

동력구동밸브 안전성 평가 전산 프로그램(MOVIDIK) 구현 사례

The Case Study of MOVIDIK(Motor Operated Valves Integrated Database & Information of KEPRI & KHNP)

이라미, 강신철, 이도환
한국전력공사 전력연구원
대전광역시 유성구 문지동 103-16

요 약

1997.6.13에 발행된 과학기술부 규제권고사항에 따라 원전 안전 관련 동력구동밸브에 대한 성능을 입증하기 위한 안전성 평가가 현재 전원전에서 진행 중에 있다. 동력구동밸브 안전성 평가는 평가대상 밸브별로 설계기준분석, 정/동적 진단시험 및 최종평가 등 많은 단계를 거쳐 평가를 수행하게 되며, 또한 발전소 수명기간 중 지속적인 밸브 성능 확인을 위하여 안전성 평가를 수행한 밸브에 대한 주기적인 성능 점검(이하 “주기점검”)도 향후 수행할 예정이다. 이러한 동력구동밸브 안전성 평가와 주기점검이 전원전에서 추진됨에 따라 효율적으로 안전성 평가를 수행하고, 체계적으로 평가 자료를 관리할 필요성이 대두되었다. 이를 위해 전력연구원에서는 동력구동밸브 안전성 평가 프로그램인 MOVIDIK(Motor Operated Valves Integrated Database Information of KHNP & KEPRI)을 2001년 2월에 1단계로 설계기준분석 절차에 대하여 개발 완료하였고, 진단시험 분석 및 최종평가 절차까지 확장된 2단계 프로그램과 주기점검 절차까지를 포함한 3단계 프로그램을 웹을 기반으로 한 JAVA와 JSP 언어를 사용하여 개발하였다.

Abstract

By the regulatory recommendation of Ministry of Science and Technology, the safety evaluation for demonstrating the performance of safety-related Motor-Operated Valves (MOV) are under way in all the nuclear power plants. The safety evaluation of MOV is performed through various steps such as design basis analysis, static/dynamic diagnostic tests and final evaluation. Also the Periodical Verification of MOV is will be executed to verify the operability of valves during the lifetime of power plant. As the safety evaluation and the periodical verification of MOV are ongoing, it is needed

that the efficient safety evaluation and systematical management of various data. KEPRI developed the MOVIDIK I (Motor Operated Valves Integrated Database Information KEPRI & KHNP) system February, 2001. The MOVIDIK II including diagnostic tests analysis and final evaluation and the MOVIDIK III supporting periodic verification were developed by JAVA/JSP language based on web.

1. 서 론

과학기술부 규제권고사항에 따라 원전 안전 관련 동력구동밸브에 대한 성능을 입증하기 위한 설계기준 조건에서의 안전성 평가가 현재 진행 중에 있다. 안전성 평가는 평가대상 밸브별로 설계기준분석, 정/동적 진단시험 및 최종평가 등 일련의 평가절차를 수행하게 되며, 발전소 수명기간 중 지속적인 밸브 성능 확보를 위하여 안전성 평가를 수행한 밸브에 대한 주기적인 성능 평가(이하 “주기점검”)도 향후 수행할 예정이다. 이로 인해 방대한 양의 평가 자료가 생산되고 있다.

이에 따라 안전성 평가의 효율적 수행과 평가 자료의 체계적인 관리가 필요하여 전산 시스템을 개발하게 되었으며, 전력연구원은 동력구동밸브 안전성 평가 전산 프로그램인 MOVIDIK(Motor Operated Valves Integrated Database Information of KHNP & KEPRI)을 2001년 2월에 1단계로 설계기준분석 절차에 대하여 개발 완료하였고, 진단시험 분석 및 최종평가 절차까지 확장된 2단계 프로그램은 2001년 12월에 개발을 완료하여 서비스를 실시하고 있다. 이어서 2002년 4월부터는 전 원전에서 수행예정인 안전 관련 모터구동밸브의 주기적 성능평가 즉, 주기점검(Periodical Verification)의 절차를 데이터의 신뢰성 및 관리의 효율성을 제고하기 위한 목적으로 3단계 프로그램 개발을 추진하였으며 2003년 3월에 개발을 완료하였다. 그림 1에는 상기 MOVIDIK 개발의 단계별 구축내용을 나타내었다.

