환으로 제출된다.

6.5.5.3 그룹화 및 분리

독물질주입정지계통은 그룹 2 로 지칭되며 제 1 원자로정지계통과는 다양한 설계를 이루고 있다. 제 1 원자로정지계통은 그룹 1 로 지칭되며 그 본질에 있어 기계적이고 반응도구동대 (reactivity mechanism deck)로부터 원자로에 수직으로 삽입되는 데 반하여 독물질 주입 정지계통은 수력학적이며 측면으로부터 수평으로 원자로에 삽입된다.

6.5.5.4 수격 (Waterhammer)

주입이 개시되면 독물질 주입 정지계통은 급속히 가압되기 때문에

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

이에 따른 과도압력 (pressure transients)을 설계에 고려하였다. 본 계통의 수격에 대한 평가는 상세설계중에 수행되었다. (참고문헌 6.5-14)

6.5.5.5 원자로건물 확장부 (Containment Extension)

독물질 주입 정지계통은 두개의 격납용기 관통부위를 갖는다. 하나는 헬륨공급탱크에 이르는 헬륨보충공급배관이고 또 다른 하나는 혼합 및 배수 탱크에 헬륨을 공급하기 위한 배관이다. 원자로건물 확장부는 안전설계지침서 86-03650-SDG-006 (참고문헌 6.5-12) 및 AECB 규제문서 R-7 (참고문헌 6.5-13)의 요건에 맞도록 설계된다.

6.5.6 참고 문헌

- 6.5-1 Brooks, C.T., "Liquid Injection Shutdown System", 86-34700-DM-000, Rev.0, 1993 December 22.
- 6.5-2 Safety Design Guide, "Safety Related Systems", 86-03650-SDG-001, Rev.2, 1992 October
- 6.5-3 Safety Design Guide, "Seismic Qualification", 86-03650-SDG-002, Rev.2, 1992 October.
- 6.5-4 Safety Design Guide, "Environmental Qualification", 86-03650-SDG-003, Rev.2, 1992 October.
- 6.5-5 Safety Design Guide, "Grouping and Separation", 86-03650-SDG-004, Rev.2, 1992 October.
- 6.5-6 Safety Design Guide, "Fire Protection", 86-03650-SDG-005, Rev.2, 1992 October.
- 6.5-7 Atomic Energy Control Board (AECB) Regulatory Document

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

- R-8, "Requirements for Shutdown Systems for CANDU Nuclear Power Plants".
- 6.5-8 Atomic Energy Control Board (AECB) Regulatory Document R-10, "The Use of Two Shutdown Systems in Reactors".
- 6.5-9 ASME Boiler and Pressure Vessel Code (Section III).
- 6.5-10 CSA-B51-M1986, "Boiler, Pressure Vessel and Piping Code".
- 6.5-11 CAN3-N285.0, "General Requirements for Pressure-Retaining systems and Components in CANDU Nuclear Power Plants".
- 6.5-12 Safety Design Guide, "Containment Extensions", 86-03650-SDG-006, Rev.2, 1992 October.
- 6.5-13 Atomic Energy Control Board (AECB) Regulatory Document R-7, "Requirements for Containment Systems for CANDU Nuclear Power Plants".
- 6.5-14 Brooks, C.T., "Liquid Injection Shutdown System Waterhammer Analysis Report", 86-34700-AR-001, Rev.0, 1993 November 18.
- 6.5-15 Atomic Energy Control Board (AECB) Consultative Document C-6, "Requirement for the Safety Analysis of CANDU Nuclear Power Plants", 1980 June.
- 6.5-16 System Classification List, 86-01345-SCL-001, Rev. 2, 1994 March.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

개정 88

2006.08.28

6.6 안전보조계통

안전보조계통에는 팔호안에 적힌 절에서 상세히 기술되어 있는 다음의 계통들이 포함되어 있다.

- 가. 비상급수계통 (6.6.1 절)
- 나. 비상전원공급계통 (6.6.2절, 8.3.5절)
- 다. 용수계통 (9.2 절)
- 라. 계기용 공기계통 (9.3 절)
- 마. 제 1 그룹 전원 공급계통 (8 장)

이 절에서는 6.1.2.5절에서 언급한 제 2그룹 안전보조계통에 대하여 기술한다. 이 계통들은 사고후 안전계통에 대한 보조기능만을 수행할 수 있도록 설계되며 발전소 정상운전 중에는 어떠한 기능도 수행하지 않는다.

6.6.1 비상급수계통

비상급수계통은 월성 3호기와 4호기가 서로 공유한다. 월성 3호기와 4호기는 공용비상급수공급수조, 펌프하우스(비상급수공급펌프, 밸브, 배관등과 함께), 펌프 하우스로부터 월성 3호기와 4호기로 갈라지는 지관까지의 공급배관, 그리고 월성 3호기와 4호기를 연결하는 지관으로부터 비상급수공급수조까지의 회수관 (return piping) 등을 공유한다. 비상급수공급 펌프하우스와 각 호기의 원자로보조건물 사이의 펌프 유출 배관은 매설되어 있다. 월성 4호기에 대한 비상급수 공급은 기존 월성 3호기에 매설되어 있는 배관에 T형 지관으로 제공된다. 각 호기의 비상급수 공급배관은 원자로보조건물내에서 지관으로 나뉘어져 있다. 하나의 공급배관은 원자로 건물벽까지 연결되고 두개의 관통부분을 통해 증기발생기와 비상노심냉각계통에 연결되어 있다. 다른 배관은 비상노심냉각열교환기의 재순환냉각수계통 공급배관에 연결되어 있다. 격납건물은 관통하는 각 배관과 요

88

3

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

개정 88

2006.08.28

구되는 비상급수공급 부계통의 선택을 허용하기 위하여 원자로보조건물까지의 배관상에 격리밸브들이 설치되어 있다.

비상급수 (EWS) 계통은 정상 열제거계통의 상실 이후 붕괴열 제거에 유용한 충분한 열 제거원이 있음을 보장해 준다. 증기발생기, 냉각재계통, 비상노심냉각열교환기에 별도로 급수를 공급하는 설비가 설치되어 있는 것이다. 정상 열제거 계통의 상실을 야기 할 수 있는 사고 유형들은 지진 혹은 화재 등과 같은 공통 모드 고장 뿐만 아니라 급수상실, 용수상실 그리고 등급3 및 등급4 전원 상실 등이다.

88



월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

6.6.1.1 설계기준

6.6.1.1.1 기능 요건

가. 비상급수공급펌프로부터의 비상급수공급 설계유량은 다음 역할을 수행하기 위한 유량 요건을 만족한다.i

1. 완전 급수 상실시에 증기발생기 2차측에 급수를 공급함.i
2. 설계기준지진 (DBE) 후에 살수탱크의 고갈과 저압비상노심 냉각회로의 상실시 비상노심냉각제통에 대한 보조역할로서 즉 냉각재제통에 보충수를 제공함.i
3. LOCA후 24시간 이후에 일어나는 부지설계지진 (SDE) 에 이어 발생하는 기기냉각수상실시 비상노심냉각 열교환기의 2차측에 급수 공급.i

나. 비상급수계통 또는 그 부계통은 설계기준지진(DBE) 후 정상급수의 전체 상실시 증기발생기에 대체 급수원을 제공하여 붕괴열 제거 능력을 제공한다.

1. 위의 목적을 위한 제어논리는 운전을 위해 내진검증 되어 있다.i
2. 제어논리는 내진검증된 2차 제어지역에 위치해 있다.

다. 비상급수계통 제어논리 및 냉각수저장수조를 포함한 필수기기들은 설계기준 지진후 운전을 위해 내진검증 되어 있다.

6.6.1.1.2 성능 요건i

비상급수계통의 성능 요건은 다음과 같다.i

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

- 가. 유량 요건 중에서 최악의 상태를 충족시키기 위해, 두대의 비상 급수공급펌프 (각각의 펌프 용량은 113.6 L/s (1500 Igpm) 이다) | 54
가 동시에 작동되도록 요구된다 (표 6.6-1 참조).
- 나. 비상급수공급 펌프의 전원은 설계기준지진에 내진검증되고 제 1 그룹 전원과 독립적인 비상전원공급계통으로 부터 공급 받는다.
- 다. 정상상태에서 닫혀 있고 고장시 열리는 밸브 3461-PV7과 PV41은 증기발생기의 2차측 압력이 345 kPa(g) (50 psig) 이하로 떨어지고 원자로건물 압력이 3.45 kPa(d) (0.5 psid) 이하로 유지될 시에 자동적으로 열리게 되어 있다. 이 밸브들은 30초 이내에 열리도록 요구되고 있다. 30초는 살수탱크로부터 증기발생기로의 살수유량을 허용하기 위한 안전해석에 근거를 둔 것이다. 그런데 실제밸브 설계에서 이러한 밸브들의 실제 개방 시간은 20초보다 훨씬작다. 이는 설계기준지진(DBE) 후 살수탱크로부터 증기발생기 2차측으로 즉각적인 비상급수를 제공해 주는 것이다. | 102
- 라. 연속 운전중 펌프보호를 위하여 밸브 PV7을 수동 조작으로 조절하고 PV41을 열어 펌프당 비상급수 최저유량인 37.9 L/s (펌프당 500 Igpm) 가 유지된다. | 54

6.6.1.1.3 적용 안전설계지침서

이 계통은 AECB 규제 문서인 R-9 및 R-7 (참고문헌 6.6-1 및 6.6-2) 의 관련요건과 안전설계 지침서 86-03650-SDG-002, 003, 004 및 006 (참고문헌 6.6-3~6.6-6) 의 요건을 만족시킨다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

6.6.1.1.4 규격, 기준 및 등급분류

비상급수계통의 대부분은 (펌프, 펌프 흡입부 및 출구부, 비상노심 냉각열 교환기의 공급 및 회수관 등) 비원자력 등급에 속한다.



설계의 신뢰도를 높이기 위해 격납용기밖에 있는 격리밸브에서 증기발생기까지의 증기발생기 급수배관은 ASME Section III 등급 2에 속한다.

원자로건물 밖의 격리밸브로부터 비상노심냉각배관 연결부까지의 냉각재계통에 대한 보충배관은 ASME Section III, 등급 2에 속하는데 그 이유는 이 배관이 등급 2인 살수계통의 확장부이기 때문이다.

6.6.1.2 계통설명; (참고문헌 6.6-7~6.6-10)

6.6.1.2.1 개요

비상급수계통은 비상노심냉각계통 열교환기, 증기발생기 그리고 냉각재계통으로 비상노심냉각주입 배관과 연결되어 있으므로, 다음 연계계통의 배관 및 계기도면을 참조해야 한다.

- 가.  (그림 6.6-2) 증기 및 급수 계통
- 나.  (그림 6.3-2) 비상노심냉각계통

비상급수계통의 개략도는 그림 6.6-1에 나타나 있다.

6.6.1.2.2 급수 공급

내진검증된 (설계기준지진에 대하여) 저수조로부터의 급수는 운전 모드와 계통의 나머지를 시험하는 데 사용된다. 이 계통의 운전에 이용가능한 저수조내 물의 양은 6.8×10^6 리터 (1.5×10^6 Imperial Gallons) 이다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

3대(3대×100%)의 전동기구동펌프는 원자로건물 및 원자로보조건물 내에 있는 EWS부계통에 급수를 공급해 준다. 비상전원공급계통으로부터 전원을 공급받는 전동기구동펌프는 별도의 펌프하우스 (pumphouse)에 위치해 있다. 펌프 출구배관은 매설되어 있으며 2개의 관통부를 통하여 원자로건물벽을 지나 냉각재계통과 증기발생기에 연결되어 있다. 펌프 출구배관으로부터 세번째 배관은 보조건물을 지나 비상노심냉각열교환기의 기기냉각수계통공급배관으로 연결되어 있다. 요구되는 EWS 부계통을 선택할 수 있도록 격리 밸브가 원자로건물을 관통하는 각각의 배관과 보조건물로 가는 배관에 설치되어 있다.

