

765KV 변전설비 운전중 상태감시 및 진단을 위한 전문가시스템 개발

論 文

50C-11-5

Development of Expert System to Diagnose and Monitor 765KV Power Apparatus in On-line Condition

鄭吉朝* · 崔仁赫** · 金光和*** · 郭熙魯§

(Gil-Jo Jung · In-Hyuk Choi · Kwang-Hwa Kim · Hee-Ro Kwak)

Abstract - In this paper, we described the expert system to monitor and diagnose 765KV power apparatus. To develop this expert system, we studied the knowledge bases and data bases for 765kV transformer and GIS. In order to make the reliable inference of knowledge base and the good MMI(Man Machine Interface), the data bases were consisted of the tables of power apparatus information, limit level value, measured input data, inference result and diagnosis result. The knowledge base had various rules to infer the conditions of transformer and GIS. We applied both the forward chaining and backward chaining methods to these rules of system for good inferences. This paper describes the applied methods for expert system. Also, this developed system was tested with dissolved gas analyzing result and the result was shown.

Key Words : Expert System, Transformer, GIS, Knowledge Base, Monitoring, Inference

1. 서 론

국내 전력수용의 증대로 지금까지 기간전력계통 전압인 345kV 송전전압을 765kV로 격상함에 따라 이에 관련된 변전설비의 사용전압과 용량은 크게 증가하게 된다. 변압기의 경우 용량은 345kV 표준형의 경우 500MVA이지만, 765kV로 격상됨에 따라서 2000MVA로 4배 증가하게 된다. 따라서 변전설비에서 고장이 발생하면 계통 및 부하에 미치는 영향이 매우 심각할 것으로 평가되며 이를 억제 또는 예방할 필요가 있다. 국내 중전기업체가 765kV급 변전기기 설계 및 제작에 노력을 기울여 왔지만, 국내의 적용이 처음이고, 외국의 765kV급 운전에 관한 정보도 매우 적은 편이라 향후 운전에서 신뢰성의 평가에 어려움이 많을 것으로 판단된다.⁽¹⁾

따라서 변전설비의 운전에서 발생하는 여러 가지의 문제에 대한 해결과 그에 관련된 기술의 축적이 필요하므로 운전과 기기의 상태에 대한 감시 진단기술이 필요하다. 감시 진단기술은 측정과 평가 기술로 크게 구분되며, 측정장치의 특성에 의해 분해능과 신뢰성이 좌우되지만, 평가는 고도의 지식을 가진 전문가를 필요로 하고 있으므로 현장에서 확보가 불가능하다. 그러므로 평가기술에 대한 대책이 필요하다. 또한 평가기술은 개인의 차에 따라 달라질 수 있으며, 평가시 측정자료의 누락으로 잘못된 평가가 이루어질 수 있어 일반적

인 변전설비의 운영자가 평가하기는 더욱 어렵다. 변전설비에 사용되는 전력기기의 상태는 여러 가지 요소에 의하여 징후가 나타나게 되며, 이와 같은 징후가 정량적이 아닌 경우가 많고 정량적일지라도 기기의 크기, 종류 등에 따라 달리 적용하여야 하는 문제점이 있다. 이 때문에 컴퓨터를 이용한 전문가 시스템의 도입이 필요하고 이것이 이 문제점들을 상호비교법, 시간 추세법 등으로 해결할 수 있다.

전문가 시스템이 처음으로 적용된 것은 1976년 의료용 진단시스템인 MYCIN 이며, 전력분야는 일본의 미쯔비시 전기에서 전력시스템의 복구용으로 개발된 것이 보고되었다.^(2,3) 최근에는 퍼지 신경회로망 이론 등을 도입한 전문가 시스템이 개발되고 있다.⁽⁴⁻⁶⁾ 그러나 이들의 적용은 이미 전문가 시스템의 데이터 축적이 이루어진 후에 가능한 것들이 대부분이다. 전문가 시스템은 사용목적에 따라 그의 구성이 적절히 설계되어야 만이 제대로 역할을 할 수 있으며 활용도를 높이기 위해서는 신뢰성이 있는 자료의 획득과 규칙의 구성이 절대적으로 필요하다. 이상과 같은 자료획득과 규칙구성을 명확히 할 수 없는 경우가 많고 단편적인 지식이 많으므로 향후 계속적으로 보완하여 전문가 지식의 변경과 수업을 하여야 한다.

본 연구개발에서는 765kV 급 변전설비의 변압기 및 GIS를 대상으로 한 감시진단시스템에서 측정 및 통신 등의 하드웨어 부분은 제외하고 평가와 진단 알고리즘의 소프트웨어인 전문가 시스템에서 지식베이스 및 추론방식과 이와 관련된 데이터 베이스 구성, MMI의 개발에 관하여 기술하였고, 기존의 가스분석법을 종합적으로 나타내고 복합알고리즘에 의한 신뢰성이 향상된 평가방안과 현장 종합점검 결과를 포함하는 종합진단 알고리즘을 개발하는 것을 기술하였다.

