

'99 추계학술발표회 논문집

한국원자력학회

원자력발전소 기기 신뢰도 데이터베이스 관리시스템의 설계 및 구현

Design and Implementation of Component Reliability Database Management System for NPP

김승환, 정진근, 최선영, 이운환, 한상훈

한국원자력연구소

대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

한국원자력연구소에서는 국내 원자력 발전소 기기 신뢰도 데이터베이스를 구축 중에 있다. 본 논문은 기기신뢰도 데이터베이스를 입력, 수정 및 관리할 수 있는 전산 관리 시스템개발에 대하여 연구한 사항을 전산 관점에서 기술하였다. 이러한 일련의 운영과정을 인트라넷 환경 하에서 운영하도록 구현하여 운영 중에 있으며 현재는 이 도구를 이용하여 영광4호기의 PSA 적용기기에 대하여 기기 고장률 산출을 위한 고장모드/고장심각도 등을 분석 중에 있다. 현재는 추가 모듈로서 운전이력 및 시험이력 관리 및 고장률/신뢰도 계산 모듈 등을 구현 중에 있다.

Abstract

KAERI is constructing the component reliability database for Korean nuclear power plant. This paper describes the development of data management tool, which runs for component reliability database. This is running under intranet environment and is used to analyze the failure mode and failure severity to compute the component failure rate. Now we are developing the additional modules to manage operation history, test history and algorithms for calculation of component failure history and reliability.

1. 서론

한국원자력연구소에서는 국내 원전의 PSA 수행에 사용할 국내 원자력 발전소 기기신뢰도 데이터베이스를 구축 중에 있다. 기기 신뢰도 데이터베이스는 PSA의 대상이 되는 계통들의 기기별 고장률 및 신뢰도를 감시 및 관리하고 또한 PSA 수행의 기초데이터로 사용하기 위하여 기기별 보수이력 및 기기설비 자료 등의 자료를 수집, 저장, 관리할 수 있는 프로그램 및 관리 시스템의 총칭이다. 이러한 데이터베이스의 구축에 있어서 데이터를 입/출력하고 관리하기 위한 전산 지원 도구가 필수적이다. 이러한 전산도구는 데이터베이스와 사용자간의 인터페이스를 담당하여야 하고 보다 편리한 구조로 사용자가 정확하게 데이터를 관리할 수 있도록 사용의 편의성을 부여하여야 할 것이다. 본 연구의 목적은 기기신뢰도 데이터베

이스에 저장될 신뢰도 데이터의 관리를 위한 전산체제를 구축함에 그 목적이 있다.

본 연구의 수행내용은 장기적인 측면에서 국내 원전 기기 신뢰도 데이터베이스용 자료 수집/분석을 위한 틀을 완성하는 것이며, 우선적으로 영광4호기 PSA대상 기기에 대한 신뢰도 자료 조사 및 분석을 위한 보조도구로서 전산 프로그램을 개발하였다.

이 시스템 구축의 첫째 목적은 기기 신뢰도 데이터베이스에 중요한 신뢰도 자료를 저장하기 위한 신뢰도 데이터 시스템 개발에 있으며, 개발 후에 연구소 및 각 유관기관들에 전산망을 통하여 기기별 고장률/신뢰도 값을 직접 검색할 수 있도록 하고 PSA 수행시의 기기별 신뢰도 데이터를 제공하는데 있다

다음 그림1은 본 연구에서 구현한 신뢰도 데이터베이스 전산 관리 시스템의 개괄도 이다. 그림에서 보는 바와 같이 현장에서 수집할 수 있는 자료(PUMAS/N-II, 전산자료, 발전과장일지, 작업의뢰서등)들을 기기 신뢰도 데이터베이스에 저장한 후에 그 데이터베이스로부터 신뢰도 및 고장률을 구하여 주는 시스템인데 본 연구에서의 구현부분인 데이터베이스 관리 시스템은 점선으로 나타내어 표시하였다.

