



# 변전기기 예방진단 전문가시스템

■ 선종호, 김광화 / 한국전기연구원

## 머리말

최근 도심지역의 확장과 산업의 발전으로 전력수요가 급격히 증가하고 있으며, 정보산업의 급부상과 컴퓨터에 의한 산업시설 제어시스템의 사용이 범용화되면서 갑작스럽게 발생하는 변전기기의 고장은 큰 경제적 손실과 사회적 혼란을 초래하게 된다.

변전기기의 고장을 예방하기 위해서는 신설 변전기기의 고품질화, 고신뢰도화를 위한 연구개발도 중요하지만 기설 변전기기의 운용면에서도 고장예방을 위한 새로운 기술개발이나 연구의 수행이 바람직하다. 최근 센서기술과 디지털기술, 통신 및 컴퓨터 기술의 발전과 더불어 실시간으로 변전기기를 감시할 수 있는 on-line 예방진단이 가능하게 되었다. on-line 예방진단은 실시간으로 상태를 감시하면서 고장전에 이상현상을 감지하고 고장예상원인을 분석하여 적절한 조치를 취하게 하므로써 고장을 예방하는 운용방법이다. 그러므로 on-

line 예방진단 시스템은 이러한 측정이 가능한 센싱부와 데이터전송 및 수집부, 측정결과 분석부로 크게 나눌 수 있다. 이 중에서 분석부는 고장예방차원에서 전문가시스템기능을 가지는 것이 바람직하며, 예방진단 전문가시스템은 전문가가 가지고 있는 전문지식이 입력된 컴퓨터에 의하여 진단을 수행하는 것을 의미한다.

이 글에서는 저자가 최근에 연구한 변전기기 예방진단 전문가시스템에 관하여 간략히 서술하고자 한다.

## 변전기기 고장분포

그림 1은 154kV 이상 1999년부터 2000년까지 발생된 변전기기별 고장율 분포를 보여주고 있다. 그림 1에서와 같이 154kV 이상의 전문가시스템 예방진단 대상 기기중에서 고장율이 가장 많은 것은 점유율 42.6%의 주변압기로 나타나고 있으며, 그 다음이 GCB로서 6.8%이고 피뢰기는 3.6%로의 고장점유율을 보이고 있다. 이 세가지 기기는 큰 고장율을 보이고 있을 뿐만 아니라 고장시 파급효과가 커서 이러한 기기의 고장예방에 대한 연구는 매우 중요하다고 할 수 있다. 또한 각

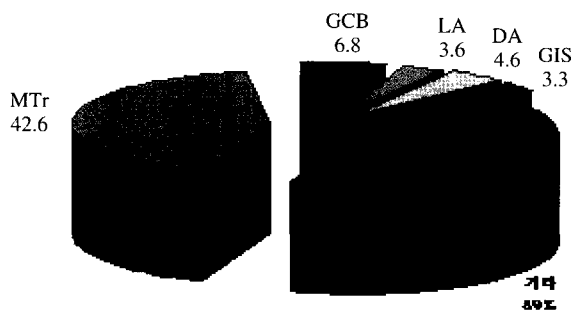


그림 1 변전기기별 고장분포

표 1 기기별 고장내용

주변압기	GCB	피뢰기
· 절연이상	· 절연이상	· 절연이상
· OLTC이상	· 점접점축불량	· 파손
· 접촉불량	· 조작기구이상	· 과열소손
· 오동작	· 유압계통이상	
· 온도상승	· 기타	
· 누유		
· 기타		

기기별 고장내용을 분류하면 표 1과 같다. 본 시스템에서의 진단대상기기 및 측정항목의 선정에는 그림 1과 표 1의 결과를 활용하였다.

