

## 발전소 과도사건 평가를 위한 정성적 평가수목 개발

### Development of Qualitative Plant Transient Assessment Tree

오해철, 김명기, 정백순, 서미로, 홍승열

한국전력연구원

대전광역시 유성구 문지동 130-16

#### 요 약

위험도 감시는 발전소 계통이나 기기의 고장정비/예방정비나 주기점검 및 시험 등 배열 변화를 야기하는 운전상황에 따른 발전소 위험도를 계산하고 이를 예측, 평가, 감시하는 것을 말한다. 현재 국내에서 개발중인 출력운전 중 위험도 감시 모델은 주로 PSA 모델에 근거한 확률론적 방법을 적용해서 개발되고 있다. 결정론적 및 확률론적 방법이 통합된 위험도 감시모델은 각 배열 상태에 대한 위험도를 전문가 및 운전원에게 정성적으로 판단할 수 있는 근거를 제시할 수 있을 뿐 아니라 위험도 감시결과 도출된 중요기기에 대한 균형잡힌 정보를 제공할 수 있다. 본 논문에서는 울진 3,4호기를 대상으로 정성적 심층방어(Defense-In-Depth) 평가 모델 중 발전소 과도사건 평가수목을 개발하여 제시하였다.

#### Abstract

Risk Monitoring includes the tasks to predict, evaluate, and monitor risk associated with activities such as surveillance, post-maintenance testing, and corrective and preventive maintenance for plant system component. On-line Risk monitoring models currently developed in Korea are mainly based on the probabilistic approach using PSA model. Integrated risk monitoring model using both probabilistic and deterministic approach can provide experts and operators with the qualitative risk information for plant configuration and with the maintenance priority of main components based on the balanced insight. Qualitative Plant Transient Assessment Tree(PTAT) using the defense -in-depth model is developing for to Ulchin 3&4 and the Large LOCA PTAT as an example is showed in this paper.

## 1. 서론

국내에서는 2001년에 원자력발전소 중대사고 정책을 공표하면서 중대사고정책 이행계획에서 위험도 감시의 이행을 명시하였다. 위험도 감시는 발전소 계통이나 부품의 예방보수나 주기점검 등 실제 운전상황에 따른 발전소 위험도를 계산하고 이를 예측, 평가, 감시하는 것을 말한다. 따라서 현재 발전사업자는 중대사고 정책을 이행하기 위한 조치로 발전소 계통이나 부품의 운전상태변화에 따른 위험도를 감시할 수 있는 프로그램을 개발 중에 있다. 전통적으로 발전소 배열 (Plant Configuration) 관리는 결정론적 원칙에 따라 수행되었다. 즉, 지금까지 발전소 배열에 대해 통제는 주로 운영기술지침서(Technical Specifications)에 근거해서 수행되고 있다. 한편으로 대부분의 원전에 확률론적 안전성평가(PSA)가 수행되고 그 결과를 응용하는 기술이 활발해짐에 따라 세계적으로 결정론적 원칙만을 따르는 시각에 변화가 생겨났고, 확률론적 방법과 결정론적 원칙을 통합한 시각으로 발전소 배열관리를 시도하고 있다. 이는 기존의 운영기술지침서에 의존한 규제에 의한 과도한 보수성을 탈피하고 보다 합리적이고 효과적으로 발전소의 안전성을 확보하려는 노력의 일환이다. 확률론적 방법을 적용하는 것은 위험도를 정량화하여 발전소의 안전성을 평가, 확인한다는 것이다. 결정론적 및 확률론적 방법이 통합된 위험도 감시는 각 배열 상태에 대한 위험도를 전문가 및 운전원에 게 정성적 분석 및 판단과 위험도 감시 결과 도출된 중요기기에 대한 정보를 제공하는 것을 목표로 한다.

