

'99 추계 학술발표회 논문집
한국원자력학회

월성 1호기 발전소 고유기술배경서 개발 Development of Wolsong-1 Plant-Specific Technical Guidelines

김성래, 박성훈, 권종수, 이정표, 성강식, 이상근, 서종태

한국전력기술(주)
대전광역시 유성구 덕진동 150

정백순, 안남성, 신명진, 조병덕, 황민영

한전전력공사

요 약

월성 1호기 비상운전절차서의 기술적 배경 문서인 발전소 고유기술배경서는 월성 2,3,4호기 비상운전지침서를 근간으로 월성 1호기의 설계 차이점 및 발전소 운전 경험 등을 반영하여 개발되었다. 이중 월성 1호기 비상운전지침서는 징후 지향적 지침서와 사건 지향적 지침서를 근간으로 하여 총 15종의 합성-상태 지향적 지침서 형태로 구성되어 있다. 비상운전지침서는 논리도 형태를 채택하여 비상 상태 시 운전원이 발전소 상태를 정확하게 진단하고 사고 완화를 위한 조치를 취하여 발전소를 안정화된 상태로 이끌 수 있도록 작성되었다. 월성 1호기 발전소 고유기술배경서 개발이 완료됨에 따라 발전소 과도 및 비상 상태시 운전원이 발전소를 복구하는 데 사용되는 비상운전절차서의 기술적 배경을 완비하게 됨으로써 월성 1호기의 발전소 안전 운전성을 제고할 수 있게 되었다.

Abstract

The Plant-Specific Technical Guidelines(PSTG) for Wolsong nuclear power plant unit 1 was developed to provide technical background for the plant-specific Emergency Operating Procedures(EOP). The development of the Wolsong 1 PSTG is based on the Wolsong 2, 3 & 4 abnormal operating manuals approved by KINS as a Generic Technical Guideline(GTG) for CANDU reactors in Korea. The Wolsong 1 Emergency Operating Guidelines(EOG) reflect the plant operating experiences and the differences in design features from Wolsong 2, 3 & 4. The Wolsong 1 EOG consists of two symptom-based guidelines and thirteen specific event-based guidelines. The adopted formatting of Wolsong 1 EOG is logic diagram which provides a operator clear directions to enhance comprehensive understanding under emergency conditions. The developed Wolsong 1 PSTG provides response strategy for mitigating the consequences of upset and emergency events and enhances the plant safety operation capability.

1. 서론

월성 1호기는 캐나다에서 일괄 도입방식으로 도입되어, 설비 공급 시 주어진 운전문서를 이용하여 발전소 자체적으로 작성한 비상운전절차서(EOP)를 사용하여 왔으나, 이는 사건지향적(Event-oriented)인 비상운전절차서로만 구성되어 있어 TMI 사건 이후 전세계적 추세인 징후지향적(Symptom-oriented) 비상운전절차서와는 차이가 있다. 이에 따라, 1990년대 초 IAEA 운전안전점검팀(OSART)은 월성 1호기 특별 점검에서 비상운전절차서를 사건 지향적 절차서 형태에서 징후 지향적 절차서로 전환하도록 권고하였으며[1], 국내 규제기관에서도 동일한 지적과 함께 비상운전절차서의 기술적 근거를 확보하도록 요구하였다[2]. 또한, 캐나다 비상운전절차서 기술기준 A.2.2 항목에 따르면 과도상태 및 사고 상황에 대한 효과적인 대응전략을 수립하려면 사건지향적 절차서 뿐만 아니라 징후지향적 절차서를 동시에 갖추도록 요구하고 있다[3]. 국내에서는 1997년 캐나다 기술 기준 “표준 비상운전절차서 작성”에 근거하여 월성 2,3,4 호기 비상운전지침서(Abnormal Operating Manuals; 영문 용어 표현에 있어 국내 다른 발전소와 혼동을 줄 우려가 있다는 규제기관의 권고로 Emergency Operating Guidelines(EOG)로 변경하였음을)를 개발 완료하고[5], 규제기관으로부터 국내 중수로의 일반기술지침서(GTG)로 인정받았다.