* 正 會 員 : 韓電電力研究院 責任研究員

** 正 會 員 : 韓電電力研究院 先任研究員

*** 正 會 員 : 韓國電氣研究院 責任研究員

§ 正 會 員 : 崇實大 工科學科 電氣工學科 教授 · 工博

接受日字 : 2001年 2月 20日

最終完了 : 2001年 10月 13日

2. 765KV급 변전설비용 전문가시스템의 기본설계

2.1. 변전설비 감시 및 진단 시스템의 전체구성

전력기기에 대해서 감시와 진단을 행하려면 먼저 기기의 상태를 알아야 한다. 기기의 상태는 각종 센서와 측정기기에 서 측정된 결과로부터 알 수 있다. 운전 중에 기기의 상태를 알고 감시와 진단을 종합적으로 행하는 것은 하나의 시스템 으로 구성될 것이다. 특히 진단은 일반적인 것이 아니고 전문적인 요소가 많으므로 부족한 전문가를 해소하고 진단의 객관성을 위하여 전문가 시스템이 개발되고 있다. 이상과 같은 개념으로 전체적인 변전설비 상태의 감시 및 진단시스템 을 구성하면 그림 1과 같다. 이 그림에서 전력기기에 설치된 센서로부터 측정된 것을 통신장치에 의해 감시진단을 위한 중앙처리장치인 컴퓨터에 전송되고 그 결과를 전문가 시스템 에서 추론하여 전력기기를 진단하게 된다.

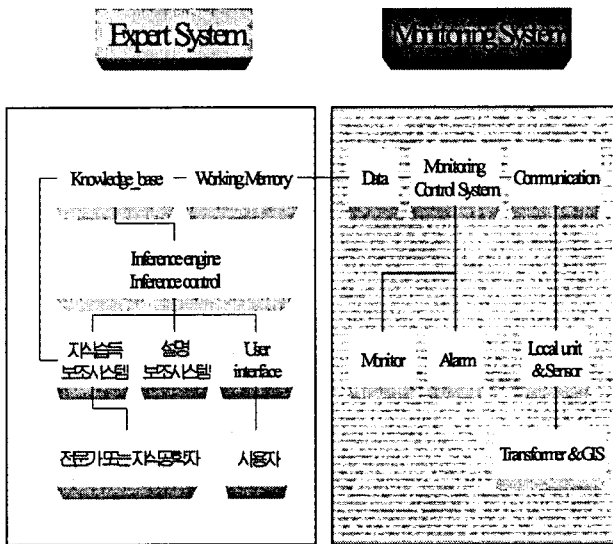


그림 1 765KV 변전설비의 감시진단 시스템의 구성도
Fig 1 System Diagram of diagnostic monitoring for 765KV substation equipments

2.2. 전문가시스템의 설계

전문가 시스템에서 어떠한 지식을 컴퓨터에서 취급하기 위해 서는 이를 모델화 하여야 하며, 모델 설계시 지식을 일정한 형으로 표현해야 하고 사용자가 알기 쉽게 표현해야 한다. 대표적인 지식 모델에는 명제의 논리 체계를 갖는 지식 표현에 적합한 Logic-based Model, if-then rule의 집합으로 표현되는 진단용 전문가 시스템의 대표적인 지식표현 방식인 Rule-based Model, 개념대상을 표현하기 위한 구조로 되어 있으며 슬롯을 가지고 전체가 상호 연결된 형태로 복잡한 개념의 문제에 적용이 편리한 Frame-based Model, 개념 대상을 마디와 현으로 나타내는 형태로 의미를 갖는 지식체계에 적합한 Semantic Network 등이 있다.^[7]

변전설비의 진단을 위해서 진단용 전문가 시스템의 대표적인 방식인 Rule-based Model이 가능하고, 복잡한 개념의 해석이 가능한 Frame-based Model을 포함하고 있는 한글 Element Expert Ver. 4.1.1(Neuron Data Co.)을 적용 하였고, 데이터 베이스는 MS-SQL Server 데이터 베이스를 그림 2와 같이 구성하였다.

데이터 베이스는 기기 관련의 정보 테이블, 진단 및 평가를 하기 위한 기준치 테이블, 측정된 데이터가 저장되는 측정테이블, 추론된 결과를 저장하는 판정결과 테이블과 진단 결과를 MMI프로그램으로 출력하는 진단결과 테이블로 되어 있다.

지식베이스 추론프로그램과 데이터베이스간의 입출력 관계는 그림 3과 같이 데이터 베이스의 레코드는 추론 프로그램의 오브젝트, 필드는 프로퍼티, 셀은 오브젝트 슬롯과 관계가 되도록 설계를 하였다.