현재 국내에서 개발 중인 출력운전 중 위험도 감시 모델은 주로 PSA 모델에 근거한 확률론적 방법을 적용해서 개발되고 있다. 발전소 설계 및 운전 적용된 최종안전성분석보고서, 기술지침서, 비상운전절차서 등 인허가 관련 사항 및 규정들은 심층방어개념에 따라 결정론적 방법과 전문가의 판단에 의해 결정된 것들이다. 발전소 설계 및 운전 적용된 이와 같은 심층방어개념이 안전성 관점에서 어느 정도 수준으로 구현되어있는 지를 확인하기 위해서, 그리고 통합된 시각으로 발전소 배열의 위험도 상태를 보여주기 위해서는 PSA 모델 뿐 아니라 심층방어 (Defense-In-Depth)관점에서 정성적으로 위험도 수준을 보여줄 수 있는 위험도 감시모델 개발이 아울러 필요하다. 정성적인 감시모델은 발전소 배열의 변화가 주어졌 때 심층방어 관점에서 발전소의 필수 안전기능이 잘 유지되는지(Safety Function Assessment)와 그 새로운 배열이 주어짐으로 발전소 과도사건이 초래될 가능성이 있는지? (또는 내, 외부 환경요인에 의한 발전소 과도사건 발생시 발생시 배열로 인해서 어느 정도의 완화기능 감소가 있는지?)(Plant Transient Assessment)를 평가할 수 있는 두 가지 평가 모델을 의미한다. 본 논문에서는 미국원전에서 적용중인 심층방어 (Defense-In-Depth) 평가방법[1]을 고찰하고, 울진 3,4호기를 대상으로 정성적 심층방어 평가 모델 중 발전소 과도사건 평가수목을 개발하여 예시하였다.

## 2. 과도사건 평가수목(PTAT: Plant Transient Assessment Tree) 방법

### 2.1 과도사건 평가수목 개요

발전소 운전중에는 보수계획 수립시 예상하지 못한 상황이 발생할 수 있다. 특정 기기의 성능 저하로 계획에 없던 보수를 수행하거나 또는 태풍, 산불 등과 같은 발생 가능한 외부환경 변화에 따라 발전소의 위험도는 변화하게 되고, 이러한 상황을 고려하여 발전소 과도상태 대응상태를 모사할 수 있는 평가모델을 활용하여 위험도 예측, 평가, 감시할 수 있는 틀이 필요하다. 위험도 감시도구는 발전소의 안전한 운전을 위하여 한 주기 동안의 보수계획 수립시 위험도 감시를 활용하여 보수에 따른 위험도의 집중을 방지하고 전체적인 위험도를 분산시키면서 사전에 정비작업시의 중요기기를 선별한다.

계획되지 않은 원자로의 정지는 원자로 운전 중 예상치 않은 고장의 발생으로 직접적으로 초래되거나 또는 고장 기기의 정비나 시험등의 조치를 수행하기위해 수동정비로 발생한다. 발전사업자와 규제기관은 발전소 불시정지 빈도를 유발시킬 수 있는 발전소 정비 혹은 시험은 안전성에 상당한 악영향을 주기 때문에 주의를 기울이고 있다. 이와 같은 예기치 않은 발전소의 과도사건을 평가하는 데는 심층방어 평가기법에 근거한 정성적 방법(PTAT: Plant )과 확률론적 방법으로 적용한 정량적 방법(PSA)와 같은 두 가지 방법이 적용될 수 있다.

발전소 과도사건 평가수목(PTAT)은 정비행위 때문에 기기가 이용불능인 상태로 되었을 때 이로 하여 발전소 과도사건이 유발되거나 혹은 사고완화계통 능력이 손상되는 상황에 대하여 심층방어적 측면에서 안전성 평가를 말한다. 즉, 어느 정도의 안전여유도, 격리, 다중성, 다양성확보가 있는 지를 평가한다. 안전기능평가수목(SFAT: Safety Function Assessment Tree)에서는 각 필수안전기능을 독립적으로 다루는 반면 과도사건평가수목(PTAT)은 다중의 안전기능들이 손상되는 효과를 평가한다. 또한 안전기능평가수목(SFAT)에서 분명하게 다뤄지지 않은 안전기능의 다중성을 고려할 수 있다.