### 전문가시스템의 일반적 구성

Expert System 이란 인공지능(Artificial Intelligence)의 한 분야로서 특정분야의 복잡한 문제를 해결할 수 있는 전문가의 사고능력 및 이에 대한 필요지식을 모방, 구현함으로써 궁극적으로 다수의 비전문가가 소수의 전문가의 업무를 대신할 수 있도록 하는 Computer System이다. 전문가시스템은 지식(Knowledge)의 총체라고도 할 수 있으며, 지식이란 컴퓨터가 어떤 문제를 지능적으로 해결하기 위해 필요한 정보(Information)들이며, 사실(Fact) 또는 규칙(Rule)의 형태를 가진다. 사실이란 실무의 전문가들에 의해 인정받으며 많은 사람들에 의해 공유되고 사용되는 정보를 뜻하고 규칙이란 실무의 전문가 수준의 의사결정을 위하여 사적이며 많이 논의되지 않는 문제에 대한 합리적인 결정을 위한 방법을 의미한다. 사실과 규칙의 총체를 지식베이스라고 하며 전문가시스템은 크게 지식베이스와 지식베이스를 기본으로 해서 추론을 행하는 추론엔진, 입출력 데이터를 저장하는 데이터베이스, 추론결과 및 운영자가 필요한 자료를 보여주기 위한 사용자 인터페이스로 구성되어 있다.

### 변전기기 예방진단 전문가시스템

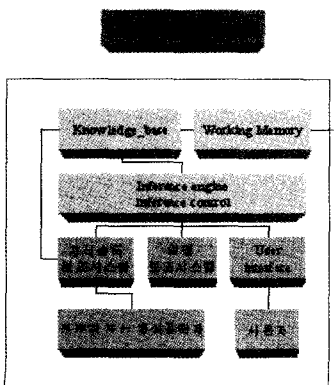


그림 2 예방진단 전문가시스템의 전체 구성도

변전설비 예방진단 전문가시스템의 전체 구성에 대한 개념설계를 하였다. 그림 2는 변전기기 예방진단 전문가시스템의 전체구성도를 보여주고 있으며, 변전기기 진단에 대한 전문가의 지식과 논리가 프로

그램되는 지식베이스, 이를 효율적으로 정확하게 추론할 수 있도록 하는 추론엔진, 지식베이스 갱신을 위한 지식습득 보조시스템, 사용자와 전문가시스템간에 대화를 위한 사용자 인터페이스, 그리고 전문가시스템을 구동시키는 측정결과와 추론결과를 저장하는 기억저장장치로 구성되어 있다.

### 전문가시스템의 프로그램 체계

그림 3은 본 전문가시스템을 구동하기 위한 프로그램 구성을 도식적으로 표현한 것이다. 규칙은 전문가시스템 개발도구인 한글 Expert Element를 이용하여 프로그래밍하였으며, SQL의 데이터베이스를 저장하고 제어하는 것으로 MS-SQL server를 사용하고 있다. 이 데이터베이스는 Blaze Accessor를 사용하여 작성된 규칙과 연결된다. 마지막으로 제어 software를 사용자와 연결시켜주는 사용자 인터페이스가 설치된다. 사용자는 PC상에서 MMI를 통하여 진단을 행하게 된다

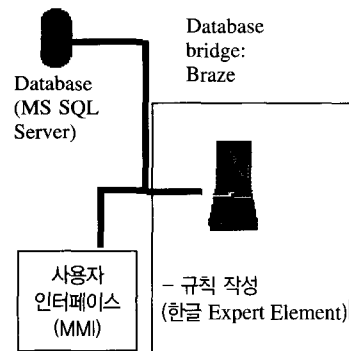


그림 3 실제 프로그램 설치도

그림 4는 변전기기 예방진단 전문가시스템의 진단대상기기 및 각 기기에 대한 이상진단항목을 나타내고 있다. 진단대상기기는 변압기와 GIS, 피뢰기로 되어 있다

### 변전기기 이상진단 지식베이스

그림 4는 변전기기 예방진단 전문가시스템의 진단대상기기 및 각 기기에 대한 이상진단항목을 나타내고 있다. 진단대상기기는 변압기와 GIS, 피뢰기로 되어 있다