54

6.6.1.2.3 증기발생기로의 비상급수공급

증기발생기는 냉각재계통 내의 순환이 계속 유지되는 한 붕괴열 제거를 위해 장기간의 열제거원으로써 역할을 수행한다. 증기발생기 주급수펌프에는 4급전원이 사용되며 보조급수펌프 (정상유량의 4퍼센트)에는 3급전원이 사용된다. 만약 전원계통에 고장이 발생하거나 급수배열의 파단이 발생하면 비상급수공급계통은 증기발생기에 30.3 L/s (400 Igpm) 까지의 독립된 급수원을 제공해 준다. 정상급수계통은 정상 증기발생기 운전압력에서 급수를 공급할 수 있도록 설계된다. 이 정상 급수공급은 비상급수계통을 통한 2개의 급수원에 의해 보조(back-up)된다. 하나의 급수원은 살수탱크로부터 비상급수공급밸브를 통한 증기발생기로 물을 운반하는 중력급수계통이다. 비상급수공급배관은 비상노심냉각계통 하강관을 통해 살수탱크에 연결된다. 그래서 살수탱크 안에 저장되어 있는 살수와 비상노심냉각수는 증기발생기에 대한 보충공급을 위해 이용될 수 있다. 다른 급수원은 비상급수공급펌프를 통해 비상급수공급 저장조로부터 증기발생기로 공급된다. 비상급수공급펌프들은 운전원이 수동으로 기동한다. 비상급수공급밸브(3461-PV7, 41)들은 증기발생기 압력이 345 kPa(g) (50 psig) 이하로 떨어지고 원자로 건

54

54

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

물 압력이 3.45 kPa(d) (0.5 psid) 이하로 유지될 때에 자동적으로 열린다.

102

3대의 주급수펌프와 보조급수펌프의 운전을 불능하게 하는 등급4 및 등급3 전원의 전체 상실에 의한 증기발생기의 정상급수상실사고후 비상급수공급저수조와 살수탱크의 물은 증기발생기를 열제거원으로서 유지하기 위한 급수원이 된다. 그러나 비상급수공급계통은 저압계통이다. 따라서 정상급수의 이용불능을 나타내는 비정상 증기발생기 저수위시 주증기 안전밸브를 개방함으로써 증기발생기의 자동감압이 자동적으로 시작된다. 증기발생기 압력을 정상운전압력에서 345 kPa(g)까지 감소시키고 원자로 정지후 30분에 붕괴열에 의한 증기발생량과 동등한 연속적인 보충수를 허용하도록 증기발생기를 충분히 낮은 압력에 유지하게 하기 위하여 충분한 수의 주증기 안전밸브가 감압을 위하여 작동한다.

54

6.6.1.2.4 냉각재계통으로의 비상급수공급

6.3 절에 기술되었듯이 냉각재상실사고 후 냉각재계통을 냉각시키는 비상 노심냉각계통의 정상기능 이외에 비상노심냉각계통은 지진사고 이후 누설시에 다음과 같이 냉각재계통에 보충수를 공급하는데 또한 활용된다. 맨처음, 고압비상노심냉각탱크에 있는 물이 파열판(3432-RD1, RD2)이 파열된 후 냉각재계통에 가압된 보충수를 초기에 공급한다. 고압비상노심냉각수 탱크의 물이 고갈되면 살수 탱크의 물은 3432-MV75와 비상노심냉각 배관을 통해 중력에 의해 냉각재계통으로 보충수를 제공한다. 등급2 전원이나 등급1 전원을 사용하는 비상노심냉각 밸브중 10개는 (3432-MV31,-MV50,-MV41 에서 -MV44 까지, -MV79, -MV80,-PV81,-PV82) 반드시 비상노심냉각배관이 사용될 수 있도록 비상전원공급계통에 의해 전원이 공급될 수 있다. 모든 저압비상노심냉각 회로는 설계기준지진 범주 'B'로 내진 검증되기 때문에 살수탱크가 고갈될 때 비상노심냉각펌프 (606 L/s, 8000 Igpm) 중 한 대는 살수탱크가 다시 채워질 때까지 원자로건물

121

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

에 축적된 물을 순환시켜 저압 비상노심냉각, 회로 및 밸브 3432-MV75를 통하여 살수탱크로 되돌아가게 한다. 그때 살수탱크의 물은 중력에 의해 냉각재회로에 보충수로 공급될 수 있다.

이러한 이유때문에 비상급수공급 펌프로부터의 물은 다음의 경우에만 냉각재계통의 보충수로 요구된다.

- 가. 고압비상노심냉각탱크가 고갈될 때; 또는
- 나. 살수탱크내 살수가 다른 목적으로 사용되어 고갈되었을 때, 즉 설계기준지진 직후 (비상급수공급펌프를 기동하기 전) 증기발생기에 예상된 유량보다 훨씬 많은 물이 소모되었거나, 또는
- 다. 저압비상노심냉각회로가 불능하게 되어 살수의 재순환이 이루어지지 못하게 되는 경우이다.

이러한 경우들 중에 어떤 경우에라도 비상급수는 설계기준지진 후 오랜 기간 경과후(수시간에서 수일후)에는 요구되지 않는데, 이것은 냉각재계통 누설의 크기와 다른 목적에 사용된 살수 소모량에 좌우된다. 비상급수공급펌프 요건을 계산할 때 이러한 장시간 지연과 냉각재계통 보충에 비상급수 유량이 거의 필요하지 않음이 고려된다. 범람을 고려할 때 원자로건물 내의 최대 허용수위는 2.4 m이다.

6.6.1.2.5 비상노심냉각 열교환기로의 비상급수공급

비상급수공급계통은 장기간 비상노심냉각 운전동안 비상노심냉각 열교환기로의 냉각수 공급의 신뢰도를 보장하기 위해 기기냉각수계통을 보조해 준다. 장기비상노심냉각은 LOCA 후 3개월까지의 기간동안 요구된다. 비상급수공급으로부터 107.7 L/s (1421 Igpm) 이상의 유량이 붕괴열 제거를 위해

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

비상노심냉각 열교환기에 공급된다.

보충배관이 내진검증되지 않아 외부로 부터 보충수 공급이 불가능할 경우 비상급수공급 유량은 재순환되어 저수조로 다시 돌아오며 저수조의 물은 표면으로부터의 열전달에 의해 냉각된다. 저수조의 온도를 감소시키도록 저수조 보충을 위하여 찬물이 소외에서 유입될 수 있다.

6.6.1.2.6 과압방지

비상급수계통에 대한 과압방지는 방출밸브와 정상상태에서 열려있는 배기밸브에 의해 이루어진다.

3461-V9, V11, V100, MV13, MV110, V54, V53, V55, V58 V60, RV32, V35, V45 및 V46 사이의 배관 부분은 정상 상태에서는 경수로 차 있고 감압되어 있다. 3461-V46은 정상상태에서 열려있으며 V45는 정상상태에서 닫혀있다. 보수 작업을 위해 밸브 3461-V46을 닫음으로써 격리될 수 있는 이 배관은 0.93 MPa(g) (135 psig) 의 압력에 설정된 스프링작동방출밸브 3461-RV32에 의해 보호된다. 방출 용량은 0.13 L/s (1.716 Igpm) 이다.

정상상태에서 열려 있는 배기밸브 7314-PV75는 체크밸브 3461 - V49, V50, V51 및 V52와 3461-PV7를 통하여 증기발생기로부터의 누설에 의해 3461-V44, PV7 및 PV41 사이 배관사이의 압력 상승을 막는다. 체크밸브를 통한 누설은 증기 발생기로부터 정상상태에서 닫힌 밸브인 PV7 까지의 정상상태에서 액체로 차 있는 비상급수 공급배관을 가압할 것이다. 만약 배기밸브 7314-PV75가 정상운전시 고장으로 닫히거나 혹은 닫혀 있다 하더라도 (시험가동 혹은 비상급수의 공급 운전을 위하여) PV7의 잘못된 조작으로 인한 상류 압력 상승은 발생하지 않는다. 이는 압력이 1.0 MPa(g) (150 psig) 으로 설정된 스프링작동 방출밸브에 의해 배출되기 때문이다. 방출용량은 0.32 L/s (4.16 Igpm) 이다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

6.6.1.3 기기설명

6.6.1.3.1 펌프;

정격유량이 113.6 L/s (1,500 Igpm), 수두가 79.25 m (260 ft)인 3대의 100 % 수직형 펌프가 원자로건물 및 원자로보조건물의 비상급수공급부계통에 물을 공급하기 위해 설치된다. 펌프들은 전동기에 의해 구동되며 비상전원공급계통으로부터 전원을 공급받는다. 온도계가 기계 구성품에 대한 열 보호를 위해 내장된다. 유량을 30 L/s (400 Igpm)로 운전하기 위하여 펌프 출구는 수두 유량 곡선에서 역으로 가도록 수동적 조작에 의해 교축되는데 이때는 합리적인 제어가 되기에 충분한 경사를 갖는다. 증기발생기의 유량 표시는 원자로 건물 밖에 있는 밸브 PV7의 하류에 위치한 엘보우 탭 유량제로 측정된다.i

54

6.6.1.3.2 밸브;

원자력 등급의 모든 밸브는 ASME 규격 제 3장의 요건에 따라야 하며 비원자력등급의 밸브는 각각의 사용 조건에 따라 적절한 ANSI 값으로 등급이 정해진다.i

증기발생기 및 살수탱크 비상노심냉각배관에 연결되는 부분 및 글로우밸브가 사용된 배수 및 배기 배관을 제외한 비상급수계통에는 고리형 밀봉을 활용한 나비형 밸브가 사용된다. 원자로건물 내부에 있는 스윙체크밸브는 공정 연결부의 근처에서 격리 역할을 제공해 준다.

6.6.1.3.3 배관 및 재질;

대부분의 대형 경수 밸브는 보수가 용이하도록 플랜지로 연결된

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

다. 플랜지 연결부는 압축 제한 가스켓을 가진 돌출면 형태를 이룬다.

배관 재질은 탄소강이다.

6.6.1.4 계통운전i

증기발생기 보충수 부계통을 제외하고는 비상급수계통은 사고 후 즉각적으로 요구되지 않는다는 원리 및 설계 개념이 개발되었다. 그 결과 대부분의 운전은 제2제어실이나 비상급수공급펌프 건물로부터 운전원에 의해 수동조작으로 수행된다.i

54

비상급수계통 운전은 수동조작으로 펌프를 작동시키고 난 다음에 핸드 스위치를 조작하여 해당 전동기 구동 또는 공기구동 격리밸브를 개방시켜 요구되는 곳에 물을 공급하는 것으로 구성된다. 이 격리밸브는 또한 현장에서 작동될 수 있도록 수동 구동기를 갖는다. 증기발생기 압력이 345 kPa(g) (50 psig) 이하로 떨어지고 원자로건물 압력이 3.45kPa(d) (0.5 psid)이하 일때 증기발생기 보충수 부계통은 자동적으로 운전된다. 증기발생기는 비상급수계통이 사용가능할 때까지인 처음 30분동안 붕괴열 제거를 위해 요구되는 충분한 양의 물을 갖고 있다.

