

제 8 장

전력계통



월성 1호기 최종안전성분석보고서

목 차

	<u>페이지</u>
8 전력계통	8.1-1
8.1 서론	8.1-1
8.1.1 개요	8.1-1
8.1.2 일반설계기준	8.1-3
8.2 소외전력계통	8.2-1
8.2.1 일반사항	8.2-1
8.2.1.1 송전계통	8.2-1
8.2.1.2 옥외개폐소	8.2-2
8.2.1.3 옥외개폐소 차단기 제어 및 지시	8.2-3
8.2.1.4 일반설계기준	8.2-3
8.2.2 분석	8.2-3
8.3 소내전력계통	8.3-1
8.3.1 일반사항	8.3-1
8.3.1.1 전력계통 등급	8.3-1
8.3.1.2 다중계통	8.3-2
8.3.1.2.1 2중계통	8.3-3
8.3.1.2.2 3중계통	8.3-3
8.3.1.3 주출력 개념	8.3-4
8.3.2 소내배전계통	8.3-7

월성 1호기 최종안전성분석보고서

목 차

		<u>페이지</u>
8.3.2.1	13.8 kV와 4.16 kV 배전계통	8.3-7
8.3.2.1.1	13.8 kV 고압차단기반	8.3-8
8.3.2.1.2	4.16 kV 고압차단기반	8.3-8
8.3.2.2	부하배분	8.3-9
8.3.2.3	예비 교류전력계통(등급 3 전원)	8.3-9
8.3.2.3.1	예비교류 발전	8.3-11
8.3.2.3.2	부하접속	8.3-11
8.3.2.3.3	연동	8.3-12
8.3.2.3.4	트립 및 경보회로	8.3-13
8.3.2.3.5	트립장치	8.3-15
8.3.2.3.6	부하접속기 및 발전기 시험	8.3-16
8.3.2.3.7	운전	8.3-17
8.3.2.3.8	연료유 저장 및 이송계통	8.3-18
8.3.2.3.9	냉각수계통	8.3-19
8.3.2.3.10	시동계통	8.3-19
8.3.2.3.11	윤활계통	8.3-19
8.3.2.3.12	흡기 및 배기계통	8.3-19
8.3.2.4	전원절체	8.3-19
8.3.2.5	480 V 배전계통	8.3-20
8.3.2.5.1	480 V 저압차단기반	8.3-20
8.3.2.5.2	480 V 전동기 제어반	8.3-22
8.3.2.6	무정전 전원공급장치(UPS)	8.3-23

월성 1호기 최종안전성분석보고서

목 차

	<u>페이지</u>
8.3.2.6.1	등급 2 교류 전원공급 8.3-24
8.3.2.6.1.1	480 V, 3상, 60 Hz 계통 8.3-25
8.3.2.6.1.2	120 V, 단상, 60 Hz 계통 8.3-26
8.3.2.6.2	등급 1 직류전원계통 8.3-26
8.3.2.6.3	유지보수와 시험 8.3-28
8.3.3	전기 설계기준서 8.3-28
8.3.3.1	전기기기의 배치 8.3-28
8.3.3.2	회전기 용량 산정 8.3-29
8.3.3.3	전기회로 보호 8.3-29
8.3.3.3.1	대용량 변압기 8.3-29
8.3.3.3.2	고압 변압기 8.3-29
8.3.3.3.3	전력공급 배전선 8.3-29
8.3.3.3.4	회전기기 8.3-30
8.3.3.4	전선로 분리 8.3-30
8.3.3.5	식별번호 8.3-30
8.3.3.6	전력 및 제어/계측 케이블 8.3-30
8.3.4	보조전력계통 8.3-33
8.3.4.1	접지설비 8.3-33
8.3.4.2	전력계통의 접지 8.3-33
8.3.5	비상전원계통 8.3-33
8.3.5.1	설계요건 8.3-34
8.3.5.2	운전요건 8.3-35

목 차

		<u>페이지</u>
8.3.5.3	설계설명	8.3-35
8.3.5.3.1	설계용량	8.3-37
8.3.5.3.2	연동 및 보호	8.3-37
8.3.5.4	내진검증	8.3-37
8.3.5.5	신뢰도 해석	8.3-37
8.3.5.6	시험요건	8.3-38
8.3.5.6.1	디젤발전기와 분배계통의 시험	8.3-38
8.3.5.6.2	EPS 디젤발전기 집합체의 시동을 위한 연속전지의 검사와 시험	8.3-38
8.3.6	케이블	8.3-40
8.3.6.1	케이블 설계	8.3-40
8.3.6.2	케이블 및 화재보호	8.3-41
8.3.7	비상용 이동형 발전차량 설비	8.3-41
8.3.7.1	배경	8.3-41
8.3.7.2	설계기준	8.3-41
8.3.7.3	장기 소내정전사고(SBO) 대처분석	8.3-41a 222
8.3.7.3.1	대처시간	8.3-41a
8.3.7.3.2	대처능력	8.3-41a
8.3.7.4	주기시험	8.3-41b
8.3.8	필수정보제공계통 전원 설비 보강	8.3-41c
8.3.8.1	배경	8.3-41c
8.3.8.2	목적	8.3-41c
8.3.8.3	전원공급 및 보관위치	8.3-41c 253
8.3.8.3.1	전원공급	8.3-41c
8.3.8.3.2	보관위치	8.3-41c
8.3.8.4	주기시험	8.3-41d
8.4	참고문헌	8.4-1

월성 1호기 최종안전성분석보고서

그림 목차

페이지

그림 8.1-1	월성 1호기 소내 전력계통 단선도	8.1-5
그림 8.2-1	월성 원자력발전소 송전선로도	8.2-6
그림 8.2-2	월성 원자력발전소 옥외개폐소 단선도	8.2-7
그림 8.3-1	월성 1호기 비상전력 공급선도	8.3-42

표 목차

표 8.3-1	등급 3 전원 부하접속 순서	8.3-43
---------	-----------------	--------



월성 1호기 최종안전성분석보고서

8장 전력계통

8.1 서론

8.1.1 개요

월성 1호기는 345kV 옥외개폐소를 통하여 송전계통에 연결된다.

월성 1호기의 소내전력계통 단선도가 그림 8.1-1에 나타나 있다.

정상운전시, 발전소가동을 위해 필요한 소내설비에 대한 전력 공급은 345 kV에 연결된 기동용 변압기(System Service Transformer)와 터빈발전기에 의해 공급되는 소내용 변압기(Unit Service Transformer)에 의하여 이루어진다. 그러나 어느 변압기든지 한 계통에 고장이 발생할 경우, 다른 한 변압기가 발전소 전체부하에 충분히 전력을 공급할 수 있다.

발전소 기동(start up)시, 소내설비에 필요한 전력은 기동용 변압기가 단독으로 공급한다.

원자로 안전자동정지나 비상시에 신뢰도 높게 전력을 계속 공급할 수 있도록 13.8 kV 자동절체 설비가 되어 있다.

예비 디젤발전기와 소내축전지(Battery)가 또한 설비되어 있다.

기동용변압기와 소내용 변압기의 제원은 아래와 같다.

기동용변압기

상수 : 삼상용

정격 : 59.4/79.2 MVA, ONAN/ONAF, 55 ℃

전압 : 1차측 : 345 kV (Star)

2차측 : 13.8 kV (Star)

월성 1호기 최종안전성분석보고서

개정번호 148

2010. 02. 08

상결선 : YNyn0(d1)

탭 : 1차측, 부하 탭 절환기, +5%, -15%

임피던스 : 15.4 % (59.4 MVA 기준)

내전압 : 고압 : 1050 kV

저압 : 110 kV

고압 중성점 : 450 kV

2차측 접지저항 : 8 옴(Ohms)

소내용 변압기

상수 : 삼상용

정격 : 59.4/79.2 MVA, ONAN/ONAF, 65℃

전압 : 1차측 : 26 kV 델타 (Delta)

2차측 : 13.8 kV, 스타 (Star)

상결선 : Dyn11

탭 : 1차측, 부하 탭 절환기, ± 10 %

임피던스 : 14.8 % (59.4 MVA 기준)

내전압 : 1차 부상/권선 : 150 kV

2차 부상/권선 : 110 kV

2차 중성점 부상 : 95 kV

2차측 접지저항 : 8 옴(Ohm)

148

월성 1호기의 소내전력계통에 대한 상세사항은 8.3에 기술한
다.

8.1.2 일반 설계 기준

발전소의 전력계통은 원자력발전소에서 특히 요구되는 높은 신뢰도를 만족하기 위하여 모선 배열의 조정 및 설비의 중첩성 등, 일부를 수정하였을 뿐 기본적으로 기존 대용량 화력발전소의 구성과 같다. 이 결과 선택할 수 있는 더 많은 전력모선 배치와 예비전원이 설치되었다.

8.4절에 기술되어 있는 IEEE(미국전기전자기술자협회) 규격은 PWR 요구사항의 기준이 되고 있으나, PHWR에서는 전력계통 설계의 일반적인 지침으로서만 사용되고, 월성 1호기 전기기기는 영국의 GEC사에 의해 CSA(캐나다 표준협회) 및 NEMA 요건에 따라 설계되었다. 또한 교체되는 전기기기의 설계는 전력산업기술기준(KEPIC)을 적용할수 있다.

141

전기기기의 기술사양서에는 해당 규격의 요건들이 기술되어 있다.

공업규격 이외에, 발전소 소내전력계통 설계에는 8.4절에 기술된 설계기준(DC)과 설계지침(DG)이 적용된다. 이 설계기준 및 설계지침은 월성 1호기에 공히 적용된다. 그림 8.1-1은 설계기준 및 설계지침서의 요건들을 반영한 소내전력계통 단선도이다.

소내전력계통을 구성하는 주요기기의 용량산정은 단락전류 계산서와 전력조류 계산서에 나타나 있다. 계산서는 월성 1호기용으로 DR-0059-50510-02와 DE-0059-50520-01이 있다.

발전소 소내전력계통은 안전성과 신뢰성 측면에서 다음의 주요 설계기준에 적합하게 설계된다.

- 가. 송전망에서 사고가 발생하여 발전소의 전력공급이 중단된 심각한 상태에서도 원자력발전소의 안전한 가동정지를 위해 소내 예비 보조전원이 있어야 한다.
- 나. 중복된 전력모선이나 그 이상의 신뢰도가 준비되어야 한다.
- 다. 전력계통은 어떠한 사고하에서도 안정되어야 한다.

월성 1호기 최종안전성분석보고서

- 라. 모든 등급의 전력요구에 맞게 설계되어야 하며, 자동 및 비상 절체 계획에 맞게 설계되어야 한다.
- 마. 단순성과 경제성이 유지되어야 한다.
- 바. 필수 설비 유지를 위한 다중설비를 확보하여야 한다.
- 사. 설비용량 산정시, 각 기기의 과잉 스트레스 방지를 위한 설계 여유를 확보하여야 한다.
- 아. 원자로의 안전정지 및 감시를 위한 전원을 확보하여야 한다.





그림 8.1-1 월성 1호기 소내 전력계통 단선도

8.2 소외 전력계통

8.2.1 일반사항

월성 1호기 소외전력은 한전 전력계통에 연결된 각 2회선으로 구성된 3개의 독립적인 345 kV 송전선로에 의하여 공급된다. 이들 송전선로는 월성원자력본부 구내에 있는 345 kV 옥외개폐소에 연결된다. 발전소 등급 4 부하 전력은 각각 한전 송전망에 연결된 기동용 변압기 및 주발전기와 주변압기 사이에 연결된 소내용 변압기에서 공급된다.

187

8.2.1.1 송전계통

3개의 2회선 송전선로가 월성 1, 2, 3, 4호기 345 kV 옥외개폐소에 연결되어 있으며, 송전선로도 그림 8.2-1과 같다.

187

3개의 송전선로 각각은 2회선 송전철탑을 사용하여 격리된 경로로 옥외개폐소에 인입된다. 송전선로 상호간은 철탑붕괴나 단선사고와 같은 단일사고로 모든 345 kV 선로가 상실되는 동시사고로 파급되지 않도록 물리적으로 격리되어 있다. 각 송전선로는 여러 가지 환경조건 즉 바람, 온도, 염해, 낙뢰, 홍수 등에 견딜 수 있도록 설계하여 송전선로 고장을 최소화시키고 있다.

