

## 원자력발전소 주기적 안전성 평가를 위한 MMI 평가의 방법론 (An Evaluation Method for Periodic Safety Review of MMI in Nuclear Power Plants)

구진영, 이용희, 이정운, 박재창, 이철권, 이현철  
한국원자력연구소  
대전시 유성구 덕진동 150

### 요약

원자력발전소의 안전성에 대한 국제적인 확인을 위하여 주기적 안전성 평가(이하 PSR)를 시행하고 있다. 아직은 국내외적으로 평가의 범위가 불확실하고 방법론 설정에 시행착오를 겪고 있다. 특히, MMI는 TMI 등 대부분의 원자력 사고에서 핵심적인 원인의 하나로 지적된 인적인자의 하나로 안전성 평가의 중요성이 적지 않다. 본 논문에서는 운영중인 MMI의 평가를 위하여 인간공학적 안전성 평가의 실무 방법을 제시하고자 한다.

### Abstract

Periodic safety review (PSR) of nuclear power plants has adopted to the many countries for ensuring the safety in international perspectives. The scopes and methodologies are still so vague and flexible to avoid trial-and-errors. One of the PSR review factors is man-machine interface (MMI), that has been notorious as one of the key contributors to the well-known accidents such as TMI#2. This paper describes a method for the safety evaluation of MMI in operating nuclear power plants (NPPs).

### 1. 서론

우리나라도 원자력발전소의 안전성을 제고하기 위한 국제적인 노력의 일환으로 주기적 안전성 평가(이하 PSR)를 착수하였다. 10년 주기의 PSR은 원전의 안전성에 대한 일반의 인식을 높이는 데 기여할 것으로 보인다. PSR은 원전의 운영 측면에서의 안전성 유지 관리 상태를 평가하는 것으로 기존의 설계 안전성 평가와는 구분된다. 또한, 전력회사의 자발적인 활동이므로, 규제 기관에 의하여 진행되는 시설 및 운영 검사와도 구분된다.

원전에서 man-machine interface(이하 MMI)의 품질 문제는 인적인자(human factors)의 하나로, TMI 등 대부분의 원자력 사고들에서 지속적으로 강조된 항목이다. 그러므로, 원전의 PSR에서도 그 중요성이 적지 않다. IAEA 등 대부분의 경우 PSR에서는 인적인자에 대한 외부 전문기관에 의한 독립적인 평가를 권고하고 있다. 하지만, 운전중인 원전에 대하여 10년주기로 MMI를 평가해야 하는 경우 그 평가의 범위가 불확실하고 가용한 인간공학적 평가 방법론도 충분한 합의가 되어 있지 못하다. 전범위에 대한 심층적 평가도 불필요할 뿐만 아니라 자체 평가가 아닌 외부 전문기관에 원전의 운영에 대한 무한대의 정보공개를 가정할 수는 없으므로 적절한 방법론을 확립하는 것이 시급하다. 본 논문은 원전의 PSR에서 MMI 평가의 시행착오를 줄일 수 있는 인간공학적인 안전성 평가 방법을 제시하고자 한다.

## 2. 본론

### 가. 평가의 범위 결정

MMI평가의 범위는 평가의 차원과 평가대상의 범위를 결정하는 것이다. 일반적인 인간-기계 체계의 인간공학적 검증을 규정하고 있는 IEEE std-845에서는 인간공학적 평가를 위한 범위를 (1) 신체적 적합성(physical compatibility) (2) 인지적 양립성(cognitive compatibility) (3) 체계 효용성(system effectiveness) 등 세가지 차원으로 정의하고 있다. 또, EPRI NP-3701(Rouse 등)에서 원자력발전소의 MMI 평가를 위해서 정리한 개념을 따르면, 신체적 적합성과 인지적 양립성과 별도로 기본적인 기능 혹은 기기의 제고 여부를 판단하는 가용성의 차원이 우선함을 알 수 있다. 또한, 최종적인 체계 효용성이란 평가 대상의 궁극적인 목적 달성에 대한 유효성을 의미하는 것으로 앞에서 언급한 다른 평가 차원이 만족된 후에 MMI를 활용한 운전작업의 안전성을 종합적으로 판단해야 할 것이다.