일반적으로 운전중에 수행되어지는 정비행위와 정기점검 작업행위 중에는 잠재적으로 발전소 과도사건을 유발시킬 수 있는 것들이 숨어있다. 심층방어 능력의 저감은 발전소 과도사건을 완화시킬 수 있는 능력 저감을 야기시키는 데 PTAT에서는 이런 현상을 분석한다. 확률론적안전성평가(PSA)가 정량화된 노심손상빈도(CDF)나 조기대량방출빈도(LERF) 결과로부터 최종발전소 상태를 나타내는 색(Color)을 표시하는 반면 정성적 과도사건수목(PTAT)에는 최종적으로 과도사건에 대한 심층방어 측면에서의 완화 능력을 기준으로 색을 표시한다. 즉, 발전소 정비 행위로 야기되어질 수 있는 과도사건 발생 잠재력과 이런 과도사건을 완화하는 기기의 능력을 색(Color)으로 표시하게 된다.

과도사건 평가수목 개발 목적은 발전소 과도초기사건이 증가함에 따라 잠재적인 발전소 안전성에 미치는 영향 조사와 초기사건빈도의 증가에 따른 기능적 대응 방법 조사를 통해서 발전소 운전원에게 바람직한 정기점검과 기기정비 공정작성 그리고 대응 방안 (Contingency Plan)을 제시하는 것을 목표로 한다. 과도사건 평가수목(PTAT)은 모든 초기사건에 대하여 기능적 대응방안을 조사하는 것은 아니며 단지 중요한 초기사건에 대하여 혹은 온라인 정비와 시험 행위의해 영향을 받는 초기사건에 대하여 대응방안을 다룬다. 따라서 어떤 초기사건은 PTAT에서 제외된다.

## 2.2. 과도사건평가수목(PTAT) 구조 개발

PTAT의 개발 첫 단계는 발전소에 가장 중요한 과도사건을 식별하는 작업이다. 정성적 심층방어 분석 모델을 갖고 있는 미국의 원전들에서는 대부분 4개에서 8개까지의 초기사건을 과도사건평가수목으로 다루고 있다. 선정기준은 PSA에서 고려한 전체 CDF(또는 LERF)에 중요하게 기여하는 초기사건들과 기기정비나 외부 요인 등으로 발생가능성이 높은 초기사건들이 대상이 된다. 그리고 중요한 보조계통(Supporting System)관련 초기사건은 과도사건평가수목에서 고려해야할 후보가 된다.

다음으로는 이런 과도사건을 완화하는데 필요한 안전기능을 파악하는 단계이다. 과도사건 평가수목(PTAT)에 완화계통을 분석하는 데는 여러 가지 방법이 있을 수 있다. 예를 들어 선정된 각 초기사건 평가수목에 그 초기사건을 완화하는데 필요한 모든 주요 안전계통을 포함하는 방법이다. 이런 접근 방법을 사용하면 하나의 안전 계통이 기능이 저하되면 그 안전계통을 사용하는 모든 초기사건 PTAT에 영향을 주게 되어 안전성 프로파일 에 변화가 없게 된다. 대안적인 방법으로는 안전해석에 의해 나타난 가장 중요하게 영향을 받는 안전기능만 모델링하는 방법이다. 이런 방법은 어떤 안전기능 저하에 의해 가장 크게 영향을 받는 초기사건이 PTAT 모델에 있는 다른 초기사건과 차별되게 안전성에 미치는 정도를 강조하여 나타낼 수 있다. 다음 방법으로는 각 초기사건에 의한 영향을 가장 직접적으로 완화하는 데 꼭 필요한 계통만을 선정하는 방법이다. 본 논문에서는 세 번째 방법을 참조원전에 적용하여 각 초기사건 완화에 꼭 필요한 계통만을 모델하는 방법을 적용하였다.