송전선 및 철탑의 구조설계는 국내규격을 적용하였다.

낙뢰방지를 위하여 각 송전선로 회선 상부에 2개의 가공지선을 설치한다.

소외전력은 소내전력과는 별도로 독립적으로 운전할 수 있으며, 보호계전기, 차단기 제어회로 및 전원공급장치를 별도로 구비하여 소외 전력 2회선이 동시에 상실되지 않도록 한다.

8.2.1.2 옥외개폐소

345 kV 옥외개폐소는 월성 1, 2, 3, 4호기가 공동으로 사용한다. 그림 8.2-2는 월성 옥외개폐소 단선도이다. 옥외개폐소는 2개의 모선분리 차단기에 의해 분리된 4개의 주모선(Main Bus)과 주모선에 연결된 7개의 베이(Bay)로 구성되어 있으며, 각 베이는 3조의 차단기로 2개회로를 차단하는 1.5 차단방식으로 되어 있다. 이러한 배열은 보수를 위해 어느 한 개의 모선 또는 어느 한 개의 차단기를 분리하더라도 운전중인 다른 회로 또는 차단기에 지장을 주지 않아서 운전의 융통성, 편의성 및 신뢰성을 높여준다.

옥외개폐소 계통의 고장전류를 기기정격인 40 kA 이내로 유지하기 위해 모선분리 차단기가 설치되며 모선분리 차단기는 정상운전시 열림상태로 운전된다.

모선분리 차단기를 제외한 옥외개폐소의 모든 차단기는 정상운전시 닫힘상태로 운전된다. 각 차단기에는 전기적으로 독립된 2개의 트립회로가 있으며, 트립회로는 각각 독립된 직류전원에 연결되어 있다.

또한, 신월성 1,2호기 옥외개폐소와 월성 1, 2, 3, 4호기 옥외개폐소간의 2회선 345 kV 연락선로 중간에 한류리액터(Current Limiting Reactor)가 각각 직렬로 설치되어 있으며 필요시 우회운전(By-Pass)이 가능하도록 우회용 단로기를 구비하고 있다.

한류리액터를 포함한 옥외개폐소 기기보호 및 제어용 전원으로 2개의 125 V 직류계통이 구비되어 있으며, 각 직류계통은 충전기, 축전기 및 분전반으로 구성되어 있다.

옥외개폐소에서 주변압기까지의 345 kV 선로는 각각의 철탑 또는 겐트리 타워(Gantry Tower)를 사용하여 가공선으로 설치된다. 옥외개폐소에서 기동용변압기까지의 345 kV OF 케이블은 터널(Tunnel) 내에 설치된다.

345 kV 선로는 옥외개폐소로부터 터빈건물 근처에 위치한 기동용변압기를 통하여 소내전력계통까지 소외전원을 공급한다. 기동용변압기는 345 kV 옥외개폐소 전압을 13.8 kV 배전용 전압으로 강압시킨다.

8.2.1.3 옥외개폐소 차단기 제어 및 지시

옥외개폐소의 모든 차단기는 옥외개폐소 제어건물 내에 있는 제어반에서 원격조작이 가능하며, 주변압기 및 기동용변압기와 관련된 차단기(변압기 1조당 차단기 2조)는 각 발전소의 주제어실에서도 원격조작이 가능하다. 모든 제어는 보호계전기 및 동기장치와 적절하게 연동되어 있어서 불필요한 투입조작을 막을 수 있다.

보호계전기가 사고를 검출하면 사고지점에서 가까운 곳에 있는 차단기가 자동으로 트립되어 고장구간을 분리시킨다. 만일 어느 한 차단기가 트립신호를 받고서도 일정시간 이내에 고장구간을 분리시키지 못한다면 그 차단기 인근에 있는 차단기들의 자동으로 트립되어 고장구간을 분리시킨다.

옥외개폐소의 모든 차단기 위치표시(열림 또는 닫힘)는 옥외개폐소 제어건물 내에 위치한 제어반과 각 발전소의 주제어실 내에 위치한 제어반에서 확인할 수 있도록 되어 있다.

8.2.1.4 일반설계기준

우선전력계통은 안전성 관련계통이 아니므로 일반전력계통과 마찬가지로 일반 설계기준 및 권고사항과 기술적 판단에 의해 설계한다.

8.2.2 분석

3개의 345 kV 2회선 송전선로가 상호 적절한 이격거리를 유지하면서 독립적으로 월성 1, 2, 3, 4호기에 소외전력을 공급한다.

3개의 송전선로는 각각 다른 변전소에 연결되고 상호 독립된

별도의 선로로 발전소의 옥외 개폐소에 연결되기 때문에 한 개의 송전선로가 고장나더라도 나머지 한 선로의 운전에 지장을 초래하지 않는다.

한전 송전계통은 송전선로 2회선 상실 또는 한 발전소 전체의 정지시에도 통제불능의 광범위한 트립사고로 파급되지 않고 계통이 이를 감당할 수 있도록 설계되어 있다.

이것은 월성 1, 2, 3, 4호기의 4개 발전기가 동시에 운전정지되더라도 송전계통 운용상에는 큰 영향이 없다는 것을 의미한다. 이러한 여건하에서 발전소에 연결된 송전선로는 송전계통 (Grid System)으로부터 계속 가압되기 때문에 발전소의 등급 3 전원 모선에 대한 소외전력 공급은 상실되지 않는다.

송전선로 설계는 일반설계기준을 만족시킨다.

동적안정도를 유지하도록 계통설계를 하였기 때문에 어느 한 송전선로의 트립이 발전소 트립을 초래하거나 어느 한 호기의 불시정지가 나머지 세(3) 호기의 트립을 초래하지는 않을 것이다.

월성 1, 2, 3, 4호기용 송전선로에 대해서 전산프로그램을 이용한 과도 안정도 검토를 수행한 결과 고장파급방지장치를 설치 운영하며, 전력거래소의 운전지침에 따라 옥외개폐소와 한류리액터를 운전한다. 월성 1, 2, 3, 4호기 345 kV 모선에서 3상 단락사고가 발생하여 송전선로 2회선이 정전된 상황을 시뮬레이션 하였다. 정상 고장제거시간은 6Hz이다.

187

이 검토결과는 3상 단락사고로 인하여 345 kV 송전선로 2회선이 동시에 정전되었을 경우에는 6Hz 이내에 고장이 제거되면 한전 송전계통은 안정적으로 운전될 수 있음을 입증해주고 있다. 이 검토결과는 또한 고장이 제거된 후에 송전선의 전압이 정상적으로 회복되는 것을 입증해 준다. 또한 월성 1, 2, 3, 4호기중 어느 한 호기의 운전상실을 초래하는 고장신호가 발생하더라도 계통안정도를 저해한다거나 안전정지 부하들에 전력을 공급해야 하는 등급 3 전원계통의 기동을 저해하지는 않는다.

모든 345 kV 송전선로가 동시에 정전될 가능성은 극히 희박

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

월성 1호기 최종안전성분석보고서

하지만 그러한 사고가 발생하더라도 안전운전정지에 지장을 주지 않도록 예비 디젤발전기를 설치하여 안전운전정지에 필요한 전력을 공급할 수 있도록 하고 있다.

소외 전력계통전압이 등급 3 전원계통 기기의 최저 운전전압보다 낮게 되면 예비 디젤발전기가 기동하도록 계전기 동작치를 정정하였다.

계통안정도 검토결과는 단일사고에 의해 계통에 연결된 최대용량 발전기의 전력공급 상실이나 최대부하의 계통탈락이 발생하더라도 소외전력의 완전한 상실을 초래하지는 않는다는 사실을 보여준다.





187

187

그림 8.2-1 월성 원자력발전소 송전선로도



주1) 한류리액터(Current Limiting Reactor)는 각 상당 1대씩 설치되며, 2개 회선에 총 6대의 한류리액터가 설치됨. 한류리액터 전, 후단에 유지, 보수 및 우회(By-Pass)운전용 단로기를 구비하고 있음.

그림 8.2-2 월성 원자력발전소 옥외개폐소 단선도

월성 1호기 최종안전성분석보고서

8.3 소내전력계통

8.3.1 일반사항

소내전력계통은 8.1.2절에 기술한 일반설계기준에 따라 설계하며 안전성과 신뢰성 요건은 다음과 같은 두 가지의 주요개념(8.3.1.1절과 8.3.1.2절에 상세히 기술)을 적용하여 설계한다.

- 가. 전력공급의 신뢰도와 형태에 따라 전력계통 등급 구분
- 나. 전력공급 및 부하의 중첩성을 위하여 전원을 기수 및 우수(Odd and Even) 개념으로 나누는 2중개념과 3중개념(Triplicated)으로 모선분리

8.3.1.1 전력계통 등급

소내전력계통 모선은 신뢰도에 따라 다음과 같이 4가지 등급으로 구분한다.

- 가. 등급 1 전원: 필수적인 보조기기, 제어, 보호 및 안전관련 기기에 공급되는 무정전 직류전원
- 나. 등급 2 전원: 필수적인 보조기기, 제어, 보호 및 안전관련 기기에 공급되는 무정전 교류전원
- 다. 등급 3 전원: 짧은 시간의 전력공급 중단은 허용하나 원자로 및 터빈의 안전정지에 필수적인 보조 기기에 공급되는 교류전원
- 라. 등급 4 전원: 발전요원이나 기기의 안전에 영향을 미치지 않고 장시간의 전력공급 중단이 허용되는 교류전원으로서 이 전력계통의 완전 또는 부분 상실시 원자로는 정지됨.

아울러 정상 전원공급이 불가능하게 되거나 주제어실 기능이 마비될 경우 그룹 2 안전계통을 위한 후비 전원인 비상전원이 위에서 기술

월성 1호기 최종안전성분석보고서

한 4가지 등급 이외에 별도로 있다.

각 등급별 전압은 다음과 같다.

가. 등급 1 전원 : 직류 250 V, 직류 48 V

나. 등급 2 전원 : 교류 480 V, 3상 60 Hz

교류 208 V, 3상 60 Hz (원자로 제어회로
전용)

교류 120 V, 단상 60Hz

다. 등급 3 전원 : 교류 4,160 V, 3상 60Hz

교류 480 V, 3상 60Hz

교류 380/220 V, 3상4선 60 Hz (필수조명
및 필수 보조 전원용)

라. 등급 4 전원 : 교류 13,800 V, 3상 60 Hz

교류 4,160 V, 3상 60 Hz

교류 480 V, 3상 60 Hz

교류 380/220 V, 3상 4선 60 Hz (일반조명
및 일반 보조전원용)

교류 208/120 V, 3상 4선 60 Hz

마. 비상 전원 : 교류 4,160 V, 3상 60 Hz

교류 480 V, 3상 60 Hz

교류 120 V, 단상 60 Hz

직류 48 V

8.3.1.2 다중계통

안전계통으로 분류되는 모든 계통이 발전소 안전을 위한 다중성 확보를 위해 3중 채널로 구성되어 있는데 비해서, 발전소내 배전계통은 2중계통(기수 및 우수)으로 불리는 두 개의 별도구획으로 구성된다.

정상운전시는 물론 비정상시에도 높은 신뢰도를 유지하여야

월성 1호기 최종안전성분석보고서

하기 때문에 계통간의 물리적 분리를 유지하기 위하여 상기의 개념은 모든 설비, 전선로, 접속함(Junction Box)에 적용되었다.

2중계통 선로는 3중계통에서도 동일하게 이용된다.

8.3.1.2.1 2중계통

가. 모든 계층의 전압과 모든 전력등급을 위한 배전계통은 2중 전력모선 또는 그 이상의 신뢰도를 갖기 위해 기수와 우수 전력모선으로 나뉘어져 있다.

나. 부하 및 다중 보조설비들의 받은 기수 모선에서 나머지 받은 우수 모선에서 전력을 공급받도록 연결되어 있다.

다. 관련된 일차요소 보다 낮은 전압으로 보조장치에 전력이 공급되면, 일차요소를 위한 전원을 일치시키기 위해 기수 또는 우수 모선에 연결된다.

라. 정상 및 비정상 상태하에서 최대 신뢰도를 얻을 수 있도록 기수와 우수계통을 물리적으로 격리하기 위해 케이블과 케이블 트레이, 접속함에 기수와 우수 개념이 적용되었다.