TMI 원전 사고 이후로 주제어실 MMI의 상세한 검토를 인허가 요건으로 적시한 NUREG-0700이나 국내에서 수행된 울진 3,4호기의 인간공학적 평가 사례에서는 MMI 평가의 범위를 가용성(availability), 적합성(suitability), 유효성(effectiveness) 등으로 보고 있다. 이는 IEEE std-845에서 약간 변경된 것이다. 이후에 차세대 혹은 신형 원전의 HSI 평가를 위하여 제시된 NUREG-0711 등에서도 이러한 동일한 평가의 차원을 다루고 있으나 실무를 위해서 보다 확장된 5가지 업무를 정의하고 있다.

그러나, PSR은 원전 설계의 건설 혹은 운영을 위한 인허가를 반복하는 것이 아니므로, 이미 수행된 사항에 대한 중복을 방지할 뿐만 아니라 PSR의 목적에 초점을 맞출 수 있도록 몇가지 방법적인 정비가 필요하다.

첫째, 이미 수행된 평가 결과에 의하여 규제기관 등의 검토가 완료된 부분에 대해서는 운영상의 변화만을 추적하고 동일한 자료를 사용한다. 특히, TMI 후속조치와 같은 선행 사업의 결과를 이후 운영상태만을 확인하여 점검함으로써 PSR 결과로 활용한다.

둘째, 전범위 평가보다는 안전성 관련 여부에 대한 판단을 가미하여 우선순위를 두어 평가한다. 예를들면, 안전기능과 관련된 MMI 및 안전에 대한 위협 혹은 파급 실적이 있는 기기에 대하여 우선 평가한다. 국내 원전의 경우 주제어실 및 일부 현장 MMI기기의 평가가 우선될 수 있다.

셋째, 직무유형 및 기기 유형별 평가를 권장한다. 왜냐하면, 직무의 유형에 따라 MMI 기기와 상호작용방식이 결정되기 때문이다.

### 나. 가용성(availability) 평가

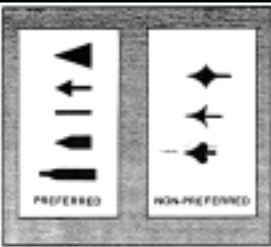
가용성 평가는 MMI가 안전성을 유지하기에 필요 충분하게 제공되고 있는가를 평가한다. 우선, 각 계통별 관련 MMI 목록을 도출한다. 각 계통별로 주제어실 제어반(MCB), 현장제어반(LCB)을 구분하여 관련 MMI 목록을 도출한다. 각 계통별로 가용한 MMI 기기를 정리한 현황목록(LIST-I)과 필요한 MMI기기를 정리한 요건목록(LIST-R)을 도출하고, 이를 상호비교하여 가용성을 평가한다. 가용성 검토를 위해서는 LIST-R과 LIST-I를 비교하여 MMI 기기의 누락 혹은 불필요한 기기 여부를 파악한다. PSR의 안전성 평가에서는 MMI 기기의 누락 또는 불필요 항목을 도출하여 상세확인 목록을 만든 후, 현장 전문가의 검토 및 계측제어 분야 전문가의 평가를 거쳐 예상 문제점 및 오류 등 가용성 문제의 세부 내용을 분석하여 인간공학적 현안(Human Factors Issues)으로 정리한다.