102

6.6.1.4.1 증기발생기로의 비상급수 공급

비상급수는 공정 선택 밸브 PV7을 통하여 펌프 출구로 부터 증기발생기로 공급된다. 증기발생기로의 3" 연결관내 체크밸브는 비상급수계통을 증기발생기로부터 국부적으로 분리시키는 역할을 한다. 단기간일때에는 두개의 밸브 PV7과 PV41 (정상상태에서는 닫혀 있으며 고장시 열린다) 을 열어 증기발생기에 필요한 물을 또한 얻을 수 있다. 이는 원자로건물 밖 주증기배관손상사고시 비상급수공급 펌프가 가동할 때 까지 비상노심냉각/살수 용수를 사용할 수 있게

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

끔 한다.

정상상태에서 닫혀 있는 밸브 3461-PV7과 PV41은 증기발생기의 2차 측 압력이 345 kPa(g) (50 psig) 이하로 떨어지고 원자로건물 압력이 3.45 kPa(d) (0.5 psid) 미만일 때 자동적으로 열리게 되어 있다. 이 밸브들은 30초 이내에 열리도록 요구되고 있다. 30초는 살수탱크로부터 증기발생기로의 급수 유동을 허용하기 위한 안전해석에 근거를 둔 것이다. 그런데 실제 밸브 설계에서 이러한 밸브들의 실제 열리는 시간은 훨씬 작아 약 20초이다. 이는 증기발생기 급수계통의 전체 상실과 원자로건물 밖 주증기배관의 파손을 야기하는 설계기준지진(DBE) 사고 혹은 등급3 및 등급4 전원의 전체 상실사고시에 비상급수공급펌프중 하나가 작동하기 전에 증기발생기로의 냉각급수 제공을 보장하기 위한 것이다.

원자로건물 안 주증기배관파손사고시 밸브 PV7과 PV41은 격납건물 고압 신호 (격납 건물 압력이 3.45 kPa(d) 보다 클 때 야기된다) 에 의해 차단된다. 따라서 살수탱크로부터 증기발생기로의 자동급수공급은 사용될 수 없다. 비상급수공급급수가 장기간 냉각을 위하여 보조(back-up) 냉각수로서 요구된다면 운전원은 제 2 제어지역으로부터 비상급수계통을 작동시켜 증기발생기에 냉각수를 공급한다.

6.6.1.4.2 냉각재계통으로의 비상급수공급

비상급수는 비상노심냉각계통을 경유하여 비상노심냉각계통내 밸브와 PV41을 열어 냉각재계통으로 직접 공급된다. 추가적인 경수/중수 계면(interface)을 피하기 위해 이러한 경로가 사용되었다. 경수 주입 밸브는 정상상태에서는 등급2 전원을 공급받으며 루프당 두개의 비상노심냉각 중수격리밸브는 정상상태에서는 등급1 전원을 공급받는다. 이러한 밸브들은 비상전원공급계통에 의해 보조전원을 받는다. 경수를 중수배관으로부터 분리시키기 위해 원자로 양쪽 끝

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

에 하나씩인 두개의 파열판이 비상노심냉각제통에 설치되어 있다. 이러한 파열판은 비상노심냉각밸브 3432-MV31 혹은 MV50을 열고 살수탱크로부터 물을 흡입하는 비상노심냉각펌프중 하나를 작동시킴에 의해 열릴 수 있다. 또한 비상전원 공급제통에 의해 보조전원을 받는 3432-MV79 혹은 MV80 및 3432-PV81 혹은 PV82를 열어 고압비상노심냉각탱크를 이용하여 파열판을 열 수 있다. 냉각재계통 압력이 살수탱크 수두 이하로 떨어질 때 3432-MV75를 열어, 냉각재계통을 보충할 수 있다.

54

살수탱크가 고갈될 때 비상노심냉각 순환운전모드가 시작된다. 흡입 배관내 공기작동밸브 (3432-PV1 혹은 PV2)를 열고 난 후 비상노심냉각펌프들 중 하나가 작동되어 원자로건물내에 고인 물을 살수탱크가 다 찰 때까지 3432-MV75를 통해 살수탱크로 재순환시킨다. 살수탱크내의 물은 냉각재계통을 보충하여 준다. 증기발생기를 통한 열대류에 의해 열은 제거된다. 보충수의 이용가능성을 보증하기 위해 살수탱크의 수위를 감시한다. 탱크 수위가 저수위로 되면 이러한 재 주입과정은 반복된다.

3

6.6.1.4.3 비상노심냉각 열교환기의 비상급수공급

정상상태에서의 이 계통은 기기냉각수계통과 연결된 배관상의 체크밸브 V113 및 V14와 격리밸브 V111 및 V112에 의해 분리되어져 있다. 전동밸브 MV13 (혹은 MV110), MV47 (혹은 MV144) 는 운전원에 의해 열리고 비상급수공급펌프로부터 비상노심냉각 열교환기의 재순환 냉각수쪽으로의 유량이 형성되고 비상노심냉각을 위하여 비상급수공급 저수조로 다시 재순환된다.

2

6.6.1.5 안전성j 측면

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

6.6.1.5.1 내진검증;

비상급수계통은 정상급수 공급상실 후 증기발생기 2차측에 그리고 설계기준지진후 보충을 위해 냉각재계통에 물을 공급하기 위하여 안전설계지침서(참고문헌 6.6-3)에 따라 설계기준지진에 대해 범주 'B'로서 내진검증된다.

그러나 전동기구동밸브 MV13 및 MV110로부터 비상노심냉각 열교환기 연결부 및 회수관의 배관 및 밸브들은 부지설계지진에 대해 범주 'B'로서 내진검증되는데 이것은 지진이 LOCA 후 24시간 내에 발생하지 않는다고 가정하기 때문이다. 배수밸브 V53, V54, V55, V58, V60, V35, 배기밸브 V27, V28 및 V105는 설계기준지진 (DBE) 에 대하여 범주 'A'로 검증된 밸브이며, 배수밸브 V31 및 V48은 부지설계지진 (SDE) 에 대하여 범주 'A'로 검증되었는데 이것은 이들 밸브들이 지진시 혹은 지진후 작동이 요구되지 않기 때문이다.

54

6.6.1.5.2 환경검증;

비상급수계통은 안전설계지침서(참고문헌 6.6-4)에 따라 환경적으로 검증된다.

체크밸브 V49, V50, V51 및 V52는 냉각재상실사고나, 소형 냉각재상실사고 혹은 주증기관파손과 같은 극심한 환경조건하에서 급수상실사고시 증기발생기에 물을 공급할 수 있도록 환경검증된다.

다른 밸브 및 구성품들은 원자로건물 밖에 있기 때문에 환경검증이 요구되지 않는다.

6.6.1.5.3 그룹화 및 분리;

안전설계지침서(참고문헌 6.6-5)에 따름.

가. 펌프계통 및 냉각수원은 제 1그룹 냉각수계통의 손상을 유발시

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

키는 어떤 가상공통모드 사고가 붕괴열 제거능력을 방해하지 못하도록 제 1 그룹 냉각수 계통 (냉각수 또는 증기발생기 급수계통)과 충분히 독립적이어야 한다.

나. 비상급수계통은 해수를 사용해서는 안되기 때문에 비상급수공급계통을 위한 수원은 소내의 자연수 저장조가 있어야 한다. 이러한 저수조는 주발전소 냉각수원으로부터 물리적으로 분리되어 있어야 한다.

다. 비상급수계통에 대한 제어논리는 주제어실에 위치해 있어서는 안 된다.

6.6.1.5.4 원자로건물 확장부

안전설계지침서 (참고문헌 6.6-6)에 따라 비상급수계통은 AECB 규제문서 R-7의 요건을 만족하도록 설계되어야 한다.

6.6.2 비상전원공급계통 (월성 2호기)

6.6.2.1 설계기준

이 계통은 아래와 같은 사고시에 대체전원을 제공하도록 설계되어 있다.

가. 설계기준지진

나. 4급 및 3급 전원상실

다. 부지설계지진이 따르는 냉각재상실사고

월성 2호기 비상전원공급계통은 기능상 독립성을 유지하는 전원배분방식인 두개의 트레인 (우수(even))과 기수 (odd))으로 구성되어 있다. 이 전

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

원배분방식은 설계기준지진에 내진검증되며 이차제어지역에 위치한다. 각 트레인
은 월성1호기 이차 제어지역에 위치한 대응되는 비상전원디젤발전기 (기수와 우
수)로 부터 전원을 공급받는다. 월성 1호기와 2호기 스위치기어 사이의 상호연결
은 땅속 케이블을 통해 월성 1호기 끝에 설치된 퓨즈에 의해 보호된다.

비상전원공급 디젤발전기 각각 (1,000 kw)은 각 배분계통에 연결된
월성1호기 및 2호기에 요구되는 모든 부하를 담당할 수 있다.

정격 전력이 1000 kW인 비상전원공급 디젤발전기는 월성 1호기로
부터 운전되고 제어된다. 디젤발전기를 기동시키고 부하를 가하기 위해서는 내진
검증된 통신장치(communication link)에 의해 월성2호기와의 조정이 이루어진다.
기동시키고 부하를 가하는 운전을 완료시키기 위한 목표시간은 30분으로 설정된
다. 각 트레인상의 배분계통은 감압변압기를 통해서 연결되어 있는 하나의 중전
압 (4.16kV) 스위치기어 및 저전압(480V ac) 스위치기어로 이루어져 있다. 기수와
우수 스위치기어들은 교차로 상설 시에도 전원의 연속적인 공급을 위하여 일련의
연결차단기 (tie breaker)를 통해 양전압 레벨(level)에 연결되어 있다.

사고이전에는 요구되지 않는 비상급수계통과 같은 부하는 비상전원
공급계통에만 연결되어 있다. 발전소전원공급 (3급, 2급, 1급) 으로부터 정상전원
을 받는 다른 부하는 필요시 수동에 의해 비상전원공급으로 전환된다.

각 중전압 스위치기어로부터 오는 전원이 비상노심냉각펌프전동기
로 배분된다. 각 전동기는 비상전원공급 중전압 스위치기어내에 있는 진공접촉자
와 접촉자에 관련된 일련의 퓨즈에 의해 보호된다. 저전압 스위치기어에 연결되는
부하로는 비상급수공급 격리밸브, 비상노심냉각주입밸브, 제측 및 제어전원 공급
제어반 (120V ac 및 480V dc), 수소점화 제어반 그리고 다른 서비스 제어반 등이
있다. 자세한 계통설명은 8.3.5절에 서술되어 있다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

6.6.2 비상전원 공급계통 (월성 3, 4 호기)

6.6.2.1 설계기준

이 계통은 아래와 같은 사고시에 대체전원을 제공하도록 설계되어 있다.

가. 설계기준지진 (DBE)

나. 등급3 및 등급4 전원상실

다. 냉각재상실사고후 부지설계지진 (SDE)

121

각각의 호기(월성 3호기 및 4호기)의 비상전원공급계통은 기능상 독립성을 유지하는 두개의 트레인 (기수 및 우수) 으로된 전원배분방식으로 구성되어 있다. 이 전원 배분장치는 설계기준지진에 내진검증되며 이차 제어지역에 위치한다. 두호기에 대해 각 트레인은 월성3호기 이차 제어 지역에 위치한 대응되는 비상전원디젤발전기(기수 및 우수)로 부터 전원을 공급받는다. 월성 3호기와 4호기 스위치기어 사이의 상호연결은 땅속 케이블을 통해 월성 3호기 끝에 설치된 퓨즈에 의해 보호된다.

정격전력이 1200 kw인 비상전원공급 디젤발전기 기수와 우수 각각 (1200 kw)은 각각의 배분계통에 연결된 월성3호기 및 4호기에 요구되는 모든 부하를 담당할 수 있는 용량을 갖는다. 비상전원공급 디젤발전기는 월성 3호기로부터 운전되고 제어된다. 디젤발전기를 기동시키고 부하를 가하기 위해서는 내진 검증된 통신장치(communication link)에 의해 월성4호기와의 조정이 이루어진다.