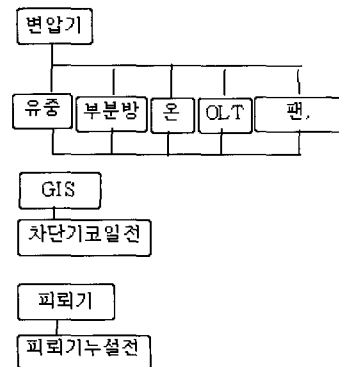


그림 4 이상진단 항목

## 기획시리즈 ③

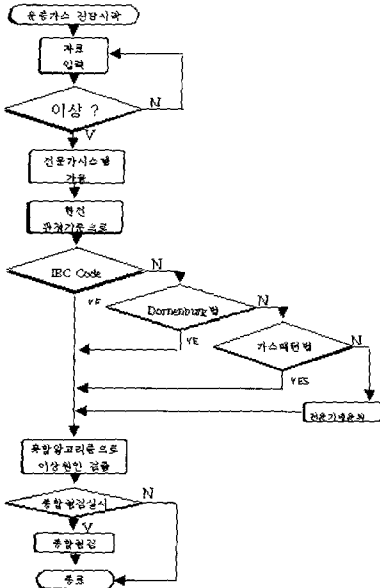


그림 5 유중가스 이상진단의 전체흐름도

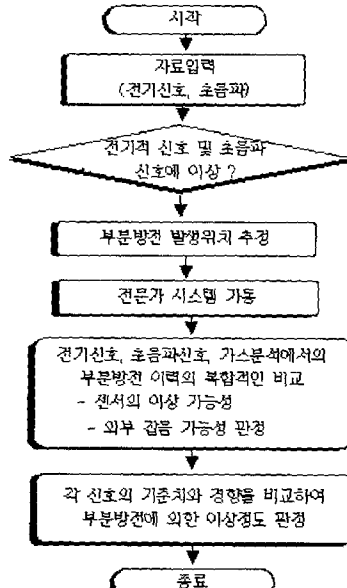


그림 6 부분방전 이상진단의 전체흐름도

다. 변압기는 유중가스와 부분방전, 온도, OLTC, 팬, 펌프 동작전류를 이상진단 항목으로 선정하였으며, GIS는 차단기 구동 코일전류를 측정하여 동작이상을 진단하는 것으로 하였고, 피뢰기는 누설전류로서 이상진단을 하는 것으로 하였다. 다음은 각 이상진단항목의 진단 규칙을 설명하고 있다.

### ■ 유중가스 이상진단

유중가스 이상진단은 한국전력공사에서 사용하고 있는 유중가스 이상 판정법과 IEC 60599, Dornenburg 법, 가스패턴법을 이용하였으며, 관련이 있는 다른 진단항목의 고장이력을 검색하여 진단결과에 대한 신뢰성을 향상시켰다. 본 시스템에서 사용된 유중가스 이상진단알고리즘의 전체 흐름도는 그림 5와 같다.

### ■ 부분방전

부분방전 이상진단은 전기적인 신호와 초음파신호를 측정하여 그 크기로서 이상의 정도를 판정하도록 하였다. 그림 6은 부분방전 이상진단 알고리즘의 전체 흐름도를 보여주고 있다.

### ■ 온도 이상진단

온도 이상진단은 상부유온과 하부유온, 부하율을 이용하여 IEC 60076을 따라 권선최고점온도를 그 크기

에 따라 이상정도를 판정하고, 열열화율 및 과부하 등을 판정하도록 하였다. 그림 7은 온도 이상진단 알고리즘의 전체 흐름도를 보여주고 있다.

### ■ OLTC 이상진단

OLTC 구동 전동기의 동작시간 및 동작전류로서 OLTC의 구동력 이상, 전원의 이상 유무 등을 판정하도록 하였다.

### ■ 팬, 펌프 이상진단

팬 혹은 펌프의 전동기 전류크기를 측정하여 이상 유무를 판정하도록 하였다.

### ■ 차단기 이상진단

차단기 구동 코일전류와 지속시간을 측정하여 차단기부, 혹은 조작부, 전원의 이상유무를 판정하도록 하였다.

### ■ 피뢰기 이상진단

피뢰기 누설전류 크기로서 피뢰기의 이상정도를 판정하도록 하였다.

### 데이터의 취득설계

데이터의 취득은 Monitoring System에서 저장된 데이터를 전문가시스템의 구동시 필요에 따라 취득해오는 것으로 하였다. 전문가시스템의 구동조건은 수동과 자동으로 되어 있으며, 수동은 운영자가 데이터베이스에 저장되어 있는 측정데이터로 전문가시스템을 가동하고자 하는 경우이며, 자동은 기준치 이상의 데이터가 D/B에 입력되었을 때 자동으로 전문가시스템이 가동되는 경우를 뜻한다.