**다. 적합성(suitability) 평가**

적합성 평가는 MMI가 운전원이 사용하여 작업을 수행하기에 적절히 제공되고 있는가를 평가한다. 안전성을 유지하는데 필요한 조치의 수행에 적절하게 제공되고 있으며, 작업 수행 중에 안전성에 영향을 미칠 수 있는 결과를 충분히 방지할 수 있는가를 평가한다. 우선, 각 계통별로 제공되는 관련 MMI의 속성을 파악한다. 각 계통별로 주제어실 제어반(MCB), 현장제어반(LCB)을 구분하여 관련 MMI 목록을 기준으로 세부 속성을 파악한다. 각 계통별로 가용한 MMI 기기를 정리한 현황목록(LIST-I)과 필요한 MMI기기를 정리한 요건목록(LIST-R)의 세부 속성을 분석하는 것이다. 또한, 가용성에서와 유사하게 두가지 목록의 내용을 상호비교하여 적합성을 평가할 수 있다. 그러나, 가동중인 원전에 대하여 이러한 상세 정보가 가용하지 않은 경우가 많으므로, 점검표 평가, 전문가 평가, 부분적인 실험 평가를 병행하여 적합성 평가를 보완하도록 한다. 또한, MMI의 적합성은 MMI를 활용하여 작업을 수행하는 운전절차서(procedures)와의 상관관계에서 결정되는 부분이 있다. 이들에 대해서는 우선 안전성 관련 정도에 대한 판단을 통해 소수의 절차서 관련 MMI의 상호작용을 분석한 다음, 작업부하(workload)와 오류 가능성(error potential)을 평가하는 것이 타당할 것이다. PSR에서는 MMI 기기에 결함이 발견되면, 일단 인간공학적 현안으로 관리하도록 한다.

본 연구에서는 원전의 PSR을 위하여 MMI에 대한 점검표 기반 전문가 패널 평가 방식을 제안하였다. 실험평가 및 측정은 이러한 전문가 평가의 세부사항을 보완하는 방법으로 사용할 것을 권고한다. 본 연구에서 재래식 인간공학적 평가의 기준으로는 NUREG-0700의 6절을 사용하도록 하였다. 국내 원전의 경우 점거항목이 1000여 개에 이르므로 NUREG-0700은 실질적인 실무양식이 되지 못한다. 따라서, 항목 및 기준의 선별 및 실무양식의 개발이 필요했다. 다음 표 1은 개발된 적합성 점검표를 예시한 것이다.

**표 1. 적합성 점검표 (예시)**

No.	Item	General Req.	Detail Item	Detail Req.	비고(그림)	N/A	Yes	No	Ref./Comment
6.5.2.2	Pointers		a. Pointer tip form	(1) Pointer tips should be simple. Examples of preferred and non-preferred types are given in Exhibit 6.5-11. (2) Pointer tips should be selected to minimize concealment of scale graduation marks or numerals. (See Exhibit 6.5-8).					
			b. Pointer positioning relative to scale	(1) Pointer tip should extend to within about 1/16 inch of (but not overlap) the smallest graduation marks on the scale. (see Exhibits 6.5-8, -9, -10.) (2) Pointers should be mounted to avoid parallax errors.					
			c. Pointer visibility	Pointer/background contrast and pointer size should be adequate to permit rapid recognition of pointer position.					

## 라. 인간공학 현안의 관리

MMI의 가용성과 적합성 평가에서 수집된 현안들은 각각 문제 해결을 위한 권고사항을 설계자 혹은 사용자인 운전원의 의견 수렴을 거쳐 검토자가 작성한다. 이러한 과정에서 각 현안의 상대적인 중요도를 평가함으로써 평가 결과에 따른 이행계획의 필요성을 판단하도록 의사결정 과정을 지원한다. 현안에 대한 중요도 판단은 이행계획의 우선순위로 직결되므로, 기술적인 면에서만 판단되어서는 안된다. 반드시 원전 운영 기관은 물론 규제기관과 MMI사용자인 운전원, MMI 분야 연구개발 전문가 등이 모여 최종적으로 판단하는 것이 타당하다. 따라서, 여러 가지 중요도 판단 기준과 처리 방법이 필요하다. 어느 한 기준에 치우치지 않는 다기준 의사결정 과정과 이를 지원하는 정보처리 기능이 요구된다. 이러한 실무적인 의사결정지원으로는 국내에서는 DIMS(Design Issue Management System)를 들 수 있다.

우선, 본 논문에서는 (1) 기술적인 측면 (2) 관리적 측면 (3)경영적 측면 등 일반적인 설계현안 평가와 동일한 기준을 적용하고자 한다. 그러나 PSR을 위한 세부 기준항목과 항목의 비중은 다시 평가하였다. 예를들면, 기술적인 측면에 대한 세부 평가 기준으로는 인적오류 가능성에 대한 비중이나 관리적인 측면에서 MMI기기의 변경 가능성의 중요도도 매우 중요하게 부각된다. 왜냐하면, PSR 결과로 MMI 기기 변경의 실질적인 가능성이 없다면, MMI 문제라고 하더라도 다른 부분을 보완하는 것이 타당하기 때문이다.