기동시키고 부하를 가하는 운전을 완료시키기 위한 목표시간은 30분으로 설정된다. 각 트레인상의 배분계통은 감압변압기를 통해서 연결되어 있는 하나의 중전압 (4.16KV) 스위치기어 및 저전압(480V (ac)) 스위치기어로 이루어져 있다. 기수

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

와 우수 스위치기어들은 교차 상실 시에도 전원의 연속적인 공급을 위하여 일련의 연결차단기 (tie breaker)를 통해 양전압 레벨(level)에 연결되어 있다.

사고이전에는 요구되지 않는 비상급수계통과 같은 부하는 비상전원 공급계통에만 연결되어 있다. 발전소 전원공급(등급3, 등급2, 등급1)으로 부터 정상 전원을 받는 다른 부하는 필요시 수동에 의해 비상전원공급으로 전환된다.

121

각 중전압 스위치기어로부터 오는 전원이 비상노심냉각펌프전동기로 배분된다. 각 전동기는 비상전원공급 중전압 스위치기어내에 있는 진공접촉자와 접촉자에 관련된 일련의 퓨즈에 의해 보호된다. 저전압 스위치기어에 연결되는 부하로는 비상급수공급펌프(월성3호기만 적용된다.), 비상급수공급격리밸브, 비상노심냉각주입밸브, 계측및 제어전원 공급제어반 (120V ac 및 480V dc), 수소점화 제어반 그리고 다른 서비스 제어반등이 있다. (8.3.5절 참조)

6.6.3 참고문헌;

- 6.6-1 Atomic Energy Control Board (AECB) Regulatory Document R-9, "Requirements for Emergency Core Cooling Systems for CANDU Nuclear Power Plants"
- 6.6-2 Atomic Energy Control Board (AECB) Regulatory Document R-7, "Requirements for Containment Systems for Canadian Nuclear Power Plants"
- 6.6-3 Safety Design Guide, "Seismic Qualification", 86-03650- SDG - 002, Rev. 2, 1992 October.
- 6.6-4 Safety Design Guide, "Environmental Qualification", 86-03650- SDG -003, Rev. 2, 1992 October.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

- 6.6-5 Safety Design Guide, "Grouping and Separation", 86-03650-SDG-004, Rev. 2, 1992 October.
- 6.6-6 Safety Design Guide, "Containment Extensions", 86-03650-SDG-006, Rev. 2, 1992 October.
- 6.6-7 Design Manual "Emergency Water Supply System", 8602-34610/63 461-DM-000/63461-DM-000, Rev. 1, July 1994.
- 6.6-8 Design Manual, "Emergency Power Supply System", 6802-52900-DM -001, Rev. 0, March 1992.
- 6.6-9 Design Manual, "Emergency Water Supply System", 8634-34610/63461-DM-000.
- 6.6-10 Design Manual, "Emergency Power Supply System", 8634-52900-DM-001, Rev. 0.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

표 6.6-1

두개의 발전소에 대한 비상급수공급펌프들로부터의
비상급수공급 설계유량 요건.

사고 부하	설계기준지진 (양호기)	등급3 및 등급4 전원의발전소설비 전원상실 (양호기)	냉각재상실사고후 최소24시간이후 부지설계지진	
			냉각재상실호기	비냉각재상실호기
중기발생기 2차측	(2x400Igpm =800Igpm) 2x30.3 l/s=60.6 l/s (주1)	(2x400Igrm =800Igrm) 2x30.3 l/s=60.6 l/s (주2)	(79 Igpm) 6.0 l/s (주3)	(400 Igpm) 30.3 l/s (주1)
비상노심냉각 열교환기 2차측	적용안됨	적용안됨	(1421 Igpm) 107.7 l/s (주4)	적용안됨
냉각재계통	(2x220Igpm =440Igpm) 2x16.7 l/s=33.4 l/s (주5)	적용안됨 (주6)	O	(220 Igpm) 16.7 l/s (주5)
요구되는 전체펌프유량	(1241 Igpm) 94.0 l/s	(800 Igpm) 60.6 l/s	(1500 Igpm) 113.6 l/s	(620 Igpm) 47.0 l/s
			(2120 Igpm) 160.6 l/s 전체 - 양호기	
운전되도록 요구되는 비상급수공급 펌프의 수 (각 113.6 L/s)	1	1	2	

54

54

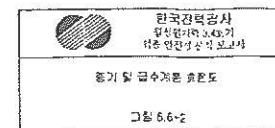
월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

주:

1. 원자로 정지후 30분에 비상급수계통이 사용될 수 있을 때 증기발생기로 요구되는 비상급수공급 유량은 17.2 L/s (227 Igpm) 이다. 그런데 증기발생기로의 설계기준 유량은 보수성을 위해 30.3 L/s (400 Igpm) 이다.
2. 원자로 정지후 30분에 주증기안전밸브가 2차측과 1차측 압력을 빨리 떨어뜨리기 위해 자동적으로 열려 비상급수공급이 사용될 수 있을 때 증기발생기로 요구되는 비상급수유량은 17.2 L/s(227 Igpm) 이다. 그런데 증기발생기로의 설계기준유량은 보수성을 위해 30.3L/s(400 Igpm)이다.
3. 냉각재상실사고후 최소 24시간후 부지설계지진이 일어났을때 파손된 호기의 증기발생기로의 요구되는 유량은 6.0 L/s(79 Igpm) 이다.
4. 비상노심냉각 열교환기에 적용가능한 유량은 107.7 L/s(1421 Igpm)이다.
5. 사고후 오랜시간후에 냉각재계통의 비상급수공급은 요구된다. 이때까지 증기발생기로 요구되는 유량은 크게 감소되어 두개 부하의 조합된 유량 요구는 사고후 바로 증기발생기에 대해 보여준 것보다 작다. 냉각재계통으로의 호기당 16.7 L/s 가 가정되었다. 이러한 비상급수공급 요구 유량은 살수탱크 물을 고려하지 않았기 때문에 보수적이다.
6. 등급3 및 등급4 전원 상실시에 원자로 정지후 냉각재 계통에 요구되는 비상급수공급 유량은 매우 작다.



	한국수력원자력 원자력 34호기 핵심 안전설 설계 보고서
	미상급수계통 그림 6.6-1



월성 3, 4 호기 최종안전성분석보고서

개정 1

1996. 7

6.7 제어실 상주 가능성

월성 2, 3, 4호기 각각의 원자로 보조건물내에는 두개의 제어지역 즉 주제어실 (MCR)과 제2제어지역 (SCA)이 있다. 제2제어지역은 사고 후 주제어실을 사용할 수 없는 사고 (예를 들면 냉각재상실사고 + 설계기준지진) 이후의 안전관련 제어와 감시의 기능을 수행할 수 있게 되어 있다. 제2제어지역의 사용은 상대적으로 짧은 시간동안일 것으로 예상된다. 제2제어지역은 냉각재상실사고 + 부지설계지진 이후에도 적용되나 단 사고후 24시간이 경과한 이후이다.

주제어실 상주보장계통은 운전원이 사고로 인한 대기예의 방사능 누출의 영향에 대하여 적절히 보호받도록 설계된다. 제어실 상주보장계통은 비상보충공기여과기, 차폐기능, 휴대용 방사능감지기능과 연기탐지기능이 설비된 제어실전용 공기조화계통을 포함한다. 또한, 주제어실에 상주하고 있는 운전원이 사고직후 3일 이상 사용할 수 있는 식량 및 식수가 마련되어 있어야 한다.

제2제어지역 상주보장계통은 사용기간중 사고로 인한 방사능 가스의 누출에 대한 운전원의 안전및 적절한 보호가 보장되도록 설계된다. 제2제어지역 상주보장계통은 보통의 여과기, 차폐, 휴대용 방사능감지기, 호흡용 공기 스테이션과 휴대용 호흡장비, 연기 및 화재경보, 식수, 구급장비, 휴대용 화학변기 등이 자체 설비 포함된 공기조화계통으로 구성된다. 상세한 내용은 9.4.3절, 그림 9.4-2, 9.4-3 및 참고문헌 9.4-10에 제공된다.

6.7.1 설계기준

기능적인 설계가 확립된 주제어실 공기조화계통에 대한 설계기준은 참고문헌 6.7-1에 기술되어 있다. 계통은 제어실 직원의 안락함과 안전을 위한 제어된 환경을 제공한다. 계통은 냉각재상실사고와 비상노심냉각계통 상실사고가 함께 일어나는 사고와 같은 이중고장사고까지 포함하는 사고중 및 사고후에도 효과적으로 운전되도록 설계된다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

개정 19

1999. 12. 30

공기조화계통 여과기 계열은 전단여과기, HEPA여과기, 활성탄여과기 및 방사능요오드화물과 미립자 방사능의 제거를 위한 추가의 HEPA 여과기로 구성된다.

상주보장계통은 사고후 약 90일 동안 주제어실 사용을 지원하기 위해 설계된다. 만일 주제어실의 접근이 어려울 경우에는 안전한 원자로정지, 잔열 제거, 사고후 감시를 위한 계측 및 제어장치가 주제어실로부터 멀리 떨어진 제2제어지역에 설치되어야 한다.

가상의 사고전개과정하에서 발전소 운전원을 보호하기 위한 차폐설계기준은 사고후 90일 이상의 기간동안 축적된 피폭량이 계속 사용되는 지역에서 100mSv이하여야 한다. 계속적인 사용은 사고 직후에는 24시간이나 나머지 89일에 대하여는 하루에 8시간씩이다. 주제어실은 이렇게 볼 때 계속적인 접근지역이라고 할 수 있다.

연간 피폭량 한계치의 2배인 100mSv의 제한치는 공정기능상실, 안전계통기능상실 즉 냉각재상실사고+비상노심냉각계통 상실사고와 같은 사고를 포함하는 중대사고에 대하여 적용된다. 여기서 명시된 100mSv의 한계치는 ICRP-26(paragraph 113)에 암시된 바와 같이 계획된 특별한 피폭 제한치와 일치한다.

주제어실 격실은 직원의 안전을 위해 화재경보장치를 갖추어야 한다. 휴대용 방사능 감시장치는 주제어실에 설치된다. 적절한 호흡용 기기는 이 격실내에서 역시 사용 가능하여야 한다. 공기조화격실은 주제어실을 주위의 조건으로 유지하고 이중고장사고중 및 사고후에도 효율적으로 운전할 수 있도록 설계된다.

제2제어지역에는 자체의 공기조화격실이 있다. 기능적 설계요건은 참고문헌 6.7-1에 기술되어 있다. 7.5.2절은 조명, 통신, 공기조화격실, 휴대용 방사능 감시기기, 플라스틱 방호복을 위한 호흡용 공기 저장소, 마지막 2인이 4시간

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

개정 19

1999. 12. 30

전달 수 있는 양을 공급하는 병에 담긴 호흡용 공기, 화재방호 등을 포함하는 제2 제어지역을 위한 상주 가능성을 제시해 준다.

6.7.2. 격실설계

6.7.2.1 제어실 격실의 정의

주제어실의 격실은 다음의 6개의 기본지역으로 나누어 진다.

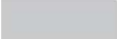
- 가. 주제어실, [REDACTED]
- 나. 제어기기실, [REDACTED] 과 [REDACTED]
- 다. 발전소제어컴퓨터실 및 컴퓨터사무실, [REDACTED]
- 라. 작업관리사무실, [REDACTED]
- 마. 교대감독자사무실, [REDACTED]

주제어실의 배치도는 그림 7.5-1에 보여준다. 터빈 발전기 비산물의 영향은 3.5.3.3절에 언급되어 있다.