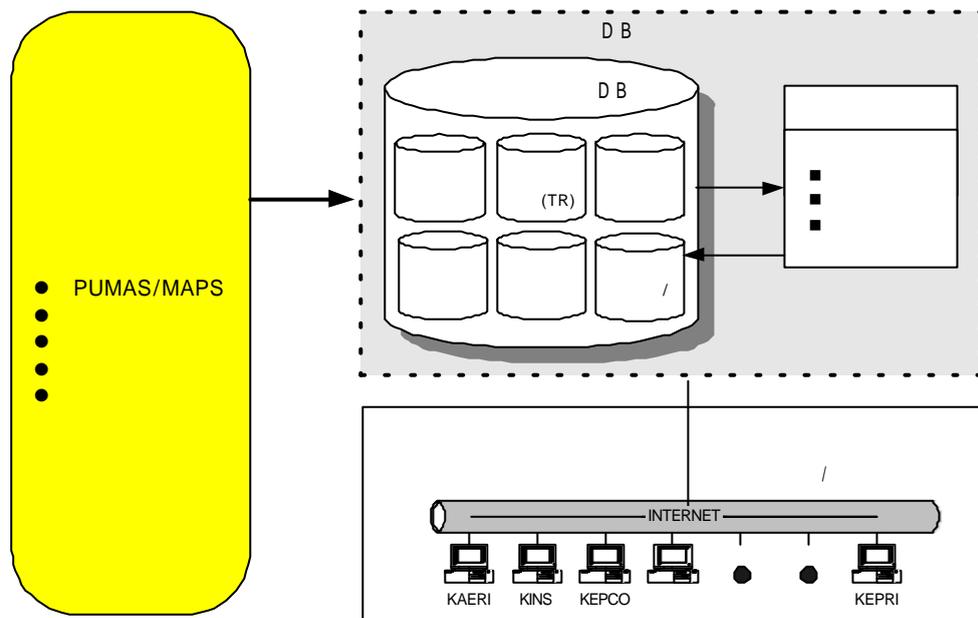


그림 1 기기신뢰도 데이터베이스 관리 전산프로그램

2. 전산 개발 환경

데이터베이스 관리 프로그램 및 입력, 검색, 계산의 프로그램들은 클라이언트/서버 방식으로 구현되어 왔다. 그러나 근래에 들어서는 전산기술의 발달과 더불어 데이터베이스와 WWW (World Wide Web) 기술의 결합이 많이 시도되고 있으며, 이러한 인트라넷 방식의 구현 환경은 기존의 클라이언트/서버 환경에 비하여 다음과 같은 많은 장점을 가져다 주었다.

- 모든 데이터는 인터넷 익스플로러와 넷스케이프와 같은 월드 와이드 웹 브라우저만 설치되어 있으면, 검색 및 수정 가능하다. 기존의 응용프로그램은 전용의 클라이언트 모듈을 따로 사용자의 시스템에 설치를 하여야 한다. 그러나 인트라넷 환경에서는 단순히 웹 브라우저만으로도 모든 데이터의 검색이 가능해진다.
- 모든 응용 프로그램을 중앙 집중 관리할 수 있게 된다.
- 클라이언트 모듈의 제작이 필요 없다.
- 유지 보수가 수월해진다. 즉 시스템 개발 및 개발 후의 시스템의 유지 및 보수에 있어서 서버 측의 프로그램/구조의 변화가 발생하는 경우에 기존의 클라이언트/서버 방식에서는 클라이언트 모듈을 매번 갱신해주어야 했는데 이는 개발 노력 이상의 유지 보수비용의 부담을 요구하게 되었다. 그러나 인트라넷에서는 클라이언트 모듈로서 오로지 웹브라우저만 있으면 되므로 서버 측의 갱신에 따라 클라이언트의 프로그램을 수정할 필요가 없기 때문에 유지보수에 있어 훨씬 효과적이다.