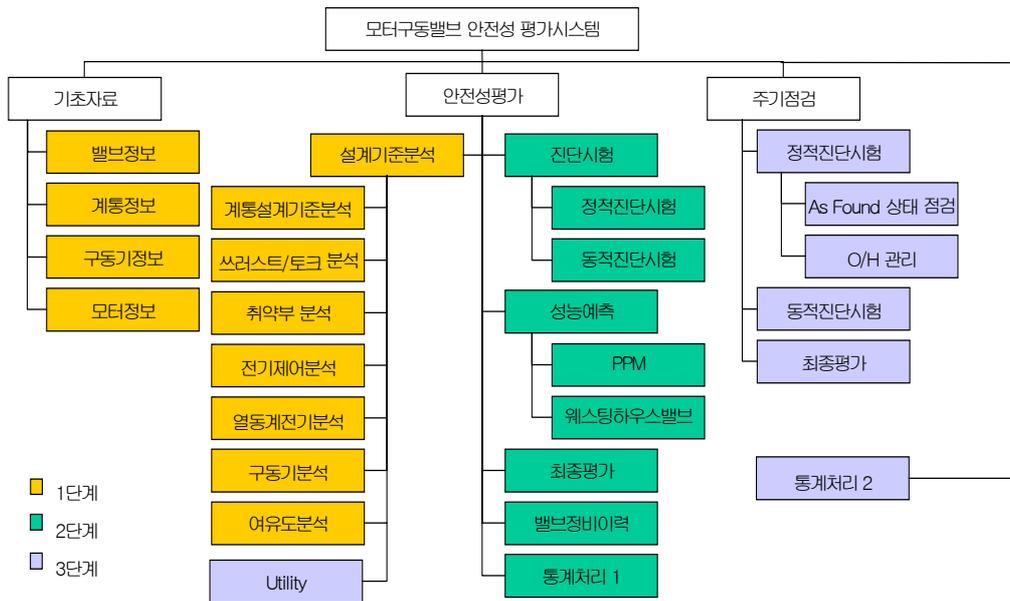


그림 1. 동력구동밸브 안전성 평가 전산시스템 개념도 및 단계별 개발도

MOVIDIK 3단계 프로그램은 1, 2단계와 같이 웹 기반으로 개발하였으며, 공학적 수식들은 재사용성이 용이한 객체지향 언어인 자바(JAVA)를 이용하였고, 시스템 운영 및 유지보수의 편의성을 도모하기 위하여 사용자 인터페이스는 JSP(Java Server Page)를 사용하였으며, 이 외에 XML(eXtensible Markup Language), COHALS(Component Of Html And Logic Separation), DONSL(DataServer Of None SQL-query Logic)을 이용하였다. 또한 2000년부터 전 원전에서 수행중인 안전관련 모터구동밸브 안전성 평가에 대한 결과를 이용한 통계분석 모듈을 추가하여 밸브의 성능관리 및 정비에 유용한 각종 자료를 제공받을 수 있도록 하였으며, 시스템 관리기능의 보완 및 기능 추가로 사용자와 관리자의 편의성 및 활용성의 증대효과를 얻을 수 있게 하였다.

본 논문에서 중점적으로 기술한 MOVIDIK 3단계에서의 개발 범위들은 다음과 같다.

- (1) 주기점검 평가기능
 - 주기점검 정적 진단시험
 - 주기점검 동적 진단시험
 - 주기점검 최종평가
- (2) 시스템 관련 주요 기능
 - 보고서 맵 기능
 - XML Upload 기능
- (3) 통계처리 기능

2. 개발과정 및 네트워크 구성

프로그램 설계단계에서는 RUP(Rational Unified Process)를 이용한 프로그램 설계방법을 사용하였다. 프로그램 구현 완료 후에는 프로그램의 검증을 위하여 성능시험을 실시하였다. MOVIDIK 3단계는 1, 2단계와 마찬가지로 프로그램 운영 및 유지보수가 편리하도록 웹 기반에서 개발되었다. 데이터베이스 서버와 웹 서버는 전력연구원에 설치하였다. MOVIDIK의 체원은 다음과 같다.