본 논문에서는 월성 1호기 발전소 고유기술배경서를 개발 시에 사용된 중수로 비상운전지침서의 특징을 검토한 후 월성 2,3,4 호기와 설계 특성 차이에 따른 운전전략 변경 및 운전 경험에 따른 운전전략 변경 내용에 대하여 기술하였다.

2. 중수로 비상운전지침서의 특징

비상운전지침서의 종류 및 구성

국내 중수로의 비상운전지침서는 징후 지향적 지침서 2종과 합성-상태 지향적 지침서 13종으로 구성되어 있다. 13종인 합성-상태 지향적 지침서는 고장 또는 사고시 운전원 조치 사항이 적절히 수행되지 않았을 경우 핵연료 건전성에 위협을 주는 고장 및 설계기준 사고를 모두 포함하고 있으며, 징후 지향적 지침서는 필수안전변수 감시 및 회복에 근거하여 발전소 안전성 감시를 위한 지침서이다. 국내 중수로 비상운전지침서의 세부 지침서의 구성 및 적용 우선 순위는 다음과 같다.

<u>적용우선순위</u>	<u>지침서 종류</u>	<u>지침서 명</u>
EOG-1	징후 지향	출력 감발 시 우선 조치
EOG-2	"	필수안전변수 감시 및 회복
EOG-3	합성-상태 지향	대형 냉각재 상실사고+자동 비상노심냉각계통 주입
EOG-4	"	일차계통 냉각재 누설사고
EOG-5	"	급수상실사고
EOG-6	"	주증기관 파열사고
EOG-7	"	등급4전원 및 등급3전원 상실사고
EOG-8	"	증기발생기 세관 파열사고
EOG-9	"	냉각수계통 상실사고
EOG-10	"	제어공기 상실사고

EOG-11	“	감속재계통 상실사고
EOG-12	“	감속재상승기계 계통 상실 사고
EOG-13	“	종단차폐 냉각 상실사고
EOG-14	“	전산제어 상실사고
EOG-15	“	등급4전원 상실 사고

비상운전지침서 형태

국내 중수로의 비상운전지침서는 주논리도(Main Logic)와 이에 대한 기술적 타당성 및 배경을 문서화한 기술배경서(Technical Bases Document)로 구성되어 있다. 운전원 조치사항에 대한 기술 방식으로는 국내의 경수로 원전과는 달리 주논리도 형태를 채택하였는데, 주논리도는 진입조건, 조치단계, 단계별 운전 조치로 구성되어 있다. 일반적으로 논리도 형태의 운전절차서는 현재 운전원이 취하는 조치사항이 무엇이고, 조치 사항을 취하는 이유 및 앞으로 운전원이 행해야 하는 운전 단계를 빠르게 이해할 수 있다는 장점이 있다. 반면에 조치 사항이 단순하고 절차서에 명기된 조치사항이 실패할 경우 다른 선택적 조치사항을 기술함에 있어서 제한적이다. 따라서, 논리도의 단계별 운전 조치사항에 운전원이 수행할 수 있는 선택적 운전 방법을 추가함으로써 논리도의 단점을 보완하였다.

기술배경서는 해당 비상운전지침서의 단계별 운전원 조치사항 및 상세 조치항목 등의 수행 목적, 조치사항에 대한 기술적 배경 등을 상세히 기술함으로써 비상운전절차서 작성의 기술적 타당성 및 배경을 제공하도록 작성되었으며, 비상운전절차서 개선 및 운전원 훈련 등의 기초 자료로 사용된다.