8.3.1.2.2 3중계통

가. 각 계통의 전압중 등급 1과 등급 2 계통은 세 채널 A, B, C로 구분되었다(단, 등급 2 전원 480 V계통은 두 채널 A, C로 구성되었다.).

나. 삼중계통의 부하는 각 채널에 하나씩 연결되어 전력공급의 독립성을 유지하였다.

다. 삼중개념은 케이블 트레이, 접속함 등에 적용하였으며, 정상과 비정상시에 최대의 신뢰도를 갖기 위해 세 채널 간에 물리적으로 격리되었다.

월성 1호기 최종안전성분석보고서

라. 모든 안전관련계통은 삼중채널개념 적용에 따라 각기 분리될 수 있도록 특별한 규칙을 적용하며 이들은 기기의 외함, 전선로, 변환기, 전력공급 설비에 적용된다.

이러한 분리규칙 외에 원자로건물 내 및 원자로건물로 인입하는 안전관련 회로는 물리적으로 완전히 격리된 두 개의 전선로 개념을 적용하며 이 계통들은 다음과 같다.

가. 그룹 1 (Group 1)

제1정지계통

일반 원자로 제어기기

비상노심냉각계통

나. 그룹 2 (Group 2)

제2정지계통

비상급수계통

원자로건물계통

그룹 2에 속하는 계통의 기기들은 주제어실로부터 떨어져 있는 제2제어지역에 위치한다.

8.3.1.3 주출력계통

주출력계통은 발전기로부터 생산된 전력을 옥외개폐소에 송전하며 26 kV 상분리 모선과 1대의 3상의 변압기로 구성된 주변압기 및 345 kV 옥외개폐소로 구성된다.

가. 26 kV계통

26 kV계통은 발전기 터미널로부터 생산된 전력을 주변압기로 송전한다.

월성 1호기 최종안전성분석보고서

본 계통은 또한 정지형 여자변압기와 소내용변압기에 전력을 공급한다. 26 kV계통은 다음의 장치들로 구성되어 있다. 발전기 계기용변압기 및 변류기, 상분리 모선, 중성점 접지장치 및 발전기 서지(Surge)보호장치 등이다. 발전기 제조회사에 의해 공급되어지는 계기용 변류기는 발전기 출력과 중성점 단자 부상에 위치하며, 발전기의 보호, 계측, 및 전압조정을 위해 사용된다.

계기용변압기는 발전기 단자측에 연결되며 발전기 보호, 전압조정, 계측 및 제어를 위하여 사용된다.

상분리 모선 덱트들은 공칭정격 26 kV로써, 강제공냉식으로 되어 있으며, 발전기 출력단자에서 여자용변압기, 소내용변압기 및 주변압기 사이를 연결한다.

발전기 중성점의 접지는 중성점 접지 변압기와 저항을 통하여 이루어진다. 26 kV 모선 덱트내에는 분리할 수 있는 링크로 되어 있으며, 이들은 기동용변압기의 사고시에 주변압기와 소내용변압기를 통하여 소내배전부하들에 전기를 공급한다. 이러한 결과로써 등급 3 전원 예비디젤발전기의 운전을 감소시키고 소내배전의 신뢰도를 향상시킨다.

상분리 모선의 특성은 다음과 같다.

정격전류

- 연속(강제 공냉식) : 20 kA
- 자기냉각 : 11 kA

정격전압

- 공칭 : 26 kV

온도 상승

- 도체 : 50 °C

월성 1호기 최종안전성분석보고서

- 외함 : 40 °C

주 모션

- 도체 : 알루미늄
- 외함 : 알루미늄

계기용변압기

- 전압 : 26.4 kV/120V AC
- 써지 Capacitor 0.125 μ F, 27.6 kV
- 낙뢰 arrester와 계수기

중성점 접지 변압기

- 정격 : 75 kVA
- 전압 : 26 kV/230 Vac
- 형식 : 건식 변압기

중성점 접지 저항기

- 저항치 : 0.1706 Ω

나. 주변압기

3상 승압용 주변압기의 정격은 840 MVA이며, 발전기의 출력전압을 26 kV에서 345 kV로 승압한다.

주변압기에서 345 kV 옥외개폐소까지는 단일의 가공선로로 연결되어있다.

주변압기의 제원은 아래와 같다

주변압기

상수 : 삼상용

정격 : 840 MVA, OFAF, 65 °C

전압 : 고압측 : 362 kV

저압측 : 26 kV

상결선 : YNd1

148

탭 : 1차측, 부하 탭 절환기, $\pm 2.5\%$, 5 %

임피던스 : 15.352% (840 MVA 기준)

내전압 : 1차 부상/권선 : 1050 kV

2차 부상/권선 : 150 kV

고압중성점 부상 : 150 kV

다. 345 kV 옥외개폐소

옥외개폐소는 발전소 근처에 위치하며, 옥외개폐소의 차단기와 모선배열은 송전계통과 연결이 가능하도록 설치하였다.

8.3.2 소내 배전계통

8.3.2.1 13.8 kV와 4.16 kV 배전계통

13.8 kV계통은 기수 및 우수로 지정된 2개의 등급 4 모선으로 구성되며 각 모선은 기동용변압기와 소내용변압기의 2차측에 연결되어 정상운전시 각 변압기는 각각의 해당모선에만 전력을 공급하지만, 필요시 대체 인입 차단기를 통하여 하나의 변압기로부터 두 모선에 전력을 공급할 수 있다.

발전소 기동중에 소내설비에 필요한 전력은 345 kV 옥외개폐소에 직접 연결된 기동용변압기로부터 공급된다.

4.16 kV계통은 2개의 등급 3 모선과 2개의 등급 4 모선이 각각 기수 및 우수로 구성되며, 4개의 13.8 kV-4.16 kV 전식 강압변압기로부터 수전한다. 등급 3 모선과 등급 4 모선은 모선 연결 차단기에 의해서 기수 및 우수 모선간 상호연결이 가능하다.

8.3.2.1.1 13.8 kV 고압차단기반

2조의 13.8 kV 고압차단기반은 터빈 부속실에 설치되며 인출형 Metal Clad 형태의 차단기가 사용되었다. 차단기는 축적된 에너지로 구동되는 방식이다. 각 고압차단기반은 계기용 변압기, 변류기, 인출형 보호계전기, 보조계전기 및 계기를 구비하고 있다.

13.8 kV 고압차단기반의 제원은 아래와 같다.

정격최대전압	: 15 kV
운전정격	: 13.8kV, 3상 60Hz
운전전압차단정격	: 40kA
차단용량	: 1000 MVA(진공차단기)
차단시간	: 5 사이클
투입정격	: 104kA
내압	: 95 kV
모선정격	: 주모선 2000 A 분기모선 1200 A
전원등급	: 등급 4 전원
수량	: 2

171

8.3.2.1.2 4.16 kV 고압차단기반

터빈 부속실에 설치되는 4.16 kV 고압차단기반은 2개의 등급 3 모선과 2개의 등급 4 모선 및 인출형 Metal Clad 형태의 차단기를 내장한 금속외함으로 구성되어 있으며, 각 고압차단기반은 계기용변압기, 변류기, 보호계전기 및 계기를 갖추고 있다.

등급 3 및 등급 4 전원의 정격은 동일하며 아래와 같다.

정격최대전압	: 4.76 kV
운전정격	: 4.16kV, 3상 60Hz
운전전압차단정격	: 50kA
차단용량	: 410 MVA(진공차단기)
차단시간	: 5 사이클

171

투입정격	: 130 kA	171
내압	: 60 kV	
모선정격	: 주모선 2000 A 분기모선 1200 A	
전원등급	: 등급 3전원, 등급 4전원	171
수량	: 2 2	

8.3.2.2 부하배분

대용량 회전기기는 13.8 kV 및 4.16 kV 모선으로부터 급전 받는데, 일반적으로 5000 hp 보다 큰 부하는 13.8 kV 모선에, 300 ~ 5000 hp 부하는 4.16 kV 모선에 접속된다.

13.8 kV 모선은 냉각재펌프, 증기발생기 급수펌프 및 배전용 변압기에, 4.16 kV 등급4 전원 모선은 복수기순환 냉각수펌프, 주복수펌프, 복수기 진공펌프 및 옥외개폐소의 고압차단기만에 전력을 공급한다.

4.16 kV 등급 3 전원 모선은 기기냉각해수펌프, 기기냉각수펌프, 비상노심냉각펌프, 정지냉각펌프, 냉각재 충수펌프, 보조급수펌프, 냉방기 및 저압 안전관련기기 급전용 배전 변압기와 같은 안전관련 부하에 전력을 공급한다.

등급 4 정상전력원의 상실시 각 등급 3 전원 모선은 예비디젤발전기로부터 전원이 공급되는데 자동적으로 기동되어 등급 3 전원 모선에 연결된다. 등급 4 전원과 등급 3 전원 부하들에 대한 신뢰도를 보다 높이기 위하여 한쪽의 변압기의 전원공급이 중단시에도 13.8 kV 모선을 통하여 계속적으로 전원이 공급되도록 자동절체계통이 설치되어 있다.

전원공급회로의 공통모드 (Common Mode) 사고를 피하기 위하여 등급 3 전원과 등급 4 전원의 자동연결은 허용되지 않는다.

8.3.2.3 예비 교류전력계통 (등급 3 전원)

월성 1호기 최종안전성분석보고서

등급 3 전원계통은 발전소가 소외전력으로부터 분리되는 경우, 수분의 정전 상태에서도 발전소 안전정지 및 붕괴열 제거를 안전하게 수행하는 비상전력공급계통이다.

등급 3 전원계통은 다음과 같은 안전관련 부하에 전력을 공급한다.

가. 4.16 kV, 3상

나. 480 V, 3상

다. 등급 1 및 등급 2 전원 무정전계통

라. 필수 조명

등급 3 전원에 연결되는 부하는 비정상 상태시 발전소의 안전운전 및 기기손상 방지에 필요한 부하들로서 예비디젤발전기 기동시 단시간의 무정전에도 영향을 받지 않는다.

등급 3 전원부하는 다음과 같은 등급 4 전원의 정전시에 2대의 예비 디젤발전기로부터 비상전력을 공급받는다.

가. 원자로 및 발전기가 정상운전중 등급 4 전원의 전체상실

나. 원자로가 정지되어 냉각계통이 작동되고 있는 중 등급 4 전원의 상실

다. 냉각재상실사고(LOCA)시 등급 4 전원의 전체상실

이상의 운전조건 외에도, 주제어실의 패널 및 예비디젤발전기실의 제어반에서도 운전원이 기동시킬 수 있다.

등급 3 전원 예비전력공급계통은 예비디젤발전기와 연료유 저장 및 연료이송계통을 갖춘 일체형이며, 발전소를 정지하거나 가상의 사고가 발생할 때 그 영향을 줄여가면서 발전소를 안전정지상태로 유지하는데 필요한 부하에 전력을 공급한다.

연속정격 5,750 kW/998A의 두 대의 예비디젤발전기는 각각

별도의 4.16 kV 등급 3 전원 모선에 연결된다. 예비디젤발전기 2대의 병렬 운전은 허용하지 않으므로 기수와 우수모선을 상호연결하는 연결 차단기는 모선을 정지시킨 상태에서만 조작할 수 있다.

8.3.2.3.1 예비교류 발전

등급 3 전원부하에 예비전력을 공급하는 2대의 예비디젤발전기의 용량은 호기당 안전관련 부하의 양을 고려하여 결정하였다. 각각의 예비디젤발전기로부터 급전되는 모든 등급 3 전원 부하는 보조급수펌프를 제외하고는 2중화되어 있다. 등급 4 전원 상실후 예비디젤발전기는 시동후 30 초 이내에 정격전압 및 주파수에 도달한다.

2대의 예비디젤발전기는 상호간에 격리하였고, 내화벽으로 된 별도의 방에 설치함으로서 화재 및 비산물에 대하여 안전을 유지하도록 하였다.

각 예비디젤발전기의 제원은 다음과 같다.