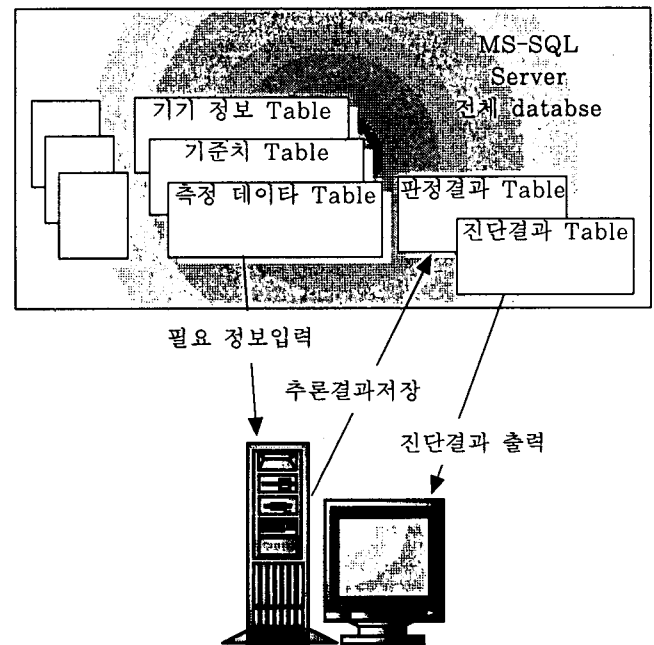


그림 2 전문가시스템에서 지식베이스, 데이터베이스 및 MMI의 구성
Fig 2 Knowledge base, database and MMI of the expert system

그림 2 전문가시스템에서 지식베이스, 데이터베이스 및 MMI의 구성
Fig 2 Knowledge base, database and MMI of the expert system

MMI 프로그램은 Microsoft Visual Basic으로 구성하였고 변압기에 대해서 유증가스 진단, 부분방전 진단, 온도진단, 종합점검 세부사항, 기타 등 5가지 영역으로 구분하였다. 각 영역은 측정데이터를 표시하는 부분과 진단결과를 보여주는 부분으로 설계하였다.

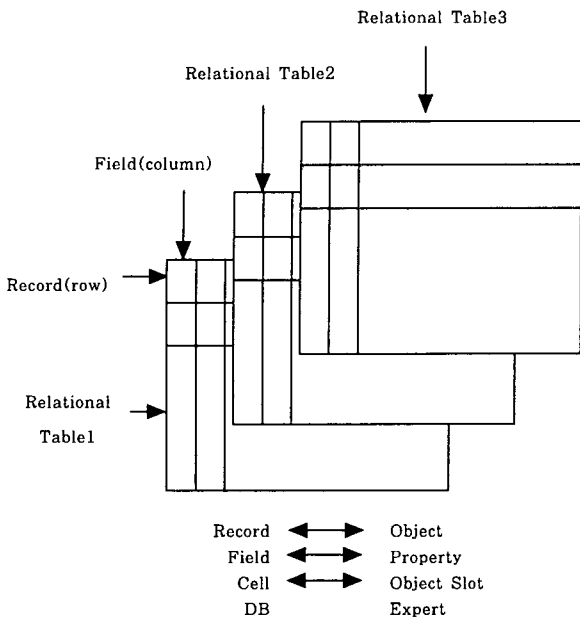


그림 3 추론 프로그램과 데이터베이스의 관계
Fig 3 Relation between inference program and database

3. 변전설비의 진단규칙

765kV 변전설비는 변압기와 GIS로 나눌 수 있으며 전문가 시스템을 구축하기 위해서는 각각 기기의 감시 및 진단을 행할 수 있는 지식베이스를 구축해야 한다. 지식베이스의 구성은 표 1과 같으며, 변압기는 유중가스, 부분방전, 온도, OLTC(On Load Tap Changer), 팬 및 펌프의 모터전류에 대해서 지식베이스를 갖는 것으로 설계하였고, GIS는 차단기 동작시간, 구동전류, 피뢰기 누설전류에 대해서 지식베이스를 갖는 것으로 설계하였다. GIS의 부분방전에 관해서는 별도의 시스템으로 설계함으로써 제외하였다.

표 1 765KV 변전설비의 지식베이스의 구성
Table 1 Database construction of 765KV Substation equipments

기기종류	변압기	GIS
지식베이스 설계항목	유중가스, 부분방전, 온도, OLTC, 팬전동기 전류, 펌프전동기전류	차단기의 동작시간과 구동전류, 피뢰기 누설전류

변압기 유중가스에 관한 진단규칙은 한국전력공사의 유중가스분석 진단기준, IEC, 가스패턴 및 Donenberg법을 기반으로 설계되었고, 유중가스의 측정은 C₂H₂, C₂H₄, CH₄, H₂ 및 C₂H₆를 포함한 5가지 이상의 가스량을 측정하도록 되어 있어 이 결과로부터 절연상태를 추론하여 진단을 하게

된다. 그러나 유중가스의 측정은 어떤 상태가 발생된 후 어느 정도 시간(수일~수개월)이 지난 후에 나타나므로 다른 측정요소인 부분방전, 온도상승 등과 비교하여 진단결과의 신뢰성을 높이도록 하는 규칙을 설계하였다.