비상운전절차서 진입조건 선택

비상운전절차서로의 진입조건은 많은 요소를 고려하여야 선택해야 한다. 중수로 비상운전지침서에서 고려된 사항은 다음과 같다. 제 일 요소는 단순성이다. 운전원은 비상 상태가 발생하였을 경우 이와 관련된 문서를 참조하지 않고도 쉽게 비상운전절차서로 진입할 수 있어야 한다. 그러므로, 운전원이 배전반 제어판 창을 통해 쉽게 인지할 수 있도록 진입조건을 선정하였는데, 각 비상운전절차서로의 진입조건은 표 1에서 보는 바와 같이 각 사건을 대표할 수 있는 최소한의 진단 변수를 선정하여 운전원이 쉽게 암기할 수 있도록 구성하였다. 제 이 요소는 차별성으로 비상운전절차서 진입에 있어 혼돈을 줄이기 위해 중복되는 변수를 가능한한 최소화하였다. 제 삼 요소는 제 일 요소와 제 이 요소간의 일관성으로 각 비상운전절차서에서 다루고 있는 사건의 추이를 직접적으로 확인 점검할 수 있도록 관련 계측기 및 CRT 경보를 선정하였다. 그러므로, 사건 또는 사고 발생에 따른 후속 사항으로 발생하는 경보 등을 가급적 배제하였다.

비상운전 운전전략 및 필수안전변수 선택

중수로 비상운전지침서에서는 발전소 안전성 감시 및 대중으로의 방사능 누출 완화에 큰 영향을 미치는 운전변수를 필수안전변수(Critical Safety Parameter)로 선정하여 과도상태 발생 시 발전소 안전 상태 확인 및 회복의 척도로 사용하며, 비상운전지침서는 이들 필수안전변수 감시 및 회복에 근거를 두고 작성되었다. 중수로 비상운전지침서 작성 시에 고려된 운전원 조치사항의 우선 순위는 원자로 미임계 상태 확보를 위한 원자로 제어(Control) 운전, 열 제거원 확보를 통한 핵연료 냉각(Cool) 운전과 공중으로의 방사성 누출 최소화 및

원자로 건물 건전성 확보를 위한 원자로건물(Contain) 조치사항 등을 고려한 “Triple C(3C)” 운전전략을 채택하였다[3]. 모든 절차서에서 “3C” 원칙을 준용함으로써 운전조치단계 및 발전소 안전성 감시를 위한 필수안전변수 감시 및 회복에 일관성을 두었다. 징후지향적 절차서 개발에 있어 필수안전변수의 선택은 매우 중요하다. 중수로 비상운전지침서에서 사용한 필수안전변수는 안전성 감시를 위한 필수안전변수와 열 제거원 감시 및 확보를 위한 필수안전변수의 두 가지로 분류할 수 있다. 비상운전 전략은 이들 안전성 감시 필수안전변수를 만족할 만한 상태로 회복시키고 비상 또는 과도상태 시 열 제거원 필수안전변수 감시에 따라 적절한 열 제거원 확보에 중점을 두도록 작성되었다. 안전성 및 열 제거원 감시 필수안전변수는 표 2에 제시하였다.

비상운전시 열 제거원 사용 우선순위

중수로의 특징 중 한가지는 감속재 및 냉각재로 중수를 사용하는 반면 비상노심냉각계통의 수원은 경수를 사용한다는 것이다. 중수로에서 경수가 노심 내로 주입되면 이는 독물질 및 냉각재로 작용한다. 한편, 부적절한 운전으로 비상노심냉각계통이 작동될 경우 막대한 경제적 손실을 야기시킬 수 있다. 따라서, 중수로 비상운전지침서에서는 비상노심냉각계통이 자동으로 작동되지 않는 한 최종 열제거원 확보용으로 남겨두었다. 발전소 운전 상태 및 사고 종류에 따른 열 제거원 사용 전략은 표 3에 제시하였다.

비상노심냉각계통은 냉각재상실사고(LOCA) 발생 시 핵연료의 건전성확보를 위한 열 제거원(Heat sink) 용으로 설계되어 있다. 그러므로, 냉각재상실사고 시 어떤 열 제거원보다 비상노심냉각계통 운전 확보가 운전원 조치사항 중 우선 순위를 갖는다. 비상노심냉각계통 이외에도 보일러(혹은 증기발생기)를 사용하는 것도 일차냉각계통(PHTS) 냉각에 상당한 기여를 하고 있으며, 저온상태에서는 정지냉각계통(SDCS)이 사용된다. 또한, 냉각재상실사고 및 비상노심냉각계통 고장 시에도 열 제거용 보조수단(back-up)용으로 감속재를 고려하였는데, 감속재 재고량은 260톤으로 노심 냉각을 위한 제4의 열제거원으로 고려될 수 있다. 비냉각재상실사고 시에는 보일러 및 정지냉각계통이 열제거원으로 사용된다.