- (1) OS : Microsoft Windows 2000
- (2) DBMS : Oracle 8.1.7
- (3) Web Server : Caucho Resin 2.0.5
- (4) 통신방식 : TCP/IP, HTTP
- (5) 개발언어 : JAVA/JSP, XML

MOVIDIK의 네트워크 구성은 그림 2와 같다. 서버는 전력연구원 내부에 위치하고 있으며, 각 발전소에서는 웹 브라우저를 이용하여 MOVIDIK 프로그램을 이용할 수 있다.

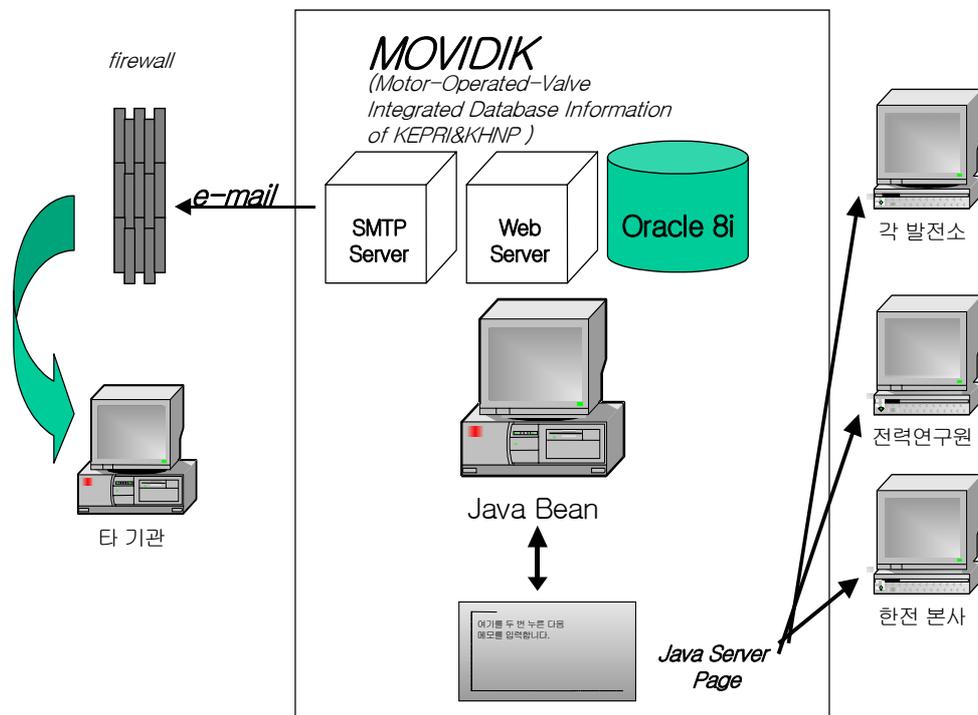


그림 2. MOVIDIK 네트워크 구성도

3. 전산 프로그램 기능

MOVIDIK 3단계는 크게 주기점검기능, 통계기능, 시스템 관리기능으로 구분되어 개발하였다. 주기점검기능에는 정적진단시험, 동적진단시험, 최종평가, O/H(Overhaul : 발전소 계획예방정비) 관리기능, 밸브정비이력 등이 있고, 통계기능에는 설계기준분석, 진단시험, 주기점검에서 중요한 요소들을 분석할 수 있는 데이터 검색, 그래프 표현, 인쇄 기능이 있다. 시스템 관리기능에는 보고서 맵과 XML Upload 기능 등이 있다. 그림 3은 MOVIDIK 3단계의 업무 흐름도를 나타낸다.