표 2 세부평가 기준

평가기준 영역	세부 평가기준 (예시)	비중
기술적인 측면	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Workload</li> <li>- Resource</li> <li>- Human Error Requirement</li> <li>- Training Requirement</li> <li>- Operator Acceptability</li> </ul>	
관리적인 측면	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Phase of Life-cycle</li> <li>- Required vs. Provided Efforts</li> <li>- Scope of Related Engineering Field</li> </ul>	
경영적인 측면	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업자 의지</li> <li>- Feasibility (Cost, Time, Technical Difficulty)</li> <li>- Corporate Image</li> </ul>	

본 논문에서도 DIMS에서 제시한 AHP 기반의 다기준 의사결정 기법을 채택하고 관련자들이 참여하는 방식이 타당하다고 보았다. 그러나 아직 각 현안의 중요도 판단을 종합해야 하는 단계가 아니므로 현안을 제기한 전문가의 중요도 판단과 현장 운전원의 의견을 수집하는 단계이다. 다음 그림 1은 DIMS의 화면을 나타낸 것이다.

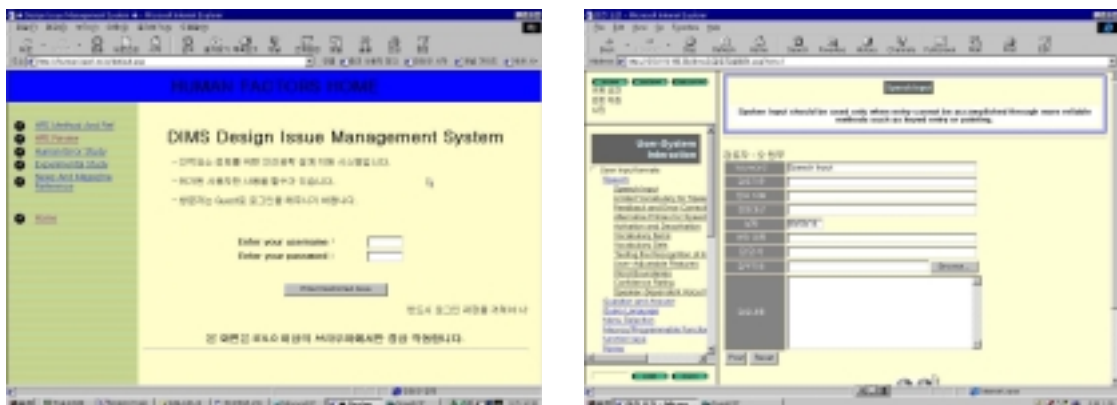
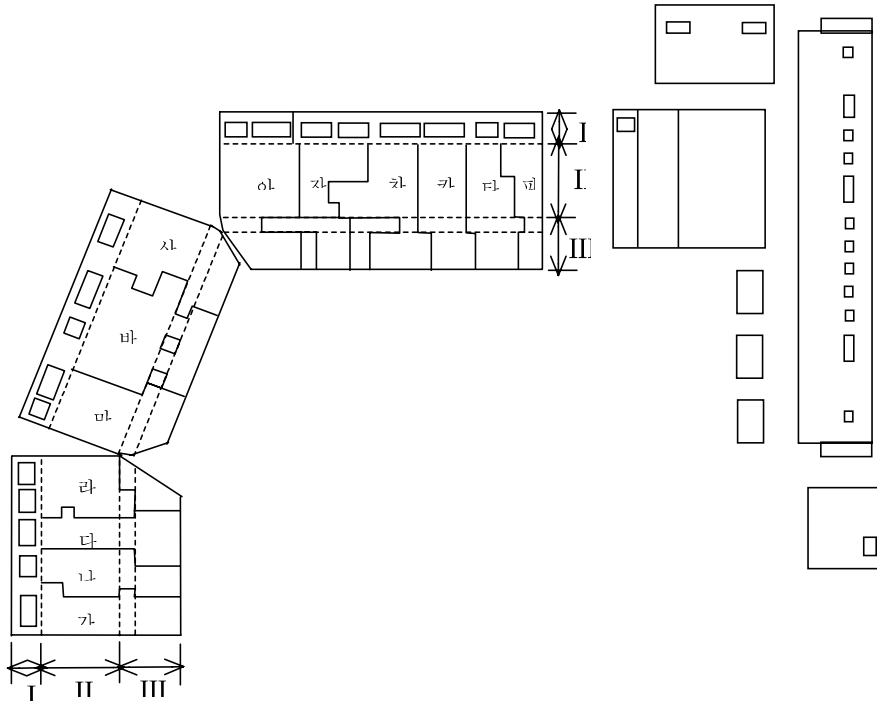


