

건축물 전기수용설비의 유지관리를 위한 경험자 규칙형 시스템 구현

류승기·최도혁·홍규장·문학룡·임혁규·전희중*

한국건설기술연구원, 송실대학교*

Implementation of expertise rule System for Maintenance Supporting of Building Electrical Facility

Seung-Ki Ryu · Do-Hyuk Cho · Gyu-Jang Hong · Hak-Yong Moon · Hyuk-Kyu Lim · Hee-Jong Jeon*
Korea Institute of Construction Technology · Soong-Sil University*

1. 서론

최근에 건축물은 고층화와 함께 정보화 추진으로 전기 수용설비는 대용량화, 다기능화, 인텔리전트화 되고 있다. 특히, 수용가들이 다양한 생활 패턴을 소유함으로써 24시간 양질의 전력을 공급할 것을 요구함으로써 전기 수용설비에 대한 신뢰성과 안전성을 확보하기 위한 유지관리 기술의 중요성이 더욱 강조되고 있다.

본 연구에서는 건축물의 전기 수용설비에서 유지관리를 온라인화 하여 일상적인 보수 업무를 수행하는 가운데서 유지관리를 지원할 수 있는 응용 프로그램을 개발하였다. 개발된 응용 프로그램은 점검 대상설비의 점검사항, 이상 발생원인과 그에 따른 대처방법과 조치 유무 등을 DB형식으로 관리하기 위하여 세 가지 형태 모드 즉 입력모드, 점검 모드, 조치 모드로 MMI화 하여 구성하였다.

온라인화를 실현하기 위하여 본 시스템은 전체적으로 수용설비 기기에 대한 이력용 데이터베이스 시스템과 설비 관리 업무의 전문적인 지식을 구조적으로 표현하기 위해서는 비순환식 트리(Acyclic Tree) 구조의 규칙 기반시스템으로 분할하는 계층기법을 활용하고 이들을 효과적으로 결합하기 위하여 모듈라 프로그램 기법을 활용하였으며 실용화를 위하여 PC상에서 운영될 수 있도록 구현하였다.

2. 시스템 설계를 위한 요구분석

2.1 시스템 설계

본 연구에서 구성한 설비유지관리시스템은 설비별 이력관리, 설비진단 및 유지관리를 합리화한 계층적 구조 시스템으로 구현하였으며, 발생 데이터는 네트워크로 유지관리 정보를 우선적으로 관리자가 확보할 수 있는 구조를 갖도록 하였다. 그림 1과 같이 개발된 시스템은 시설물 별로 작성된 정적 데이터 베이스와 진단에 필요한 동적 데이터베이스가 이력관리, 처리관리와 추론엔진을 포함한 진단 소프트웨어를 공유하도록 설계되어 있다.

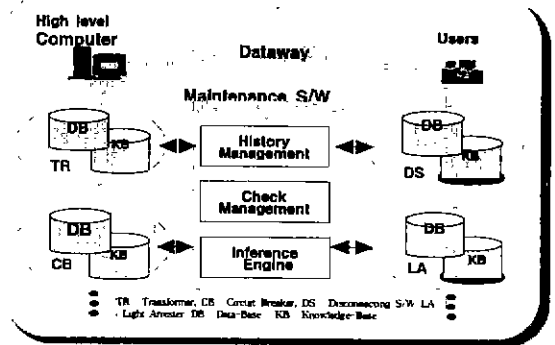


그림 1. 계층구조의 유지관리시스템

2.2 DB화를 위한 요구분석

본 연구에서는 각 설비 기기의 요소를 일반사항과 세부사항으로 나누어 특성을 관리하도록 하였다. 일반사항은 설비 기기별 제작일, 운전시작일, 설치장소, 제작장소, 제작자 등과 같은 내용을 포함하고 있으며, 표 1과 같이 요약할 수 있다.