## 2.3 고 위험도 유발인자(HRE) 평가

대형냉각재상실사고(Large LOCA) 과도사건평가수목(PTAT)의 예시를 나타낸 그림 1에서 보이는 것과 같이 각 과도사건과 관련된 PTAT에서는 고 위험도 유발인자(HRE : High Risk Evaluation) Filter를 가지고 있다. 이는 이 과도사건을 유발할 수 있는 고위험도 유발인자(HRE) 행위가 예정되어있을 때 더 보수적인 평가결과를 적용하기 위함이다. 고 위험도 유발인자(HRE)와 관계된 PTAT은 최종상태 색(Color)이 다르다는 것 이외에는 non-HRE PTAT과 유사하다. HRE PTAT에 대해서는 최종상태 색은 전형적으로 한 등급 저하된 색이 할당된다. 예를 들어 HRE가 없는 경우가 Yellow의 조건일 경우, 고

위험도 평가 에서는 오렌지 색이 된다.

#### 2.4. PTAT 상태논리 출력 근거

각 과도사건 초기사건에 대해 기기의 이용가능을 고려하여 PTAT은 PSA에서 고려하는 CDF나 LERF와 같은 척도대신 사고완화 능력에 근거를 두고 색(Color)을 표시한다. PSA 모델을 사용하여 얻은 색(Color)과 같은 색을 갖게되는 것이 바람직지만, 항상 그렇지만은 않은데 이는 공학적 판단이 색(Color)을 정하는데 들어가고 몇 가지 심층방어 규칙들이 PTAT을 모델링을 하는 가이드로 들어가기 때문이다. 이를 통해서 PSA와 다른 종합적인 Insight를 줄 수 있다. 초기사건을 완화하기 위해 최소한 요건을 갖는 경우는 오렌지색을 갖는다. 다음 표 1은 PTAT의 최종상태 색을 나타내는 과도사건 상태 판정 기준을 나타낸다. 심층방어측면에서 제일 신뢰도가 높은 녹색을 제외한 나머지 색을 갖는 상태의 최종단계는 완화기능을 확보하기 위한 절차서나 Contingency Plan이 제시된다.

표 1. 과도사건평가수목의 상태판정을 위한 색(Color) 정의

색(Color)	정의
녹색	어떠한 잠재적인 발전소 과도사건을 유발시키는 행위가 명확하게 존재하지 않는다. 완화계통은 모두 이용가능하거나 매우 높은 신뢰도를 확보하고 있다
황색	1) 발전소 과도사건 완화 능력이 감소되었으나 잠재적으로 관련된 발전소 과도사건을 유발시키는 어떤 행위도 명확하게 존재하지 않는다. 혹은 2) 잠재적인 발전소 과도사건을 유발시키는 행위가 명백히 존재하나, 완화계통들이 충분히 보충할 수 있다.
오렌지색	1) 발전소 과도사건 완화 능력이 심각하게 손상되었으나 잠재적으로 관련된 발전소 과도사건을 유발시키는 어떤 행위도 명확히 존재하지 않는다. 혹은 2) 잠재적인 발전소 과도사건이 분명히 존재하고 발전소 과도사건 완화 계통이 손상된다.
적색	1) 발전소 과도사건 완화 능력이 이용가능하지 않다. 혹은 2) 잠재적인 발전소 과도사건을 유발시키는 행위가 명확히 존재하고 발전소 과도사건 완화 계통이 심각하게 손상된다.

### 3. 참조원전 과도사건 평가수목 개발

본 논문에서는 울진 3,4호기 원전에 대해서 8개의 과도사건을 선정하였다. 8개의 과도사건 선정은 PSA 도출결과, 발전소의 비상운전절차서(EOP)에서 다루고 있는 7가지 과도사건, 외부환경을 포함한 발전소 고유자료를 참조하여 선정하였다. 선정된 8가지 과도사건은 다음과 같다.

