

Development of Integrated Performance Management System for Steam Generator in NPP

Jin-Ho Shin, Jae-Ju Song, Hong-Duk Kim
 Korea Electric Power Research Institute, KEPCO, jinho@kepri.re.kr

1. Introduction

원자력발전소에서는 증기발생기 세관의 건전성을 확보하기 위해 매주기 계획예방정비, 즉 가동중검사 마다 정기적인 외전류검사를 수행하고, 검사결과에 따라 전열관 보수 등과 같은 제반 조치를 취하고 있다. 본 논문에서는 현장에 보관되어 있는 모든 세관 검사데이터를 취득하여 대용량 데이터베이스를 설계 및 구축하고 증기발생기의 설계/제작부터 검사결과 Mapping, 추이 분석을 통한 결함 성장예측에 이르는 전 과정을 통합 관리할 수 있는 시스템을 개발하고 그 구현방안을 제시한다.

2. System Design and Implementation

2.1 시스템 개발환경

시스템 개발환경은 Java 기반의 Web 환경을 운영 모델로 하여 3-tier Architecture 로 구성하였다. 서버측의 OS 는 Windows 2000 Server, DBMS 는 Oracle, 데이터베이스 접근은 JDBC Thin Driver 를 사용하며 데이터베이스 처리를 위해 SQL, PL/SQL 을 사용하되 Index, Stored Procedure/Trigger, Hint, Materialized View 를 적절히 사용하여 처리 속도를 보증하고, Web Server 는 Apache, Servlet Engine 은 Jrun 를 사용하여 Servlet, JSP, Java Beans 방식으로 Business Logic 을 처리하고, 클라이언트측에서는 HTML 과 Javascript 를 이용하여 사용자 인터페이스를 구성하고 통계처리를 위해 Crystal Report Active-X Component 를 사용하였다.

2.2 통합 데이터베이스 설계

데이터베이스 설계는 E-R Diagram을 사용하여 작성하였으며 그림1.과 같이 Entity를 정의하고 Relation을 작성하였다. 크게 7가지 정보관리로 분류할 수 있는데, Map정보, 기기의 사양관련정보, 운전중 발생 Data 정보, 세관 검사정보, 수질 검사정보, 정비/보수 정보, 기타 코드 등 시스템 관련 정보이다. 하나의 기기정보 Entity에 대부분의 Entity가 연결되어 있는 형태이며, 전열관 검사, 관리 현황표, 열화표, 검사결과표, 슬러지 퇴적현황, 정비전열관수, 정비현황표 등 음영으로 표시한 Entity는 각종 통계처리를 위한 Materialized View를 표현한 것으로, 새로운 Data가 입력되면 refresh되어 대용량의 검사정보 Table을 읽지 않고 빠르게 각종 보고서를 위한 저장소를

제공한다.

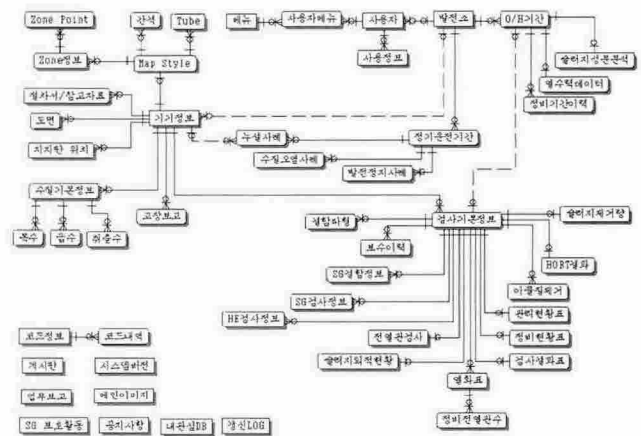


그림 1. Database E-R Diagram

2.3 개발대상 업무 프로세스 설계

개발대상 업무 프로세스는 크게 6 개로 분류하였으며, 4 개의 프로세스는 증기발생기의 Data 를 입력 관리하고 2 개는 입력된 정보를 이용하여 사용자의 선택 조건에 따라 검색 및 통계를 처리하는 프로세스이다. 세관 검사정보관리에서는 외전류검사 결과로 생성된 데이터를 DB 로 입력하여 결함정보를 추출하고 보수정보를 관리한다. 수질 검사정보관리는 현장의 계측기에서 정보를 자동추출하고 변환하여 관리하는 모듈이며, 정비 사례정보 관리의 증기발생기 운전중 발생한 발전정지사례, 누설사례 및 누설방출량, 이물질제거, 슬러지 제거 및 성분분석 등 사례정보를 관리하는 모듈이다. 증기발생기 사양 및 Map 정보관리는 설계/제작사함과 절차서/도면, 참고자료 등의 사양정보와 Tubesheet Map 을 Model 별로 Drawing 하여 관리한다. 세관검사정보 검색 및 Mapping 은 입력된 세관 검사정보와 보수정보를 사용자가 조건 검색한 결과를 List 처리, Mapping 처리, 범례와 검색조건, 각 세관의 상세정보를 볼 수 있도록 하는 모듈이다.

2.4 세관 열화 분석

주요 개발내용의 하나로서 세관 열화 분석 모듈은 주기 및 기기별로 열화형태, 표면, 발생위치, 열화방향, 배관에 따른 열화 정도 및 전열관수, 정비 전열관수, 정비방법 등을 관리한다. 또한 마모와 부식의 정도에 따른

검사결과표와 주요검출 위치 분석, 관막음과 관재생 추이를 제공하는 정비현황표, 증기발생기별 관막음 허용수, 열화/감시/결함원인 전열관수를 제공하는 전열관 관리현황표 분석 모듈을 개발하였다.

