

국내 원전 발전정지사례 분석정보 시스템 개발

이정운, 박근욱

한국원자력연구소, 인간공학연구팀

Abstract

Information that can be obtained from nuclear power plant trip cases is important for the efforts to reduce the trip occurrences. However, trip case reports, generally printed in documents, have shortcomings in using the contents. A database system called Information System of Trip Event Cases(INSTEC) is being developed to improve the use of trip information. INSTEC will provide the information obtained from the analysis of Korean nuclear power plant trips, such as component failures or human errors that induced the trips, problems contributed to the trips, and the sequence of unit events. In this study, in the process of INSTEC development, information analysis has been performed and a prototype of the system was developed. The prototype of INSTEC with user interface was presented to plant personnel to collect their opinion on INSTEC by using a questionnaire. As results, it is confirmed that INSTEC would be helpful and useful for plant personnel to review the trip case information.

1. 서론

인적오류는 원자력발전소의 안전성과 가동성에 영향을 미치는 매우 중요한 요소이다. 미국 TMI-2 원전과 구소련의 체르노빌 원전에서 발생한 사고와, 30~50%에 달하는 원자력발전소 사건이 인적오류가 개입되어 발생하였다고 알려져 있다 [1].

이러한 인적오류에 대한 효과적인 대응책으로 과거에 발생한 사례에 대해 오류유형, 인적오류 발생의 문제점 또는 원인, 인적오류에 의한 시스템의 상태변화 및 발전정지사례의 진행경위 등을 분석하여 제공하는 방법이 있다. 일반적으로, 원전의 발전정지사례 보고 자료에는 기기고장 또는 오류행위, 사건의 진행, 유사사례 재발을 방지하기 위한 대책, 등이 기술되어 있다.

발전정지사례 보고자료의 정보는 현재 운전중인 발전소에서의 작업수행도 및 작업환경의 개선과 새로운 발전소에 대한 설계요건의 설정에 유용하다. 국내에서는, 매년 원자력발전소 발전정지사례집[2]이 발간되고 있다. 본 연구에서는, 이 발전정지사례집의 사용상 단점을 개선하여 발전정지사례 정보를 효과적으로 원전 종사자에 제공하기 위한 데이터베이스

시스템(INSTEC: Information System of Trip Event Cases)을 개발중에 있다. 본 논문은 이 INSTEC의 개발과정중 수행한 정보분석과, 시스템의 prototype 개발, 현장작업자에 대한 설문조사에 대해 기술한다.

2. 정보분석

INSTEC에 포함시킬 정보를 top-down방식으로 분석하였다. 본 연구의 주자료원인 원자력발전소 발전정지사례집[2]은 발전정지사례에 대한 현장 종사원의 분석 및 보고자료가 발전소 계통별로 구분되어 수록되어 있다. 우선, 사례집을 이용하여 수행하는 상세분석으로부터 얻을 수 있는 정보와 사례집 자체의 내용을 첫째 정보 그룹으로 선정하였다. 이러한 사례별 정보이외에, 많은 사례를 가지고 얻을 수 있는 추이분석정보를 둘째 정보 그룹으로 선정하였다. 셋째 정보 그룹으로는, INSTEC의 사용자가 앞서의 사례별정보 및 추이분석정보를 조회할 때 도움을 줄 수 있도록, 원전의 운전현황, 운전이력, 발전실적 등, 원전에 대한 일반적인 정보를 포함하는 것으로 정하였다. 일반적인 정보는 원자력발전소 발전년보[3]를 참조하여 결정하였다. 이 세가지 범주의 정보에 대해 상세정보항목을 도출하였다. 표 1은 사례별 정보에 대한 상세정보항목을 보여주며, 표 2는 추이분석정보 항목을, 표 3은 발전소 일반정보 항목들을 나타내고 있다.

3. Prototype 개발

INSTEC의 prototype은 국내 원자력발전소의 PC환경을 고려하여, run-time version이 있고 검색속도가 빠를 데이터베이스 개발 프로그램을 기반으로 구축하였다. 이 prototype은 발전소 일반정보와 일부분 분석된 사례를 포함시키고 사용자 인터페이스를 연결하여 개발되었다. Prototype의 화면은 초기화면, 세 정보그룹 선택을 위한 초기정보선택화면, 각 정보그룹내의 정보선택을 위한 화면, 그리고 정보제공화면으로 구성하였다. 초기화면은 고리 원자력발전소 전경을 배경으로 시스템 logo와 password 입력창으로 구성하였다. 초기화면 이외의 화면들은 화면 최상단에 화면 제목을 표시하고, 화면 중앙부에는 정보선택 버튼이나 선택된 정보를 표시하도록 하였으며, 화면의 하단에는 정보 그룹 또는 범주간의 이동을 위한 버튼, 도움말, 인쇄, 종료 등의 시스템 일반 버튼을 배치하여 화면간의 일관성을 유지하고자 하였다. 시스템 일반 버튼중, 도움말 및 종료 버튼은 초기화면을 제외한 모든 화면의 같은 위치에 표시되도록 하였으며, 출력

버튼은 출력이 필요하다고 판단되는 화면에만 배치하였다. 그림 1은 화면예를 보여준다.