호기당 댓수	:
대당 순출력	:
기동방법	:
전부하 접속시간	:
정격전압	:
역률	:
주파수	:
연료유 저장 용량	:



8.3.2.3.2 부하접속

예비디젤발전기는 2 대로서 평상시 정지된 상태로 있으나 냉각재상실사고나 등급 4 전원 상실시에 즉각 기동할 수 있도록 “자동기동”의 위치에 있어야 한다. 등급 4 전원 상실신호를 감지하면 예비디젤발전기가 자동기동하게 되는데 기동부터 전부하 접속까지는 180초가 소요된다.

월성 1호기 최종안전성분석보고서

예비디젤발전기의 부하접속은 자동순차접속기에 의하여 발전기의 최대전압강하를 고려하여 순차적으로 이루어진다.

예비 디젤발전기는 자동순차 접속기를 통하여 표 8.3-1의 등급 3 전원 부하 순차접속표에 따라 부하를 접속한다.

만약에 우수 예비 디젤발전기가 기동되지 않을 경우, 보조급수 펌프 운전을 위하여 기수 및 우수 모션간의 연결 차단기를 수동투입한다.

다음과 같은 경우에 한하여 2대의 등급 3 전원 예비 디젤발전기를 운전한다.

가. 발전소 정상 운전중 등급 4 전원의 상실

나. 원자로 정지 및 정지냉각상태에서 등급 4 전원의 상실

다. 냉각재상실사고

기수 및 우수 예비디젤발전기의 기동신호는 각기 별도로 되어 있다. 상기 '가'항 등급 4 전원상실의 경우에 발전기가 정격전압 및 주파수에 도달하면 예비디젤발전기는 해당 등급 3 전원 모선에 연결된다. 다른 예비디젤발전기도 같은 방식으로 해당모선에 연결된다. 예비디젤발전기가 모선에 연결되면 자동순차접속기가 작동된다. 이러한 자동순차접속은 다른 발전기 운전과 무관하게 이루어진다. 기수와 우수간에 연결차단기는 수동으로만 투입된다. 두 그룹간의 차단기 자동투입은 소내전원의 전면상실을 초래할 수 있는 공통모드 고장을 방지하기 위하여 절대 허용되지 않는다.

상기 '다'항의 냉각재 상실사고 경우에는 두 예비디젤발전기 모두 기동신호를 받지만, 각 발전기는 등급 4 전원도 아울러 상실되어야만 자동적으로 각 모선에 연결된다. 접속순서는 '가'항의 등급 4 전원상실 경우와 동일하다.

8.3.2.3.3 연동

예비디젤발전기의 연동기능은 일반적인 것으로서, 기수 및 우

월성 1호기 최종안전성분석보고서

수 모선 어느 한 곳의 등급 4 전원이 상실될 경우에, 정상모선에 연결된 다중부하가 자동으로 기동되도록 설계되어있다.

8.3.2.3.4 트립 및 경보회로

예비 디젤발전기의 기계 및 전기기능의 보호장치는 다음과 같다.

가. 재킷 냉각수 순환계통

- 온도조절 해수 열교환기
- 온도 조절용 밸브
- 히터
- 엔진구동 주펌프
- 모터구동 정지순환 펌프

나. 윤활유 순환계통의 온도조절

- 해수 열교환기
- 온도 조절용 밸브
- 히터
- 여과기
- 엔진구동 주펌프
- 엔진구동 주 로키 윤활유 펌프
- 정지 순환용 펌프

다. 연료밸브 냉각계통의 온도조절

- 해수 열교환기
- 온도 조절용 밸브
- 모터구동 펌프

라. 연료유 가압계통

- 여과기
- 엔진구동 주 승압용 펌프

월성 1호기 최종안전성분석보고서

- 모터구동 예비 승압용 펌프

마. 전기/기계식 조속기

바. 제어반 계측기

- 여과기 전후의 윤활유 압력
- 각 탱크로부터 기동용 공기압력
- 여과기 전후의 연료유 압력
- 재킷 냉각수 압력
- 과급기 이후 공기온도
- 엔진 속도
- 배기 분기관내 및 16개 실린더의 배기온도
- 베어링 온도

사. 주제어실에는 다음과 같은 계기가 설치되어 있다.

- 엔진 기동형태 : 자동/수동
- 엔진 기동제어 : 기동/정지
- 엔진 속도제어 : 증가/감소
- 발전기 전압 조절 : 증가/감소
- 발전기 동기방식 : 자동/정지/수동
- 선전압/선전류
- 유효전력/무효전력
- 역률/주파수/엔진속도
- 동기를 위한 발전기 전압
- 동기를 위한 계통전압
- 동기검정기

예비디젤발전기 제어반은 기동과 정지의 기능을 가지며 부속된 계측기는 다음과 같다.

- 여자기 계사전류
- 여자기 계사전압

월성 1호기 최종안전성분석보고서

- 선전류
- 선전압
- 유효/무효전력
- 역률
- 주파수
- 유효 전력량
- 고정자 온도
- 베어링 온도

8.3.2.3.5 트립장치

예비디젤발전기 현장제어실 조작반에 설치된 정상시 정지스위치에 부가하여 보호 트립장치는 다음의 조건에 의해 트립 및 경보를 발하기 위해 제공되어진다.

- 가. 크랭크케이스 압력의 최고압
- 나. 엔진과속도
- 다. 윤활유 압력의 최저압
- 라. 발전기 고장(차동전류)
- 마. 윤활유 온도의 최고온
- 바. 냉각수 온도의 최고온

예비디젤발전기 수동작동 시험시에 트립을 시킬 수 있는 긴급한 보호기능은 비상운전시에도 적용된다.

다음의 비상보호기능은 예비디젤발전기를 트립시키고, 경보를 발생하며 그 밖의 것은 단지 경보를 발한다.

월성 1호기 최종안전성분석보고서

- 가. 크랭크케이스 압력의 최고압
- 나. 엔진과속도
- 다. 윤활유 압력의 최저압
- 라. 발전기 고장(차동전류)
- 마. 수동 비상트립(예비디젤발전기 현장제어실)
- 바. 디젤엔진 정지레버

수동 비상트립은 예비디젤발전기 현장제어실의 누름버튼스위치에 의해 이루어진다. 이들 각 경우는 현장 비상정지누름 스위치가 복구 될 때까지 자동이나 수동기능이 봉쇄된다.

8.3.2.3.6 부하접속기 및 발전기시험

전압과 주파수를 정격까지 전자동으로 동작하기 위한 모든 제어와 감시계통들은 예비디젤발전기실에 있는 엔진과 발전기 제어반 내에 들어있다. 디젤엔진은 실린더내로 압축공기를 사용하여 기동하며 300 rpm에서 점화되고 조속기 제어하에서 514 rpm까지 가속된다.

발전기는 자여자가 되며 여자기 계자코일 철심내에 있는 영구자석은 초기출력을 발생하며 그때 4.16 kV 개폐장치내 설치된 발전기 출력단에 연결된 5 kVA 변압기로부터 필요한 전압까지 자동전압조절기(AVR; Automatic Voltage Regulator)로 상승시킨다. 예비디젤발전기는 단지 대용량 전력계통에 병렬운전되는 한 조속기와 자동전압조절기는 트립없이 운전된다. 이들 제어는 현장 발전기 제어반과 주제어실 패널에서 가능하다. 엔진운전을 위해 필수적인 모든 펌프들은 모터구동 예비펌프를 가진 엔진구동용이며 따라서 엔진은 즉시 모든 필요한 연료와 재킷 냉각수 순환과 윤활을 시킬 수 있다.

만약 엔진을 시험목적으로 발전소가 정상적으로 운전되고 있을 때 기동한다면, 적절한 해수 냉각수를 공급받을 수 있다. 정전기동

월성 1호기 최종안전성분석보고서

(black-start)상태에서 기기냉각해수펌프가 예비디젤발전기의 출력으로 기동하여 운전될 때까지 해수 공급은 불가능하다. 디젤엔진은 정전기동후 3분내에 정상적인 냉각수 공급없이 상온상태로부터 5분간 운전할 수 있다. 펌프실 내에 설치된 비상디젤 해수 냉각수 펌프는 디젤엔진 입구측 해수 냉각수계통의 압력이 떨어졌을 때 운전된다.

매 2주마다 예비디젤발전기들은 한번에 한 대씩 디젤발전기와 제어회로의 건전성을 입증하기 위해 시험운전이 시행된다.

시험운전은 다음을 포함한다.

- 가. 주제어실에서 수동기동 개시
- 나. 자동으로 정격전압과 주파수 도달
- 다. 자동동기장치나 수동 차단기 투입으로 등급 3 전원에 동기 병입
- 라. 등급 4 전원에 역전류 발생없이 적정부하를 인가
- 마. 디젤엔진과 발전기 온도가 안정상태에 도달할 때까지 또는 2시간동안 중 더 긴 시간동안 적정부하를 유지

주의:

기기냉각해수 공급없이 예비디젤발전기의 운전시간이 매우 제한되므로 동시에 두 대의 예비디젤발전기를 시험하지 않는 것이 중요하다. 만일 시험운전 후, 등급 4 전원상실사고가 발생하면 엔진은 냉각수가 공급되기 전에 고온도 경보로 정지된다. 두 개의 엔진시험 후 등급 4 전원상실사고는 등급 3 전원의 상실을 초래할 수도 있다.

8.3.2.3.7 운전

- 가. 등급 4 전원의 상실

등급 4 전원이 상실되면, 기수와 우수의 해당 예비디젤발

월성 1호기 최종안전성분석보고서

전기는 각각 기동을 시작하고 자동순차부하접속기는 양쪽 모선에 있는 부하들을 기동시키기 위하여 동작을 시작한다.

등급 4 전원이 상실되면 저전압계전기에 의해 감지된다.

나. 등급 4 전원 정상시 냉각재상실사고

냉각재상실사고시, 기동된 예비디젤발전기는 등급 4 전원이 상실되지 않는 한 4.16 kV 등급 3 전원모선에 연결되지 않는다. 장기간 무부하 운전은 엔진의 출력이 저하될 수 있으므로 운전자는 한 대 또는 두 대 모두를 정지 시킬 것 인가를 결정하여야 한다.

다. 등급 4 전원상실시의 냉각재상실사고

등급 4 전원상실시 모선의 부족전압 계전기에 의해서 8.3.2.3.2에 기술된 절차가 수행된다.

8.3.2.3.8 연료유 저장 및 이송계통

두 개의 독립적인 연료유 저장탱크와 연료이송계통이 공급된다. 두 탱크는 각각 적절하게 격리되고 연료펌프 인입 스트레이너를 갖춘 하나의 상호연결 파이프로 연결되어 있다. 연료유 저장탱크와 이송계통은 내진 설계 되지 않았고, CSA Z299.4, "Inspection Program Requirements"에 의해 품질보증된다.

디젤 엔진은 ASTM 설계 D975 등급 2에 의해 액체연료로 운전되도록 설계되어 있다.

8시간 전부하 운전용 연료가 채워져 있는 일일연료유탱크 약 12,000 리터는 연료이송펌프를 제어하기 위한 유위 스위치가 달려있다.

약 168시간(7일)동안 전부하 운전을 위해 충분한 연료를 저장하는 두 개의 지하 연료 저장탱크와 지하 저장탱크를 통하는 서비스용 터널 내 위치한 두 대의 모터로 구동되는 펌프를 포함한 연료이송설비 등으로 구

월성 1호기 최종안전성분석보고서

성되어 있다.

8.3.2.3.9 냉각수계통

발전기 냉각수계통은 9장에 기술하였다.

8.3.2.3.10 시동계통

발전기 시동계통은 9장에 기술하였다.

8.3.2.3.11 윤활계통

발전기 윤활계통은 9장에 기술하였다.

8.3.2.3.12 흡기 및 배기계통

흡기 및 배기계통은 9장에 기술하였다.

8.3.2.4 전원절체

등급 3 전원 및 등급 4 전원 부하에 고신뢰도의 전력을 공급하기 위해 한쪽 변압기로부터의 전력공급 중단시에는 고장변압기로부터 정상변압기로 전원절체가 이루어진다.

전원절체 이전의 고장형태와 기기의 고장 등 운전조건들에 따라 절체형태는 좌우되며 한 소내공급용 변압기로부터 다른 소내공급용 변압기로의 부하 절체방식에는 다음 세 가지 경로를 따른다.