모터구동밸브 주기점검은 주기점검 정적진단시험, 주기점검 동적진단시험, 주기점검 최종평가 등 3개의 하부 프로그램으로 구성되어 있다. 주기점검 정적진단시험은 구동기의 성능 저하가 진행되어 온 상태를 기준 시점으로 앞으로 진행될 구동기의 성능 저하 정도 평가를 목적으로 하는 시험이다. 구동기의 성능 저하율은 밸브의 안전 중요도와 운전 여유도를 기준으로 정적진단시험의 주기를 결정하여 주기적인 정적진단시험을 통해 평가된다. 주기점검 동적진단시험은 발전소 수명기간 동안 예상되는 밸브의 성능 저하율을 평가하기 위하여 대표적인 모터구동밸브를 대상으로 일정기간동안 일정횟수의 동적진단시험을 수행하는 시험이다. 주기점검 최종평가는 주기점검 정/동적진단시험의 결과를 종합 분석함으로써 해당 모터구동밸브의 종합적인 운전성과 운전여유도를 평가하려는 것이다.

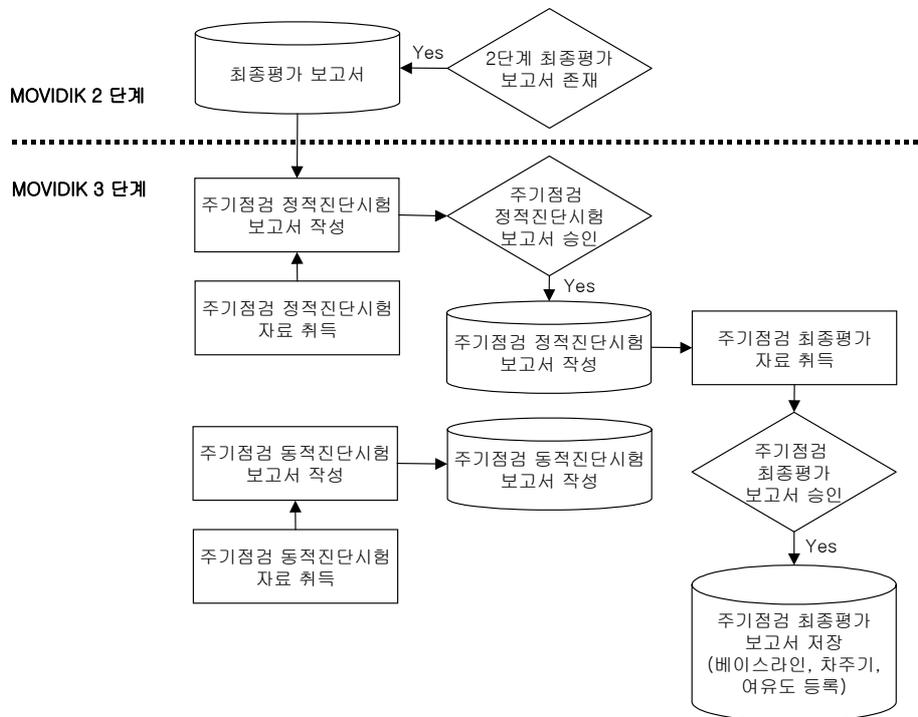


그림 3. MOVIDIK 업무처리 흐름도

주기점검 정적진단시험은 시험을 수행한 후 취득한 자료를 At-the-Valve 진단시험과 MCC 진단시험으로 구분하여 MOVIK에 입력하면 작업밸브에 대한 밸브 운전여유도 및 차주기 정보를 연산할 수 있는 기능이다. 각종 입력 자료와 계산결과는 데이터베이스에 저장 및 삭제가 가능하다. 주기점검 정적진단시험 보고서는 데이터베이스에 저장된 정보를 기초로 하여 자동으로 생성 시킬 수 있다. 그림 4는 주기점검 정적진단시험의 메뉴 구조도이고, 그림 5는 주기점검 정적진단시험을 수행하는 화면을 나타내고 있다. 주기점검 정적진단시험의 메뉴는 시험정보, As Found 상태, As Found 이상조치, 진단시험 요약, 정적시험 결과, 종합결과로 구성되어 있으며, 각 분석 메뉴들은 하부메뉴를 가지고 있다.