- 대형 냉각재 상실사고 (LLOCA)
- 소형 냉각재 상실사고 (SLOCA)
- 증기발생기 세관 파열 사고 (SGTR)
- 급수상실 사고 (LOFW)
- SBO를 포함한 소외전원상실 사고 (LOOP)
- 증기과잉방출 사고 (Excessive Steam Demand)
- 일반 과도사건 (TRIP)
- 기기냉각수 상실 사고 (LOCW)

이와 같이 선정한 기술적 근거는 표 2에 나타났다. 즉, 전체 노심손상빈도의 10% 이상 기여한 초기사건을 선정하였고, 발전소 비상운전절차서(EOP)에서 다루고 있는 사건과 과거 경험사례 또는 외부환경을 고려하여 선정하였다.

표 2. 과도사건평가수목(PTAT) 초기사건 선정 근거

번호	PTAT 초기사건	선정근거
1	LLOCA 군 1 (LLOCA, MLOCA)	PSA 평가결과 (20.4% of CDF), EOP
2	LOCA 군2 ( SLOCA)	PSA 평가결과 (22.5% of CDF), EOP
3	LOFW	PSA 평가결과 (13.8% of CDF), EOP
4	SGTR	PSA 평가결과 (13.8% of CDF), EOP, 울진 4호기 경험사례 (2003년)
5	LOOP(SBO포함)	PSA Insight (10.6% of CDF), EOP, 동해안 산불발생사례 고려(2000년)
6	Reactor Trip	EOP, 초기사건 발생빈도가 가장높음, 초기사건 유발 가능성 높음
7	Excessive Steam Demand	EOP
8	LOCCW	해파리떼같은 해양생물 유입가능성에 의한 LOSW 고려(몇차례 유입사례)

울진 3,4 원전에 대해서는 주어진 초기사건에 대하여 중요하게 작용하는 완화계통만을 모델링하는 것으로 결정하였으며, PSA 보고서와 비상운전절차서 적용 및 엔지니어링 판단에서 얻어진 정보를 사용 하였다.

PTAT 논리 다이어그램 크기와 복잡성을 최소화하기 위해서 원자로정지와 관련한 안전 기능은 포함하지 않았는데, 이 안전기능은 모든 과도사건에 대하여 공통적으로 들어가기 때문에 PTAT 모델에 포함시키지 않았다. 이와 같이 8개 초기사건에 대한 PTAT을 개발 하였으며 그림 1과 표 3에는 대형냉각재상실사고(LLOCA) PTAT에 대한 예시를 나타냈다. 그림 1에서 보는 것과 같이 각 PTAT 결정 블록으로부터의 여러 경로가 할당되는데 이는 각 계통이 과도사건의 완화기능을 담당할 수 있는 정도에 따라 정해졌다. PTAT의 결정블록은 그 초기사건을 완화할 수 있는 주요 계통으로 결정되며 표 3에서 예시된 것처럼 PSA 보고서에 나타난 표제식과 성공기준을 참고로 하여 작성하였다. 또한 이와 관련한 비상운전절차서 (EOP)에서의 수행단계 및 조치행위는 표 4에 노란색으로 표시하였다.

그림 1과 표 3에 예시된 대형냉각재상실사고 PTAT의 각 결정블록에 대해서 설명하면 다음과 같다.

**1) 고 위험도 유발인자(HRE) Filter :** 잠재적으로 Large LOCA를 초래할 수 있는 공정이 이 존재하는 지 확인한다.

**2) 이용 가능한 안전주입탱크(SIT) 갯수 :** 이용 가능한 안전주입탱크가 몇 개인지를 나탄낸다. PSA 성공기준은 대형냉각재 상실사고에 대해서는 최소한 2개 이상의 주입을 요구한다. 비록 4개의 안전주입탱크가 있지만 파단부위를 통해서 공급되는 1개의 안전주입탱크에 대해서는 고려하지 않고, 건전한 3개의 저온관으로 최소한 2개의 안전주입탱크 주입이 성공하면 후속조치로 1 트레인의 저압안전주입(LPSI)으로 충분히 보상할 수 있음을 의미한다. 이용가능한 안전주입탱크가 두개에 미달하면 적색으로 할당된다.