그림 1. DIMS의 화면(예)

### 3. 사례

MMI 평가 방법론에 대한 검토를 위해 국내 원전의 PSR시범적용을 수행중인 고리 1호기에 제안된 방법론을 적용하였다. 다음 그림 2는 고리 1호기 주제어반의 계통별 MMI 기기의 배치를 나타낸 것이다.

그림 2. MCB 기기의 계통별 배치



영역	계통
1. (가)	01 - Component cooling sea water system.
2. (나)	02 - CTMT Spray system.
3. (다)	03 - Residual heat removal system.
4. (라)	04 - Safety injection system.
	05 - CTMT Isolation system.
5. (마)	06 - Chemical & Volume Control system(CVCS) I.
	07 - Chemical & Volume Control system(CVCS) II.
6. (바)	08 - Reactor First trip.
	09 - Nuclear instrument system.
7. (사)	10 - Reactor Coolant system.
8. (아)	11 - Turbine First trip.
	12 - Steam & Feedwater system.
9. (자)	13 - Heater & Drain system.
	14 - Condensate & Heater drain system.
10. (차)	15 - United Actuator & Generator.
11. (카)	16 - Generator & Turbine system.
12. (타)	17 - Inverter & DC Power.
13. (파)	18 - Fire protection system.

I : 경보영역  
 II : 표시기, 지시기 영역  
 III : 제어기 영역

#### 가. 주제어실 CVCS 제어반의 가용성 평가 사례

주제어실의 MMI 가용성 평가중 CVCS 계통에 대한 가용성 평가를 수행하였다. CVCS 계통의 MMI 가용성 평가를 위하여 LIST-I와 LIST-R을 도출한 후, 비교하고, 현장 전문가의 검토 및 평가를 거쳐 가용성 검증을 수행하였다.

먼저, LIST-I는 현장 사진, 도면, 기기의 이력 정보 등의 자료를 활용하여 도출한다. 현재 운영중인 MMI 기기의 현황 목록이다. CVCS 계통의 경우에는 주제어반에 특정 영역을 차지하고 있어서 LIST-I의 작성에 그동안의 기기 변화의 이력을 살피는 것 이외에는 별 어려움이 없다. 또한, LIST-R은 기본적으로 설계용 P&ID를 통해 설계 요건목록을 도출하였다. P&ID의 유지관리에 따른 현황을 파악할 수 있다. 비상운전 절차서의 MMI 요구 항목 (LIST-P), 사건 및 운전경험상 추가 혹은 제거되는 MMI 요건(LIST-O), 경보대응 요건 (LIST-A), 법규적 요건(LIST-Reg) 등에 의해 도출된 MMI 항목을 종합하여 최종적인 MMI 요건 목록인 LIST-R을 도출하였다. 대부분의 경우, 현장 MMI 기기와 관련하여 당연히 확인되어야 할 항목이지만 PSR을 위한 증빙자료를 구성하였다. CVCS 계통에 대하여 이 상과 같이 도출한 LIST-R과 LIST-I를 비교한 결과는 별도 첨부된 표 3과 같다. 비교표만 으라도 MMI기기의 누락 항목을 쉽게 구별할 수 있다. 비교표에서 두 목록의 비교결과 각 목록에 있어서의 미확인된 기기의 목록을 작성하여, 가용성 검토의 상세 확인 후속작업을 수행하였다. 이를 위하여 별도의 표 4와 같이 가용성 상세검토 목록을 작성하였다.

