

765KV 변전설비 운전중 상태감시 및 진단을 위한 전문가시스템 개발

최인혁*, 권동진*, 정길조*, 유연표**, 김광화***, 신명철****
 *전력연구원, **한국전력공사, ***한국전기연구원, ****성균관대학교

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

I. H. Choi*, D. J. Kweon*, G. J. Jung*, Y. P. You**, K. H. Kim***, M. C. Shin****

Abstract - The expert system monitoring and diagnosing 765kV power apparatus was described in this paper. 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.

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.

따라서 변전설비의 운전에서 발생하는 여러 가지의 문제에 대한 해결과 그에 관련된 기술의 축적이 필요하므로 운전과 기기의 상태에 대한 감시 진단기술 개발이 절실한 실정이다. 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.

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 점검 결과를 포함하는 종합 진단 알고리즘을 개발하는 것을 기술하였다

2. 765KV급 변전설비용 전문가시스템의 기본설계

2.1 변전설비 감시 및 진단 시스템의 구성

전체적인 변전설비 상태의 감시 및 진단시스템을 구성하면 그림 1과 같다. 이 그림에서 전력기기에 설치된 센서로부터 측정된 것을 통신장치에 의해 감시진단을 위한 중앙처리장치인 컴퓨터에 전송되고 그 결과를 전문가 시스템에서 추론하여 전력기기를 진단하게 된다.

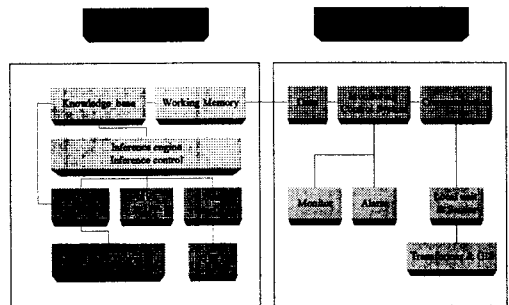


그림 1. 765kV 변전설비의 감시진단 시스템의 구성도

2.2 전문가시스템의 설계

본 연구의 변전설비의 진단을 위해서 이용된 전문가 시스템은 한글Element Expert Ver. 4.1.1(Neuron Data Co.)을 적용하였고, 데이터 베이스는 MS-SQL Server 데이터 베이스를 그림 2와 같이 구성하였다.

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

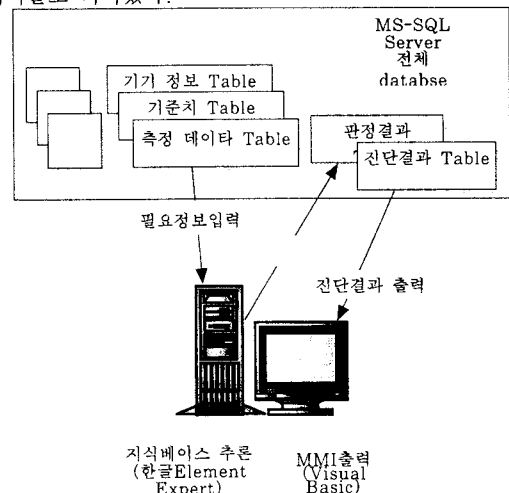


그림 2. 지식베이스, 데이터베이스 및 MMI의 구성

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.

2.3 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 같다.

표 1. 765kV 변전 설비의 지식베이스의 구성

기기종류	변압기	GIS
지식베이스 설계항목	유증가스, 부분방전, 온도, OLTC, 팬 및 펌프 전동기전류	차단기의 동작시간과 구동전류, 피뢰기 누설전류

변압기 유증가스에 관한 진단규칙은 한국전력공사의 유증가스분석 진단기준, IEC, 가스패턴 및 Donenberg법을 기반으로 설계되었고, 유증가스의 측정은 C₂H₂, C₂H₄, CH₄, H₂ 및 C₂H₆를 포함한 5가지 이상의 가스량을 측정하도록 되어 있어 이 결과로부터 절연상태를 추론하여 진단을 하게 된다. 부분방전 지식베이스는 초음파 측정과 부분방전 펄스전류 측정결과에서 변압기 상태를 진단하는 것으로 설계하였다. 또한, 변압기 온도에 관한 규칙은 변압기의 유증온도, 부하전류, 팬 및 펌프 전동기 전류로 변압기 상태를 진단하는 것으로 설계하였다. 변압기의 유온은 이들의 값과 상태를 비교하여 변압기의 냉각 상태가 정상인가 또는 내부에 층간 단락이나 펌프 및 팬의 고장여부를 진단하는 규칙으로 설계하였다.

GIS의 차단기 동작시간과 구동전류, 피뢰기 누설전류에 대한 것의 지식베이스는 차단동작 시간으로 부터 차단기의 구동부 상태와 구동코일 전류로 부터 코일의 손상유무 그리고 피뢰기의 누설전류 크기로 부터 피뢰기 상태를 진단하는 규칙으로 설계하였다.

3. 전문가시스템 추론설계의 예

전문가시스템에서 변압기의 가스분석 결과로 부터 기기의 상태를 추론하기 위한 프로그램의 흐름도를 작성하면 그림 3과 같다. 이 그림에서 보면 유증가스의 측정결과에 대해서 Monitoring 부분에서 지속적인 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.

변압기 정지상태에서 측정되는 종합점검 항목으로는 권선저항, 절연유의 특성 및 여자전류 등이 있으며, 측정된 값은 인위적으로 프로그램에 입력하여 유증가스 진단 결과와 함께 종합화를 행하여 진단결과의 구성성과 신뢰성을 높이도록 되었다.