**3) 이용 가능한 저압안전주입(LPI) 트레인 수:** 보조계통을 포함하여 이용 가능한 저압 안전주입 트레인수가 몇 개인지를 나탄낸다. 안전주입작동신호(SIAS)는 LPSI 트레인의 작동을 개시하고 주입할 것이다. 따라서 LPSI 주입의 성공은 ESFAS Actuation을 반드시 포함한다.

**4) 이용 가능한 고압안전주입 재순환 트레인 수 (고온관 동시주입 포함 HPH) :** 이 결정 블록은 격납건물 재순환 집수조(Containment Sump)로 부터의 원자로냉각재 재순환을 위해서 이용가능한 고압안전주입(HPSI)의 트레인수가 몇 개인지 물어본다. 울진 3,4호기 PSA에 따르면 LLOCA 사고에서 최소한 1트레인의 HPSI 트레인이 RCS 재순환을 위해서 필요하고 재장전수 탱크가 고갈되었을 경우 자동으로 RAS 신호에 의해서 격납건물

집수조로 수원이 변경된다. 따라서 이 RAS 작동신호와 같은 보조계통을 포함한다. 아울러 저온관만의 주입으로 인한 원자로 붕소석출을 방지하기 위해서 최소한 한 개의 고온관으로의 동시 주입이 필요하다.

**5) 이용 가능한 격납건물 살수계통 트레인 수** : 이 결정 블록은 이용 가능한 격납건물 살수계통의 수가 몇 개인지를 묻는다. 표 4에서 보여지듯이 LOCA 관련 비상운전절차서(EOP-02)에서는 스텝 13에서 격납건물 압력이 1,421 cmH<sub>2</sub>O 이상이면, CSAS가 발생되었는지 확인 및 조치할 것을 요구하고 있고 울진3,4호기 PSA에서는 LLOCA사고와 같은 경우의 재순환운전에서 재순환 집수조 수원을 냉각하기 위해서는 최소한 1개의 살수펌프와 살수계통 열교환기를 요구하고 있다.

지금까지 대형냉각재상실사고(Large LOCA) PTAT을 예로 들어 울진 3,4호기 과도사건 평가수목 구성의 예를 들었다. 이와 같은 논리를 나머지 7개의 초기사건에 적용하여 울진 3,4호기 PTAT을 구성하였다.

#### 4. 결론

현재 국내에서 개발 중인 출력운전 중 위험도 감시 모델은 주로 PSA 모델에 근거한 확률론적 방법을 적용해서 개발되고 있다. 발전소 설계 및 운전 적용된 심층방어개념(Defense-In-Depth)이 안전성 관점에서 어느 정도 수준으로 구현되어있는 지를 확인하기 위해서, 그리고 통합된 시각으로 발전소 배열의 위험도 상태를 보여주기 위해서는 PSA 모델 뿐 아니라 심층방어(Defense-In-Depth)관점에서 정성적으로 위험도 수준을 보여줄 수 있는 위험도 감시모델 개발이 아울러 필요하다. 전력연구원에서는 울진 3,4호기를 참조원전으로 하여 정성적인 심층방어 모델을 이용한 위험도 감시모델을 개발중에 있다.

본 논문에서는 정정성적 심층방어 모델 중 발전소 과도사건 평가수목(PTAT) 개발 방법을 소개하고 울진 3,4호기 원전에 대해서 선정된 8개의 과도사건 중 Large LOCA PTAT을 선정하여 발전소과도사건평가수목을 구성하였다. 향후연구로는 현재 만들어진 PTAT 모델과 PSA 결과를 비교하는 작업을 수행할 예정이며 현장의견을 반영하는 Feedback 과정을 수행하여 더 현실적으로 발전소 특성을 반영한 모델을 개발하는 것을 목표로 하고 있다.