표 1. 설비기기별 이력관리

기기명	이 력 관 리(세부 사항)
변압기	중량, 원체절연유량, 기준 출력전압절연강도(BIL)(kV), 변압기종류, 철심 형태, 중성점 피뢰기유무, 중성점 접지유무, 보호방식 및 냉각방식, 정격전압, 정격전류, 기온용량, 임피던스, 결선
차단기	정격전압 정격전류, 조작방식, 구동모터, 중량 정격전압(kV), 정격전류(A) 기준출력전압 절연강도(BIL)(kV), 차단용량(MVA), 차단속도(ms), 최대차단전류(A), 개극시간(ms), 무부하투입시간, 트립전원전압, 투입전원전압, 조작종류, 조작방식, 중량(ton), OCB유형, 개폐방식 차단기종류
변류기	정격전압, 정격전류 절연방식, core ratio, 부탑
피뢰기	정격전압, 공칭방전전류, 제한전압, 상용주파방전전압, 충격방전개시전압, 중량
부성	정격전압, 정격전류, 종류, BCT core ratio, BCT core 부탑
방전코일	1차2차전압, 절연유형, 중량
전력용 콘덴서	최대전압, 병크전류, 병크용량, oil
충전장치	입력전압, 입력전류, 출력전압, dropper 운전방식
변성기	종류, 변성기내용전압, 내용부탑

세부사양은 설비 기기별 특성을 표현하는 물리적인 고유 값으로 설비 기기별 정격치, 사용범위, 물성치 등의 특성값으로써 설비요소기기의 유지관리를 위한 기본적인 데이터로 구성하고 특히, 설비규모의 대형화·복합화에 대응하기 위하여 그림 2와 같은 비순환식트리(Acyclic Tree)구조로 유지관리 환경을 분석하였고 이를 활용하여 규칙기반시스템을 구성한다. 트리 구조에는 설비의 특성 정보 이외에 점검사항, 점검시기, 이상발생원인, 대처방법 및 조치유무 등을 포함하여 유지관리에 활용도록 DB를 설계하였다.

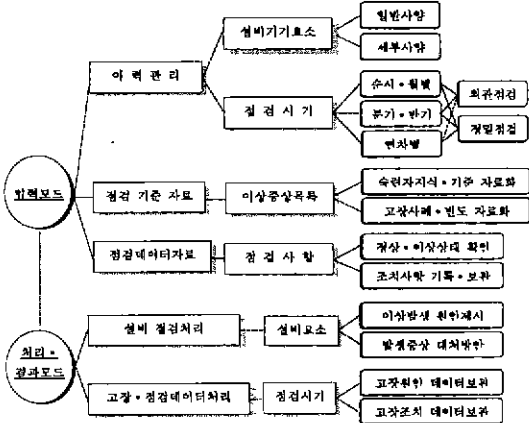


그림 2. 유지관리 업무 트리

3. 경험적 규칙을 이용한 유지관리 지원 시스템

3.1 DB 설계

DB는 전기 설비 유지관리 업무 이외에 기기이력 및 점검사항, 점검결과 내용, 처리결과 정보 등의 자료를 근거로 계층형으로 설계한다. DB의 구조는 TableDefs모듈, Fields모듈, Indexes모듈로 구성되어 있으며, 하나의 TableDefs모듈에 다수의 TableDef가 있고, 각각의 TableDef에는 Fields모듈과 Indexes모듈이 있다. Fields와 Indexes모듈에는 여러 개의 Field 또는 Index들이 포함되어 기기이력 및 점검사항, 점검결과 내용, 처리결과 등의 정보를 입력하도록 설계되어 있으며 그림 3과 같다. 표 2, 3은 설비 기기 중 변압기에 대한 점검 DB를 구성하기 위한 테이블들이다.