3. 월성 1호기 발전소 고유기술배경서 개발

월성 1호기 발전소 고유기술배경서는 월성 2,3,4호기 비상운전지침서를 GTG로 선정하여 개발되었다. GTG를 참조하여 개발됨으로써 발전소 고유기술배경서는 월성 1호기 고유 비상운전지침서(Wolsong-1 Plant-Specific EOG), GTG로부터 고유 비상운전지침서로 전환하는 과정에서의 차이점(Step Deviation Report, SDR) 및 설정치 계산 근거(Setpoint Accuracy Report, SAR)의 세가지 문서로 구성되었다. 이중 월성 1호기 고유 비상운전지침서는 후행 호기의 설계 feedback 사항, 국내외 운전전략 개선사항 및 운전 경험 등을 반영하여 개발되었으며[6], SDR은 월성 2,3,4호기 비상운전지침서와의 차이점에 대한 기술적 평가, 분석자료, 운전원에게 제시되는 정보 및 제어요건을 확인하기 위해 사용된 과정에 대한 설명 등을 기술한 문서이다[7], SAR은 월성 1호기 비상운전지침서에서 사용하고 있는 각종 설정치 선정배경 및 설정치 작성에 사용되는 계측기 오차 등을 기술한 문서이다[8].

월성 1호기 비상운전지침서의 비상운전절차에 영향을 주는 사항은 주로 월성 2,3,4 호기와의 설계특성 차이로 인한 운전절차 변경 사항이며, 이외에도 국내외 비상운전에 대한 운전 경험 반영으로 인한 운전원 조치사항 등이다. 월성 1호기 고유 비상운전지침서 작성 시의 주요 변경 사항 및 기술적 배경은 다음과 같다.

운전 경험 반영에 따른 운전전략 개선

국내외 비상운전절차서의 검토 및 운전경험 등을 토대로 월성 2,3,4 호기 대비 월성 1호기의 비상운전지침서 운전전략에 대한 주요 변경 사항은 아래와 같다.

- 1) 사고 진단 및 절차서 진입(EOG-1)에 있어 우선 순위를 등급 4 전원사고(EOG-15)보다 등급 4 전원 및 등급 3 전원 상실 사고(EOG-8) 진단을 먼저 수행하도록 개정하였다. 이는 노심 손상 완화 측면에서 보다 적절한 것으로 판단된다.
- 2) 대형 냉각재 상실사고 및 자동 비상노심냉각계통 작동 시(EOG-3) 건전루프와 파단루프를 구분하는 절차를 삽입하여 다음과 같이 운전절차를 개선하였다.
 - 건전루프와 파단루프 판단 이전에는 보일러를 사용하는 냉각 능력을 최대한 확보하여 건전루프의 원자로출구모관(ROH) 온도를 150 °C 이하로 감소시킨다.
 - 저압 안전주입 단계에서 건전루프와 파단루프를 판단한다. 루프 판별에는 ROH 압력, ROH 온도 및 채널 온도 등을 종합적으로 고려하여 판단한다.
 - 건전루프와 손상루프가 명확하게 구분되고, 두 루프가 확실하게 격리되었을 경우에는 다음과 같이 냉각운전 방법을 구분하여 조치한다.
 1. 건전루프 : 중수공급펌프를 우선적으로 재가동시켜 건전루프의 재고량 및 계통압력을 ECCS 주입 설정치 이상으로 유지시키고, SDCS를 사용한 냉각운전.
 2. 파단루프 : ECCS의 저압안전주입 즉 ECCS 열교환기를 사용한 냉각운전.상기 운전절차 개선 사항은 각기 다른 열제거원을 사용함으로써 열 제거원 여유도를 확보할 수 있을 것으로 평가된다.
- 3) 전산제어 상실 사고시(EOG-11) 가압기 압력제어를 위한 가열기를 가동시킬 수 있도록 점퍼용 퓨즈를 연결하여 일차측 압력을 제어하기 위한 절차를 선택사항으로 삽입하였다. 이는 가압기 압력제어 시 대체수단을 제공하게 됨으로써 다중성을 제공한다.
- 4) 열수송냉각계통을 사용하는 냉각운전절차를 표준화시켜 제공하였으며, 특별한 경우를 제외하고는 표준 냉각운전절차를 사용하였다. 비상운전절차서에서 사용되는 냉각운전절차가 동일하게 작성됨으로써, 인간공학 측면에서 바람직할 것으로 기대된다.