부분방전 지식베이스는 초음파 측정과 부분방전 펄스전류 측정결과에서 변압기 상태를 진단하는 것으로 설계하였다. 초음파 센서에 의한 측정과 붓싱탑을 통한 전기적 측정을 동시에 하는 것으로 하여 그 결과로부터 부분방전과 잡음과의 구별에 대한 규칙을 만들었고, 하나의 변압기 탱크에 12개의 초음파센서를 부착하여 측정치의 크기와 시간차로부터 발생 위치를 알 수 있게 하는 규칙을 작성하였다. 그 규칙은 신호의 세기가 제일 큰 것을 중심으로 가까운 센서의 측정치와의 시간차를 계산하여 가장 가능성이 높은 지점을 선정하는 것으로 하였다. 부분방전의 크기와 추이를 연산하여, 그 결과로부터 부분방전에 의한 변압기의 절연상태를 진단하는 규칙을 설계하였다.

변압기 온도에 관한 규칙은 변압기의 유중온도, 부하전류, 팬 및 펌프 전동기전류로 변압기 상태를 진단하는 것으로 설계하였다. 변압기의 유온은 이들의 값과 상태를 비교하여 변압기의 냉각 상태가 정상인가 또는 내부에 충전 단락이나 펌프 및 팬의 고장여부를 진단하는 규칙으로 설계하였다. 중요 규칙은 계산된 유온과 측정된 유온을 비교하여 변압기의 상태를 진단하는 것이다. 유온의 계산은 변압기의 권선과 철심에서 발생한 에너지와 유중으로 흘러가는 에너지의 에너지 평형방정식(Energy balance equation)를 식(1)과 같이 적용하였다. 또한 절연유의 에너지가 탱크의 표면으로 이동하는 에너지 평형식인 식(2)와 탱크 표면에서 대기로 방출되는 에너지와 태양으로부터 받는 복사 에너지를 포함한 식(3)의 계산을 통하여 규칙을 도출하였다.

$$Q_{gen} = (mC_p)_c \frac{dT_c}{dt} + h_c A_c (T_c - T_o) \tag{1}$$

$$h_c A_c (T_c - T_o) = (mC_p)_o \frac{dT_o}{dt} + h_{t,i} A_i (T_o - T_i) + h_{r,i} A_r (T_o - T_i) \tag{2}$$

$$\begin{aligned} & A_s a_{sun} + (A_t + A_r) \alpha \sigma T_a^4 + h_{t,i} A_i (T_o - T_i) + h_{r,i} A_r (T_o - T_i) \\ & = (mC_p)_c \frac{dT_c}{dt} + h_{t,o} A_i (T_i - T_o) + h_{r,o} A_r (T_i - T_o) + A_i \epsilon \sigma T_i^4 + A_r \epsilon \sigma T_i^4 \end{aligned} \tag{3}$$

여기서 c : 코아와 코일부 관련 특성 표현, o : 절연유 특성 표현, q_{gen} : 코아 코일부에서의 열발생 표현, m : 질량, C_p : 일정압력에서의 비열, mC_p : Q(열량) [ws/°C], h_c : 열전도도 [w/m²°C], t : 변압기 탱크와 관련된 특성, r : 방열기와 관련된 특성, q_{sun} : 태양에서의 흡수에너지, a : 주위공기의 특성, α : absorptivity, ε : Emissivity, h_c : 코아 코일부와 절연유 사이의 에너지 교환에 따른 열전달 계수, h_{t,i} : 변압기 탱크 내외 절연유 사이의 에너지

교환에 따른 열전달 계수, $h_{r,i}$: 냉각 튜브 내와 절연유 사이의 에너지 교환에 따른 열전달 계수, $h_{t,o}$: 변압기 탱크 바깥쪽과 공기사이의 에너지 교환에 따른 열전달 계수이다.

변압기 누유상태, 탭절환기의 상태는 감시기능을 갖는 요소로 규칙을 설계하였다.

GIS의 차단기 동작시간과 구동전류, 피뢰기 누설전류에 대한 것의 지식베이스는 차단동작시간으로부터 차단기의 구동부 상태와 구동코일 전류로부터 코일의 손상유무 그리고 피뢰기의 누설전류 크기로부터 피뢰기 상태를 진단하는 규칙으로 설계하였다.

이상과 같은 지식베이스 내용을 보면 어떤 측정치에서 추론하여 기기상태를 진단할 수 있는 규칙과 어떤 결과에 대해 증명할 수 있는 정보를 얻기 위하여 다른 측정치를 평가해야 하는 규칙이 있다. 추론의 방법에서 전자는 이용이 가능한 정보로부터 출발하여 적절한 결론을 찾아내는 전향추론(forward chaining inference)이고, 후자는 사용자가 질의시 어떤 사실을 주어 목표나 가정을 증명하기 위한 사실을 찾아내는 후향추론(backward chaining inference)이다. 따라서 측정치의 입력에 따라 전향추론으로 프로그램화 된 것과 전향 및 후향 추론이 복합된 혼합추론으로 프로그램화 된 것이 있다.

4. 전문가시스템의 추론설계의 예

전문가시스템에서 변압기의 가스분석 결과로부터 기기의 상태를 추론하기 위한 프로그램의 흐름도를 작성하면 그림 4와 같다. 이 그림에서 보면 유증가스의 측정결과에 대해서 Monitoring 부분에서 계속적인 감시를 수행하고 여기서 이상으로 규정된 기준치에 도달하게 되면 전문가 시스템을 구동하도록 되어 있다. 이상 유무를 판정하기 위하여 가스분석 진단법인 IEC Code, Dornenburg법 및 가스패턴법으로 순차적인 진단을 실시하고, 그 결과의 신뢰성을 확보하기 위하여 복합 알고리즘에 의한 후향추론으로 부분방전 온도상승 등과 비교하여 추론하고 종합점검결과를 넣어 종합적인 추론으로 진단을 실시하게 된다. 변압기의 유증가스 분석결과를 위한 추론 규칙은 다음과 같다.