그림.2와 같이 증기발생기별이나 열화형태별로 사용자의 선택에 의한 Dynamic Chart를 이용하여 다양한 세관 열화 형태를 비교 분석할 수 있다. 차트는 상단에 그래프와 하단에 데이터를 표시하여 관련문서로서 직접 활용할 수 있도록 하였다. 또한 PDF나 Excel과 같은 많이 사용하고 있는 형식의 파일로 Export 가능하도록 구현하였다.

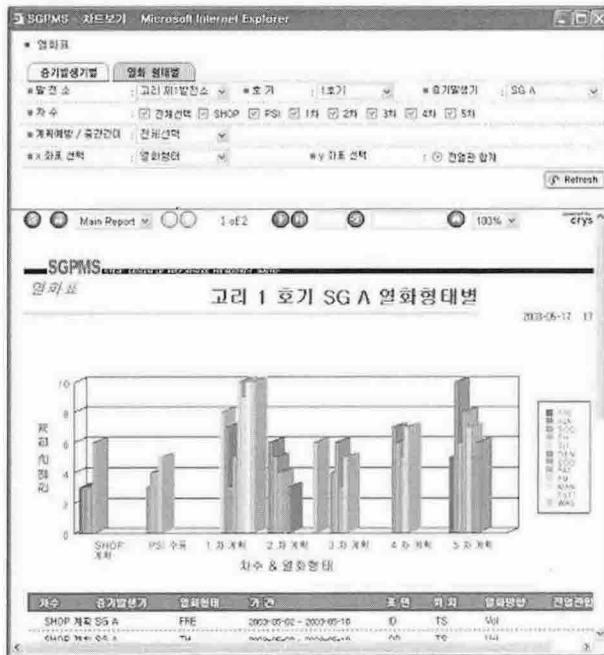


그림 2. 열화형태별 Chart

2.5 주요결함 분석 및 성장예측

주요 결함인 Kiss-Roll Crack과 Model-F의 Wear에 관한 세관 결함분석 및 성장예측이 가능한 모듈을 개발하였다. 먼저 Crack과 Wear를 관리할 Database View를 생성하고 검사결과 이력데이터를 이용하여 관련 데이터를 추출 및 가공 과정을 거쳐 데이터베이스를 구축한다. 주요 분석 내용으로는 Crack과 Wear의 신규 생성 Tube와 주기별 특징 분석, Tubesheet Mapping 기능이 있다. 성장예측 모듈은 주기별 성장량 및 성장률, 성장률 특징값, 진폭 및 깊이 변화율, 계급 간격에 의한 성장률 차트(Crack, Amplitude,

Depth) 등이 있다. 그림3.은 Wear Tubesheet Mapping 결과로서 영광3호기 7차 증기발생기 1의 Hot Leg Sludge Map (간격 5mm)을 도시하였다.

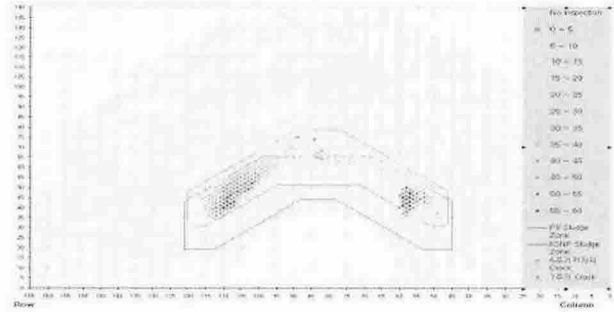


그림 3. Wear Tubesheet Mapping Result

3. Conclusion

본 연구에서는 원자력발전소 증기발생기 검사 및 건전성 향상 기술개발의 일환으로 세관 및 수질검사정보를 통합 관리할 수 있는 시스템을 설계/개발하여 가동중검사 업무의 효율을 높이고, 원전 안전성 확보 및 유지 기술의 현대화를 구현하고자 정보시스템을 설계 및 구현한 결과를 제시하였다. 본 논문에서는 시스템의 개발환경을 소개하고, 통합 데이터베이스와 업무 프로세스 설계 내용, 주요 개발내용으로서 세관 열화 분석 기능과 주요결함 분석 및 성장예측 모듈 개발 결과를 기술하였다.

REFERENCES

- [1] EPRI, "Steam Generator Degradation Database Version 4.0 User Manual", 2002.12
- [2] 송재주 외2, "원전 열교환기 Tubesheet Map 자동 Drawing 기능 구현", 2001.4
- [3] 한전전력연구원, "증기발생기 성능관리 시스템 개발 내역서 및 사용자 설명서", 2001.6
- [4] 김종수 외3, "원전 2차계통 수질감시시스템" 제9회 원전 기기건전성 Workshop, 2002.4
- [5] 오인택 외1, "국내 가동원전 증기발생기 세관 관리 데이터베이스 개발" 제9회 원전 기기건전성 Workshop, 2002.4
- [6] Steve McConnell; "Code Complete", Microsoft Press, 2002
- [7] 이화식; "대용량 데이터베이스 솔루션 I, II", 대청미디어, 1998
- [8] Toby J. Teorey; "Database Modeling & Design Third Edition", Morgan Kaufmann Publishers, 1999
- [9] Alan Dennis; Barbara Haley Wixom, David Tegarden; "Systems Analysis & Design An Object-Oriented Approach with UML", John Wiley & Sons Inc., 2002