제2제어지역 격실은 두실 [REDACTED] 와 그룹 2 제어논리제어반을 포함하는 [REDACTED] 및 두 기기실 [REDACTED] (월성 3호기만) 과 [REDACTED] 로 구성되는데 모두 비상대기발전기 및 이에 관련된 스위치기어를 가지고 있는 비상전원공급격실/제2 제어지역 건물에 위치한다. 제2제어지역 공기조화격실의 전원은 3급 전원에서 공급받고 비상전원공급계통에 의하여 보조된다. 두 비상전원공급 기기실 [REDACTED] (2차 유닛 비상전원공급 스위치기어)와 [REDACTED] (비상전원공급 기기실)은 제2제어지역 과 관련된 기기를 포함한다. (그림 7.5-3a 및 7.5-3b 참조). 비상전원공급/제2제어 지역 건물은 설계기준지진에 견디도록 검증된다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

6.7.2.2 환기계통 설계

주제어실 공기조화계통은 원자로 보조건물내의 다른 환기계통과 독립적으로 운전이 가능해야 한다. 신선한 공기(최하 전체부피의 10%)는 두 공급 팬중 하나에 의하여 정상운전중 명시된 조건을 유지하기 위하여 여과하고 가습하는 (또는 냉각하고 제습하는) 두 공기조화기중 하나를 통해 밖에서 들어오며 재순환된 공기와 혼합된다. 주제어실 공기조화계통의 공기 유입구는 원자로건물 C측 의 보조건물 옥상에 대략 좌표로 11, 12 와 J, H 사이에 위치하고 있다. 제2제어지역의 공기조화계통의 공기유입구는 제2제어지역 건물 옥상에 원자로 건물의 A측 방향에 위치하고 있다.

냉각재상실사고시 환기계통은 자동적으로 정상모드에서 오염된 보충공기가 비상여과기를 통하여 여과되는 비상여과모드로 바뀐다. 건물의 첫수가 나오는 정면도와 평면도는 그림 3.1-16에서 3.1-20까지에 있다. 예상되는 사고 이후 잠재적인 방사선원의 위치는 참고문헌 12.4-1에 있다.

6.7.2.3 누설밀봉

주제어실은 대기압보다 약간 높게 유지되므로 주제어실격실로의 심각한 누설은 예상되지 않는다.

사고조건중에는 공기재순환 및 외부공기보충의 유량률이 주제어실에 대하여 각각 27710 scfm 과 3960 scfm의 정상수준으로 유지되어진다. 공기조화계통은 냉각재상실 사고중 및 사고 후에 보충공기의 자동 HEPA 여과를 하여 자동/수동으로 정압 (positive pressurization) 을 제공한다. 외부공기공급은 주위 지역에 비하여 약 0.03 kPa(0.125 인치 W.G.)높게 제어실 내에서 유지된다. 오염된 공기의 진입을 제한하기 위하여 차단댐퍼는 신속한 차단 및 밀폐가 가능하도록 설계된다.

월성 2,3,4 호기 최종안전성분석보고서

6.7.2.4 다른 지역과의 상호작용

주제어실 공기조화격실은 주제어실에만 제공된다. 이와 유사하게 제2제어지역 공기조화격실은 주제어실에서 멀리 떨어진 제2제어지역에만 제공된다. 주제어실과 제2제어지역계통은 해당지역에 전용되고 이들 지역에 제공되는 어느 다른 공기조화기기도 주제어실 격실내에 위치하지 않는다.

주제어실에서 제2제어지역으로의 정상적인 접근루트는 7.5.2.3.2절에서 설명된다.

6.7.2.5 차폐설계

주제어실차폐는 모든 가능한 사고원으로부터 제어실 직원에의 방사능선량을 허용 한계치 이하로 줄이기 위하여 설계된다. 설계기준사고는 이중고장 사고 (즉 냉각재상실사고가 비상노심냉각상실사고와 동시에 일어나는 사고)로 선택된다. 주제어실 방사선 방호에 영향을 미치는 사고원들은 표 6.7-1에 주어진 다. 방사선원의 명칭, 위치, 방사선원, 에너지 및 붕괴시간의 함수로 나타낸 붕괴 특성 등은 참고문헌 12.4-2에 기술되어 있다. (12.4.2 절도 참조할것)

원자로건물로부터 터널지역으로의 방사능 누설은 제2제어지역에의 주된 방사능선이다. 그러나 터널로부터 제2제어지역으로의 관통부를 통해서는 심각한 누설은 없을 것으로 예상된다. 방사능준위는 주제어실준위보다 낮을 것이다.

제어실은 사고 후에도 상주가능성을 유지하여야 하며 상주자에 의하여 안전관련제어 및 감시기능이 확실히 수행되어질 수 있도록 하여야한다.

6.7.2.6 시험 및 검사

주제어실과 제2제어지역 공기조화계통들과 기기들은 공장시험 및 기기검증시험, 소내 운전전 시험, 계속되는 소내 정기 시험과 기술사양서에 따른

월성 2,3,4 호기 최종안전성분석보고서

대기여과기설비 시험으로 이루어진 프로그램내에서 시험된다.

기기는 공장검사를 하고, 적용가능한 기기사양서, 규격 (codes) 과 품질보증요건에 따라서 시험된다. 계통 덕트작업기기는 품질관리에 대해 여러 건설단계중에 검사된다. 모든 기기에 대해 건설시험을 수행하고 계통은 설계공기유량, 물유량 및 계통운전압력에 대해 균형을 맞춘다.

제어실의 공기조화 계통들은 다음의 조건을 유지해야 한다.

온도 : 20℃ (68°F) ~ 25℃ (77°F)

상대습도 : 35% ~ 60%

이러한 값들은 온도계로 점검할 수 있다. 정상운전시 주제어실의 공압은 약간 높게 유지된다. 이것은 주제어실 출입문을 열었을 때 실내 공기가 외부로 흐르는 것을 점검하여 확인한다. 냉각재상실사고시 외부의 신선한 공기는 공기여과기를 통하여 공급한다. 이 순간에는 제어실 압력이 3mm (1/8 inch) W.G. 보다 높아진다. 이것은 기압계로 측정할 수 있다.

현장 차압계측기가 모든 여과기에 다음과 같이 설치되어 있다.

여과기	차압 mm (in.) H ₂ O	
	청결할때	더러울때
전단여과기 7345-PFR-115	15 (0.6)	30 (1.2)
고성능 입자 여과기 7345-FR116	33 (1.3)	66 (2.6)
활성탄 여과기 7345-FR117	43 (1.7)	63 (2.48)
고성능 입자 여과기 7345-FR118	33 (1.3)	66 (2.6)
전단 여과기 7345-FR-100/101	15 (0.6)	30 (1.2)

상기 검사에 추가하여 다음의 누설시험을 수행할 수 있다.

월성 2,3,4 호기 최종안전성분석보고서

- 고효율 입자 여과기는 추적가스(DOP, PAO 등) 누설 시험을 통하여 99.97%의 연기를 제거해야 한다.
- 활성탄 여과기는 95%의 추적가스(R-11 등)를 제거해야 한다.

126

위에서 주어진 운전변수가 유지될 수 없을 때는 계통의 문제점을 찾아서 제작자의 지침에 따라 수리되어야 한다.

6.7.3 참고문헌

- 6.7-1 “HVAC Filtering for Radiation Protection in Main Control Room and Secondary Control Area Following Accidental Release of Radioactivity in the Outside Air”, Design Requirement Document, 86-73000-DR-001, Rev.1 (1993. January).

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

표 6.7-1

주제어실 방사선 방호에 영향을 미치는 냉각재상실사고원

1. 회수모드 운전중 비상노심냉각격실 배관.
2. 원자로건물환기계통 배출여과기, 도관, 연돌(stack) (만일 원자로 건물 환기계통 여과기가 사고후 24시간 사용된다면, 즉 여과된 방출이면).
3. 원자로건물로 방출된 공기중 방사능.
4. 주제어실 공기조화격실의 보충공기청정 유니트 여과기에 수집된 방사능.
5. 주제어실 내부의 냉각재상실사고 후 공기중 방사능원(여과된 보충 공기 유입)

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

6.8 핵분열생성물 제거 및 제어

원자로건물로부터 방사선택종의 방출은 핵연료(대부분의 방사선 핵종이 생성되는)와 외부의 대기간의 모든 방벽이 상실된 후 일어날 수 있다. 핵연료피복관으로 싸여져 있는 핵연료다발은 일차회로의 핵연료채널에 둘러싸여 있다. 증기발생기를 포함한 일차 회로로 구성된 전체 원자로는 원자로건물계통 내부에 포함되어 있다.

핵연료로부터 외부로의 방사선택종의 수송은 방사선택종의 형상이나 열수력학적 조건뿐 아니라 수송경로의 많은 지역에서 일어날 수 있는 화학반응의 다양성에 따라서도 변한다. 공기중 방사능인 방사선택종은 원자로건물을 포함한 방벽을 통하여 누출될 수 있는 만큼 이동가능하나 여러가지 자연적인 적용이나 공학적인 안전설계 특성 즉 붕괴, 흡수, 중력에 의한 침전, 여과기 및 분무기 등에 의한 현저한 방사능 감소를 수반한다.

물리적, 화학적 형상에 기초한 방사선택종의 거동에 대한 간단한 요약은 다음과 같다.

- 가. 불활성기체(예: 크립톤, 제논)는 현저한 방사능 감소를 보여주지 않으며 격납건물 외벽으로부터 방출된 (누설을 포함하여) 공기나 증기와 함께 방출된다.
- 나. 가용성방사능핵종 (예: 세시움요오드화물)은 액상으로 쉽게 전이되어 물속에 남아있다. 그것의 방출은 액상의 방출 또는 원자로건물로부터의 액체분무 (liquid aerosols) 의 누출에 따른다.
- 다. 부유 미립자(예: 부식생성물)는 가용성 방사능핵종과 유사하게 거동한다.
- 라. 유기요오드화물(예: 메틸요오드화물)은 원자로건물 수조나 원자로건물표면의 유막에 형성된다. 공기 상태로의 휘발성의 유기요오드화

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

물의 분할 및 그 거동은 원자로건물 여과기에 의하여 좀 더 용이하게 제거되는 점을 제외하면 불활성기체와 유사하다.

6.8.1 공학적 안전설비

원자로건물계통은 원자로건물내에서 방사능이 방출되는 사고시 방사능의 주변환경으로의 누출을 가능한 수준이하로 (정상및 비정상 운전) 제한하도록 설계된다. 이것은 원자로건물내부의 압력이 3.45kPa(d)를 초과하거나 방사능이 환기배기구 또는 중수증기회수계통 배기구에서 탐지되었을 때 원자로건물을 자동적으로 신속히 차단함으로써 가능해진다. 102

원자로건물계통은 다음의 세 그룹 즉 원자로건물계통 외벽, 에너지억제계통 및 대기제어계통으로 나눌 수 있다. 원자로건물 외벽은 원자로건물 (에폭시 피복이 있는 프리스트레스 콘크리트로 건설됨), 원자로건물 출입문, 원자로건물 격리계통, 확장부 및 기타 부속물 등을 포함한다. 에너지억제계통은 살수계통, 수소점화기, 원자로건물 공기냉각기등으로 구성된다. 대기제어계통은 환기계통, 대기분리 제어패널과 분출제어패널, 중수증기회수계통과 여과된 공기방출선택사항을 포함한다.

6.8.1.1 제어실 비상여과장치

이 계통은 주제어실 공기조화계통의 일부이며 냉각재상실사고에 따른 외부대기로의 방사능 방출로부터 직원들을 보호하기위하여 여과된 보충공기를 제어실계통으로 보내기 위하여 설계된다. 보충 공기를 위한 비상여과기 기능요건은 참고문헌 6.7-1(6.7절로 참조)에 주어진다.