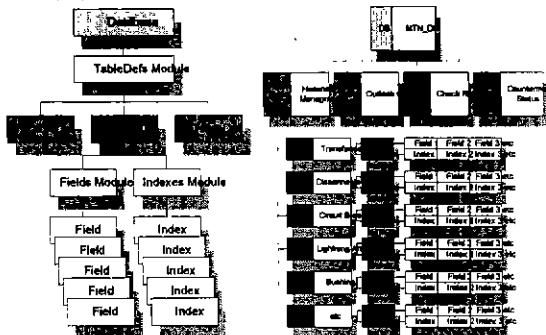


그림 3. 유지관리 지원시스템의 DB 구조

표 2. 점검DB의 테이블구성(변압기)

테이블이름	기타 설명
변압기1_TAB	변압기 이력이력 테이블
외관점검1_TAB	변압기의 외관점검실시의 점검항목 테이블
외관점검결과1_TAB	점검후 이상발생항목의 발생원인과 대처방법에 대한 테이블
조치결과1_TAB	변압기의 이상발생항목의 조치유무에 대한 결과 테이블

표 3. 변압기의 점검DB 세부사항

차별표	필드형	데이터형태
변압기 (이력부분)	관리번호, 제작사명, 제작일, 운전개시일, 설치장소, 건물명, 변압기종류, 결선방식, 철설형태, 냉각방식, 정격주파수, 중심점검지유무, 중심점LA설치유무, 정격전압, 정격전류, 탭전압, 정격용량, 인피던스, 온도상승허용온도, 기준충격전압절연강도, 허용온도, 절연강도, 절연유특대전압, 보임물스내전압	Text
외관점검 (점검부분)	이상유, 호흡상태, 유및가스누설, 변압기주변이물집, 부용피손, 단자과열, 탭브방열관측, 냉각장치, 지시계, 경보장치, 주위온도, 허용온도, 방압장치, 탭절환기유연, 탭절환기절위치, 탭절환기접속부, 탭절환기절환부이완, 부싱부위여자, 방침및부식, 인화선및기타전자접속, 흡습계변색, 물드요일균열, 변압기철심녹, 코일변색, 1차측인화선균기	Text, Boolean
점검결과	관리번호, 이상발생항목, 발생원인, 대처방법	Text
조치결과	조치일, 점검일, 이상유, 호흡상태, 유및가스누설, 변압기주변이물집, 부용피손, 단자과열, 탭브방열관측, 냉각장치, 지시계, 경보장치, 주위온도, 허용온도, 방압장치, 탭절환기유연, 탭절환기절위치, 탭절환기접속부, 탭절환기절환부이완, 부싱부위여자, 방침및부식, 인화선및기타전자접속, 흡습계변색, 물드요일균열, 변압기철심녹, 코일변색, 1차측인화선균기	Text, Boolean

3.2 경험자 지식 설계

설비 기기의 이상징후는 관리자의 감각에 의해 발견되는 경우가 대부분이지만, 그러한 현상이 어떤 원인에 의해 발생하는지 판단하기란 매우 어려운 과정이다. 따라서, 관리자에게 이상징후에 대한 진단 지식을 지원하기 위하여 고장현상(symptom)/고장원인(fault) 관계를 활용한 퍼지 규칙(Fuzzy Rule)을 적용한다. 이처럼 증상집합과 원인집합의 애매하고 불확실한 정보에 대해 그림 4와 같은 Mapping 관계를 활용한 진단 알고리즘에 적용한다.

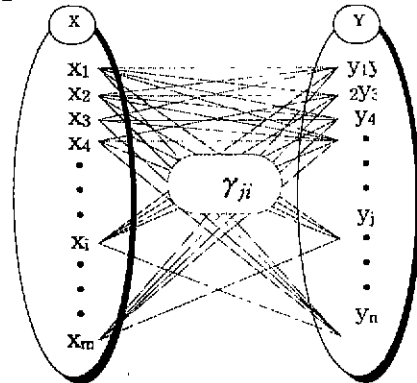
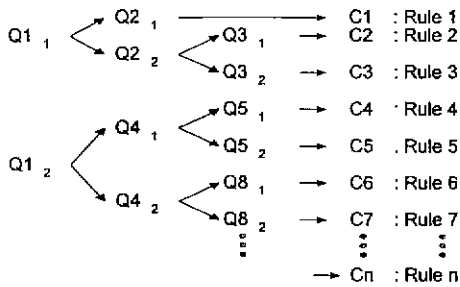


그림 4. 증상(Y)/원인(X)집합의 Mapping

본 연구에서는 숙련자, 전문가의 경험적·전문적 지식을 규칙이라는 틀로서 저장 또는 처리하는 시스템으로 IF A THEN B의 형태가 일반적인 표현이고, 비순환트리의 규칙구조로서 증상의 판단과 정으로부터 원인을 추론하는 과정은 다음과 같다.