**표 4. 가용성 검토 상세 확인 필요 목록**

MMI 유형구분	LIST-R	LIST-I	
		도면	사진
R	FR-110 FR-175/176 FR-177/178		마II-50-R 마II-51-R 마II-52-R
FI	FI-113 FI-111	FI-116 FI-115	마II-16-I 마II-17-I
YIC	YIC-113 YIC-110 YIC-111	HC-104 HC-105	마II-19-I 마II-29-I 마II-30-I 마II-41-C 마II-53-C
V&S	HS-43MM HS-TCV-100 HS-8100 HS-8152	LCV-112A ILV-1702 ITV-1400	
P/P	-	MPP-33A MPP-33B XPP-36B XPP-36A MPP-12B MPP-12A	마II-36-I 마II-37-I 마II-38-I 마III-72-V
기타	PQ-135	1/MU	
소계	13	14	14
계	13	28	

ex) F I T - × × ×

① ② ③

① First letter indicates

F : Flow  
L : Level  
H : Hand or Humidity  
P : Pressure  
Q : Power Supply  
S : Speed  
T : Temperature  
V : Vibration  
Z : Position

②③ : Type or Function

A : Alarm  
C : Controller  
I : Indicator  
M : Modifier  
Q : Power supply or Int.  
R : Recorder  
S : Switch  
T : Transmitter

이와 같이 CVCS 계통 MMI 관련 기기의 가용성 평가를 위해 LIST-I와 LIST-R의 비교로 가용성 검토 상세 확인 필요 목록을 도출한 후, 최종적으로 현장 답사를 통해 현장 전문가의 검토 및 평가자문을 거쳐 가용성 검증 결과를 도출한다. 현장 답사에서는 기기의 상태 혹은 누락에 대한 운전원 면담을 통한 최종확인이 수행된다. 상세 검토이전에는 공식적인 인간공학 현안으로 관리되지 않는다. CVCS 계통의 가용성 검토 사례에서 적용된 평가 방법들을 기준으로 이외의 다른 계통들에 대한 가용성 평가에 확대 적용할 수 있을 것이다.

#### 나. 점검표(Check List) 평가의 적용 결과

MMI의 적합성 평가에 있어서 점검표(Check List) 방법을 적용하였는데, NUREG-0700 Section 6을 적용 근거로 전문가 평가를 적용하였다. 적합성 실사를 위한 점검항목 및 점검표의 양식은 앞의 표 1과 같다. 적합성 점검을 위한 실무자의 양식은 우선 MMI 기기의 유형별로 구성된 점검기준(criteria)의 종합표로 구성된다. MMI 기기의 유형별로 핵심 검토 항목별로 검토 기준의 출처와 기준에 대한 설명 및 비교를 위한 그림 등의 항목이 포함된다.

MMI 적합성 점검양식을 기반으로 운전중인 원전의 현장에서 제어반의 인간공학적 적합성 평가를 수행하였다. 평가의 진행은 MMI 기기의 인간공학적 평가를 위한 전문가 패널을 구성하고 NUREG-0700 항목을 기준으로 MCB에 위치한 계기에 있어서의 문제점 및 개선방향을 제시하고 담당 운전원의 의견을 수집하는 방식이다. 이와 같이 점검표 방식을 기반으로 전문가 패널 평가, 현장 면담 실사 등을 통하여 수행된 적합성 평가의 결과는 표 5와 같은 양식으로 검토결과를 요약하였다.

**표 5. 적합성 검토 결과 양식 (예시)**

4. ( )