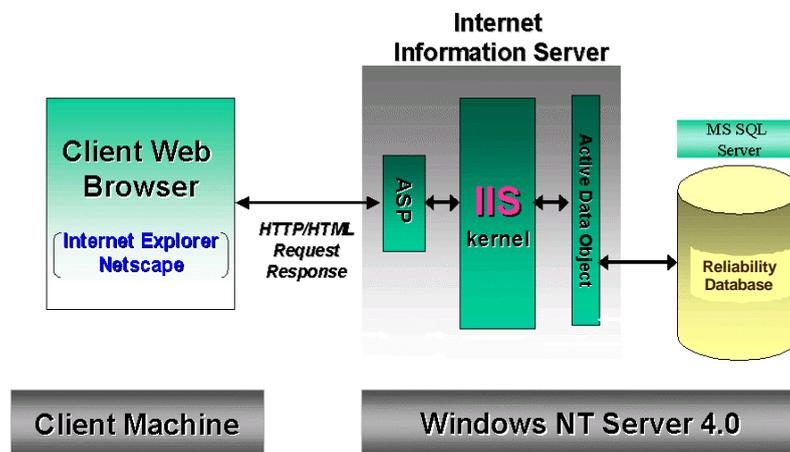


그림 2 전산 개발 환경

위와 같은 장점 때문에 근래에 들어서는 인트라넷/엑스트라넷의 구축이 활발히 진행되고 있다.

따라서 본 기기 신뢰도 데이터베이스 관리 전산 소프트웨어도 월드 와이드 웹(WWW)방식으로 개발하였는데 웹 브라우저로 검색하는 방식으로서 자료의 검색을 위하여 인터넷 익스플로러와 넷스케이프와 같은 월드 와이드 웹 브라우저만으로 데이터를 쉽게 검색할 수 있도록 구현함으로써 연구소 및 현장 그리고 관련 유관기관에서 데이터베이스에 저장된 각종의 자료들을 자유로이 검색할 수 있도록 하였다.

다음 그림 2는 인트라넷 환경 하에서의 신뢰도 데이터 시스템의 전산 개발 환경인데, 그림에서 보는바와 같이 데이터베이스에 저장된 데이터를 검색하기 위하여 사용자가 WWW 브라우저를 이용하여 검색을 의뢰하면 Web Server인 IIS (Internet Information Server) 가 사용자의 요구를 처리하여 Active Server Page Scripting 기술을 이용하여 데이터베이스에게 질의를 전달하고, 전달된 질의는 SQL Server DBMS가 처리하여 결과를 돌려보내면 그 결과를 Web Browser가 인식할 수 있는 언어인 HTML (Hypertext Markup Language)로 변

환하여 사용자의 Web Browser에게 돌려보냄으로써 결과를 검색할 수 있게 된다
 본 연구에서 구현중인 시스템은 윈도우NT서버 운영체제하에 MS SQL서버7 데이터베이스를 사용하고 있으며 웹서버로는 IIS4(Internet Information Server) 및 Active Server Page를 스크립트서버로 사용하였는데 그 상세사양은 다음 <표1>과 같다.

표 1 시스템 상세 사양

구성	사양
시스템	Intel Pentium-III 시스템
운영체제	Window NT Server 4.0 + NT Service Pack 5 + NT Option Pack
웹서버	IIS (Internet Information Server) 4.0
스크립트 서버	ASP (Active Server Page)
데이터베이스	MS SQL Server 7.0
개발도구	MS Visual InterDev 6

3. 시스템 보안

그러나 전산체제를 구축함에 있어서 가장 중요한 사항이 데이터의 입출력을 전반적으로 관리해주는 기능이라면 저장된 데이터를 안전하게 관리하고 외부의 불법적 접속 시도를 원천적으로 차단하는 방패막이 역할을 수행하는 것 또한 이러한 전산시스템에 필수적으로 구현되어 있어야 할 사항들이다.