설계 특성 차이점 반영

월성 2,3,4 호기 대비 월성 1호기의 설계 차이점으로 인하여 비상운전지침서 운전전략에 영향을 미치는 사항은 표 4에 제시한 바와 같으며, 운전원 조치사항에 대한 주요 변경 사항은 아래와 같다.

- 1) 월성1호기에는 LOCA 등과 같은 사고발생 시 일차냉각계통 저 압력에 의한 원자로냉각재펌프 자동 트립 기능이 없다. 그러므로, 일차냉각계통 저 압력에서 원자로 공동현상(Cavitation)이 발생할 때 운전원 조치사항으로 일차계통냉각 펌프를 보호하기 위하여 수동 정지하도록 수정하였다.
- 2) 월성 2,3,4호기는 비상노심냉각계통 운전이 자동으로 작동되기 때문에 이와 관련된 주요

운전원 조치사항은 자동 작동 여부에 대한 확인이었으나, 월성 1호기의 비상노심냉각계통은 계통운전 시 중압주입 단계에서 저압주입 단계로의 전환시점이 수동으로 전환하도록 설계되어 있다. 따라서, 월성 1호기 비상운전지침서에서는 살수탱크 수위를 감시하여 필요 시 수동으로 이를 전환하도록 운전원 조치사항을 변경하였다. 이외에도 비상노심냉각계통 작동 신호 및 운전방법 차이점으로 인한 영향은 각 지침서 별로 반영되었다.

- 3) 월성 1호기에는 주증기관 격리밸브가 없으며, 감속재고온으로 인한 원자로 정지기능이 없다. 이들 설계 차이점으로 인한 영향은 각 운전지침서 별로 수정되었다.
- 4) 월성 1호기 설계 특성에 따라 각종 필수안전변수 및 운전원 조치사항을 결정하는 조건 설정치를 수정하였다[8].
- 5) 월성 1호기 현장 특성을 고려하여 비상운전지침서에 운전원이 항시 사용하는 용어로 즉, 보일러, 압력 표기 단위(bar) 등 일치시켜 비상운전절차서 작성 시 혼돈 방지 및 사용의 편리성을 추구하였다. 이는 인간공학 측면에서 바람직한 것으로 판단된다.