[규칙1] 유증가스 분석기로부터 입력된 가스별 측정치를 기준 테이블에서 한전판정 기준치와 비교하여 요주의 이상이면, 전문가시스템을 가동시킴으로 필요가 없는 전문가 시스템의 가동을 하지 않게 할 수 있다.

[규칙2] H_2 , CO , CO_2 , C_2H_2 , C_2H_4 , CH_4 , C_2H_6 및 TCG 가스측정치로부터 한전판정기준치의 요주의, 이상 및 위험 중에 어디에 속하는지를 판별하여 기기의 상태 정도를 진단하게 한다.

[규칙3] 측정치로부터 IEC Code법, Dornenberg법 및 가스패턴법에 의해, 가스발생의 원인을 진단하게 되며, 진단의 결과가 추론되지 않을 경우에는 전문가에게 문의하도록 하여 진단의 오류를 줄이고자 하였다. IEC Code법에서는 C_2H_2/C_2H_4 , CH_4/H_2 , 및 C_2H_4/C_2H_6 의 비값에 의해 6가지의 유형으로 추론이 가능하고, Dornenberg법에서는 CH_4/H_2 , C_2H_2/C_2H_4 , C_2H_2/CH_4 , C_2H_6/C_2H_2 , 및 C_2H_4/C_2H_6 의 비값에 의해 3가지의 원인으로 추론하게 된다. 그리고 가스패턴법에서는 H_2 , C_2H_4 , CH_4 , 및 C_2H_2 의 4종류의 가스에 각 가스별 주도형으로 세분화하여 추론한다.

[규칙4] 가스분석진단에 의한 결과에서 변압기의 상태에 대해 관련 가능성이 있는 다른 측정치들과의 값들을 평가하여 상태의 정도와 발생부분 등을 진단하여 신뢰성을 높인다.

[규칙5] 변압기 운전을 중지하고 변압기, 권선 저항, 절연유의 특성, 여자전류 특성을 측정하여 가스분석의 진단과 함께 종합화를 행하여 진단결과의 구체성과 신뢰성을 높이도록 하였다.

본 전문가 시스템의 추론절차는 그림 4와 같이 유증가스 분석기로부터 자동 또는 수동으로 입력되는 측정치로부터 [규칙1]에 따라 전문가시스템을 가동하여 [규칙2]를 수행하여 변압기의 상태정도를 파악하고, [규칙3]을 수행하여 변압기의 이상의 원인을 규명하도록 되어 있다. 이상의 원인 규명에서 각 방법에 의한 이상원인을 진단하고 이 원인에 의한 것을 목표가설로 하여 [규칙4]에 의해 다른 측정치인 부분방전, 유증 온도, 팬 및 펌프의 상태 등으로 목표가설에 대한 증명으로 진단의 신뢰성과 좀더 깊은 진단이 가능하다. 그리고 종합적인 진단을 하기 위해서 변압기를 정지상태로 변압비, 권선 저항, 여자전류 특성을 측정하여 [규칙5]를 수행함으로써 더욱 신뢰성이 높고 구체적인 진단이 가능하도록 하였다.

여기서 전문가시스템의 설계에 사용된 프로그램은 Element Expert이고, 이 프로그램에서는 전향추론과 혼합추론으로 설계가 가능하다. [규칙1]에서 [규칙3]은 전향추론이고, [규칙4]는 후향추론이다. 그리고 [규칙5]는 다시 전향추론을 하게되어 본 전문가시스템은 혼합추론으로 설계되었다.

전문가 시스템의 추론 설계에서 설계된 예를 나타내면 다음 표 2와 같다. 이 표에서 kepc_warning 및 kepc_abnormal의 field는 가스분석의 요주의 및 이상 기준치와 비교하여 출력하는 것이다. 즉 측정치로부터 직접적으로 기준치와 비교하여 출력하는 전향추론의 특성을 갖는다. pd_oilgas 및 overload_oilgas의 field는 각각 부분방전, 과열에 관계가 있으므로 부분방전 또는 온도를 감시하라고 출력하는 것으로 측정된 데이터로부터 다른 데이터와의 상호관계를 추론하는 후향추론이다.