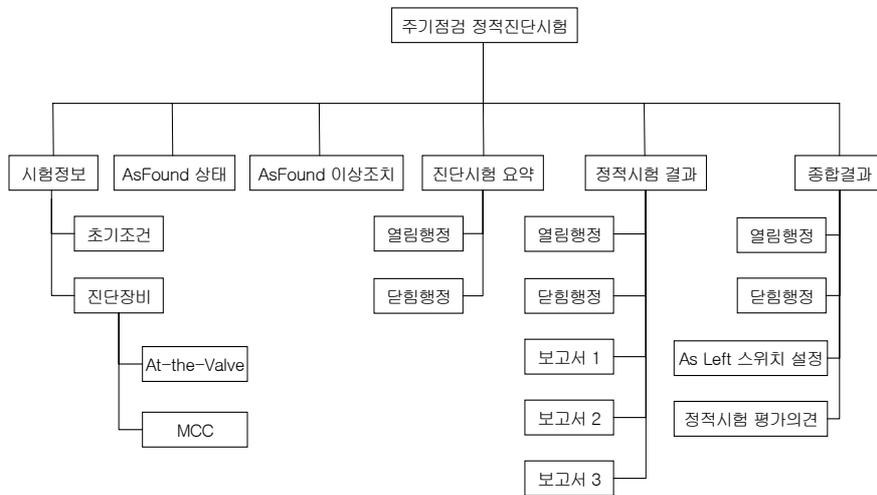


그림 4. 주기점검 정적진단시험 메뉴구조도

시험정보		As Found 상태		As Found 이상조치		진단시험 요약		정적시험결과		종합결과	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>초기조건</p> <p>진단장비</p> <p>At-the-Valve</p> <p>MCC</p> </div>											
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>열림행정</p> <p>닫힘행정</p> </div>											
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>보고서 1</p> <p>보고서 2</p> <p>보고서 3</p> </div>											
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>열림행정</p> <p>닫힘행정</p> <p>As Left 스위치 설정</p> <p>정적시험 평가의견</p> </div>											

주요스펙/메트릭							
항목명	시작 시간 (sec)	스톱스톱 (SBO)	프론트 (FWD)	리버스 (REV)	스톱 (H)	스톱후 재시작 (R)	
시 Cracking	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	
Just After Cracking	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	
After After Cracking	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	
Running	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	
회전	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	
도입 후 회전	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	
정지	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	
주요 동작 시간							
모터 Start ASD (sec)	0.380	모터 스위치 분리/접속 ASD (sec)		0.380			
출력 Indicator 시간 (sec)	0.295	모터 Stop ASD (sec)		0.295			
출력 정지시간 (sec)	0.295	Contactor Stopout Time (sec)					0.300
모터 제어 결과							
모터 Stop 결과 (A)	0.00	Peak Inrush 결과 (A)		0.37			
회전 Running 결과 (A)	0.78	평균 Running 결과 (A)		0.78			
회전 정지 결과 (A)	0.78						