**주제어반의 인간공학적 적합성 점검양식**

제 목	지시기의 가독성 문제			학 인	실사 검토자	이용희 (서명) 2001년 8월 일
					K-1 검토자	(서명) 2001년 8월 일
위 치	가-II-1	계기명	(사진 참조)			
현재상태		평 가			현장 의견	
(1)만족으로 판단함 (2) 모든 circular scales의 경우 scale value 상에 tip이 overlap하게 되어 있으며 또한 vertical meter도 역시 tip이 scale value를 가린다.  관련사진 : 가-II-1-1.jpg	기준(NUREG-0700항목)	6.5.2.2 Pointers a. pointer tip form				
	문제점	- pointer tip이 눈금값을 가리게 되면 가독성이 떨어진다 - 색상으로 영역구분 표시만 강화하는 것 고려.				
	우려되는 오류/불편의 내용(범위)					
	개선방향 및 개선효과	circular scale의 경우 NUREG-0700 Exhibit6.5-8의 좌측과 같이 눈금값이 graduation의 밖에 위치하도록 수정함. vertical meter의 경우 pointer의 위치를 graduation을 중심으로 눈금값과 반대편에 위치하도록 수정함				
	권고사항 : 개선을 위한 조치					
검토자	<b>이 린 필</b> (서명) 2001년 8월 7 일				(서명) 2001/8/	
첨부분	제어반 도면 <input type="checkbox"/> 기물 검토서 <input type="checkbox"/> 해석/중요도평가 <input type="checkbox"/> 사후이행조치계획(안) <input type="checkbox"/> 의견조율결과 <input type="checkbox"/> 기타 <input type="checkbox"/>					

검토결과에는 MMI 기기의 위치와 현황 및 제기된 문제점을 기입한다. 또한, 문제점으로 인하여 예상되는 인적 수행도의 영향(예를들면, 가능한 인적오류의 예 등)을 기입한다. 이러한 검토 결과는 해당 기기를 사용하는 현장 운전원의 의견을 통하여 조정될 수 있도록 하였다. (아직 미수행) 최종적으로는 검토자의 의견을 중심으로 수정 보완을 위한 권고사항(recommendation)으로 기입된다.

적합성의 현안은 개별 전문가의 의견으로 제기되지만, 세부적인 문제점의 내용은 전체 패널토의를 통하여 확인 및 조정한다. 또한, 현장 사용자의 의견을 청취한 후에 참여 전문가의 합의로 권고사항을 확정한다. 그러나, PSR에서 이러한 과정에 반드시 현장과의 합의된 검토의견을 도출해야하는 것은 아니다.

본 연구에서는 적합성 평가 방법론으로 점검표 기반의 전문가 패널 평가를 제안하고 고리 1호기의 PSR 사례에 시범적용하였다. 개별 전문가의 독립적인 평가 및 의견청취가 가능하고 의견의 수렴이 현실적으로 용이한 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 우리나라 원자력발전소의 안전성을 제고하기 위해 MMI 기기의 안전성 유지 관리 상태의 평가에 대한 실무 방법론을 제시하고자 하였다. 원전의 안전성 유지 관리 상태를 평가하기 위하여 MMI 평가의 범위를 가용성, 적합성, 유효성으로 보고, 원전의 PSR을 위하여 MMI의 인간공학적 안전성 평가 방법을 제시하고자 하였다. 가용성 평가는 실사된 현황을 나타내는 목록(LIST-I)과 필요한 MMI 기기를 나타내는 목록(LIST-R)을 비교하는 방식을 제안하였다. 또한, 적합성 평가에서는 점검표(checklist) 기반의 전문가 평가 방식을 제안하였다. 그러나, 이들은 반드시 현안에 대한 상대적인 중요도 평가를 수행하는 현안관리 방법을 포함하여 수행되어야 할 것이다.

현 연구단계는 MMI의 가용성, 적합성 검증까지 사례 적용을 통해 방법론의 타당성이 확인되었다. 제안된 방법론은 MMI 평가의 부담을 덜고 시행착오를 줄일 수 있는 매우 현실적인 실무 방법론으로 판단된다. 향후 유효성 평가를 위한 인간공학적 실험 방법을 포함하여 전체 MMI 평가를 수행하는 것으로 국내 원전의 주기적 안전성 평가에 대한 방법론을 제시할 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

1. 고리 1호기 P&ID(1차&2차계통), 2001, 4. 고리원자력본부 제1발전소
2. 고리 1호기 경보 목록 & 절차서, 고리원자력본부 제1발전소
3. 고리 1호기 MMI의 가용성 검토 업무 절차(CVCS 사례기준), 한국원자력연구소, 2001.07.
4. 고리 1호기 주기적안전성평가 기초보고서, 한국전력공사, 2001.05.
5. 울진 3,4 호기 CFMS 화면설계의 인간공학적 평가, 한국원자력연구소, 1997
6. 원전 안전성을 위한 인간공학 현안관리체계(DIMS) 개발, 대한인간공학회지, 2000
7. NUREG-0700, Control Room Human Engineering Guidelines, September 1981, USNRC