이러한 목적에서 이 시스템의 설계단계에서부터 자료의 보안문제를 해결하기 위하여 많은 노력을 하였는데 우선 사용자 계정 관리기능을 구현하여 승인된 사용자만이 시스템에 접근할 수 있도록 구현하였고 또한 윈도우NT 자체가 제공하는 시스템 보안기능을 이용하여 접속 이력 관리 체제를 구축하였다.

가) 사용자 계정관리

데이터베이스에 저장된 데이터를 접근이 허가된 사용자만이 이용할 수 있도록 사용자 계정 관리 모듈을 구현하였다. 각 기기 계통별 분석담당자에게 계정을 부여하여 시스템 접근 시에 로그인하도록 하여 자료를 수정/추가/삭제하도록 하였다. 또한 분석담당자 계정 이외에도 몇 가지의 특별계정을 구현하였는데, 관리자계정, 개발자계정, 손님계정을 새로 만들어 계정 성격별로 시스템에의 접근권한에 구분을 두어 사용하도록 하였다. 특히 손님계정은 시스템에 사용자 계정이 없는 경우에 손님계정으로 접근하면 데이터의 검색만 가능하고 그밖에 입력, 삭제, 수정을 불가능하도록 하기 위하여 개발되었다.

그림3은 접속계정별 사용권한 설정의 예인데 분석자계정으로 로그인한 경우와 손님계정으로 로그인 한 경우의 화면들인데 그림에서 보는바와 같이 분석자계정의 경우 검색 버튼 옆에 추가 버튼이 따로 있으나 손님계정으로 접근한 경우에는 오직 검색 버튼만 나타나게 되어있

어 자료의 변경을 방지함을 보여주고 있다.

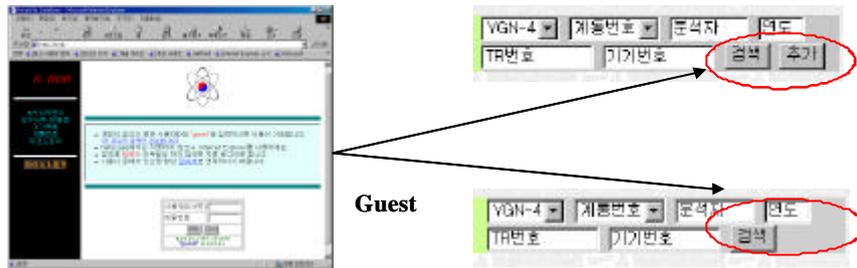


그림 3 접속계정별 사용권한

또한 그림4는 이 시스템의 접근 권한별 상태 전이도를 보여주는 예 인데 시스템 내부에 사용자별로 현재의 상태가 보관되어 있어 각 모드간에 이동 가능여부를 보여주고 있는데 이 그림에서도 실선은 분석자 계정으로 로그인 한 상태로서 각 모드간에 아무런 제약 없이 이동이 가능하여 검색/수정/추가/삭제 등이 자유롭지만 점선은 손님계정으로 로그인 한 상태로서 검색모드와 상세내역모드간에만 이동이 가능할 뿐 수정모드로는 이동 자체가 불가능함을 보여준다. 또한 관리자로 로그인 한 경우에는 관리자모드로도 이동이 가능하다