Rule 1 : IF{ $Q_{1,1}$ AND $Q_{2,1}$ } Then{ C_1 }
 Rule 2 : IF{ $Q_{1,1}$ AND $Q_{2,2}$ AND $Q_{3,1}$ } Then{ C_2 }
 Rule 4 : IF{ $Q_{1,2}$ AND $Q_{4,1}$ AND $Q_{5,1}$ } Then{ C_4 }

여기서, $Q_i(i=1, \dots, p)$ 는 이상현상(증상) 집합의 원소를 의미하며 구체적으로 “온도가 비교적 높다(증상1)”, “진동 및 음향이 크게 들린다(증상2)”, “이상한 냄새가 심하게 난다(증상3)” 등과 같은 감각적인 언어변수이고, 이는 설비 유지관리업무에 있어서 관리자가 수행하는 점검분석자료를 근거로 하고 있다. 집합 C 는 결론부로서 이상원인이고, 전체 개수가 규칙 수를 의미한다.

4. 유지관리 지원 시스템의 모의실험

4.1 소프트웨어 구조 및 기능

개발환경은 윈도우95를 운영체제로 하였으며, 32bit용 VB 소프트웨어를 이용하여 전체화면과 응용루틴을 구성하였다. 본 시스템에서 사용한 DB프로그램은 VB에서 자체 제공하는 Access엔진을 사용하였다.

- 초기설정화면 : 이력관리, 보수유지, 상태관리, 관련자료목록, 데이터관리, 도움말, 파일관리, 종료 명령버튼
- 보수유지관련 메뉴 : 파일관리, 설비이력관리, 진단, 특기사항, 도움말 메뉴
- 주메뉴 : 각종 설비에 대한 이력 관리기능, 관리자에게 점검항목을 지시하고 이상발생 항목에 대한 원인과 결과를 지시하는 기능
- 파일관리 : 편집기기능, 저장기능
- 설비이력관리모드 : 설비계통도, 이력입력기능
- 도움말메뉴 : 점검용 계측기, 고장사례, 점검, 안전 기준 등 점검관리에 필요한 도움기능

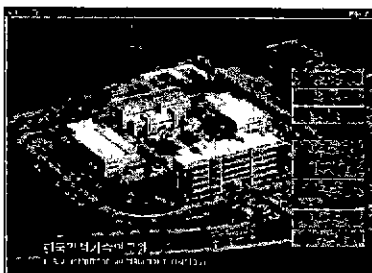


그림 5. 초기설정화면

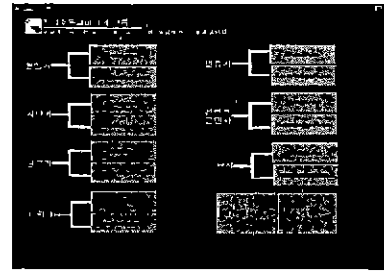


그림 6. 유지관리모드

4.2 시스템 모의시물레이션 실행 및 검토

(1) 데이터베이스에 의한 유지관리 환경

데이터베이스에 의한 고장정보제공은 유지관리 업무와 고장지식을 토대로 데이터베이스화하여 선택된 증상에 대한 고장정보를 제공한다. 데이터베이스화하는 방법은 앞에서 검토한 대로 유지관리 업무를 분석하여 경험지식과 링크되도록 하였다. 그림 7은 지원시스템의 데이터베이스 MMI 환경이고, 그림 8은 변압기를 일례로 실행한 결과이다.