4. 결론

원자력 발전소에서 발생 가능한 과도 상태 또는 사고 발생시 운전원에게 발전소를 안전한 상태로 이끌기 위한 운전 조치사항을 제공하는 비상운전절차서(EOP)의 기술적 배경 문서인 월성 1호기 발전소 고유기술배경서를 개발하였다. 후행 호기인 월성 2,3,4 호기를 참조로 하여 선행호기의 비상운전지침서를 개발하는 업무는 국내에서는 새로운 시도였다. 월성 1 호기 발전소 고유기술배경서는 후행 호기의 설계 변경사항 및 월성 1 호기 운전 경험을 반영하는데 중점을 두었다. 발전소 고유기술배경서 개발이 완료됨에 따라 월성 1호기는 규제기관 지적 사항 해소라는 단편적인 목표이외에도 발전소 비상 상태 발생 시 효과적인 운전원 지원을 통한 발전소 안전성 확보에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 부수적인 효과로는 EOG가 논리도 형태로 개발되어 추후 전산화된 EOP 개발 시에 참조될 수 있을 뿐만 아니라 비상운전절차서에서 사용하는 필수안전변수 감시를 위한 안전변수지시계통(Safety Parameter Display System) 또는 사고후변수 감시계통(Post-Accident Parameter Monitoring System) 개발 등에 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. S.R. Kim et. al., "Review of Emergency Procedures for CANDU Reactors", Journal of the KNS, Vol 27, No.4, August 1995
2. KINS/AR-402 "비상운전절차서 특별검사 보고서"
3. The Joint Utility task Group of Ontario Hydro, Hydro Quebec and NB Power, "Emergency Operating Procedures Standards for Canadian Nuclear Utilities,"(1987)
4. NUREG-0800, "Standard Review Plan" Chapter 13.5 (Plant Procedures), 1985
5. KOPEC and AECL, "AOM for Wolsong 2, 3, 4, Rev. 02", 1998
6. KEPCO and KOPEC, "EOG for Wolsong 1, Rev. 1", 1999
7. KEPCO and KOPEC, "Step Deviation Report for Wolsong-1, Rev.1", 1999
8. KEPCO and KOPEC, "Setpoint Accuracy Report for Wolsong-1, Rev.1", 1999

표 1. 비상운전지침서 종류 및 진입조건 (1/2)

순위	진입 조건	지침서 종류
EOG-1	1) CHANNEL D/E/F TRIP 2) CHANNEL G/H/J TRIP 3) SETBACK INITIATED 4) STEPBACK INITIATED	출력 감발 시 우선조치 절차서
EOG-2	1) ANY ONE RIH SCM < 20 °C AND Entry Conditions NOT met for PHT Leaks/SGTR AND Entry Conditions NOT met for LLOCA or LLOCA Entry Conditions met ≥ 3 minutes 2) ANY ONE RIH SCM < 10 °C AND Entry Conditions NOT met for LLOCA or LLOCA Entry Conditions met ≥ 3 minutes 3) Directed by Shift supervisor	필수안전변수 감시 및 회 복 절차서
EOG-3	HT pressure(54.2 bar(g)) AND any one of conditioning signals - Mod. Level High(10.12m) - R/B Press. High(3.45 KPa) - BLR Room Temp. High(65.5 °C) - F/M Room R-107/R-108 Temp. High (65.5 °C)	대형 냉각재상실사고 + 자동 비상노심냉각계통 운전 절차서
EOG-4	1) D ₂ O Storage Tank Level Low 2) PZR Level Low or Constant 3) ROH Press. Low or Constant 4) D ₂ O Leak into Service Water Alarm 5) BLR or F/M Room Temp High	일차계통 냉각재 누설사 고 절차서
EOG-5	1) BLR Feedline Pressure Low 2) BLR Level Low 3) FW Pump Discharge pressure Low	급수상실사고 절차서
EOG-6	1) BLR Feedline Low Pressure 2) HT Low Pressure 3) PZR Low Level 4) BLR Pressure Low	주증기관파단사고 절차서
EOG-7	1) Class III buses Voltmeters indicating 0 volts 2) Aux FW P/P Trip 3) SDG1/SDG2 failed to start alarm annunciated	등급4전원 및 등급3전원 상실사고 절차서
EOG-8	1) D ₂ O in H ₂ O in BLR indicated 2) D ₂ O Storage Tank Level Low	증기발생기 세관 파열사 고 절차서

표 1. EOG 종류 및 진입조건 (2/2)