가. 병렬절체

나. 신속개방 절체

다. 잔류전압 절체

병렬절체방식은 모선의 한 수전차단기를 투입한 후 자동적으로 다른 수전차단기를 트립시키는 것으로써 수 사이클동안 2대의 소내공급

월성 1호기 최종안전성분석보고서

용 변압기는 병렬운전된다. 이 방식은 기동하여 운전정지하기 전까지 수동으로 이행되는 정상절체시 적용되며 또한 원자로와 터빈의 기계적인 트립 및 발전기 냉각계통 트립에 따라서도 자동절체가 이루어진다.

신속개방 절체방식은 공급중인 수전차단기를 트립시키고 모선의 다른 수전차단기를 투입하는 방식이다. 이 절체방식은 트립 동작인 기계적으로 축적된 투입동작보다 아주 짧은 시간에 빠르게 이루어지므로 절체시 수전전원과 잔류전압간의 전압과 위상차가 적어 과도한 돌입전류 발생을 방지할 수 있다. 이 방식은 발전기, 소내용 변압기 및 주 변압기의 전기고장과 기동용 변압기의 전력상실 및 고장시에 적용된다.

‘지연절체(Slow Transfer)’라고 하는 잔류전압 절체 방식은 신속개방 절체방식의 후비절체 방식이다. 신속개방 절체 방식의 기능이 실패된다면 정해진 일정 시간 후에는 격리되며, 모선의 전압강하가 초기치의 약 40%로 강하된 후 잔류전압 절체가 이루어진다.

절체계통에 대한 상세한 설명은 DC-0059-53000-01에 기술되어 있다.

8.3.2.5 480 V 배전계통

8.3.2.5.1 480 V 저압차단기반

480 V 배전계통은 총 8대의 3상 건식 변압기, 차단기반, 계기 및 보호기기반으로 구성되며 다음 설비들에 전원을 공급한다.

- 가. 100에서 350 마력까지의 전동기
- 나. 전동기 제어반들 (MCC's)
- 다. 조명용 변압기
- 라. 100 kW 히터들과 그 이상 설비

4개의 480 V 등급 4 전원 모선이 이용되며 각각은 13.8 kV로

부터 변압기를 거쳐 공급된다.

4개의 480 V 등급 3 전월 모선은 4대의 변압기에 의해 4.16 kV 등급 3 전월로부터 전월이 공급된다.

등급 3 전월 480 V 저압차단기반이 해당 등급 3 전월 4.16 kV 모선으로부터 수전하고 등급 4 전월 480 V 저압차단기반은 등급 4 전월 13.8 kV 모선으로부터 수전한다.

저압차단기반의 정격은 다음과 같다.

가. 등급 4 전월

1. 변압기

가) 수량	: 4
나) 기기번호	: 5314-T5 ,T6, T7, T8
다) 용량	: <u>2,000/3000 kVA AA/FA</u>
라) 형식	: 모듈드 (건식)
마) 절연	: <u>B/F급(HV/LV)</u>
바) 전압	
1차	: 13.8 kV
2차	: 480 V

141

2. 480 V 저압차단기반

가) 정격 최대 전압	: 504 V
나) 운전 전압	: 480 V
다) 수량	: 4
라) 모선 정격	: 1600 A
마) 차단정격	: 50 kA
바) 보조전압	
차단기	: 250 Vdc
원격조작	: 48 Vdc

나. 등급 3 전원

1. 변압기

가) 수량	: 4
나) 기기번호	: 5313-T1 ,T2, T3, T4
다) 용량	: <u>2,000/3000 kVA AA/FA</u>
라) 형식	: 모듈드 (건식)
마) 절연	: <u>B/F급(HV/LV)</u>
바) 전압	
1차	: 4.16 kV
2차	: 480 V

141

2. 480 V 저압차단기반

가) 정격 최대 전압	: 504 V
나) 운전 전압	: 480 V
다) 수량	: 4
라) 모션 정격	: 1600 A
마) 차단정격	: 50 kA
바) 보조전압	
차단기	: 250 Vdc
원격조작	: 48 Vdc

8.3.2.5.2 480 V 전동기 제어반

각 공급모선은 다음 두 가지 사항들에 의해 보호된다.

가. 과부하 보호를 위한 열동지연차단기, 단락전류 보호를 위한 자기형 정지장치와 단락전류의 과전류를 제한하기 위한 전류제한장치

월성 1호기 최종안전성분석보고서

나. 회로차단기와 자기형 정지장치로 구성된 조합기동기와 전류 제한 장치들 그리고 열동과부하계전기를 가진 접촉기로 구성

모선 25마력 또는 그보다 큰 용량의 전동기와 히터는 원형 전류감시기를 가진 저 설정치의 고장 전류계전기를 갖추고 있다. 차단기의 정지기능을 원활하게 하기 위하여 각 차단기는 분로 정지코일을 갖춘 보호장치를 갖추고 있다.

8.3.2.6 무정전 전원공급장치(UPS)

등급 3과 등급 4 전원의 일시적인 상실 동안 무정전 전원공급장치(UPS)는 계통의 신뢰성 있는 제어를 위하여 지속적이고 안정된 등급 2 교류와 등급 1 직류전원을 안전관련 부하들에 공급한다.

무정전 전원공급장치는 일정한 전압 및 주파수를 공급함으로써 안정적인 전원을 지속적으로 공급할 수 있다.

무정전 전원공급계통은 발전소 제어 및 안전계통을 위한 48 Vdc, 250 Vdc, 120 Vac 480 Vac와 208 Vac/60 Hz를 공급하는 계통이다.

무정전 전원공급장치의 기능상 요건은 다음과 같다.

- 가. 안전관련계통 제어전력을 위한 삼중화된 48 V 직류전원
- 나. 차단기와 직류전동기를 위해 삼중화된 250 V 직류전원
- 다. 안전관련 계측과 전산기(DCCX, DCCY)를 위해 삼중화된 단상 120 V, 60 Hz 교류전원
- 라. 비상조명과 등급 3 전원상실동안 반드시 동작되고 안전에 관련된 소형 모터부하를 위한 이중화된 3상, 480 V, 60 Hz 교류전원
- 마. 원자로 흡수봉과 조절봉 운전을 위한 208 V, 60 Hz 가변 주파수 교류전원

등급 3 및 등급 4 전원의 일시적인 상실시 등급 2 (교류) 전원 및 등급 1 직류전원계통에 대한 전원 공급은 다음과 같이 이루어진다.

8.3.2.6.1 등급 2 교류 전원 공급

480 V 교류 3상 등급 2 전원 모선은 2개가 있다. 각 모선의 정상상태는 400 V 축전지와 병렬인 정류기로부터 인버터를 통하여 전원을 공급받는다.

정류기의 전원은 등급 3 전원으로부터 공급된다.

등급 3 전원상실사고시 축전지의 전원이 인버터를 통하여 등급 2 전원 모선에 계속적으로 공급된다.

인버터의 고장시는 관련된 등급 3 전원 모선으로부터 대체 전원이 공급된다. 이러한 모선들은 등급 2 전원의 중요 모터 부하와 비상등에 전원을 제공한다.

3개의 120 V 교류단상 모선은 250 V 축전지로부터 인버터를 통하여 공급된다. 등급 3 전원상실사고시, 인버터는 정전없이 축전지로부터 계속적으로 전원이 공급된다. 인버터의 고장인 경우에는 관련된 등급 3 전원 모선으로부터 전압조정기를 통하여 대체 전원이 공급된다.

정상전원에서 대체전원으로 절체하는 시간은 0.25사이클 이내이다. 이러한 선로들은 교류 계측장치와 소내 제어컴퓨터에 전원을 공급한다.

원자로 제어를 위하여 3개의 208 V 3상 전력공급 모선이 이용된다. 그곳에는 등급 2 전원 모터제어반으로부터 480 V, 60 Hz의 전원이 변압기를 거쳐 공급되어진다.

제어봉 집합체를 위한 대체 전원 공급은 가변 주파수 인버터를 통하여 공급된다. 매 계획예방정비시 가변 주파수 인버터의 교정과 시험을 실시한다.

8.3.2.6.1.1 480 V, 3상, 60 Hz 계통

480 V, 3상, 60 Hz 등급 2 전원계통은 2중의 인버터, 관련 축전지 및 충전기로 구성된다. 이 계통은 안전관련설비로써 등급 3 전원의 상 실시 반드시 동작해야 하는 비상조명과 비상노심냉각 주입밸브에 무정전 3상 전력을 공급한다.

480 V 등급 2 전원 인버터계통은 다음과 같이 구성되어 있다.

가. 축전지 충전기

- 수량 : 2대
- 부동전압 : 400 ~ 404 V
- 균등전압 : 419 ~ 447 V

나. 인버터

- 수량 : 2
- 정격 : 750 kVA, 3상, 60 Hz
- 전류제한 : 120 %
- 전압/주파수 : ± 2 %, ± 0.5 Hz
- 과전류 용량 : 10분동안 125 %
30초동안 150 %

다. 전환스위치

- 수량: 2
- 정격: 902 A
- 절체시간: 1/4 사이클

라. 축전지

- 수량 : 2조
- 납-안티몬 축전지
- 25℃ 온도에서 비중 1.215

- 186 셀
- 2600 AH/10시간

186

8.3.2.6.1.2 120 V, 단상, 60 Hz 계통

120 V, 단상, 60 Hz 등급 2 전원계통은 소내 계측기와 전산기 (DCCX, DCCY)에 무정전 단상 전력을 공급하는 3중의 60 kVA 인버터로 구성되어 있다. 120 V 계통이 소내 계측기와 컴퓨터에 120 V 계통을 공급하기 때문에 인버터와 부하상태는 기본적으로 일정하다.

120 V, 등급 2 전원의 인버터계통은 다음과 같이 구성된다.

가. 인버터

- 수량 : 3
- 정격 : 60 kVA, 단상, 60 Hz
- 전류용량 : 500 A(연속)
- 전압/주파수조정 : ± 2 %, ± 0.5 Hz

나. 전환스위치

- 수량 : 3
- 정격 : 500 A
- 1개의 Static
- 1개의 수동전환 스위치
- 절체시간 : 1/4 사이클

등급 2 전원에는 1차 배전반과 퓨즈반이 있다.

8.3.2.6.2 등급 1 직류전원공급

소내에는 고정식 축전지에 의해 2개의 등급 1 전압이 공급된다. 이러한 직류계통들은 비접지되어 있다.

등급 1 전원계통과 관련된 기기의 주요특징은 아래와 같다.

가. 250 V, 등급 1 전원 축전지계통은 다음과 같이 구성된다.
3개의 250 V 축전지군이 있으며 이들은 직류전동기, 차단기 조작전원 및 인버터를 통한 교류 단상 120 V 등급 2 전원장치에 전력을 공급한다.

1. 충전기

가) 수량 :	6대
나) 용량 :	<u>A,C 채널 : 500 A, B채널 : 700 A</u>
다) 전류제한 :	<u>A,C 채널 : 600 A, B채널 : 840 A</u>
라) 부동전압 :	<u>249 ~ 252 V</u>
마) 균등전압 :	<u>260 ~ 280 V</u>
바) 전압조정 :	1 %

2. 축전지

가) 수량 :	3 조
나) 형식 :	<u>납-안티몬</u>
다) 정격 :	<u>A,C 채널 : 900 AH/10시간,</u> <u>B 채널 : 2000 AH/10시간</u>
라) 셀수 :	<u>116 개</u>

나. 48 V, 등급 1 전원 축전지 계통은 독립된 3개의 축전지군이 있으며 각 군은 안전계통의 제어논리회로에 전력을 공급한다. 3개의 축전지군은 3중 원자로 안전계통의 각 채널에 독립적으로 전력을 공급한다.

1. 충전기

가) 수량 :	6 대
나) 용량 :	450 A
다) 전류제한 :	540 A
라) 부동전압 :	51.6 ~ 53 V
마) 균등전압 :	56.0 V

월성 1호기 최종안전성분석보고서

바) 전압조정 : 1 %

2. 축전지

가) 수량 : 3 조

나) 형식 : 납-칼슘

다) 정격 : 1270 AH/8시간

라) 셀수 : 24 개

8.3.2.6.3 유지보수와 시험

축전지 유지보수 시험 및 교체에 대해 추천하는 사항은 다음과 같다.