4. 원전 작업자에 대한 설문조사

총 25명의 원전 종사자에 대해 개발된 INSTEC prototype를 시연하고 준비된 설문에 의해 설문조사를 수행하였다. 설문은 응답자의 주직무, 작업경력, 컴퓨터 사용경력, 발전정지사례집 이용경험 및 사례집에 대한 의견, 그리고 시연된 INSTEC prototype에 대해 선정된 정보의 유용성, 시스템의 유용성, 사용자 인터페이스의 적합성, 등에 관한 질문으로 구성하였다. INSTEC의 유용성에 관한 질문에 대한 응답으로는 매우 유용하다(12%), 어느 정도 유용하다(80%), 그저 그렇다(8%), 유용하지 않다(0%)로 나타나 INSTEC은 원자력발전소 작업자에게 유용할 것으로 판단되었다. INSTEC의 정보항목별 유용성에 대해서는, 응답자의 40%만 긍정적으로 평가한 발전소 위치도를 제외하고는 모든 정보항목에 대해 필요하다고 응답하였다. 표 4는 정보항목별 유용성에 대한 응답을 보여주며, 표 5는 사용자 인터페이스 설계에 대한 설문결과를 보여준다.

5. 결론

본 연구에서는 국내 원자력발전소의 발전정지사례의 분석정보를 데이터베이스화하여 원자력발전소 종사자에게 제공하기 위한 원자력발전소 발전정지사례 분석정보 시스템(INSTEC)의 개발을 위해 정보분석과 prototype개발, 설문조사를 수행하였다. 설문조사 결과 INSTEC은 국내 원자력발전소 발전정지사례에 대한 분석정보를 원자력발전소 종사원이 쉽고 유용하게 열람할 수 있는 것을 확인할 수 있었다. INSTEC은 설문조사를 통해 수렴된 의견의 반영과 사례별 및 추이분석을 통한 정보의 입력을 수행하여 완성할 것이다.

(본 연구는 과학기술처에서 시행하는 원자력연구개발사업으로 수행되었음.)

참고문헌

- [1] J. T. Reason, Human Error, Cambridge, Cambridge Press(1990)
- [2] 원자력발전소 발전정지사례집, 한국전력공사 원자력발전처 (1984 ~ 1995)
- [3] 원자력발전년보, 한국전력공사 (1995)

사례별 분석정보					
검색선택항목	전체 원자력발전소	개능	특기사항	심미관련 원인	KEYWORD
	1078 1992	주급수계통	신체인상	신체인상	
사례번호	5/12	발전소명	고리 2호기	발생일시	84/08/06 20:48
사례제목	주급수 펌프 C 공급 윤활유 누출 사고				
분석개요					
정지개요	정상 발전 운전 상태에서 주급수 펌프 C의 윤활유 필터를 청소하던중 보수작업원이 운전중인 윤활유 필터의 뚜껑을 개방하여 공급 윤활유 저압력으로 주급수 펌프 C가 정지됨. 발전기 출력 급감발을 시도하고 증기발생기 수위안정을 위하여 증기발생기 수위를 수동제어하였으나, 증기발생기 A 고수위가 발생하고 터빈 및 원자로 정지됨.				
원인분석	<ol style="list-style-type: none"> 1. 과도한 소음지역에서의 보수작업자시에 따른 의사소통 불량 2. 보수작업자의 윤활유 필터 운전특성에 대한 지식결여 3. 현장운전원의 주급수 현장제어반에 대한 현정소시 감시소홀 4. 주재어실 운전원의 증기발생기 수위 수동제어 미숙련 				
원인해소방안	<ol style="list-style-type: none"> 1. 현장 작업지시와 같은 의사소통은 소음이 적은 지역에서 실시, 작업자에게 작업진행절차 및 유의사항을 명확하게 전달 2. 보수작업자에게 윤활유 필터의 특성 및 작업방법을 교육시키고, 운전중인 오일필터를 쉽게 교체할수 있는 식별표식치를 부착 3. 현장제어판넬 운전상태 현정소시 감시체계를 강화시킴 4. 시뮬레이터를 사용하여 주재어실 운전원의 증기발생기 수위 수동제어 숙련도를 향상시킴 				
특기사항	<ol style="list-style-type: none"> 1. 두개의 윤활유 필터를 동시에 청소 작업시킴으로써 사건유발의 동기를 부여함 2. Reverse Rotation Detector 불량에 기인한 계전기 오동작으로 주급수펌프 A의 기동이 불가능한 상태였음. 				
분석제외사항	1. 작업의뢰서(TR5525)가 보고자료에 첨부되지 않았음(상세한 작업승인 내용을 알 수 없음)				
이전사례 다음사례 사례목록 상세정보 초기 종료					
도움말 초기 정보선택 화면 사례별 분석정보 검색화면 출력 종료					