표 3. MCB CVCS 영역에 대한 가용성 예비평가 결과 표 : 실사목록

	사진	도면	Upgrade		사진	도면	Upgrade
1	마II-03-I	LI-112	○	51	마III-53-R		
2	마II-04-I	LI-141	○	52	마III-54-R		
3	마II-05-I	TI-140	○	53	마III-55-C		
4	마II-06-I	PI-139	○	54	마III-56-V	MPP-33AB	
5	마II-07-I	TI-127	○	55	마III-57-V	XPP-36B	
6	마II-08-I	TI-129	○	56	마III-58-V	XPP-36A	
7	마II-09-I	LI-196	○	57	마III-59-V	MPP-28C	
8	마II-10-I	LI-102	○	58	마III-60-V	MPP-28B	
9	마II-11-I	LI-171	○	59	마III-61-V	MPP-28A	
10	마II-12-I	LI-189	○	60	마III-62-V	1/MU	
11	마II-13-I	TI-125	○	61	마III-63-V	43/MU	
12	마II-14-I	TI-182	○	62	마III-64-C	HC-142	○
13	마II-15-I	PI-174A	○	63	마III-65-V	8101	
14	마II-16-I	PI-124A	○	64	마III-66-V	8145	
15	마II-17-I	FI-116	○	65	마III-67-V	8143	
16	마II-18-I			66	마III-68-V	LCV-112B	
17	마II-19-I			67	마III-69-V	FCV-110A	
18	마II-20-I	TI-126	○	68	마III-70-V	FCV-111A	
19	마II-21-I			69	마III-71-V	LCV-112A	
20	마II-22-I	LI-197	○	70	마III-72-V	AOV-8154	
21	마II-23-I	LI-106	○	71	마III-73-V	MPP-12B	
22	마II-24-I	LI-172	○	72	마III-74-V		
23	마II-25-I	LI-190	○	73	마III-75-V	MPP-12A	
24	마II-26-I	TI-132	○	74	마III-76-V	8104	
25	마II-27-I	TI-181	○	75	마III-77-V	8153	
26	마II-28-I	PI-173A	○	76	마III-78-V	LCV-112C	
27	마II-29-I	PI-131A	○	77	마III-79-V	FCV-110B	
28	마II-30-I	FI-115	○	78	마III-80-V	FCV-111B	
29	마II-31-I			79	마III-81-V	8149A	
30	마II-32-I			80	마III-82-V	LCV-427	
31	마II-33-I	TI-130	○	81	마III-83-V	ILV-1702	
32	마II-34-I	FI-134	○	82	마III-84-V	MPP-12B	
33	마II-35-I	PI-135	○	83	마III-85-V	MPP-12A	
34	마II-36-I	TI-122	○	84	마III-86-V	TCV-145	
35	마II-37-I	PI-121	○	85	마III-87-V	8141B	
36	마II-38-I			86	마III-88-V	8141A	
37	마II-39-I			87	마III-89-V	8149B	
38	마II-40-I			88	마III-90-V	LCV-428	
39	마II-41-I	PI-150A	○	89	마III-91-V	ITV-1400	
40	마II-42-I	FI-128A	○	90	마III-92-V	8168B	
41	마II-43-C			91	마III-93-V	8142	
42	마II-44-C	HC-111	○	92	마III-94-V	8168A	
43	마II-45-C	HC-110	○	93	마III-95-V	8149C	
44	마II-46-C	HC-130	○	94	마III-96-V	8147	
45	마II-47-C	HC-135	○	95	마III-97-V	BAT LVL SELT	
46	마II-48-C	HC-133	○	계	171	157	56
47	마II-49-C	HC-123	○				
48	마II-50-C	HC-104	○				
49	마II-51-C	HC-105	○				
50	마II-52-R						

\*주) '사진'란의 coding은 별도. MCB의 마 : CVCS영역, I : 경보영역, II : 표시기, 지시기 영역, III : 제어기 영역