전문가 시스템의 구동의 필요에 의해서 취득되는 데이터와 진단결과는 별도로 영구저장하는 것으로 하고, 그의 진단 결과는 추후 전문가시스템의 고장이력에 의한 추론에 활용하는 것으로 설계하였다. 이들의 관계를 개략도로 나타내면 그림 8과 같다.

지식베이스의 개념설계를 위해서 지식베이스에 이용될 데이터의 특성을 분석하여 그들 데이터 평가시 처리

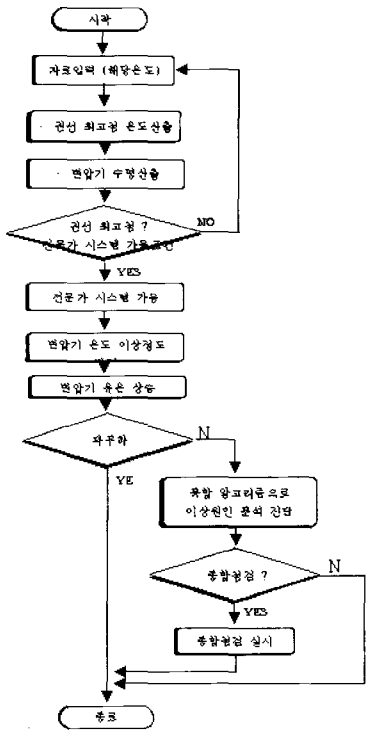


그림 7 온도 이상진단 전체흐름도

정지로 나타낼 수 있다. 수치형 데이터도 측정요소에 따라 피크값, 평균값, 기울기 등으로 나눌 수 있다. 이들의 평가시에 측정된 값의 처리형태는 누적, 피크 평균값 그리고 시간적인 추세로 평가할 수 있을 것이다. 본 시스템에서 사용한 변압기 및 GIS의 지식베이

표 2 데이터 특성 및 평가방법

항 목	데이터형	평가시 처리형태
부분방전	수치형	시간적 추세, 피이크, 평균
유온	수치형	시간적 추세, 피이크
유증가스	수치형	평균, 누적
외기온도	수치형	평균
탭절환장치	수치형/상태형	시간적 추세/(작동, 정지)
냉각팬	수치형/상태형	피이크/(작동, 정지)
냉각펌프	수치형/상태형	피이크/(작동, 정지)
차단기 동작시간	수치형	피이크
피뢰기 누설전류	수치형	평균, 피이크
부분방전	수치형	시간적 추세, 피이크

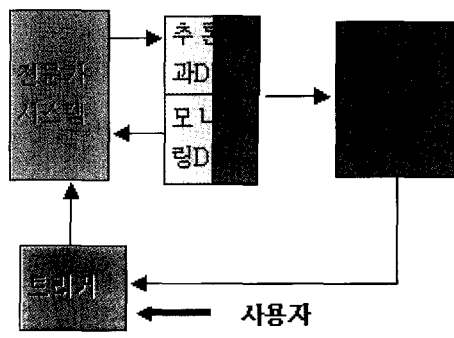


그림 8 데이터취득 동작개념

형태를 고려한 설계가 되어야 한다. 취득되는 데이터는 어떤 값을 나타내는 수치형 데이터와 결과의 상태를 나타내는 상태형 데이터(작동,

정지)로 나타낼 수 있다. 수치형 데이터도 측정요소에 따라 피이크값, 평균값, 기울기 등으로 나눌 수 있다. 이들의 평가시에 측정된 값의 처리형태는 누적, 피이크 평균값 그리고 시간적인 추세로 평가할 수 있을 것이다. 본 시스템에서 사용한 변압기 및 GIS의 지식베이스에서 설명한 각 진단항목에 대하여 전문가 시스템이 구동되었을 때 측정된 입력치와 그에 따른 고장원인 조치사항 등을 운영자에게 보여주는 MMI를 작성하였지만 유증가스 이상진단에 사용되는 MMI를 이용하여 MMI 특성을 설명하고자 한다. 그림 9는 각 진단 항목의 MMI 전면을 보여주고 있다. 그림 9의 첫화면에 있는 유증가스의 화면 구성을 보면 우선 위에는 구동되고 있는 진단항목이 표시되고 진단일시 및 입력된 유증가스량을 알 수 있다. 추론 결과는 화면의 외쪽에 나타나며, 그 구성을 보면 한전 기준에 의한 진단결과, 가스조성비나 패턴에 의한 진단결과, 진단결과에 따른 예상되는 고장원인, 유증가스진단과 관련이 있는 다른 진단항목결과와 관련된 복합진단결과, 조치사항 등을 나타낸다. 진단결과가 변압기의 종합점검을 필요로 하면 종합점검 신호를 발생하게 된다. 종합점검 후 해당시험결과를 그림 10과 같은 화면에 입력한 후 종합점검결과보기를 클릭하면 그림 9의 종합점검결과에 최종 진단결과가 화면에 나타나게 된다. 만약 종합점검결과를 하지 않게 되면 나머지 진단결과로서 최종종합결