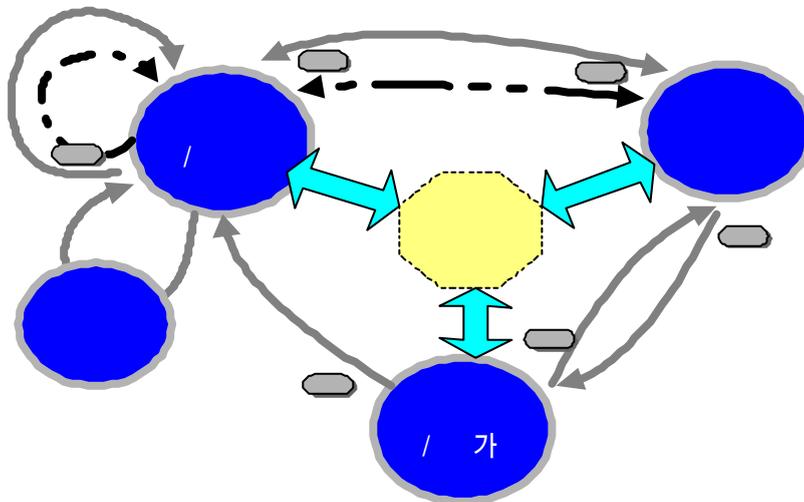


그림 4 접근 권한별 상태 전이도

나) 접속 이력 관리

접속이력관리는 시스템에 접근하는 모든 기록을 로그파일 형태로 보관하는 기능이다. 이 기능은 웹서버(IIS)에서 자체적으로 제공하는 기능으로서 이 기능을 이용함으로써 데이터베이스 이용 통계 등을 계산할 수 있어 시스템 관리 정책 수립의 기초 데이터로 사용할 수 있다. 즉 사용자별, 기관별, 발전소별, 호기별로도 각종의 통계 자료의 추출이 가능해지므로서

이 데이터를 다방면으로 이용할 수 있다. 다음 표2는 시스템 접속 이력 로그 파일에 저장된 내용의 일부이다.

표 2 시스템 접속 이력 로그

147, 49, 28, 94	--	[08/May/1999:17:38:21 +0900]	"GET /Default.asp "HTTP/1.1"	200 577
147, 49, 28, 94	--	[08/May/1999:17:38:21 +0900]	"GET /naou.asp "HTTP/1.1"	200 1821
147, 49, 28, 94	--	[08/May/1999:17:38:21 +0900]	"GET /body.htm "HTTP/1.1"	304 142
147, 49, 28, 94	--	[08/May/1999:17:38:22 +0900]	"GET /[MABBS/a-no-08.jpg "HTTP/1.1"	304 141
147, 49, 28, 94	--	[08/May/1999:17:38:22 +0900]	"GET /styleabesta/haou.oaa "HTTP/1.1"	304 142
147, 49, 28, 94	--	[08/May/1999:17:38:22 +0900]	"GET /functiona/functiona.js "HTTP/1.1"	304 142
147, 49, 28, 94	--	[08/May/1999:17:38:22 +0900]	"GET /dreana.htm "HTTP/1.1"	304 141
147, 49, 28, 94	--	[08/May/1999:17:38:28 +0900]	"GET /test/pna_offline/standBy/list.asp?BD0_ID=000a "HTTP/1.1"	302 849
147, 49, 28, 94	--	[08/May/1999:17:38:28 +0900]	"GET /Uaarnao/login.asp "HTTP/1.1"	200 1651
147, 49, 28, 94	--	[08/May/1999:17:38:28 +0900]	"GET /Uaarnao/ayaMasaage.asp "HTTP/1.1"	200 699
147, 49, 28, 94	--	[08/May/1999:17:38:29 +0900]	"GET /test/pna_offline/Ruooing/list.asp?BD0_ID=000a "HTTP/1.1"	302 849
147, 49, 28, 94	--	[08/May/1999:17:38:29 +0900]	"GET /Uaarnao/ayaMasaage.asp "HTTP/1.1"	200 699

표에서 보는바와 같이 보관된 자료에는 접속 클라이언트 시스템의 IP, 접속 시간, 그리고 접속 메소드 및 프로토콜 및 메시지 ID를 가지고 어떠한 인터넷 문서에 접속했는지에 대하여 상세하게 보관된다. 이 자료는 시스템에 대한 접속 통계 및 시스템 이용도 계산에 사용되고 또한 불법적인 접속 시도에 대하여 감시할 수 있다. 이는 시스템의 보안과 안전성을 유지하기 위한 중요한 요소이다.