가. 유지보수의 점검과 시험은 IEEE 450 요건에 부합되게 정기적으로 수행하고 그 점검과 시험결과 기록은 절차에 따라 보존한다.

나. 축전지 용량에 대한 최초 성능시험 및 설치후 2년 이내에 수행하고, 차후 성능시험은 매 5년 기준으로 계획예방 정비시 수행한다.

다. 축전지의 사용시험은 계획예방 정비시, 성능시험과 중복이 되는 경우, 성능시험으로 신뢰성을 확인한다.

8.3.3 전기 설계기준서

전기설계의 주요 특징은 아래와 같다.

8.3.3.1 전기기기의 배치

13.8 kV/4.16 kV/480 V 고압, 저압차단기반, 변압기, 전동기 제어반, 퓨즈반, 인버터, 정류기, 축전지 등 모든 주요기기는 “청결한” 장소에 위치하고 터빈홀에 있는 주증기배관 파열로부터 보호된다.

내압벽이 터빈홀과 터빈부속실 및 터빈보조건물 사이에 위치

월성 1호기 최종안전성분석보고서

한다. “기수”와 “우수” 기기간의 물리적 분리는 설계지침서에 따라 유지된다.

8.3.3.2 회전기기 용량 산정

전동기 용량은 관련 공정기기의 설계요건에 기초하여 산정되어 운전중 기기용량이 전동기 공칭정격을 초과하지 않는다.

모든 전동기는 F급 또는 B급 절연으로 되어 있지만 B급 온도상승의 정격을 갖는다. 따라서 모든 전동기는 절연 내력 이하로 운전되어 수명이 더 연장된다.

모든 전동기는 전동기 정격전압의 80 %에서도 기동, 가속할 수 있다.

8.3.3.3 전기회로 보호

전기기기 및 회로보호에 일반 산업표준을 적용하였다.

8.3.3.3.1 대용량 변압기

주변압기, 소내용 변압기, 기동용 변압기에는 차동계전기, 과전류계전기(50/51), 접지사고계전기(87NGT, 51GL, 51NH/NL), 권선온도감지기(49), 오일온도와 개스씨지보호장치가 설치되어 있다.

8.3.3.3.2 고압 변압기

13.8 kV ~ 4.16 kV 변압기에는 과전류 계전기(50/51), 차동계전기(87), 권선온도감지기(49), 접지사고계전기(50/51G)가 있다.

8.3.3.3.3 전력공급 배전선

초고압, 고압배전선에는 과전류계전기(50/51), 접지사고계전기(50/51G)가 있다.

480 V 저압차단기반의 각 전동기와 히터의 배전선에는 열동

월성 1호기 최종안전성분석보고서

과부하계전기가 있고 25 kW이상 정격의 배전선에는 접지사고계전기(50G)가 설치되어 있다.

8.3.3.3.4 회전기기

권선내의 저항온도감지기(RTD)뿐만 아니라 13.2 kV, 4 kV 전동기에는 열동과부하계전기(46/49)와 접지사고계전기(50G)가 있다. 열동계전기는 과전류계전기(50/51)에 의해 후비 보호된다.

특히 3000마력보다 큰 전동기에는 차동계전기(87)가 있다.

저압차단기반의 각 전동기와 히터의 배전선에는 열동과부하계전기가 있고 25 kW이상 정격의 배전선에는 접지사고계전기(50G)가 설치되어 있다.

8.3.3.4 전선로 분리

전선로 분리는 설계지침 DG-59-57000-01 : Routing Separation Requirements for Control and Power Cabling을 따른다.

8.3.3.5 식별번호

전선로와 케이블을 포함한 각 전기기기는 문자와 숫자로 된 고유번호를 갖는다. 번호의 목적은 설계단계에서 정의되어 구매, 건설 및 유지보수단계에서도 전선로 및 기기에 일관성 있게 구분하는데 있다. 이러한 설계, 건설, 시운전에 적용하는 식별번호는 BSI(Basic Subject Index)에 기초한다.

번호의 상세 분류방법은 설계지침서인 DM-0059-57000-01 Rev.0에 기술하였다.

8.3.3.6 전력 및 제어/계측 케이블

가. 전선로 번호

케이블 트레이, 전선관, 케이블 트렌치, 원자로건물 벽 관

월성 1호기 최종안전성분석보고서

통 구를 포함하여 각 전선로의 부선로 번호는 전경로에 걸쳐서 동일한 번호를 갖는다.

상이한 집단별로 다음과 같이 부선로 번호단위가 부여된다.

1-99	현장 임의 경로
100-999	원자로건물 벽관통구
1000-4999	핵증기 공급계통(AECL)
5000-6499	NSP 설계(Canatom)
6500-7999	BOP(Balnce of Plant)
	Acres Canatom
8000-8999	핵연료 기계
9000-9999	전선관을 사용한 경로

핵증기 공급계통 내에서는 다음과 같은 번호로 구분된다.

1) 제어계통

	그룹 I	그룹 II
기수 또는 제1분리계통	1000-1799	1800-1999
제2분리계통	2000-2799	2800-2999
우수 또는 제3분리계통	3000-3799	3800-3999

2) 전력계통

우수	기수
4000-4998	4001-4999

기본적으로 기수번호는 기수계통에, 우수번호는 우수계통에 쓰인다. 전력과 제어/계측계통의 식별목적으로 선로 부선로번호가 추가 부여된다. 주선로 번호와 케이블이 포설

월성 1호기 최종안전성분석보고서

된 전선로 계통내의 여러 부선로를 통하여 선로를 구분한다. 일반적으로 5자리 숫자로 구성되는 주선로 번호도 같은 방법으로 식별번호를 적용한다.

나. 케이블 번호

4자리 숫자의 BSI, 4자리숫자의 일련번호와 사이에는 “-” 부호를 갖는다. 케이블 번호는 NSSS와 BOP를 구분할 수 있도록 번호구역을 정하여 구분한다.

케이블 번호들은

0001-1999	Canatom(NSP)
2000-3999	Acres Canatom(BOP)
4000-9999	AECL

다. 케이블 종류구분

케이블의 번호는 다음과 같은 형태로 구분한다.

일련번호로는

001	에서	100	사용하지 않음 (AECL RESP)
101	에서	150	15 kV 전원 케이블 (Acres Canatom BOP)
151	에서	200	5 kV 전원케이블 (Acres Canatom BOP)
201	에서	300	480 V 전원케이블 (Acres Canatom BOP)
301	에서	400	300 V 케이블 (Acres Canatom BOP)
401	에서	500	단일 전도체들 (AECL RESP)
501	에서	600	제어케이블 (AECL RESP)
601	에서	700	예비
701	에서	800	특수케이블 (AECL RESP)
801	에서	830	특수케이블 (Acres Canatom BOP)
831	에서	900	예비(AECL RESP)
901	에서	999	케이블 집합체 (AECL RESP)

월성 1호기 최종안전성분석보고서

8.3.4 보조전력 계통

8.3.4.1 접지설비

2개의 접지계통중 주계통은 부지에 매설되어 일정간격으로 설치된 접지봉에 연결되는 다수의 나동연선으로 구성된다.

이러한 나동선은 발전소 건물을 둘러싸고 있으며, 옥외개폐소 접지 그물망과 펌프하우스까지 연결되어 있다.

모든 전기적 설비와 패널, 선반 및 건물의 철골, 계단, 탱크 등과 같은 모든 철구조물은 접지계통에 연결되어져 있다. 전기계통의 접지점 역시 여기에 포함된다.

2차 접지계통은 발전소내의 계측회로를 위하여 필요하다. 이 계통은 CDF(Control Distribution Frame)에서 절연전선으로 발전소 접지망에 한쪽만 연결되어 있다. 계측접지에 대한 설명은 DG-XX-60000-1에 기술되어 있다.

8.3.4.2 전력계통의 접지

전력계통의 접지는 다음과 같다.

345 kV	직접접지
26 kV	저항접지, 최대접지사고전류 1000A
13.8 kV	저항접지, 최대접지사고전류 1000A
4.16 kV	저항접지, 최대접지사고전류 1000A
등급 3 예비발전기	저항접지, 최대접지사고전류 600A
480 V	직접접지
직류계통	비접지

8.3.5 비상전원계통

월성 1호기 최종안전성분석보고서

비상전원계통의 배선도는 그림 8.3-1에 나타나 있다.

비상전원계통은 월성 2호기와 공유되며 다음과 같이 선택된 가상사고 도중 그리고 사고후에 그룹 1과 그룹 2 안전계통중 제한된 부속물에 전력을 공급한다.

가. 설계기준지진

나. 등급 3과 등급 4 전원상실

다. 부지설계지진을 수반하는 원자로 1기의 냉각재상실사고

비상전원계통의 목표는 아래와 같은 기능을 수행하기 위해서 안전관련계통에 전력을 공급하는 것이다.

가. 원자로의 붕괴열 제거

나. 원자로건물로부터 핵분열생성물 방출제한

다. 원자로 상태감시

지진사고는 모든 전력공급원(부지내 및 부지외)의 고장을 야기할 수 있다. 내진검증됨으로 인하여 비상전원계통은 발전소내에서 지진후 필요한 기능을 수행하기 위한 유일한 전력 공급원이다.

8.3.5.1 설계요건

안전관련계통으로서 비상전원계통은 아래와 같이 AECL 설계요건들을 만족시켜야 한다.

가. 두 그룹의 격리요건을 만족한다.

나. 장기간 붕괴열 제거능력과 그룹 2의 사고후감시계통의 기능을 제공한다.

다. 공통모드 사고에 만족한다.

라. 냉각재상실사고 후, 장기간 ECC 운전의 적절한 신뢰도를 보증한다.

다. 비상전원계통으로부터 어느 연결된 부하로의 전력공급이 10^{-2} 의 이용불능도를 가지도록 목표를 설정한다.

바. 공통모드 사고발생과 비상전원계통의 발전기 기동사이의 최대 허용된 시간은 30분이다.

사. DD-59-68900-1, Figure 4에 주어진 부하를 감당하기 위하여 각 발전기 전원공급 능력을 제공한다. 107

아. 비상전원계통의 연료공급계통은 등급 3 전원의 발전기 연료공급계통과 독립적이다.

8.3.5.2 운전요건

가. 비상조건하에서 운전자가 계통운전을 시작하기 위해서 대처하는 시간을 30분으로 제한한다.

나. 월성 1호기 각 디젤 발전기 및 부속계통은 이용불능도의 목표치인 10^{-2} 을 만족하고 준비성을 보장하기 위하여 격주간격으로 시험한다.

다. 모든 비상전원계통 기기는 중앙집중제어와 가까운 상태에서 수행될 수 있도록 제2제어지역에 위치하여야 한다.

8.3.5.3 설계설명

4.16 kV의 부하에 적합한 정격의 디젤발전기 세트가 서로 독립적으로 2대가 준비되어 있으며, 각각은 요구되는 전 부하에 전력을 공급할 수 있는 능력이 있다. 각 발전기의 기능은 자체 시동계통과 공냉식 라디에이터, 윤활 및 연료펌프, 계측 및 제어기능을 갖추고 있다.

각 디젤발전기 세트에는 자체적인 4.16 kV 개폐장치에 연결되어 있으며 다음에 전력을 공급한다.

가. 1개의 4,160/480 V, 750 kVA 변압기(비상전력공급패널용)

나. 비상상태시 비상노심냉각 펌프를 정상 등급 3 전력공급

월성 1호기 최종안전성분석보고서

또는 디젤발전기로 절체할 수 있는 4.16 kV 절체스위치
1개

다. 월성 2호기에 비상전력을 공급하기 위한 단로기 1대

비상전원계통은 2개로 중복되고 기능적으로 독립된 기기의
계열로 구성되어 있다. 각계열은 ECC 펌프모터로 4.16 kV를 공급하는 4.16
kV 스위치기어와 4.16 kV/480 V 감압전력 변압기로 이루어진다.

4.16 kV 에서 교차연결 전원공급장치가 만들어져 있다. 키 작
동스위치는 2개 전원의 병렬운전 가능성을 방지한다.

4,160/480 V, 750 kVA 변압기는 480 V 3상 배전패널에 연결
되어 있으며 다음에 전력을 공급한다.

가. 단상 120 V 교류전환용의 15 kVA 변압기

나. 48 V 직류 전환용의 9.6 kW 정류기 1대, 계측 및 제어를
위한 전력을 공급한다.