#### 참고문헌

- [1] L.B.Shanley.et.al, " ORAM-SENTINEL DEVELOPMENT AT CALVERT CLIFFS ", EPRI-TR-110473, April, 1998
- [2] 한국전력공사, " 울진 3,4호기 확률론적안전성분석 최종보고서 ", 1998
- [3] 한국수력원자력(주), " 울진 제2발전소 비상운전절차서 " Rev 6, 2002
- [4] 한국원자력안전기술원, " 위험도정보의 규제활용을 위한 기술기반 조사 ", KINS/RR-191, April, 2003



표 3. LLOCA 과도사건평가수목(PTAT) 결정 블록

울진 3,4 PSA 표제식	SIT	LPI	HPR	HPH	CSR
성공기준	2/3cold legs	1/2 pump, 1/3 path	1/2 pumps 1/3 cold leg	1/2 pump, 1/2 hotleg and 1/3 cold leg	1/2 paths
울진 3,4 PTAT 결정블록	SIT	LPI	HPH		CSR
비상운전 절차서 (EOP-02) 수행 단계	5	23	39, 42		13, 39
PTAT 성공기준	2/3	1/2 pump	1/2 p/p, 1 hotleg & Cold leg		1/2 cs p/p,hx

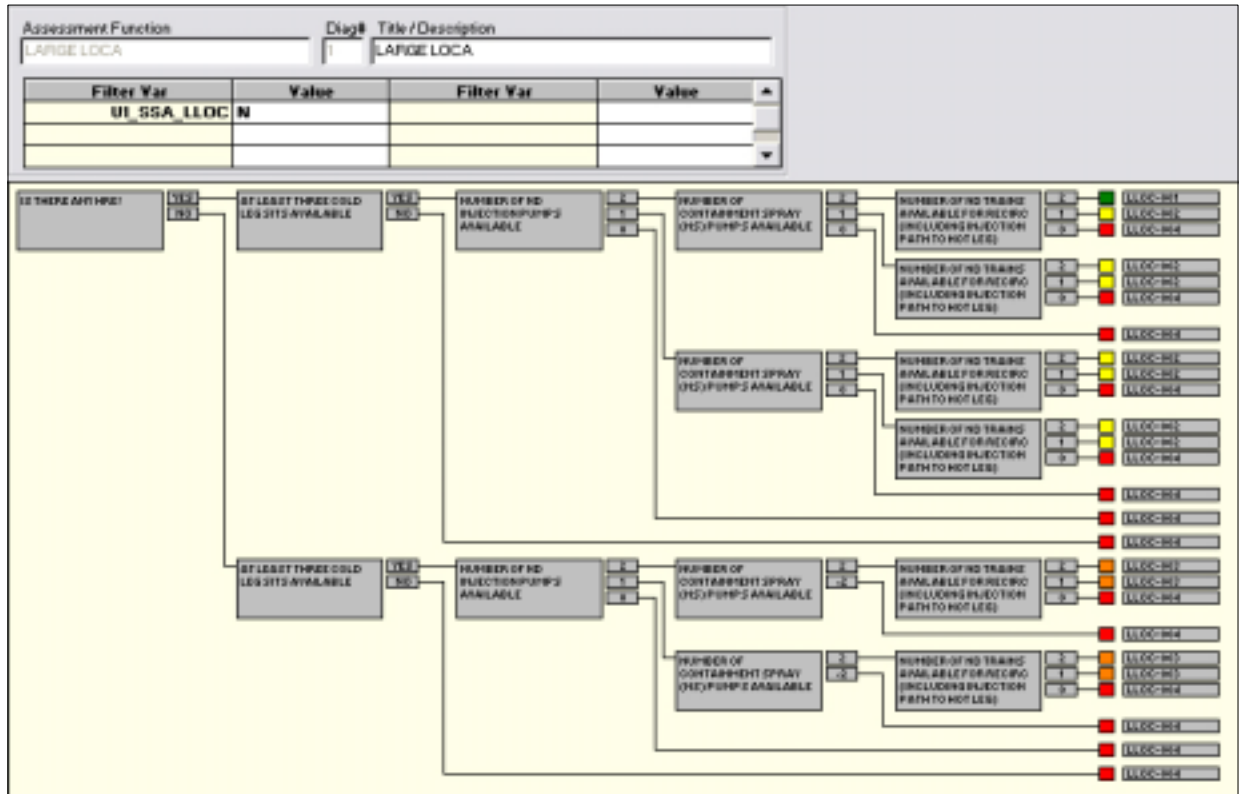


그림 1 Large LOCA 과도사건평가수목 적용 예시

표 4. 원자로냉각재상실 비상운전절차서 (EOP-02)