보충공기 여과기는 요오드화물과 0.3 μ m 이상의 미립자의 방사능을 99%의 제거효율로 제거할 수 있도록 설계된다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

6.8.2 원자로건물 살수계통 핵분열생성물 제거

살수계통의 운전원리는 다음과 같다. 만일 냉각재계통에 파단이 일어나면 증기는 방출된 뜨거운 유체의 순간 기화에 의하여 생성되며 원자로건물을 가압시킨다. 이것은 살수계통을 작동시켜 분산된 살수로 증기를 응축시킴으로써 원자로건물내의 손상에 따른 압력상승을 최소화한다.

54

살수탱크는 촉매 하이드라진 (N_2H_4) 이 약 100 mg/kg (즉 100ppm)의 농도를 주도록 순수 탈염수로 채워져 있다. 살수분무는 원자로건물 상부의 살수저장탱크 아래 적절히 배열된 모관에 의해 분산된다. 살수계통은 원자로건물 대기의 요오드화물과 미립자 핵분열생성물의 재고량을 감소시킬 수 있다.

6.8.3 보조건물내의 비상노심냉각격실

비상노심냉각펌프와 펌프 입·출구밸브, 배수밸브등은 보조건물의 실내에 위치한 비상노심냉각 펌프격실 내에 위치한다. 비상노심냉각 열교환기 격실 는 두 개의 열교환기와 일차측 밸브를 포함한다. 이 계통은 냉각재 상실사고에 따른 핵분열 생성물의 누설 증기 또는 가스를 포함한다. 계통은 누설수집과 환기가 가능하도록 설치된다.

102

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

6.9 가동중 검사와 시험

6.9.1 가동중 검사

월성 3,4 호기를 위한 가동중검사 계획은 원자로를 정지시키거나 핵연료로부터 열을 제거하는데 필요하거나 사고 후 방사성물질들을 함유한 압력유지 기기들에 대해 가동전검사와 가동중검사를 기술한다. 가동중검사 계획은 압력유지 기기들에 대한 CSA 표준 N285.4, "Periodic Inspection of CANDU Nuclear Power Plant Components"와 원자로건물 기기들에 대한 CSA 표준 N285.5, "Periodic Inspection of CANDU Nuclear Power Plant Containment Components"에 따라 만들어 졌다.

189

압력유지 기기들에 대한 검사 계획은 고장크기와 결과, 첨두응력 (peak stress), 피로누적계수, 동일한 기기들의 수에 따라 선택된 검사 영역과 검사받을 기기들의 표본에 기초를 두었다.

6.9.1.1 검사대상 계통

CSA 표준 N285.4의 3.3.1절은 다음과 같이 기술한다.

189

“검사대상 계통은 다음이나 다음의 일부를 포함하여야 한다.

- 가. 정상상태시 핵연료로부터 직접 열을 전달하는 유체를 갖는 계통과 그 계통에 연결된 계통 그리고 손상으로 방사성 물질의 상당한 누출을 야기시키는 다른 계통 ;
- 나. 원자로를 안전 정지시키는데 필요한 계통 또는 공정계통 고장시에 핵연료를 안전냉각시키는데 필요한 계통; 그리고
- 다. 계통의 고장이나 움직임이 (가) 또는 (나) 또는 둘다 계통의 건전

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

성을 위험하게 하는 계통. 회전기기의 대형부품 (예를 들어 플라이 휘일)들이 포함된다.”

위 절에 따라, 월성 3,4호기 에서는 다음 계통들이 검사를 받는다. | 54

- 냉각재계통
- 냉각재 압력및 수위 제어계통
- 냉각재 중수저장, 이송 및 회수 계통
- 냉각재 축밀봉냉각계통
- 냉각재 정화계통
- 냉각재 정지냉각계통
- 냉각재 중수시료분석계통
- 핵연료교환 - 핵연료 장전수 공급계통
- 비상노심냉각계통
- 제 1 원자로 정지계통 (정지 유닛)
- 제 2 원자로 정지계통 (액체 독물질 주입)
- 증기 및 급수계통
- 검사받을 계통에 있는 기기와 배관 지지대와 행거들

월성 3,4호기에서는 손상 크기에 따라 (CSA 표준 N285.4의 7.1.2절) 검사범주들이 결정되었다. 이들 검사범주들은 적은 손상크기로 인해 다음 계통 일부에 대해서는 가동중검사가 필요하지 않음을 결정했다.

- 냉각재 압력 및 수위제어계통 - 액체방출밸브 배출관,
- 펌프, 밸브, 열교환기와 연결된 6” 이하 배관

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

- 냉각재 중수저장, 이송 및 회수계통
- 냉각재 축밀봉냉각계통
- 냉각재 정화계통
- 냉각재 정지냉각계통 - 밸브와 연결된 8" 이하배관
- 냉각재 중수시료분석계통
- 핵연료교환-핵연료장전수 공급계통

제 1 원자로 정지계통(SDS 1)은 칼란드리아 대기에 항상 열려있고, 이 계통의 운전은 압력경계에 어떤 압력증가를(이로 인한 응력) 일으키지 않는다. 그러므로 이 계통은 가동중검사에서 제외되었다.

제 2 원자로 정지계통(SDS 2)(액체 독물질 주입)은 AECB 규제 문서 R-8에 따라 정기시험을 받게 되었고, 가동중검사(참고문헌 6.9-3)에서는 제외되었다

189

증기발생기 2차측 동체는 증기 및 급수계통중 유일하게 검사받게 되는 기기이다.

증기발생기 지지대는 증기관이나 급수관 손상으로 인해 발생하는 기계적부하에 견디도록 설계되었다. 또한 급수나 증기관 파단이 증기발생과 튜브의 손상을 일으키지 않는다. 그러므로 증기 및 급수계통 배관 파단이 냉각재계통 (HTS) 의 건전성을 위태롭게 하지 않을 것이고 이로인해 이 계통배관은 검사에서 제외되었다.

그러므로 월성 3,4호기를 위한 가동중검사는 다음 계통에서 실행된다.

189

- 냉각재 압력경계, 가압기와 가스제거응축기에 연결된 계통의 일부를 포함한 냉각재계통

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

- 정지냉각계통 일부
- 비상노심냉각계통 일부

6.9.1.2 냉각재계통

냉각재계통 가동중검사에 대한 세부사항은 5.2.5절에 기술되었고, 압력유지 기기에 대한 가동중검사 계획은 86-03640-PIP-001 (참고문헌 6.9-3)에 기술되었다.

189

6.9.1.3 정지냉각계통

원자로 정지냉각계통의 다음 기기들은 가동중검사를 받는다.

189

- 펌프
- 정지냉각 열교환기
- 밸브 3341- MV17, MV18, V23, V24
- 배관 - 10 NPS와 12 NPS

이 계통의 가동중검사에 대한 세부사항은 86-03640-PIP-001 (참고문헌 6.9-3), 압력유지 기기의 가동중검사 계획에 기술되었다.

189

6.9.1.4 비상노심냉각계통

비상노심냉각계통의 가동중검사에 대한 세부사항은 6.3.5.8절과 86- 03640-PIP-001 (참고문헌 6.9-3)의 5.2.2절에 기술되었다.

6.9.1.5 원자로건물기기

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

원자로건물 압력억제기기를 포함하는 원자로건물 경계기기와 원자로건물 경계(즉, 원자로건물 경계의 확장부)를 관통하며 직경이 1 NPS 보다 큰 계통의 유체경계는 가동중검사를 받는다(참고문헌 6.9-2).

가동전검사, 검사방법, 절차 등을 포함한 가동중검사는 “Inspection of Containment Components”, 86-03640-PIP-002 (참고문헌 6.9-4) 가동중검사 계획에 기술되었다.

189

6.9.2 가동중 시험

원자로 계통의 사용전 성능시험은 설계요건에 대한 계통내 기기들이 설계요건대로 기능 및 운전을 보증하기 위하여 원자로 가동전의 시운전 중에 수행된다.

원자로 운전중에 16장에 명시된 계통의 검사 요건에 근거하여 계통의 성능, 기능성 및 운전성은 정기적으로 감시한다.

펌프 및 밸브를 포함한 계통 능동기기의 가동중 시험은 AECB 규제 문서에서 요구하는 안전계통과 확률론적 안전성 평가에 의하여 결정된 안전관련 계통에 대하여 수행된다.

6.9.2.1 가동중 시험 요건

핵 원자로계통의 펌프 및 밸브를 포함한 기계적으로 작동하는 기기에 대한 가동전 및 가동중 시험은 그것들의 운전 준비성을 평가하기 위하여 수행된다. 원자로를 상온 정지 조건으로 정지시키거나 이 상태로 유지시키거나 또는 사고결과를 완화하는데 특별한 기능을 수행하도록 요구되는 계통 및 계통의 일부를 위한 펌프, 밸브 및 압력 방출 장치는 가동중 시험 프로그램에 따라 주기적인 시험이 요구된다. 사고결과를 완화시키는 안전기능을 수행하도록 설계된 보호계통

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

은 발전소가 임계에 도달하기전에 시험되며 AECB규제문서 R-8, R-9, R-7에 따라서 운전중에 주기적인 시험이 요구된다.

원자로 정지계통

AECB 규제문서 R-8에 따라서 원자로 정지계통의 설계요건이 충족되었는지를 증명하도록 시운전 시험이 요구된다. 원자로가 비임계상태에 있을 때 가능한 이 시험들은 원자로가 처음으로 임계에 도달하기전에 원자로가 승인된 보증정지상태에서 수행되어야 한다.

원자로 정지계통의 성능을 증명하기위한 실제 동작시험은 적어도 매 2주기 계획예방정비시마다 한번씩 수행되어야 한다. 원자로 정지계통의 기기는 10^{-3} 미만의 계통 비실패도 요건에 맞는가를 증명하기에 적절한 주기로 감시되고 시험되어야 한다.

54

비상노심냉각계통

AECB 규제문서 R-9에 따라 처음으로 원자로가 임계에 도달하기 전에 비상노심냉각계통 기기의 시험은 모든 설계요건이 충족되는지를 증명하기 위하여 수행된다. 이 요건의 예외는 운전특성이 사고시가 아닌경우에는 증명하기가 비현실적이거나 시험이 안전성에 해로운 영향을 미치는 것을 규제기관에 보여줄 수 있을때에만 허용된다. 정상 운전중의 모든 비상노심냉각계통 기기는 계통 이용도 요건에 맞는 것을 증명하는데 적절한 주기로 감시되고 시험된다.

121

원자로건물계통 기기, 관통부, 차단장치

AECB 규제문서 R-7에 따라서 원자로가 처음으로 임계에 도달하기전에 격납건물 계통의 누설율 측정치가 시험 허용 누설율보다 크지 않은것을 보이기 위하여 누설율 측정이 요구된다. 누설율 측정은 원자로건물계통의 각 부분에 대하여 정압까지의(정압을 포함한) 압력에서 이루어진다. 시험은 그 당시 누설

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

월이 사고후 초과되지 않는 것을 증명하기 위하여 사고이후 기능을 하는 기기중 가장 대표적인 기기에 대해 수행된다. 관통부, 차단장치, 원자로건물 출입구는 기준누설측정이 앞으로의 가동중 누설시험에 비교되어야 하는 관통부에 대하여 시험된다.

원자로건물계통 기기의 시험은 모든 설계요건이 충족되는지를 보여 주기위해 임계전에 수행된다. 이 요건의 예외는 운전특성이 사고시가 아닌경우에는 증명하기가 비현실적이거나 시험이 안전성에 해로운 영향을 미치는 것을 규제 기관에 보여줄 수 있을때에만 허용된다.