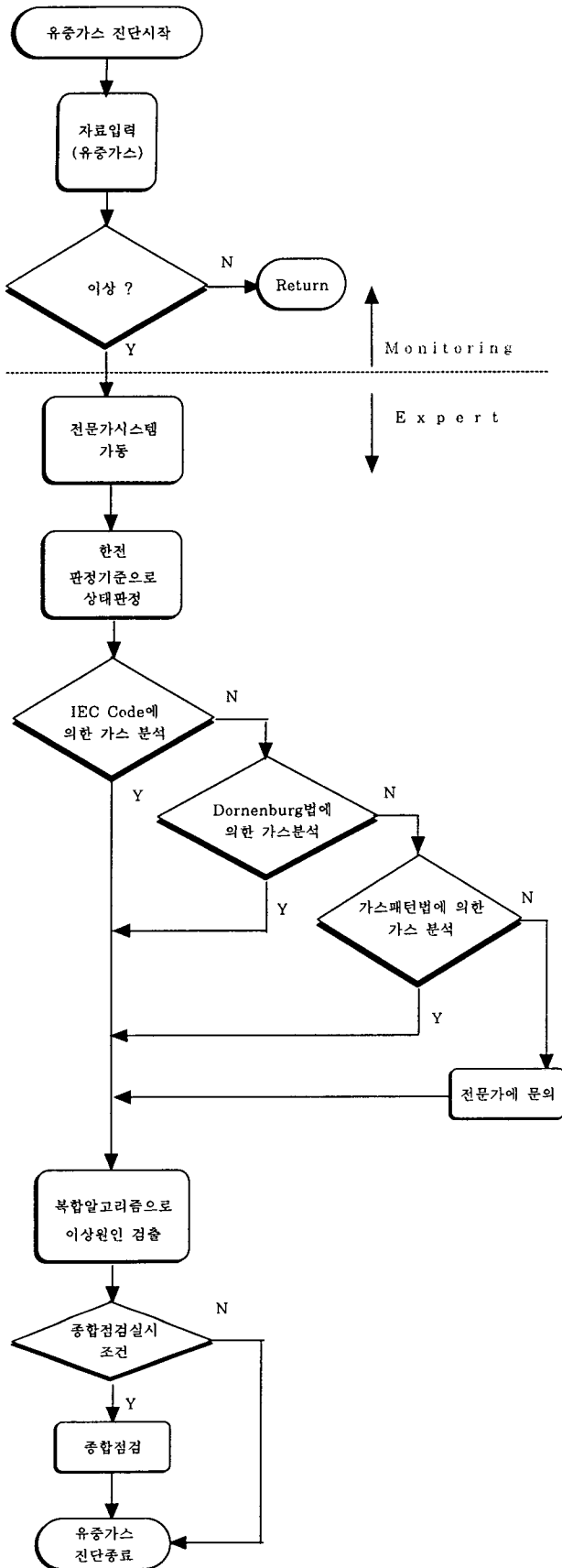


그림 4 유증가스분석 결과의 추론을 위한 흐름도
Fig 4 Flow chart for the inference of gas analysis results

표 2 전문가시스템의 가스분석 설계추론

Table 2 Inference design on the gas analysis of expert system

구분	Field name	설 명	추론방법
추론 항목	kepco_warning	한전 요주의	전향추론
	kepco_abnormal	한전 이상	전향추론
	pd_oilgas	유증가스 복합알고리즘 부분방전에 의한 가스발생	후향추론
	overload_oilgas	유증가스 복합알고리즘 과부하에 의한 과열가스	후향추론

5. 전문가시스템에 의한 진단 시뮬레이션

이상과 같이 구성하여 설계된 전문가 시스템에서 데이터 취득, 추론과정과 추론된 결과의 제공에 관하여 그림 5와 같은 가상의 가스분석 데이터를 사용하여 진단을 행하였다.

유증가스 분석장치로부터 얻어진 가스종류별 데이터는 다음 그림 5와 같은 MS-SQL Server로 작성된 데이터 베이스로 입력되어 [규칙1]에 의해 추론되고, 그림 6과 같이 Element Expert 프로그램으로 이 데이터를 입력하는 과정을 거쳐서 그림 7과 같이 [규칙2]에서 [규칙4]까지로 추론된다. 그림 7의 추론결과는 일반 운영자가 알 수 없으므로 일반운영자가 알 수 있도록 MMI Program에 의하여 그림 8과 같이 출력되게 된다.

그리고 다시 종합점검을 실시한 측정치가 입력되면 [규칙 5]에 의해 그림 9와 같이 추론된다. 따라서 최종적으로 변압기의 내부 권선부분에 이상이 발생된 것으로 진단을 내리게 된다.

유증가스진단의 추론결과인 그림 9에서 '한전유증가스 진단기준에 의한 진단', '원인진단결과' 및 '예상되는 원인'의 부분은 전향추론에 의한 결과이고, '복합 알고리즘에 의한 진단'은 후향 추론이며, 종합점검은 전향추론이다. 따라서 전향 추론만 한다면 추론의 결과가 넓은 영역으로 진단결과를 나타낼 수밖에 없으나, 이 진단 결과를 가정으로 하여 그 목표를 지지하는 뒷받침 자료를 추론하면 더욱 신뢰성이 높고 좁은 영역으로 자세히 진단결과를 나타낼 수 있다. 따라서 혼합추론의 알고리즘을 적용하는 것이 복합적인 추론의 관계에서는 높은 신뢰성과 구체성을 확보할 수가 있다.