수행단계	반응 조치
1	LOCA임을 재확인한다
2	방사선비상계획서를 확인 및 조치한다
3	7.0 절차수행 위치표를 펴고 비상절차서 진입시각을 기록한다
4	만약 가압기 압력이 124.5 kg/cm <sup>2</sup> A 이하이면, SIAS/CIAS가 발생되었는지 확인한다
5	만약 SIAS가 발생되었으면, SIS 및 충전유량을 최대로 한다
6	만약 가압기 압력이 121 kg/cm <sup>2</sup> A 이하로 감소하면, RCP 2대(유로당 1대)를 정지하고 RCS 과냉각도가 15 ? 미만이면 모든 RCP를 정지한다
7	RCP 운전제한치가 만족되는지 확인한다
8	LOCA 부위를 격리한다
9	만약 LOCA가 격납건물 외부에서 발생하였으면, 보조건물 격리 및 RWT를 보충한다
10	수소감시기를 운전한다
11	만약 격납건물 압력이 133.8 cmH <sub>2</sub> O 이상이면, 격납건물 격리및 냉각을 확인및 조치한다
12	만약 격납건물 압력이 110 cmH <sub>2</sub> O 미만이면, RCFC 운전모드를 저속에서 고속으로 전환
13	만약 격납건물 압력이 1,421 cmH <sub>2</sub> O 이상이면, CSAS가 발생되었는지 확인 및 조치한다
14	만약 격납건물 압력이 980 cmH <sub>2</sub> O 미만이면, 격납건물 살수를 차단한다
15	만약 소외전원이 사용 불가능하면, 소외전원을 복구한다
16	만약 LOCA 부위가 격리되었으면, 단계 49.를 수행한다
17	만약 LOCA 부위가 격리되지 않으면, SCS 진입조건까지
18	RCS를 정지냉각진입 압력(26 kg/cm <sup>2</sup> A)까지 감압한다
19	MSIS, SIAS/CIAS 자동동작 설정치를 감소 또는 우회시킨다
20	HPSI 종결조건을 확인한다
21	HPSI 종결조건이 1개 이상 유지되지 않는다면 HPSI 펌프를 재기동한다
22	가압기 압력이 23 kg/cm <sup>2</sup> A 보다 높게 제어되면 모든 LPSI 펌프를 정지한다
23	가압기 압력이 23 kg/cm <sup>2</sup> A 미만으로 감소하면 모든 LPSI 펌프를 재기동한다
24	HPSI 종결조건이 만족되고 유출유로 형성이 필요하면CVCS 유출유로를 형성한다
26	CST 재고량이 충분한지 확인 및 조치한다
27	가압기 수위를 33~70 % 로 유지한다
28	RCS를 사고후 압력-온도 제한 곡선 제한치 이내로 유지한다
29	단상자연순환 냉각이 이루어지고 있음을 확인한다
30	RCP 재기동 필요성을 평가한다
31	RCP 재기동조건 만족여부를 확인한다
32	RCP를 재기동한다
33	RCP 운전제한치를 확인한다
34	2상자연순환 조건이 모두 만족되는지 확인 및 조치한다
35	RCS내 기포존재여부를 감시한다
36	RCS내 기포를 제거한다
37	RWT 수위를 감시하고 격납건물 재순환집수조 수위가 증가하는지 확인한다
38	만약 RWT 수위가 7.7 % 이하이면, RAS가 발생되었는지 확인한다
39	재순환 모드로 운전 중 HPSI 펌프의 성능을 감시한다
40	냉각운전중 SIT를 격리한다
41	Tc가 127 ? 이하로 감소하면 LTOP 관련밸브를 배열한다
42	고온관과 저온관 동시주입을 수행한다
43	수소재결합기 설치 및 운전을 지시한다
44	격납건물 내의 방사능 준위를 감시한다