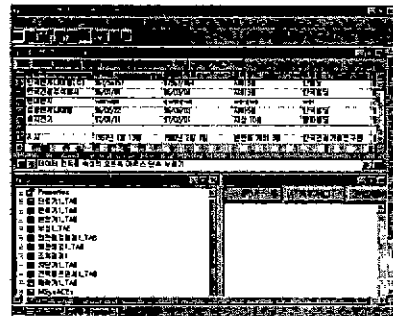


그림 7. DB 환경

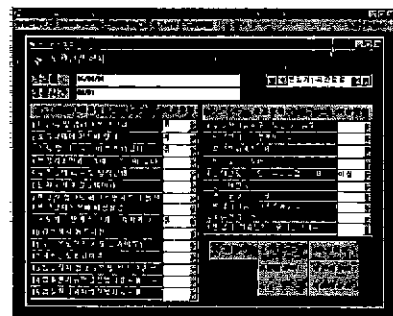


그림 8. DB의실행환경(변압기)

(2) 경험적 규칙에 의한 유지관리 환경

전문가 시스템 도구를 이용한 유지관리 실행모드로서, 지식베이스버튼을 실행하면 전문가시스템 도구로 프로그램한 유지관리 지원시스템이 수행된다. 개발도구를 이용한 유지관리의 작업환경은 그림 9와 같다. 지식베이스를 이용한 유지관리지원시스템은 규칙에디터에 의해서 유지관리업무와 전문

가의 지식을 규칙형태로 입력한다. 이와 같은 지식 에디터로부터 유지관리 업무와 진단지식을 규칙화 하고, 이를 이용할 수 있도록 사용자 인터페이스환 경을 구현한다.

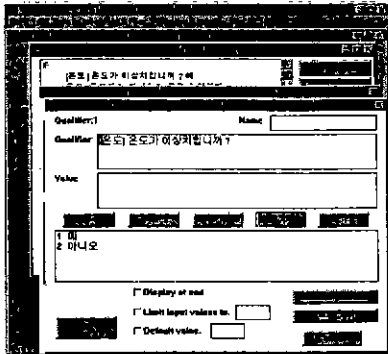


그림 9. 경험규칙 실행환경

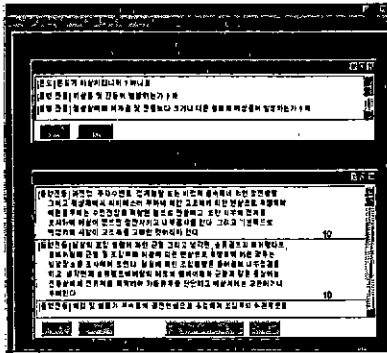


그림 10. 모의실행(변압기)

참 고 문 헌

1. 한국건설기술연구원, 전기설비 고장사고 예방 및 진단기법에 관한 연구, 1996.
2. 한국전기안전공사, 전기설비 안전점검교재, 1993.
3. 電氣書院編集部, 設備診断オートメーション, 電氣書院, 1986
4. 日本電氣學會編, 電氣設備の診断技術, 日本電氣學會, 1988
5. R.Jennings, Database Developer's Guide with Visual Basic, SAMS, 1994.
6. J.Hu, "Fault detection of nonlinear systems based on quasi-ARMAX model", '97 Proceeding of 36th SICE Annual Conference, pp.323-324, 1997.

5. 결론

본 연구에서는 데이터베이스 및 경험적 규칙을 이용한 유지관리 지원시스템의 응용프로그램을 개발하였다. 개발한 응용프로그램은 일상적인 설비운 전으로부터 비정상상태를 분석할 수 있도록 하며, 현장 관리자가 획득할 수 현상정보(언어 변수)로부터 데이터베이스 전산구조와 경험적 규칙기반 알고리즘을 이용하여 유지관리 지원시스템을 구현하였다.

대상 설비의 업무패턴을 효과적으로 분석할 수 있도록 유지관리 비순환 업무 트리(Work Tree)를 제안하였고, 구현된 데이터베이스로부터 정상상태와 고장상태에 대한 진단을 수행하기 위해서 경험적 지식을 규칙기반형태로 구현하였다.

제안한 시스템에서는 데이터베이스와 경험 규칙을 이용하여 유지관리업무를 온라인화 하였으며, 설비 점검시 관리자의 요구에 대해 빠르게 응답하도록 규칙화된 경험 지식을 이용하였다. 그리고, 비숙련자의 이용 편의성과 유지관리업무의 연속성을 보장할 수 있도록 하였다.