정상운전중 가동중 누설을 시험은 다음의 두가지 방법중의 하나에 따라 수행된다.

- 가. 누설을 시험은 측정된 누설율이 최대 허용 누설율 보다 크지 않음을 증명하기 위하여 적어도 매 3년마다 한번 전 정압하에서 수행되어야 한다. 측정 누설율이 시험 허용 누설율을 초과하면 시험 주기는 2년에 한번으로 증가한다. 또는
- 나. 누설을 시험은 누설율이 최대 허용 누설율 보다 크지 않음을 증명하기 위하여 2년에 한번 이상 수행되어야 한다. 그 시험은 감소된 압력하에서 또는 부압하에서 수행될 수도 있다. 그러나 전 설계압력으로 외삽(extrapolation)추정하였을때 시험결과가 시험 허용 누설율을 초과하는 누설을 보여주면 최대허용누설율을 초과하지 않은 것을 보이기 위하여 전 정설계압력하에서의 누설율시험이 수행되어야 한다. 전 설계압력하에서의 누설시험은 어떠한 경우든지 적어도 6년에 한번은 수행되어야 한다.

위의 가와 나의 요건은 AECB규제문서 R-7에 기술된 것이다. 그러나 월성 2,3,4호기의 가동중 누설율시험은 원자력안전기술원 (KINS)의 승인으

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

로 매 5년마다 수행되어야 한다.

위의 일상의 계획된 누설을 시험에 추가하여 전 설계압력하에서의 누설을 시험은 압력 입증 시험과 함께 수행되어야 한다.

현실적인 최대한도까지 원자로건물 기기가 최소 허용 성능 기준을 만족시키는가를 증명하는 시험은 6년에 한번이상 수행되어야 한다. 보다 상세한 내용은 6.2절을 참조하십시오.

관통부, 원자로건물 출입구 및 차단장치의 가동중 시험 프로그램은 시험본질, 시험주수 및 누설허용기준을 상세히 기술하여야 한다.

모든 원자로건물 기기들은 10^{-3} 보다 적은 이용불능도 요건에 맞는가를 증명하기에 적절한 주기로 감시되거나 시험된다.

6.9.2.2 가동중 시험 프로그램

위의 요건에 근거하여 CANDU 6 가동중 시험 프로그램은 다음사항을 고려하여 만들어 진다.

- ASME OM Code-1990에 따라서 펌프와 구동기가 하나의 완전한 유니트를 형성하거나 펌프 베어링이 구동기내에 있는 경우 외에는 펌프 구동기는 제외된다.

- ASME OM Code-1990에 따라서 다음의 밸브는 제외된다. 운전의 편리를 위한 배기밸브, 배수밸브, 계측밸브 및 시험밸브: 계통 조절에 이용되는 압력 조절 밸브; 보수에 사용되는 밸브

- 계통의 신뢰도 요건을 만족하는 주기로 발전소 운전중에 운전되는 펌프 및 밸브는 다시 시험할 필요 없다.

- 신뢰도 요건에 근거하여 감속재 상충기체 압축기, 주 감속재 펌

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

프, 종단차폐 냉각재 펌프의 교체운전 (운전주기) 은 계획예방정비시에 실시한다. 감속재 상충기체 압축기, 주 감속재 펌프, 종단차폐 냉각계통 펌프의 대기논리회로 역시 계획예방정비기간 동안에 시험한다. 재순환냉각수 펌프 및 해수 펌프의 교체운전 (운전주기) 은 계획예방정비기간동안에 실시한다.

◦ 모든 수동밸브는 86-03600-SAB-001, 부록 C, 3.4.2절에 기술된 “점검계획 (surveillance program)” 에 나열되어 있다. 이 프로그램하에서 수동밸브는 빈번한 현장 육안검사에 의하여 열림/닫힘 상태가 확인된다. 그러한 많은 밸브들은 계통 유동 시험간격사이의 주기로 정규 발전소 순회시 신속히 검사된다.

◦ 공기구동 밸브를 포함한 전기구동 밸브에 신호를 주는 제어회로는 제외된다.

6.9.2.3 시험 대상 계통

6.9.2.3.1 냉각재계통과 보조계통

발전소 운전중에 냉각재펌프들은 연속적으로 운전되며 그들의 성능은 정기적으로 감시된다. 따라서, 이들 펌프들에 대한 주기적인 시험은 요구되지 않는다.

다른기기들에 대한 주기적인 시험은 그들의 시험주기와 함께 표 6.9-1에 보여진다.

압력 및 수위제어계통내 두개의 중수 충수펌프가 있다. 계획예방정비기간 동안에 교체운전 (운전주기) 을 한다.

액체 방출밸브 3332-PV3, 4, 12, 13 및 가압기 방출밸브 3332-PV47, 48들은 발전소가 정지되고 냉각재계통이 감압되었을때 시험한다.

루프 차단 신호 혹은 시험 신호를 받을시 요구되는 시간내에

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

개정 7

1998. 11. 10

운영기술지침서에 보여진 냉각재계통 루프 상호연결 밸브들이 잠기는 것을 보여주어 최소한 매달 이들 밸브들이 작동가능하다는 것이 증명된다.

정지 냉각 계통

완전한 정지냉각계통은 계획예방정비기간동안에 시험된다. 정지냉각펌프와 온도 조절밸브 63341-TCV11과 TCV12는 순환모드에서 3개월마다 시험된다.

중수 회수 계통

중수 회수 펌프 및 관련 출구밸브를 포함한 중수회수계통은 계획예방정비기간 동안에 시험된다.

회수펌프들은 계획예방정비기간동안에 시험된다. 밸브들 3333-PV1 및 3333-V26을 열어 배관 3333-13과 21를 통해 저장 탱크로 부터 중수 회수 탱크로 중수를 흐르게 한다. 체크 밸브 3333-V12 및 V17의 하류로부터 배관 3333-21 및 3333-13의 연결부까지 배관 3333-13 및 17를 우선 채운다.

회수탱크의 수위가 저 수위 표시점에 도달할때 밸브 3333-PV1은 닫힌다. 이때 회수펌프의 입·출구배관은 전체적으로 충수될 것이다.

회수펌프의 수동작동은 회수펌프를 제어하는 핸드 스위치를 수동 'ON' 위치로 설정함에 의해 점검된다. 두 펌프가 작동되고 연속적으로 운전되어야 한다.

6.9.2.3.2 비상노심냉각계통

비상노심냉각계통은 정상원자로 운전중에는 작동 되지 않는다. 정상원자로 운전중에 시험되는 계통기기들과 그들의 시험주기들은 표 6.9-2에서

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

보여준다.

6.9.2.3.3 비상급수계통

비상급수공급(EWS)계통은 정상열제거원에 대한 보조계통이며 이 계통이 가동되기 전에 30분은 정상적으로 이용가능하다. 비상급수계통 기기 시험 주기는 표 6.9-3에서 보여준다. 그 기기들은 다음과 같이 시험된다.

펌프 3461-P1, P2와 P3 및 관련 밸브들

비상급수공급 펌프들은 적어도 매달에 한번은 시험되어야 한다. 이 시험은 비상전원공급 디젤발전기에 적합한 부하를 제공하기 위하여 비상노심 냉각 펌프의 시험 가동과 함께 수행되어야 한다.

비상급수공급 펌프들은 펌프시험배관 10W-40을 통해 저수조내 급수를 펌핑(pumping)하여 시험한다. 밸브V45는 열리고 펌프 성능은 유량과 압력에 의해 나타내어 진다. 다른 유량에서의 시험은 펌프시험 배관 끝에 있는 시험밸브 V45를 조절함에 따라 수행되어 진다. 이때 체크밸브 V44와 수동밸브 V46 또한 시험된다.

비상급수공급펌프가 시험될 때 비상노심냉각 열교환기 냉각을 위한 기기냉각수계통에 연결된 비상급수공급 밸브들은 열릴수 있다. MV13 혹은 MV110 을 통해 비상노심냉각 열교환기로 펌핑되어 MV47 혹은 MV114를 통해 귀환되는 급수로 열교환기 배관내에 있는 유량측정기에 의해 체크밸브 V14 혹은 V113이 열려있음을 나타내 준다. 이 시험에 사용되는 비상노심냉각열교환기는 기기 냉각수가 배수되는 것을 피하기 위하여 잠시 기기 냉각수계통과 차단되어야 한다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

밸브들 3461-PV7, PV41, V49, V50, V51 및 V52를 통한 유량 시험

밸브들을 통한 유량시험은 계획예방정비기간 동안에 실시한다. 배기 밸브 7314-PV75는 정상시 열려 있으며 배관 6W-2는 정상시 탈염수로 채워져 있다. 3461-PV41를 열어 밸브들 3461-V44, PV7 및 PV41사이에 모여있는 공기는 배기밸브 7314-PV75를 통해 배기된다. 살수탱크에서 밸브 3461-PV7과 3461-PV41을 통해 증기발생기로 탈염수를 통과시켜 3461-PV7, PV41 그리고 체크밸브 3461-V49 에서 V52를 시험한다. 증기 발생기로의 전체유량을 엘보우탭 유량계로 측정하고 각 증기발생기의 유량은 증기발생기내 수위증가로 나타난다.

체크 밸브 3461-V49, V50, V51, V52 의 시트(seat)에 잘 막도록 하고 증기 발생기 이차측으로부터의 심한 누수가 없음을 보장하기 위하여 체크 밸브들의 연간 유량 시험후 다음의 절차를 따른다.

가. 밸브 [REDACTED] 과 [REDACTED] 가 열려 있음을 확인한다.

나. 증기발생기를 가압한다.

다. 배관 [REDACTED] 에 어떤 누수가 있다면 누수는 증기발생기 압력이 [REDACTED] 에 도달할 때 까지 감시한다.

라. 누수가 없거나 혹은 무시할만한 누수가 존재한다면 밸브

[REDACTED] 를 잠그고 계속해서 증기발생기를 가압한다. 만약 누수가 과도하게 크다면 증기발생기를 감압한후 누수 밸브를 수리한다.

마. 밸브 [REDACTED] 는 열린 상태로 유지되어야 한다.

밸브 3461-PV7, PV41의 행정 (stroke) 시험

밸브 3461-PV7,PV41의 행정시험 (stroke) 과 체크밸브 3461-V49, V50, V51, V52의 누설(blowby) 시험은 매달마다 실시한다.

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

밸브 3461-PV7 (비상급수공급 저/고압경계면에 있는)는 비상급수 공급에 중요한 밸브이다. 만약 이 밸브가 고장시 닫히면 증기발생기로의 비상급수공급은 불가능하게 되므로 3461-PV7은 매달마다 행정 시험을 한다. 그렇지만 PV7의 증기발생기쪽 압력이 너무 크다면, 밸브는 작동 되지 않을 수도 있다. 만약 이 밸브가 고압에 대응해 작동 된다면 PV7의 상류 저압배관은 파손될 수 있다. 이러한 고압조건은 체크 밸브들 3461-V49, V50, V51, V52들 중 하나 혹은 그 이상의 누설(blowby)에 의해서만 야기될 수 있다. PV7이 행정 시험될 수 있기 전에 운전원은 증기발생기쪽의 압력이 충분히 낮다는 것을 PV7의 증기발생기쪽에 있는 압력지시계를 점검하여 확인해야 한다. 만약 압력이 PV7이 작동하기에 너무 높으면 압력은 PV7의 배수밸브를 통해 우선적으로 배기되어야 한다. 따라서 PV7의 행정시험과 3461-V49로부터 V52에 대한 누설(blowby) 시험은 함께 수행된다.