그림 1. INSTEC의 화면 예(사례별 정보의 분석개요화면)

표 1. 사례별 정보 항목

1차수준	2차수준	정보항목 또는 범주
사례검색	원자로 호기	호기별, 발전소별, 전 원자력발전소
	기간	처음년도, 나중년도
	주제별 검색	발전정지 관련계통 - 1차계통 및 부계통 - 2차계통 및 부계통 - 기타설비 및 부계통 발전정지 특기사항 문제점 및 원인 - 설비/기기/환경 관련 항목 - 작업관련 항목
	keyword 검색	발전정지 keyword
사례별정보	검색된 사례목록	일련번호, 발전소명, 발전정지 발생일시, 발전정지 유형, 사례제목
	분석개요	정지개요, 문제점/원인, 해소방안, 특기사항
	상세내용	발생시간순으로 정리된 단위사건표
	흐름도	단위사건 간의 원인-결과 연계도
	보고문서	해당사례의 사례집 내용

표 2. 추이분석 정보 항목

1차수준	정보항목
정지관련 계통	1차계통 및 부계통
	2차계통 및 부계통
	기타설비 및 부계통
문제점/원인	설비/기기/환경 관련 항목
	인적오류 관련 항목

표 3. 발전소 일반 정보 항목

1차수준	2차수준	정보항목 또는 범주
원자력발전소 개요	운전현황	호기별 위치, 용량, 원자로형, 원자로 공급회사, 터빈발전기 공급회사, 기술용역공급회사
	주요 일자	건설허가일, 운영허가일, 최초임계일, 최초계통병입일, 상업운전일, 시운전기간
	설비용량 및 비교	원전 설비용량 추세, 타발전소 설비용량 비교, 타발전소 발전량 비교
	위치도	운전중, 건설중 원자력발전소의 지도상 위치
원자력발전소 운전현황	가동률	호기별 가동률(꺾은선 그래프, 막대그래프, 표)
	이용률	호기별 이용률(꺾은선 그래프, 막대그래프, 표)
	부하율	호기별 부하율(꺾은선 그래프, 막대그래프, 표)
	발전량	호기별 발전량, 소내전력량, 소내전력율, 송전단 전력량(꺾은선 그래프, 막대그래프, 표)
	운전이력	호기별 연도별 운전이력 그래프
	발전정지 발생현황	호기별, 연도별 발전정지 발생건수(꺾은선 그래프, 막대그래프, 표)
	주요설비 개선현황	호기별 작업년월, 분야, 관련계통, 작업내용

표 4. INSTEC 정보항목에 대한 설문조사 결과

정보항목	응답(%)			
	필요하다	그저그렇다	필요없다	모르겠다
1) 발전소 일반정보				
• 전반적으로 (원자력발전소 개요)	84	12	4	0
• 운전중 원전 현황	88	8	4	0
• 운영허가/운전일	60	28	12	0
• 설비용량 및 비교	76	16	8	0
• 위치도 (원자력발전소 운전현황)	40	40	16	4
• 이용률	64	32	4	0
• 가동율	64	32	4	0
• 발전량	72	24	4	0
• 부하율	68	28	4	0
• 운전이력	84	12	4	0
• 발전정지 발생현황	88	12	0	0
• 주요설비 개선현황	92	8	0	0
2) 사례별 정보				
• 전반적으로	84	16	0	0
• 사례검색화면	88	12	0	0
• 분석개요	88	12	0	0
• 상세내용	96	4	0	0
• 흐름도	76	24	0	0
• 보고문서	88	8	0	4
3) 추이분석정보				
• 전반적으로	88	12	0	0
• 정지관련 계통별 추이	100	0	0	0
• 정지관련 설비별 추이	92	4	4	0
• 인적오류에 관한 통계치	88	8	4	0

표 5. INSTEC의 사용자 인터페이스 설계에 대한 설문조사 결과

질문	응답평균값
1) 화면에 표현된 정보들(문장, 표, 그래프 등)을 읽기가 쉽습니까?	4.1
2) 화면의 구성 및 배치는 어떻습니까?	3.6
3) 화면에 제시된 정보들(문장, 표, 그림, 배경 등)의 색깔은 어떻다고 생각하십니까?	3.6
4) 본 시스템에 사용된 메뉴의 구성(전체적인 구조 배열, 선택순서 등)은 어떻습니까?	3.6
5) 실제 원전 작업에서 사용되는 용어와 본 시스템에 사용된 용어간에 연관성이 있다고 생각하십니까?	3.5
6) 본 시스템을 사용하여 필요한 정보를 찾기위해 수행해야 하는 단계수는 어떻다고 생각하십니까?	3.4
7) 본 시스템을 배우기가 쉽다고 생각하십니까?	4.3
8) 필요한 정보를 찾기위해 수행해야 하는 각 단위작업들의 순서는 논리정연하다고 생각하십니까?	3.7