그림 5 MS-SQL Server로 측정데이터가 입력된 상태
Fig 5 Input status of measured data by MS-SQL server

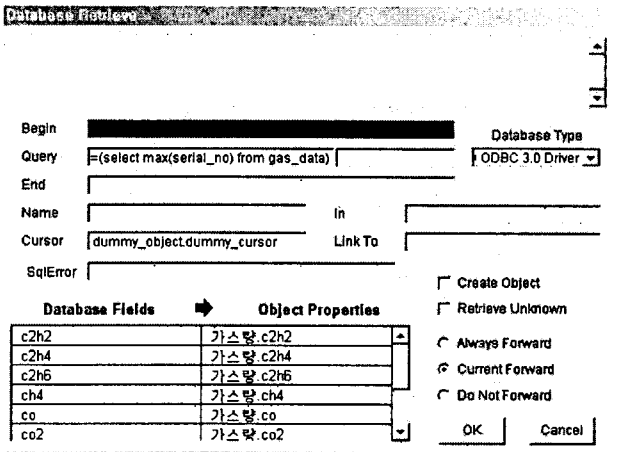


그림 6 SQL Server 데이터의 전문가프로그램 입력과정
Fig 6 Input processing of SQL server data with expert program

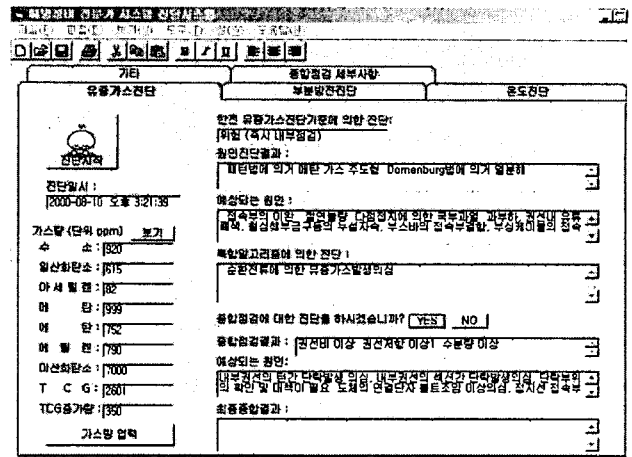


그림 9 종합점검을 실시한 후의 추론결과
Fig 9 Inference result after performed complex tests

6. 적용결과의 검토

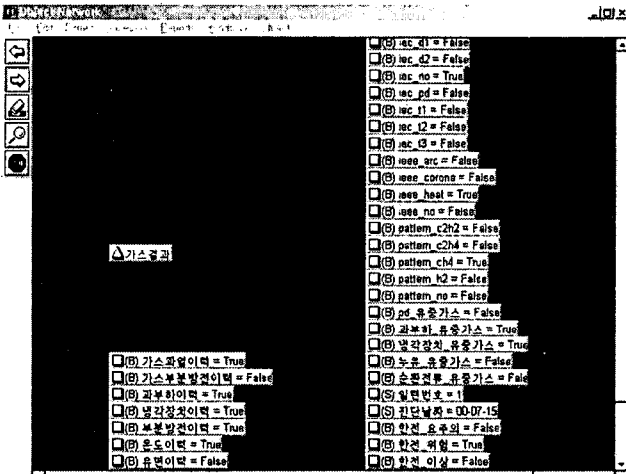


그림 7 추론 프로그램에 의한 유증가스 진단추론 결과
Fig 7 Analysed inference result of immersed-oil gas with inference program

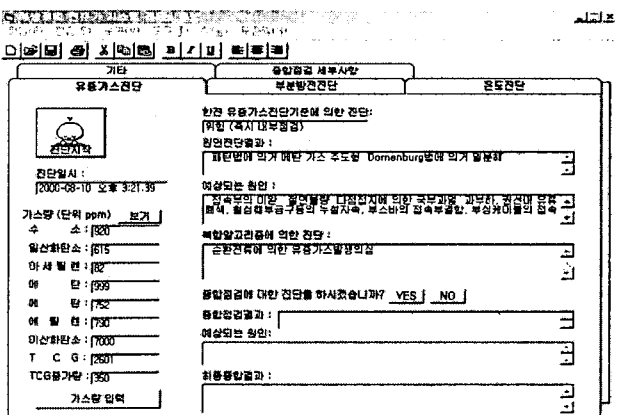


그림 8 MMI로 출력된 유증가스진단의 추론 결과
Fig 8 Inference result of gas analysis by MMI display

이상과 같이 765kV 변전설비의 감시 및 진단을 위한 전문 가시시스템 개발을 토대로, 측정된 데이터로부터 추론 프로그램과 MMI 프로그램에 의한 진단결과를 도출하는 시스템을 완성하였다. 그러나 본 시스템은 765kV의 변전설비에 대한 감시 및 진단에 관한 자료가 거의 없고, 765kV의 중요성을 감안하여 추론프로그램의 안정성과 신뢰성을 요구하고 있어 추론프로그램은 현재 범용적으로 널리 적용되고 있고 Rule Based 모델과 Frame Based 모델 적용이 가능한 Element Expert Program을 이용하였고, 향후 데이터 유지관리가 PC베이스에서 편리하게 하기 위해서 데이터베이스는 MS-SQL을 적용하였다.