그림 5. 주기점검 정적진단시험 분석 화면

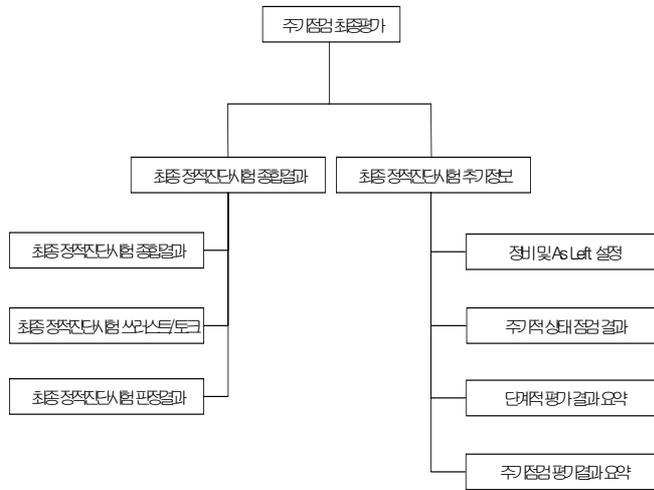


그림 7. 주기점검 최종평가 메뉴구조도 및 분석 화면

주요 정보		작성일자		작성번호		문서상태		신규	
이동: [이전] [다음] [상위] [하위] [검색]				최종 평가 시간: [시각] [분] [초]					
<p>▶ 정기 진단시험 종합결과 요약 ▶ 비동기 진단시험 결과 요약 ▶ 정지 진단시험 결과 요약</p>									
주기점검 최종평가 (주기점검/종합결과)									
항목	기준			Delta					
	현재값	허용범위	경고	현재값	기준	경고	경고	경고	경고
쓰러스트 / 토크									
As Left 최종 평가 쓰러스트 (MPa)	2302.0	2302.0	0.000.0	1.041.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
최소 요구 쓰러스트 (MPa)	18.210.0	18.210.0	0.000.0	0.000.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As Left 최종 평가 토크 (N·m)	0.0000	0.0000	0.000.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
간접 검사 구동기 최대 회전 쓰러스트 (MPa)	74.420.0	74.420.0	0.000.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
스프링 팩 최대 회전 쓰러스트 (MPa)	N/A	N/A	N/A	N/A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
압력 측정 쓰러스트 (MPa)	0.000.0	0.000.0	0.000.0	0.000.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
회전 쓰러스트 평균값: F_{avg} (MPa)	N/A	52.100.0	2.100.0	52.100.0	N/A	0.00	0.00	0.00	0.00
회전 토크 평균값: T_{avg} (N·m)	N/A	425.7	N/A	425.7	N/A	0.00	0.00	0.00	0.00
회전 속 최대 쓰러스트: F_{max} (MPa)	N/A	52.215.0	N/A	52.215.0	N/A	0.00	0.00	0.00	0.00

O/H 관리기능은 각 발전소에서 주기점검을 수행할 때의 O/H에 대한 정보를 등록/수정/삭제할 수 있으며, 각 발전소마다의 주기점검에 대한 O/H을 관리함으로써 밸브정비이력과 같은 주기에 영향을 주는 요소정보를 동적으로 처리하기 위한 기능이다.

밸브정비이력 관리기능은 안전관련 동력구동밸브에 대하여 발전소에서 수행하는 각종 밸브정비를 밸브별로 데이터베이스화하여 저장/삭제/변경/검색할 수 있는 기능이다. 이 중 주기점검의 베이스라인에 영향을 줄 수 있는 요소를 구분하고 베이스라인 변경유무를 처리하기 위한 로직을 추가시켰다.

보고서 맵은 MOVIDIK 2단계에서 사용자가 안전성 평가 밸브에 대한 작업 상태를 확인할 수 있듯이, 3단계에서도 As Found 상태점검, At-the-Valve 진단시험, MCC 진단시험, 최종평가 순으로 주기점검 작업 진행을 확인 가능하도록 하였다.

MOVIDIK 3단계에서는 1단계에서 개발한 밸브정보, 계통설계분석, 쓰러스트/토크분석, 취약부분석, 전기제어분석, 구동기분석, 열동계전기분석, 여유도분석을 XML Upload 기능을 이용하여 자동으로 DB를 업데이트 할 수 있도록 처리하였으며, XML에 대한 생성도 자동으로 처리할 수 있도록 XML Creator Utility도 개발하였다. 그림 8은 XML Creator를 실행했을 때의 화면과 XML Creator를 통해 생성한 XML을 XML Upload 기능을 통해서 작업을 수행했을 때의 화면이다.

을 대폭 개선하여 프로그램의 질적 향상을 도모하였다. MOVIDIK 3단계 프로그램을 개발함으로써 동력구동밸브 주기점검 관련 정보의 관리 및 데이터 입력 등으로 인한 인적 오류를 최소화하고, 지금까지 축적된 데이터에 대한 통계분석기능을 제공함으로써 축적된 데이터의 재가공을 통한 데이터베이스 시스템의 관리 및 구축작업을 수행할 수 있게 되었다.