다. 비상노심냉각밸브를 위한 기동기에 필요한 480 V, 각 기
동기는 정상 등급 2 전원으로부터 비상전원공급으로 절체
하기 위한 절체스위치를 갖추고 있다.

라. 비상전원공급과 제2제어지역에 있는 비상등과 난방을 위
한 서비스 패널 1대

마. 기수/우수 디젤발전기 부속장치에 전원을 공급하기 위한
서비스 패널 1대

480 V 및 그 이하의 전기부하는 연결차단기의 작동에 의해
어느쪽 변압기든 이로부터 공급될 수 있다. 키 작동 스위치는 변압기의 병렬
운전을 방지한다.

보조건물 지하에 있는 비상노심냉각펌프에 인접한 절체스위
치를 제외하고, 전 비상전원계통과 제2제어지역은 원자로건물로부터 'A' 방

월성 1호기 최종안전성분석보고서

향으로 분리되어 위치하고 있다.

8.3.5.3.1 설계용량

월성 1호기의 각 비상전원공급 디젤발전기의 공칭정격은 2시간 당 20% 과부하 용량을 가진 1000 kW이며 0.8의 역률을 가진다.

8.3.5.3.2 연동 및 보호

4.16 kV 기수 및 우수 스위치기어로 전력을 공급하는 유입 차단스위치는 모선연결 스위치 (기수 및 우수 모선사이)와 키로 연동되어 있다. 이 연동은 유입 스위치중 하나의 최초 개방 없이는 모선연결 차단스위치가 폐쇄되는 것을 금지함으로서 기수 및 우수전원의 병렬운전을 방지한다. 유사한 키 연동배열이 480 V 스위치기어에 존재한다.

월성 1호기 디젤 발전기는 발전기와 전기적 결함을 방지하는 외부로 연결된 배선을 보호하기 위하여 서로 다른 보호장비가 갖추어져 있다. 디젤 발전기는 또한 과전류, 과전압, 저전압 및 접지고장으로부터 보호된다. 비상전원 공급계통의 분배계통은 퓨즈에 의해 보호된다. 디젤엔진은 과속으로부터 보호장비가 갖추어져 있다.

이 계통은 또한 여러 운전상태에 대한 경보를 발한다. 비상조건하에서 운전되는 동안 과속을 제외한 모든 보호장치는 우회된다.

8.3.5.4 내진검증

비상전원공급(EPS) 디젤발전기 집합체, 부속물 및 배전계통의 기기부품들은 내진검증되어서 설계기준지진동안 및 이후에 안전기능을 시작하고 수행할 수 있다.

8.3.5.5 신뢰도 해석

비상전원공급(EPS) 계통에 대해서 수행한 신뢰도 해석으로부터

터 이 계통은 이용불능도의 목표치인 10^{-2} 을 만족시키는 것으로 판명되었다.

8.3.5.6 시험요건

이용불능도의 목표치인 10^{-2} 을 만족시키기 위하여 각 비상전원계통 디젤발전기 집합체(우수와 기수)와 부속 분배계통은 격주간격으로 시험된다.

시험기간동안 디젤발전기 집합체 또는 분배계통이 기능을 상실할 경우, 다른 채널의 시험주기는 매주 1번씩 수행하여야 한다. 2개의 디젤발전기 모두 또는 분배채널 모두가 고장날 경우 원자로는 48시간 이내에 정비되지 않으면 원자로는 운전정지되어야 한다.

8.3.5.6.1 디젤발전기와 분배계통의 시험

월성 1호기 비상전원계통 디젤엔진은 2시간동안 부하 운전되어야 한다. 저부하 상태의 운전을 피하기 위하여 EWS 펌프모터 또는 ECC 펌프모터 또는 별도의 부하를 연결할 수 있다.

이 외에 매 계획예방정비기간마다 이 집합체가 8시간 동안 아래 기기와 연결되어 운전되도록 권고한다.

가. 한 대의 ECC 펌프 모터

나. 한 대의 EWS 펌프 모터

다. 전동 및 공기조화 부하

시험을 계통의 전원이 가압되기 전에 분배기준들의 어떤 손상이나 느슨한 연결 또는 접촉불량 등이 점검되어야 한다.

8.3.5.6.2 EPS 디젤발전기 시동을 위한 연속전지의 검사와 시험

EPS 디젤발전기 검사와 시험절차는 다음과 같다.

▪ 검사

가. 격주별

축전지의 일반적인 검사는 각 디젤발전기 집합체의 주기적 시험기간 동안 아래사항들을 점검하고 기록하기 위하여 격주간격으로 수행되어야 한다.

1. 축전지의 충전기 출력전류/전압과 축전지 단자에서 전압
2. 축전지 단자 및 저장대의 일반적인 외관과 청결도, 주위공기온도 및 환기상태
3. 전해용액 레벨, 누설, 파단 및 부식에 대한 어떠한 조

검

나. 분기별

적어도 3개월에 한 번씩 개별 축전지 전압, 단자전압, 비중, 전해액 온도를 점검하고 기록을 남겨야 한다.

다. 매 계획예방정비

매 계획예방정비 시 전지의 상태, 전지와 전지간의 연결 저항과 축전지 저장대의 건전성을 점검하고 기록하여야 한다.

▪ 시험

주기적인 검사 외에 5년마다 각 축전지는 축전지 용량시험을 거쳐야 한다. 최초의 축전지 허가시험은 제작자의 시설에서 수행되며 최초 2년 사용기간 동안 성능용량 시험이 따라야 한다.

성능용량 시험동안 축전지(제작자의 추천을 받은)는 일정한 전류상태 하에서 방전될 것이며 개별 축전지 전압이 10.5 Volt로 떨어지는 실제 시간이 기록될 것이다. 어떤 주어진 방전시간의 백분율로 표시된 실제 방전시간은 축전지의 용량을 나타낸다.

축전지에 대한 연간 성능시험은 예상수명의 85 %에 도달하거나, 이전시험 용량보다 10 % 감소, 또는 90 % 용량에 도달시 시행하며 80 % 이하로 떨어졌을 때에는 교체되어야 할 것이다.

외부 공급전원이 전혀 없는 상태에서도 비상디젤발전기를 기동할 수 있도록 축전지에 항상 충분한 양의 전력이 충전되어 있어야 한다. 비상상황에서 비상전원계통의 전력이 요구되어지면, 운전자는 기동스위치를 작동하여 제2제어지역으로부터 30분 내에 발전기를 가동시켜서 4.16 kV와 480 V 모선들을 가압시킬 것이다.

8.3.6 케이블

8.3.6.1 케이블 설계

월성 1호기 케이블의 설치와 적용은 다음 표준과 규격요건에 따른다.

- 캐나다 표준규격 (CSA)
- Insulated Power Cable Engineers Association (IPCEA)
- Instrument Society of American (ISA)
- AECL 설계지침 DG-XX-57000-2

월성 1호기 케이블설계는 캐나다 Gentilly 2호기와 동일하게 다음의 요건에 의하여 설계되었다.

- 가. DC-0059-57000-01 케이블 포설 및 격리
- 나. DC-0059-57020-01 전기기기와 케이블의 번호체계
- 다. DC-0059-57100-01 전력케이블
- 라. DC-0059-57200-01 제어케이블
- 마. DG-XX-57000-1 제어 및 전력케이블의 포설 및 격리요건들
- 바. DG-XX-68000-7 안전관련 공정설비의 위치와 격리요건

안전관련 모든 계통의 케이블들은 DG-59-68000-2에 의하여

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

월성 1호기 최종안전성분석보고서

내진등급을 갖는다.



8.3.6.2 케이블 및 화재보호

안전 및 비안전관련 케이블에 대한 화재 방지 및 보호를 위해서 트레이(Tray)내 케이블들에는 화재 지연재(Fire retardant)와 자체 소화 능력의 특성을 가진 케이블들이 포설된다.

8.3.7 월성 이동형 발전차 설비

8.3.7.1 배경

트럭 또는 트레일러에 탑재된 4.16kV 이동형 발전기가 부지별로 1대 확보 된다. 월성 이동형 발전차는 소내정전사고와 동시에 예비디젤발전기(SDG) 및 비상전원공급(EPS) 디젤발전기 전원이 장기간 이용불능인 조건에서 충분한 길이의 전원케이블을 사용하여 발전소의 필수부하에 전원을 공급한다. 월성 이동형 발전차는 연속운전 정격 3,200kW이다. 전원 연결점은 다음과 같다.

가. Turbine Building(T-111)의 경우 5323-BUE 또는 5323-BUF 모선에 전원을 공급한다.

나. SCA Room(S-171) 경우 52900-PL1465 또는 52900-PL 1466 모선에 연결한다.

8.3.7.2 설계기준

월성 이동형 발전차의 적용은 다음과 같은 설계기준에 따른다.

가. 후쿠시마 원전사고 후속조치로서 건물방수에 의해 전원공급설비(비상전원공급 디젤발전기, 예비디젤발전기, 전원공급배전반)의 건전성이 확보될 경우에는 현재의 전원계통만으로도 다양한 사고 시나리오에 대한 대처가 충분하나, 예상치 못한 전원상실을 고려하여 부지별로 1대의 이동형 발전차 확보함으로써 안전성을 증대시킨다.

나. 월성 이동형 발전차는 3상/4.16kV/60Hz 이며, 용량은 연속 운전 3,200kW 정격으로 72시간 이상 연속운전이 가능하도록 한다.

다. 월성 이동형 발전차는 후쿠시마 원전사고와 같은 장기 소내 정전사고에 대처하기 위한 비상용 설비이므로 품질등급 S로 설계한다.

라. 월성 이동형 발전차는 후쿠시마원전 사고를 교훈삼아 침수에 안전한 지대에 보관하고, 필요시 전원공급이 가능한 접속 지점으로 이동하여 임시케이블 연결 후 전원을 공급한다.

마. 월성 이동형 발전차는 전원상실 후 2시간 이내에 전원공급이 가능하도록 한다.

8.3.7.3 장기 소내정전사고(SBO) 대처분석

222

8.3.7.3.1 대처시간

월성 이동형 발전차는 소내정전사고에 대처하기 위해 설치된 예비디젤발전기(SDG) 및 비상전원공급(EPS) 디젤발전기까지 이용불능인 상황에서 발전소 안전성 확보에 필수적인 전원을 공급하고, 노심손상을 방지하기 위해 원자로냉각재의 자연순환냉각을 유지할 수 있도록 하기위한 설비에 전원을 공급한다.

월성 이동형 발전차는 1시간 용량의 자체연료탱크가 설치되어 있으며, 72시간 이상 연속운전이 가능하도록 설계되어 있다. 월성 이동형 발전차는 1시간 이상 장기간 운전이 필요한 경우에도 연료 수동 이동 등을 통해 연속운전이 가능하다.

8.3.7.3.2 대처능력

월성 이동형 발전차의 장기 소내정전사고 대처능력에는 다음 사항이 고려되었다.

가. 소내정전사고 발생과 동시에 예비디젤발전기 및 비상전원 공급 디젤발전기의 이용이 장기간 불가능한 경우에 발전소 필수설비에 전력을 공급하기 위하여 월성 이동형 발전차를 확보한다.

나. 월성 이동형 발전차의 용량은 장기 소내정전사고시 공급할 필수부하 용량을 고려하여 3,200kW로 선정한다.

다. 장기 소내정전사고가 발생하면 월성 이동형 발전차를 전원 공급 지점으로 이동시킨 후 임시 전원케이블과 별도의 연결 단자함을 사용하여 Turbine Building(T-111)의 경우 5323-BUE 또는 5323-BUF 모선에 전원을 공급하고, SCA Room(S-171) 경우 52900-PL1465 또는 52900-PL1466 모선에 전원을 공급하며 연결 후에는 수동으로 발전기 기동 및 순차적으로 부하를 투입한다.

라. 월성 이동형 발전차 배치위치에서 임시전원 접속함까지의 임시전원 케이블 길이는 충분한 여유를 고려하여 최대 70미터 이다.

마. 월성 이동형 발전차는 자체연료탱크에 1시간 운전용량의 연료를 저장하고 있으며, 추가 연료가 공급되면 200hr 연속운전이 가능하다.