지식베이스의 원활한 추론을 위해서 전향 및 혼합 추론방식을 적용하였고, 적용된 예에서 잘 추론하고 있는 것으로 검토되었다.

또한, 진단결과를 쉽게 알 수 있고 편리하게 이용할 수 있도록 한 MMI를 작성하였다.

데이터베이스는 기기정보 테이블, 기준치 테이블, 측정데이터, 판정결과 테이블과 진단결과 테이블로 구성하여 지식베이스의 원활하고 신뢰성이 있는 추론과 MMI의 지원을 강화할 수 있도록 하였다.

본 연구개발로 국내의 변전설비에 대한 감시 및 진단을 행할 수 있는 근본적인 기반을 구축하였으며, 이를 토대로 앞으로 계속 축적되는 감시진단관련의 자료와 경험으로부터 신뢰성이 높고 유연성이 더 좋은 감시진단시스템 프로그램으로 발전시켜야 할 것이다.

7. 결 론

이상과 같이 765kV 변전설비의 감시 및 진단용 시스템의 개발에 있어서 얻어진 결과에 대한 결론은 다음과 같다.

가. 765kV 변전설비의 감시 및 진단에 관한 전문가 시스템은 기존의 개별 분석법을 종합적으로 나타내고 복합할고

리즘에 의한 신뢰성향상과 종합점검결과를 포함하는 알고리즘을 개발하였다.

나. 변압기에 대해서는 유중가스분석, 부분방전, 유온, OLTC, 팬 전동기 및 펌프 전동기에 관한 전문가 시스템의 지식베이스 및 추론을 구축하였고, GIS에 대해서는 차단기의 동작시간, 구동전류, 피뢰기의 누설전류에 대한 지식 베이스를 구축하였다.

다. 지식베이스에서 전향 및 혼합 추론방식을 도입하여 전력기기의 진단에서 개개의 측정항목으로부터의 진단과 측정항목들의 상호관계로부터의 진단이 가능한 추론 시스템을 구축하는 것이 가능하였다.

라. 지식베이스를 위한 데이터베이스는 기기정보 테이블, 측정데이터 테이블, 판정결과 테이블 및 진단결과 테이블로 프로그램화하여 지식베이스 추론 및 MMI 지원이 가능하도록 하였다.

마. 추론된 진단의 결과를 운영자가 이용을 쉽고 편리하게 할 수 있도록 MMI 프로그램을 개발하였다.

바. 향후 프로그램의 신뢰성 및 유연성의 향상을 위하여 각 부분별로 현장자료의 축적과 이의 프로그램 적용에 노력해야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 한국전력, "765kV 변전기기 예방진단 시스템개발 1차년도 보고서", 1999. 11

[2] E. H. Shrtliffe, "Computer Based Medical Consultation : MYCIN", Artificial Intelligence Series 2, Elsevier, 1976

[3] T. Sakaguchi, K. Matsumoto, "Development of a Knowledge based system for power system restoration", IEEE Trans Power Apparatus and System, Vol. PAS-102, No. 2 pp. 320 - 329

[4] Syed Mofizu Islam et al 2, "A new fuzzy logic approach to transformer fault diagnosis", IEEE Trans. Dielectric and Electrical Insulation Vol. 7, No. 2, April 2000 pp. 177-186

[5] Yann-Chang Huang et al 2, "Developing a new transformer fault diagnosis system through evolutionary fuzzy logic", IEEE Trans. Power Delivery Vol. 12, No. 2, April 1997 pp.761-767

[6] 고운석외 2인, "철도 전자연동장치의 고신뢰화를 위한 실시간 전문가시스템", 대한 전기학회논문 48A권 11호, pp 1457-1463, 1999.11

[7] 김화수의 2인, "전문가시스템", 집문당, 1998.8.

저 자 소 개



정길조 (鄭吉朝)

1949년 8월 16일 생. 1983년 중앙대 전기공학과 졸업. 1995년 연세대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년~현재 전력연구원 전력계통연구실 송변전기술그룹 그룹장.
Tel : 042-865-5870, Fax : 042-865-5844
E-mail : jungkjo@kepri.re.kr



최인혁 (崔仁赫)

1963년 4월 13일 생. 1986년 성균관대 전기공학과 졸업. 1989년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년~현재 한전 전력연구원 전력계통연구실 선임연구원.
Tel : 042-865-5875, Fax : 042-865-5844
E-Mail : idhyuk@kepri.re.kr



김광화 (金光和)

1956년 5월 12일 생. 1983년 부산대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 부산대 대학원 전기공학과 졸업(공박). 1993년~현재 한국전기연구원 신전력기기 연구그룹 책임연구원.

Tel : 055-280-1570, Fax : 055-280-1589

E-mail : khkim124@keri.re.kr



곽희로 (郭熙魯)

1942년 3월 1일 생. 1967년 서울대 공대 전기공학과 졸. 1978년 호주 New South Wales 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1986년 중앙대 대학원 전기공학과 졸업(공박). 1986년 M.I.T Visiting Scientist. 현재 숭현재 숭실대 공대 전기공학과 교수.