스를 위한 데이터의 특성 및 평가 방법은 표 2와 같다. 또한 이들의 지식 베이스의 구성은 논리를 이용한 표현방식, 의미회로를 이용한 지식 표현방법으로 표현할 수 있다.

사용자 인터페이스(MMI)

전문가 시스템은 monitoring 시스템에서 측정 및 계

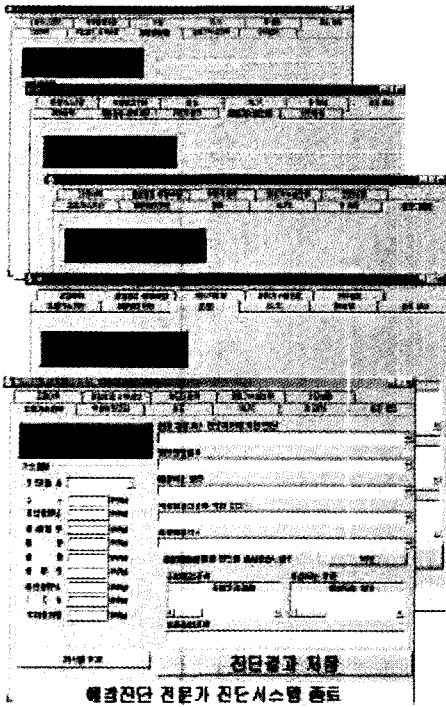


그림 9 진단항목의 MMUI 전면

과가 나타나게 된다.

### 맺음말

변전기기 예방진단을 위한 일반적인 전문가시스템 구성과 적용된 규칙, 사용자인터페이스의 구성 등에 대하여 간략히 살펴보았다. 앞으로 노후된 변전기기는 더

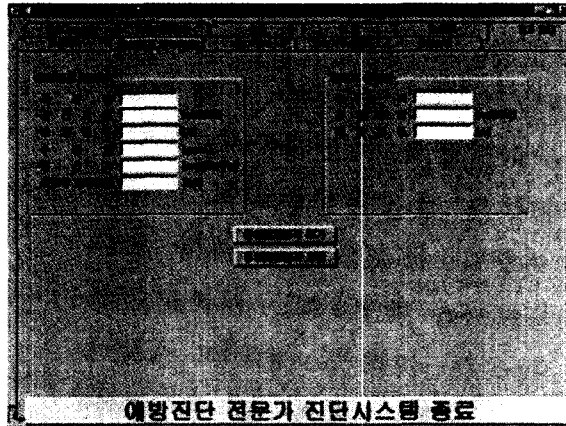


그림 10 종합점검결과 입력 MMUI

욱 증가할 전망이고 그 신뢰성향상을 위해서는 정확하고 효율적인 유지보수가 필요하지만 전문가는 비례하여 증가하지 않기 때문에 본 시스템과 같은 전문가시스템의 사용은 필수적이라고 할 수 있다. 또한 진단에 있어서 무엇보다 중요한 것은 진단결과에 대한 신뢰성이므로 그에 따라 진단기준 D/B 구축과 같은 연구도 수행되어야 할 것으로 사료된다.

### [참고문헌]

- [1] 한국전력, "765kV 변전기기 예방진단 시스템개발 최종보고서", 2001. 11
- [2] E. H. Shrtcliffe, "Computer Based Medical Consultation : MYCIN", Artificial Intelligence Series 2, Elsevier, 1976
- [3] 김화수의 2인, "전문가시스템", 집문당, 1998.8.