순위	진입 조건	지침서 종류
EOG-9	1) RCW Water Temp. High/Pressure Low 2) RSW TDH Pressure Abnormal 3) RCW HX Outlet Temp. High 4) Moderator Temperature Abnormal 5) Seal Oil Temperature High	냉각수계통 상실사고 절차서
EOG-10	1) Instrument/Mask Air Pressure Low 2) Instrument Air HDR Pressure Low 3) HT Pressure High 4) Boiler Level Low	제어공기 상실사고 절차서
EOG-11	1) Moderator Pressure Low 2) Moderator Level Abnormal 3) Moderator Temperature Abnormal	감속재계통 상실사고 절차서
EOG-12	1) Moderator Cover Gas Pressure Abnormal 2) Moderator Level Abnormal	감속재상층기체 계통 상실사고 절차서
EOG-13	1) End Shield Cooling Abnormal 2) Vault Inlet/Outlet Temp. High 3) Vault Water Level Low 4) End Shield X/Y Level	종단차폐체 상실사고 절차서
EOG-14	1) Dual Computer Stall Alarm 2) DCCX Stall 3) DCCY Stall	전산제어 상실사고 절차서
EOG-15	1) UST/SST Voltmeters indicating 0 volts 2) Main Feedwater P/P Trip 3) SST Fault 4) MOT or UST Fault	등급 4 전원 상실사고 절차서

표 2 필수안전변수 종류

필수안전변수 구분	필수안전변수 감시 목적	필수안전변수
안전성감시용 필수안전변수	원자로 제어(Control)	원자로 출력
	냉각확보 (Cool)	원자로냉각재계통 과냉각 여유도 (원자로 입구모관 압력 및 온도)
		원자로냉각재계통 재고량 (가압기 수위 및 중수 저장탱크 수위)
	원자로 건물 건전성 확보 (Contain)	원자로 건물 압력
		원자로 건물 방사능
		급수 방사능
		용수 방사능
열제거감시용 필수안전변수	보일러 기능유지	보일러 압력
		보일러 수위
		원자로냉각재계통 압력
	정지냉각계통 기능유 지	재순환 냉각수 회수 온도
		정지냉각계통 열교환기 재순환 냉각수유량
		원자로냉각재계통 압력
		원자로냉각재계통 온도
	비상노심냉각계통 기능유지	재순환 냉각수 회수 온도
		비상냉각계통 열교환기 재순환 냉각수유량
		원자로냉각재계통 압력
		비상냉각계통 탱크 수위(고압단계)
		살수계통 탱크 수위(중압단계)
		원자로건물 집수조 수위(저압단계)
		비상노심냉각수 주입 유량 (저압단계)
	감속재 기능유지	재순환 냉각수 회수 온도
		감속재 열교환기 재순환 냉각수유량
		감속재 수위
		감속재 온도

표 3. 사건에 따른 열 제거원 우선 순위

우선 순위	냉각재상실사고시		비냉각재상실사고시	
	고온상태	저온상태	고온상태	저온상태
1	급수계통을 이용한 보일러 + ECC	정지냉각계통 + ECC	급수계통을 이용한 보일러	정지냉각계통
2	정지냉각계통 + ECC	급수계통을 이용한 보일러 + ECC	정지냉각계통	급수계통을 이용한 보일러
3	보일러보충계통/비상급수계통을 이용한 보일러 + ECC	보일러보충계통/비상급수계통을 이용한 보일러 + ECC	보일러보충계통/비상급수계통을 이용한 보일러	보일러보충계통/비상급수계통을 이용한 보일러
4	감속재 계통	감속재 계통		

표 4. 월성 2,3,4호기 대비 월성 1호기 설계 차이점에 따른 영향

항목	설계 차이점	영향을 주는 지침서
1	비상노심냉각계통 배치 패널	EOG-1, EOG-2, EOG-3, EOG-4, EOG-5, EOG-7
2	비상노심냉각계통 작동 신호 및 운전 방법	EOG-3, EOG-4, EOG-5, EOG-6, EOG-7
3	원자로 냉각재 펌프 자동 정지 신호	EOG-3, EOG-4
4	주증기관 격리 밸브	EOG-7
5	감속재 고온에 의한 원자로 정지	EOG-9, EOG-11
6	냉각재상실사고 후 계기용 공기 공급 설비	EOG-3, EOG-4
7	원자로 건물 격리 밸브	EOG-3, EOG-4, EOG-5, EOG-6