6.9.2.3.4 제 2 정지계통

독물질주입정지계통은 16.3/4.1.1절에 기술된 제한 조건에 따른다. 최소한 6개의 제 2 원자로 정지계통 독물질 탱크중 5개, 헬륨 공급 탱크와 헬륨공급탱크로부터 액체독물질 탱크로의 고압헬륨 주입을 위한 모두 3개의 유로들이 작동 가능해야 한다.

만약 5개 독물질 탱크가 작동 불가능하거나 혹은 헬륨 공급 탱크가 작동 불가능하다면 원자로는 30분이내에 정지되어야 한다. 만약 헬륨 주입 밸브가 결함이 있는 것으로 알려지고 밸브의 열림이 보증될 수 있다면 정상운전은 일주일의 넘지 않는 기간동안 계속 될 수 있다. 만약 헬륨 주입밸브가 결함이 있는 것으로 알려지고 열림이 보증될 수 없다면 그랜 다른 두개의 평행 유로에 공통된 채널과 관련된 두개 헬륨 밸브의 열림이 보증되어야 하며 정상운전은 이상태의

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

밸브들을 갖고 일주일 이 넘지 않는 기간동안 계속될 수 있다.

제 2 정지계통의 운전 가능성은 다음의 정규 시험을 근거로 증명될 수 있다.

다음 사항들을 확인함으로써 각 독물질 탱크의 운전 가능성을 입증할 수 있다.

- 독물질 탱크는 적어도 8시간 마다 한번씩 2.0m 이상 정상 운전 수위까지 채워져 있는지 확인한다.
- 적어도 1주일에 한번씩 가돌리늄 농도가 8,000 mg Gd/kg D₂O 이상인지 확인하며, 제한값(6,000 mg Gd/kg D₂O)이하일 경우에는 8,000 mg Gd/kg D₂O 로 농도를 증가시킨다.
- 헬륨 입구 차단밸브와 독물질 출구 차단밸브는 적어도 8시간 마다 한번씩 열려 있는지 확인한다.

헬륨 공급탱크는 탱크내에 헬륨 압력이 적어도 8시간마다 한번씩 7.88 MPa(g) (1143 psig) 보다 크게 유지되는 것을 확인함으로써 운전 가능해야 한다.

각 헬륨 주입 밸브 3471-PV1G, PV1H, PV1J, PV2G, PV2H, PV2J의 작동가능성은 한 유로에 두개의 헬륨 주입 밸브가 닫힌 것으로 지시되고 두개의 닫힌 밸브가 작동가능하며 불시정지의 시작에서 밸브가 완전히 열리는 시간으로 결정되는 밸브의 개폐시간(opening time)이 160ms보다 작다는 것을 보여줌으로써 결정되어야 한다. 헬륨 주입 밸브들의 시험주기는 적어도 일년에 한번씩이다.

상세한 시험은 7.2.2.2.5절에 기술되어 있다.

6.9.2.3.5 원자로건물계통 기기

원자로건물 격리계통 밸브는 사고발생 후 격납용기를 관통하는

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

공정계통으로 부터 방사능 누출이 없도록 보증한다. 원자로건물 격리 밸브는 사고발생 후 안전해석에 의해 결정된 제한시간 내에 자동적으로 닫힌다. 각 밸브는 또한 주제어실과 제 2 제어지역에서 수동으로 작동 될 수 있다.

발전소 운전 기간중 원자로건물 격리 밸브의 점검은 정기 시험 프로그램에 따라 이루어진다. 이 시험은 누설 정도를 측정함으로써 이루어지는데 두가지 시험이 관련된다.

가. 누설 시험 : 이 시험은 압력을 원자로건물 격리 밸브 사이의 배관에 가한 다음 시간에 따른 압력변화를 측정함으로써 이루어 진다. 이 시험은 운전중에 수행될 수 있는데 그 이유는 시험이 일반적으로 기체계통 배관에 대해 적용하며 짧은 기간동안 시험으로 인해 중단되는 것이 발전소 운전에 심각한 영향을 미치지 않기 때문이다. 가압된 상태에서 계속적으로 경수/중수를 운반하는 밸브에 대해 계통압력이 원자로건물 사고압력보다 훨씬 높다면 시험이 요구되지 않는다.

나. 원자로건물 격리 밸브는 운전원의 주제어반 핸드스위치 조작에 의한 완전 잠김의 작동도 점검한다. 이 시험은 시트밀봉의 불완전한 잠김에 의한 누설을 측정한다. 이 시험은 매달에 한번씩 수행한다. 원자로건물 차단 배관과 관련 원자로건물 차단밸브는 표 7.2.4-1에 서와 같이 정기검사에 속한다.

살수계통

살수밸브 3431-PV1, PV2, PV3, PV4, PV5, PV6, PV7, PV8, PV9, PV10, PV11, PV12는 매월 시험한다. 이 시험은 시험회로에 의해 자동으로 진행

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

된다. 전체 12개 밸브가 각각 한번의 열림과 닫힘 (one full cycle) 으로 작동한다. 시험중 밸브열림은 밸브 달려있는 리미트 스위치로 확인한다.

살수 배관의 살수율특성은 시험중 점검되어야 하는데 그 이유는 충수되는 과도 시간 (fill-up transient time) 에 영향을 주기 때문이다. 살수율특성은 밸브개방시간이 약 2.25초 (전체 응답시간은 압력감지, 논리 및 밸브 작동시간을 포함하여 4.75 초이다.) 로 유지된다면 변하지 않는다. 이 개방시간은 리미트 스위치의 시간을 조절함으로써 결정된다. 비정상적인 짧은 개방시간은 밸브축과 디스크 사이의 연결이 끊어짐에 따른 밸브파손의 경고이다.

시험기간중 아래와 같은 사항이 요구된다:

1. 총 12개의 밸브들은 각 한 사이클마다 작동되어야 한다.
2. 시험신호는 원자로 건물 압력 감지선에 적용되어 해당 계통기기의 작동이 증명 될 수 있어야 한다.
3. 살수 밸브를 완전히 개방하는데 소요된 시간은 반드시 기록되어야 한다.
4. 살수 밸브를 완전히 닫히는데 소요된 시간은 반드시 기록되어야 한다.
5. 원자로 건물의 오동작 살수를 방지하기 위해서 오직 하나의 밸브 (하강관 당) 만 시험기간중 개방되어야 한다.
6. 살수계통은 시험기간중 작동가능 해야한다. 원자로 건물의 고 압력은 시험되는 밸브를 포함하여 모든 밸브를 작동시킬 것이다.

6.9.2.3.6 압력방출장치의 가동중 시험

정기성능시험과 과압보호를 위해 요구된 압력방출장치의 검사는 ASME OM-1994, Appendix 1의 요구사항에 따라 수행된다. 모든 등급1 압력 | 54

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

방출 밸브들은 5년이내에 시험되어야 한다. 등급 2,3의 모든 밸브들은 10년이내에 시험되어야 한다. 시험 기간동안의 밸브설정 압력은 설계된 설정 압력보다 3%이상을 초과해서는 안된다. 설정압력 측정의 정확성은 ASME OM-1994, Appendix 1의 요구사항에 근거를 두어야 한다. | 54

6.9.3 참고문헌

- 6.9-1 CSA Standard N285.4, "Periodic Inspection of CANDU Nuclear Power Plant Components".
- 6.9-2 CSA Standard N285.5, "Periodic Inspection of CANDU Nuclear Power Plant Containment Components".
- 6.9-3 "Periodic Inspection Program for Pressure Retaining Components", 86-03640-PIP-001.
- 6.9-4 Periodic Inspection Program, "Inspection of Containment Components", 86-03640-PIP-002.
- 6.9-5 Atomic Energy Control Board (AECB) Regulatory Document R-7, "Requirements for Containment Systems for CANDU Nuclear Power Plants".
- 6.9-6 Atomic Energy Control Board (AECB) Regulatory Document R-8, Requirements for Shutdown Systems for CANDU Nuclear Power Plants".
- 6.9-7 Atomic Energy Control Board (AECB) Regulatory Document R-9, "Requirements for Emergency Core Cooling Systems for CANDU Nuclear Power Plants".
- 6.9-8 Analysis Report, "Containment Reliability Analysis", 86-03600

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

-AR-029.

6.9-9 PSA Methodology, 86-03600-SAB-001.

6.9-10 ASME OM Code 1990, "Operation and Maintenance of Nuclear Power Plants".



월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

개정 7

1998. 11. 10

표 6.9-1

냉각재계통 및 보조설비

7

기	기	명	시험주기
3331-P1, P2	중수	중수 펌프	계획예방정비시
3332-PV3, PV4, PV12 PV13	액체	방출 밸브	계획예방정비시
3332-PV47, PV48	가압기	방출 밸브	계획예방정비시
3335-MV1, MV2, MV3, MV4	냉각재유로	격리밸브	31일
3331-MV13, MV22	"	"	31일
3332-MV1, MV2	"	"	31일
3333-P2, P3	중수	회수 펌프	계획예방정비시
3333-V12	중수회수펌프	출구배관 체크밸브	계획예방정비시
3333-V17	"	"	계획예방정비시
3333-V30	중수회수계통	출구배관 체크밸브	계획예방정비시
3333-PV1	중수회수펌프	출구밸브	계획예방정비시
3341-MV1,MV2, MV5, MV6, MV9, MV10, MV15, MV16	정지냉각계통	상호 연결밸브	계획예방정비시
3341-P1, P2	정지냉각계통	펌프	3개월
3341-MV17, MV18	정지냉각계통	우회밸브	계획예방정비시
63341-TCV11, TCV12	정지냉각계통	온도조절 밸브	3 개월

7

7

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

개정 3

1997. 12

표 6.9-2

비상노심냉각계통

내	용	시험주기
비상노심냉각 계통 등급 III 펌프가동		31일
비상노심냉각 열교환기로 비상급수공급 냉각시험		계획예방정비시
전환 스위치 점검 및 비상전원을 이용한 비상노심냉각계통 펌프가동(우수)		2주일
전환 스위치 점검 및 비상전원을 이용한 비상노심냉각계통 펌프가동(기수)		2주일
고압 비상노심냉각계통 전 개스압력하에서 수동 주입시험		계획예방정비시
냉각재계통 상호연결 밸브 - 홀수와 짝수 논리 시험		31일
냉각재계통 격리 논리와 밸브의 기능 시험		31일
홀수 개시 논리를 경유한 격리와 주입밸브의 행정시험		31일
짝수 개시 논리를 경유한 격리와 주입밸브의 행정시험		31일
주증기 안전밸브의 행정시험		계획예방정비시
3432-MV 134/135/136/151 행정시험		31일
2차제어지역으로 부터의 3432-MV75 행정시험		31일
비상전원계통의 전원을 이용한 비상노심냉각계통의 전동기 구동 밸브의 작동		계획예방정비시
3432-PV1/PV2의 행정시험		31일
3432-PV10/11, 3432-PV162, 163의 행정시험		31일
3432-PV82/PV84, PV81/PV83 행정시험		31일
3432-PV33, PV34, PV47, PV48에 대한 행정시험		계획예방정비시
시험가능한 체크 밸브 3432-V139, 3432-V153		2주일

3

3

월성 3,4 호기 최종안전성분석보고서

표 6.9-3

비상급수계통 시험기간

기 기	시험주기	내 용
3461-MV13, MV47, MV110, MV114	31일	행정시험
3461-MV13, MV47, MV110, MV114	계획예방정비시	유량시험
3461-P1, P2, P3	31일	유량시험
3461-PV7, PV41	31일	행정시험
3461-V44, V46	31일	개 방
3461-V45	31일	비상급수 공급 펌프 시험의 일부
3461-V49, V50, V51, V52	31일	누설시험(blow-by)
3461-V49, V50, V51, V52	계획예방정비시	개 방