4. 전산모듈

현장에서 생성되는 기기설비 데이터 및 보수이력(TR) 데이터 자체만으로 각 기기별 신뢰도 및 고장률을 산출하기는 용이하지 않다. 왜냐하면 현장 보수이력의 경우 하나의 보수 건에 대하여 여러 관련 부서에서 협동 작업을 필요로 하는 경우에는 여러 개의 작업의뢰서 및 TR번호가 발생할 수도 있고 그에 따른 여러 개의 작업결과가 발생되어 데이터베이스 테이블에 저장될 수도 있다. 이러한 경우에는 TR원본 테이블에 여러 레코드가 입력이 되게되는데 이때에는 해당 계통 분석가가 여러 레코드의 내용을 참조하여 하나의 통합된 데이터 행으로 변경을 시켜야 보다 정확한 신뢰도/고장률 계산용 자료로 쓰여질 수 있다. 그래야 동일 보수 건에 대하여 두 번 이상 계수 하는 실수를 범하지 않기 때문이다. 그러므로 분야 전문가에 의하여 TR원본 테이블로부터 신뢰도 계산용으로 생성되는 데이터 테이블이 보수이력분석 테이블이다. 바로 이 테이블로부터 신뢰도를 직접 계산할 수 있게 된다. 본 연구에서는 TR원본 자체를 검색하기 위한 보수이력-TR검색기 및 이것으로부터 보수이력분석 테이블에 데이터를 입출력하기 위한 보수이력분석 관리모듈 그리고 각 기기별 목록 및 사양을 관리하기 위한 기기목록 모듈과 각 계통목록 모듈을 개발하였는데 이 모듈들은 사용자의 접근 권한에 따라서 검색 및 수정이 가능하도록 하였다.

가. 보수이력-TR

현장에서 관리하는 영광 4호기의 TR의 전산 파일을 받아 DB화하였다. 이 TR 전산 파일에는 TR번호/호기/계통번호/기기번호/발행일/발행부서/발행자/긴급도/운전모드/품질보증/자재/작업신청부서/작업신청자/작업신청일/작업승인일/작업내용/단위설비/부품명/비고 등의 내용이 입력되어 있다. 이 내용은 현장에서 작성하는 TR의 내용과 거의 동일하다. 단, 기존 TR 전산 파일의 경우에는 결함 내용 및 작업내용이 TR자체에 비해 내용이 미약하게 입력되어 있으나, 이는 PUMAS/N-II가 운영되면 보완될 것이다. 이 모듈은 현장에서 직접 입력된 TR을 검색/출력할 수 있는 모듈로서 호기/계통번호/연도/TR번호/기기번호 등을 입력으로 받아서 검색할 수 있으며, TR 데이터베이스 테이블에 기록된 모든 필드의 값을 검색할 수 있다. 저장된 자료로는 해당 TR의 발행일/작업부서/고장원인/조치/작업완료일/부품/결함원인/작업결과 등의 자료들을 입력/출력/검색할 수 있다. 현재 현장의 TR자료에 직접 접근은 기술적/행정적으로 추후 조치가 필요하므로 현재는 일정시점 이전의 자료를 데이터베이스 서버에 직접 이전하여 검색이 가능하도록 구현하였다.

그림 5 보수이력-TR

나. 보수이력분석

모든 보수 및 고장이력을 입력하는 모듈이다. 여기서는 TR중 호기/계통/기기번호/고장발생일시/내용/긴급도/작업신청일/작업승인일/보수내용/결함부품코드/결함원인코드등을 기본적으로 받고, 이를 발전과장일지, 고장의뢰서 원본등을 검토하여 내용을 보완한다. 또한 기기 신뢰도 분석에 필수적인 고장모드, 고장심각도, 보수시간, 이용불능시간, 계통에 미치는 영향 등이 분석되어 추가된다. 이 모듈은 TR원본 테이블로부터 분석자에 의하여 기기고장모드 및 고장심각도 등이 판정되어 고장률 계산용으로 정리되는 보수이력분석 자료를 관리하기 위한 모듈로서 호기/계통/분석자/연도/TR번호/기기번호 등의 항목을 입력받아 검색할 수 있으며 저장하는 자료로는 그 외에 고장발생일시/고장모드/고장원인및내용/고장심각도/긴급도/보수내용/보수시작일시/보수결과코드/결함부품코드 등을 입력/출력/검색할 수 있다.