바. 월성 이동형 발전차는 침수에 안전하도록 발전소 부지중 고지대에 보관하며, 이동의 편의성, 신속성 및 보관 적합성 등이 고려된 장소에 보관한다.

사. 월성 이동형 발전차는 기존의 도로망을 이용하며, 임시 전원 접속지점은 전원수전설비와 최단거리 유지가 가능한 지점(비상전원공급 디젤발전기 건물 또는 예비디젤발전기 건물 인근)으로 선정한다.

8.3.7.4 주기기시험

월성 이동형 발전차는 제작자지침서에 따라 주기적인 시험을 수행하여 운전가능함을 입증한다.

8.3.8 필수정보제공계통 전원 설비 보장

8.3.8.1 배경

지역공기냉각기(LAC) 및 필수정보제공계통 부하 전원 공급을 위한 3상/480V/60Hz, 500kW 저압(480V)용 이동형 발전차를 부지별로 1대 확보한다.

저압(480V)용 이동형 발전차에 구비된 480V/120V, 30kVA 변압기를 통해 필수정보제공계통에 전원을 공급한다.

8.3.8.2 목적

후쿠시마 원전사고 후속조치로서 건물방수에 의해 전원공급설비(비상전원공급 디젤발전기, 예비디젤발전기, 전원공급배전반)의 건전성이 확보될 경우에는 현재의 전원계통만으로도 다양한 사고 시나리오에 대한 대처가 충분하나, 예상치 못한 필수정보제공계통의 전원상실을 고려하여 월성 1,2,3,4호기에 공용으로 1대의 저압(480V)용 이동형 발전차를 확보함으로써 필수정보제공계통의 전원 신뢰도를 증대시킨다.

8.3.8.3 전원공급 및 보관위치

8.3.8.3.1 전원공급

저압(480V)용 이동형 발전차는 예비디젤발전기(SDG)가 이용불능인 상황에서 발전소의 필수정보를 비상대응조직에 지속적으로 제공할 수 있도록 전산기모니터와 제어용 전산기(DCCX,Y), 원격감시설비에 비상전원을 공급한다.

8.3.8.3.2 보관위치

저압(480V)용 이동형 발전차의 보관위치는 다음 사항이 고려되었다.

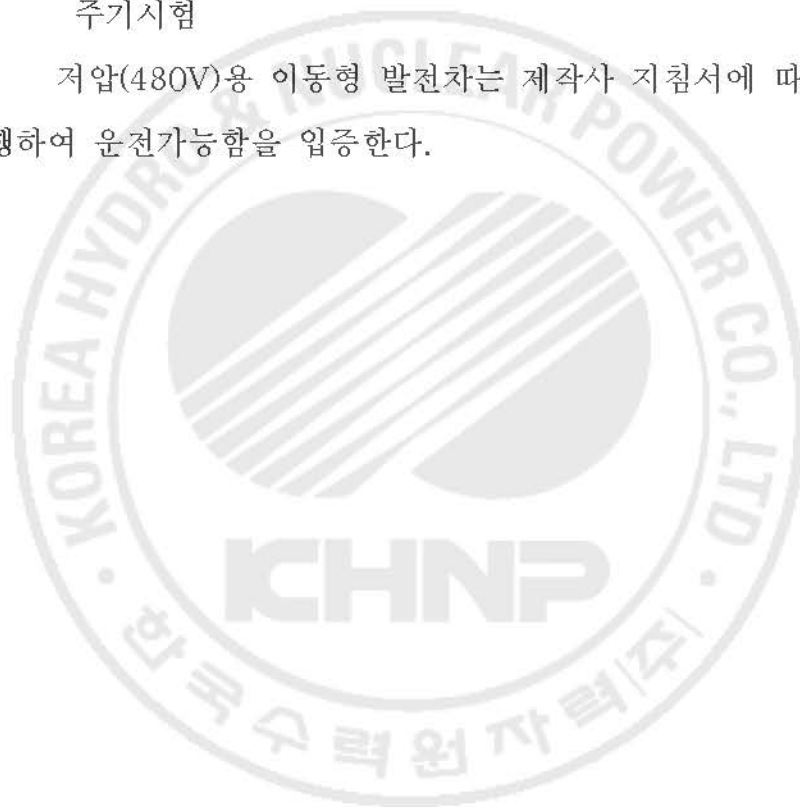
가. 저압(480V)용 이동형 발전차는 침수에 안전하도록 발전소 부지 중 고지대에 보관하며, 이동의 편의성, 신속성 및 보관 적합성 등이 고려된 장소에 보관한다.

나. 저압(480V)용 이동형 발전차는 기존의 도로망을 이용하여 이동하며, 전원공급지점은 전원수전설비와 최단거리 유지가 가능한 지점으로 선정한다.

253

8.3.8.4 주기기시험

저압(480V)용 이동형 발전차는 제작사 지침서에 따라 주기적인 시험을 수행하여 운전가능함을 입증한다.



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보 공개용으로 작성한 문서입니다.

월성 1호기 최종안전성분석보고서



그림 8.3-1 월성 1호기 비상전력 공급선도

월성 1호기 최종안전성분석보고서

표 8.3-1 등급 3 전원 부하접속 순서

시간(초)	동작순서	부하	hp	kW	누 계 (KW)		비 고
					LOV	LOCA+LOV	
			-	1198	1198	1198	
			-	-	-	-	
			300	255	1453	1453	
			700	564	-	2017	▷ ECC P/P Not Run at LOV
			-	-	-	-	
			200	182	1635	2199	
			-	-	-	-	
			150	117	1752	2316	
			1025	751	2503	3067	
			-	-	-	-	
			300	267	-	-	▷ SDCP Only Operation at long term LOV
			1125	885	3388	3952	
			-	-	-	-	
			200	150	3538	4102	
			1100	856	4394	4958	
			420	334	4728	5292	
			(100)	(81)	(4475)	(5039)	
			500	396	5124	-	▷ HTFP Not Run at LOCA + LOV
			200	170	5294	5462	
합계	-	-	-	-	5294 (5041)	5462 (5209)	* () 값은 Odd Bus 합계 부하 용량

월성 1호기 최종안전성분석보고서

8.4 참고문헌

표준규격

- | | | |
|-------|-----------------|--|
| 8.4-1 | IEEE 80: | IEEE Guide for Safety in Alternating Current Substation Grounding, 1976 |
| 8.4-2 | IEEE Std 142: | IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems, 1972 |
| 8.4-3 | NFPA No. 78: | Lighting Protection Code, 1975 |
| 8.4-4 | CSA C9: | Dry Type Transformer |
| 8.4-5 | CSA C22.1: | Canadian Electrical Code, 1975 |
| 8.4-6 | CSA Z299.4: | Inspection Program Requirements |
| 8.4-7 | ANSI C37.010: | Application Guide for AC HV Circuit Breakers Rated on Symmetrical Current Basis |
| 8.4-8 | ANSI C37.13: | Low Voltage AC Power Circuit Breakers and in Enclosures |
| 8.4-9 | IPCEA P-54-440: | Insulated Power Cable Engineers Association |

설계지침

- | | | |
|--------|-----------------|--|
| 8.4-10 | DG-59-52000-1: | Class III Power Requirements for Standby Generator Loads and Load Sequencing |
| 8.4-11 | DG-59-55000-1: | Design Guide, Uninterruptible Power Supply |
| 8.4-12 | DG-59-57000-01: | Routing Separation Requirements for |

월성 1호기 최종안전성분석보고서

		Control and Power Cabling
8.4-13	DG-59-68000-3:	Wolsung-1 NPP Environmental Qualification of Safety Related Systems
8.4-14	DG-59-68000-5:	Location and Separation Requirements for Safety Systems
8.4-15	DG-59-68000-2:	Seismic Classification of Safety Related Systems
8.4-16	DG-XX-60000-1:	Instrumentation Grounding Requirements for CANDU PHWR 600 MWe Stations
8.4-17	DG-XX-57000-1	제어 및 전력케이블의 포설 및 격리 요건들
8.4-18	DG-XX-57000-2	AECL 설계지침
8.4-19	DG-XX-68000-7	안전관련 공정설비의 위치와 격리요건
	<u>설계기준</u>	
8.4-20	DC-0059-51000-01:	Main Power Output System
8.4-21	DC-0059-51000-02:	Unit #1 and associated Transformer Protection
8.4-22	DC-0059-50510-01:	Design Criteria for Class IV System
8.4-23	DC-0059-52000-01:	Design Criteria for Class III System
8.4-24	DC-0059-55000-01:	Design Criteria for Class I and II Power System
8.4-25	DC-0059-53000-02:	Design Criteria for Class III and IV Transfer System and Synchronizing
8.4-26	DC-0059-54300-01:	Design Criteria for the 480 V Class

월성 1호기 최종안전성분석보고서

III and IV Plant Distribution system

8.4-27	DC-0059-57000-01:	Cable Routing & Separation
8.4-28	DC-0059-57020-01:	Electrical Equipment and Cable Numbering System
8.4-29	DC-0059-57100-01:	Power Cables
8.4-30	DC-0059-57200-01:	Control Cables
8.4-31	DC-0059-58000-01:	Station Grounding
8.4-32	DC-0059-52200-50:	Diesel Fuel Oil Storage System

설계설명서

8.4-33	DM-0059-51000-01:	Main Power Output System
8.4-34	DM-0059-52000-01:	Class III Standby Generator System and Diesel Fuel Oil System
8.4-35	DM-0059-53000-01:	Station Primary Distribution
8.4-36	DM-0059-54000-01:	Station Secondary Distribution
8.4-37	DM-0059-55000-01:	Uninterruptible Power Systems
8.4-38	DM-0059-57000-01:	Cabling System
8.4-39	DM-0059-57100-01:	Power Cables
8.4-40	DM-0059-58000-01:	Grounding Systems
8.4-41	DM-0059-67147-01:	Fire Detection & Alarm System
8.4-42	DM-0059-71400-01:	Inside Fire Protection of Service Building
8.4-43	DM-59-68900:	Safety Related Systems and the Two Group Separation Philosophy
8.4-44	DE-0059-53000-03:	Design Description, 13.8 kV and 4.16 kV Class III and IV Power Distribution Systems

월성 1호기 최종안전성분석보고서

- 8.4-45 DE-0059-56000-03: Design Description, Balance of Lighting System for Switchyard
- 8.4-46 DE-0059-50520-01: Wolsung-1 Nuclear Power Plant Load Flow Study
- 8.4-47 DE-0059-53000-03: 13.8 kV and 4.16 kV, Class III & IV, Power Distribution Systems
- 8.4-48 DE-0059-52000-02: Class III Standby Generator System
- 8.4-49 DD-0059-52900: Design Description Emergency Power Supply System
- 8.4-50 DD-0059-66600: Design Description Secondary Control Area
- 8.4-51 DR-0059-50510-04: Wolsung-1 Nuclear Power Plant, Transient Study and Bus Transfer to Alternate Off-Site Power
- 8.4-52 DR-0059-50500-01: Wolsung-1 Nuclear Power Plant, Power Distribution System
- 8.4-53 DR-0059-53000-01: Wolsung-1 Nuclear Power Plant, 13.8 kV and 4.16 kV, Class III and IV Power Distribution Systems
- 8.4-54 DR-0059-56000-02: Wolsung-1 Nuclear Power Plant, 480 V Class III and IV Plant Distribution
- 8.4-55 DR-0059-50510-02: Wolsung-1 Nuclear Power Plant Short Circuit Study

기타

- 8.4-56 Instruction Manual from NEI Parsons for 680 MWe

Generator

- 8.4-57 Instruction Manual from GEC Switchgear Ltd.
- 8.4-58 Instruction Manual from GEC Transformers Ltd.
- 8.4-59 DD-59-68900-1: Safety Related Systems and the
Two Group Separation Philosophy

전력산업기술기준(KEPIC)

- 8.4-60 KEPIC EED-1100 : AC HV Circuit Breakers Rated on
a Symmetrical Current Basis
- 8.4-61 KEPIC EEE-3000 : Metal-Clad Switchgear
- 8.4-62 KEPIC EEE-4000 : Panel Boards
- 8.4-63 KEPIC EEF-1000 : Relays and Relay Systems
Associated with Electric Power
Apparatus
- 8.4-64 KEPIC EMC-3000 : Enclosures for Electrical Equipment

171