그림 6 보수이력분석

다. 기기목록

발전소의 각 계통별 기기의 각종 정보 및 사양을 관리하기 위한 모듈로서 계통/기기번호/기기명/기기종류/구동기/몸통종류/용량/전압/관련도면/비고 등을 관리/검색하기 위한 모듈이다. 이 모듈은 기기종류를 기기 상세 종류별로 분류하기 위한 테이블이며 현장에서 관리하는 자재 인덱스 테이블을 기본으로 하여 작성하였다. 기기 경계 및 기기 분류는 PSA 측면에서 재분류하였으므로 현장과는 약간의 차이가 있을 수도 있다.

라. 계통목록

전 계통의 계통정보를 관리하기 위한 모듈로서 계통번호/코드/시스템/분석여부/관련도면/분석담당자 등에 대한 정보를 검색 관리할 수 있도록 구현되어 있다. 이 모듈은 PSA 대상 계통 여부 및 신뢰도 분석 측면에서 중요사항들을 저장한 모듈로 각 계통별로 현재 계통의 분석 상태 및 분석 우선 순위를 정하기 위한 항목들을 정의 할 수 있다.

그림 7 기기목록

그림 8 계통목록

4 결론

본 논문에서는 한국원자력연구소에서 수행중인 국내 원전의 기기 신뢰도 데이터베이스 개발 현황 중에서 전산관리시스템의 개발 현황을 주로 다루었다. 즉 기기 고장 이력 및 보수 이력을 데이터베이스에 관리하기 위한 프로그램의 개발 방안 및 진행상황을 기술하였다. 이러한 시스템의 개발을 위하여 인트라넷/엑스트라넷 방식으로의 접근은 기존 클라이언트/서버 방식이 가지고 있는 많은 제한 사항을 극복한 개발 방향이므로 그 의의가 크다고 말할 수 있다.

현재까지 구축된 부분보다 앞으로 추가되어야 할 부분이 많이 남아있는데, 예를 들면 운전 및 시험이력을 관리하기 위한 모듈 및 그로부터 기기종류별 평균 운전시간 및 대기시간 또한 평균 기동횟수들을 정확하게 도출하기 위한 방법의 개발이 필요하다. 왜냐하면 고장률 및 신뢰도 계산에는 앞의 평균운전시간 및 기동횟수들이 분모 항목으로 들어가기 때문에 보다 정확한 값을 추정할 수 있어야 정확한 신뢰도/고장률 계산 결과가 나올 수 있기 때문이다.

마지막으로 기기 신뢰도 데이터베이스를 국내 전 발전소로 확장하고 지속적으로 유지 및 관리하기 위해서는 기기 신뢰도 데이터베이스를 전문적으로 관리 운영할 기구의 설립과 같은 장기적인 운영방안이 도출되어야 할 것이며 조직적인 운영주체가 선정되고 원자력 관련 종사 기관 모두가 참여하여 획일화된 기기 신뢰도 데이터베이스를 구축하고 관리하여야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발 사업의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김승환 등, "영광 3,4호기 비상디젤발전기 신뢰도 데이터시스템 설계 및 구현", '98추계 학술 발표회, 1998
2. 최선영 등, "국내 원자력 발전소의 기기 신뢰도 데이터베이스의 구축을 위한 자료수집 절차", '99추계 학술발표회논문집, 한국원자력학회, 1999
3. 최선영 등, "국내 원자력발전소의 기기 신뢰도 데이터베이스 개발 현황 및 기기 고장 분석 사례", '99추계 학술 발표회(예정), 1999
4. 99-NP-VI.270-003, "원전설비 정비관리 시스템 (PUMAS/N-II) 사용자 안내서", KEPCO, 1999