전문가 시스템의 추론 설계에서 설계된 예를 나타내면 다음 표 2와 같다. 이 표에서 kepco_warning 및 kepco_abnormal의 field는 가스분석의 요주의 및 이상 기준치와 비교하여 출력하는 것이다. 즉 측정치로부터 직접적으로 기준치와 비교하여 출력하는 전향추론의 특성을 갖는다. pd_oilgas 및 overload_oilgas의 field

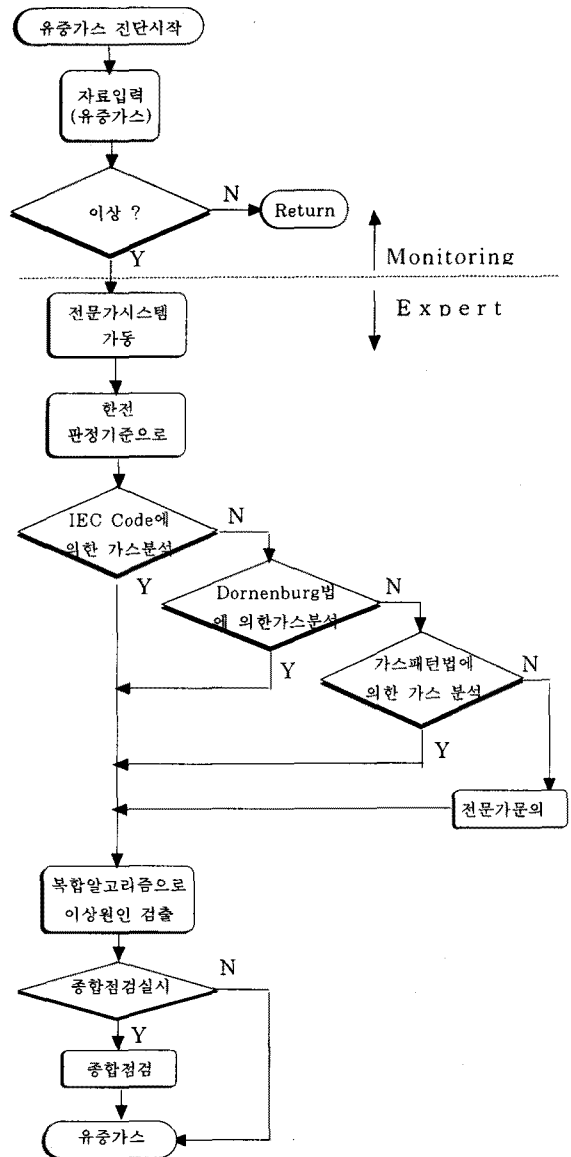


그림 3. 유증가스분석 결과의 추론을 위한 흐름도

는 각각 부분방전, 과열에 관계가 있으므로 부분방전 또는 온도를 감시하라고 출력하는 것으로 측정된 데이터로부터 다른 데이터와의 상호관계를 추론하는 후향추론이다.

표 2. 전문가 시스템의 가스분석 추론설계

구분	Field name	설명	추론방법
추론방법	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

4. 전문가시스템에 의한 진단 시물레이션

이상과 같이 구성하여 설계된 전문가 시스템에서 데이터 취득, 추론과정과 추론된 결과의 제공에 관하여 그림 4와 같은 가상의 가스분석 데이터를 사용하여 진단을 행한다.

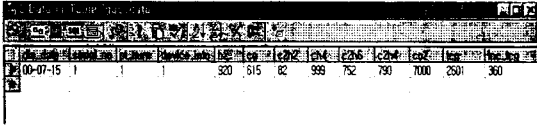


그림 4. MS-SQL Server로 데이터가 입력된 상태

추론결과는 그림 5와 같으나 일반 운영자가 알 수 없으므로, 일반 운영자가 알 수 있도록 MMI Program에 의하여 그림 6과 같이 출력되도록 하였다.



그림 5. 추론에 의한 유증가스 진단 결과

측정된 가스 분석 데이터중 CO 가스가 한전 기준치의 위험 레벨을 초과함을 알 수 있으며, 이에 따른 전문가시스템의 추론 결과는 그림 3의 흐름도에 따라 그림 6과 같다.

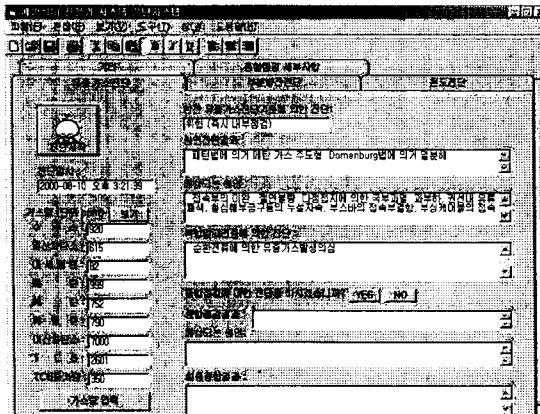


그림 6. MMI로 출력된 유증가스진단의 추론 결과

5. 결 과

가. 765kV 변전설비의 감시 및 진단에 관한 전문가 시스템은 기존의 개별 분석법을 종합적으로 나타내고 복합 알고리즘에 의한 신뢰성 향상과 종합점검 결과를 포함하는 알고리즘을 개발하였다.

나. 지식베이스에서 전향 및 혼합 추론방식을 도입하여 전력기기의 진단에서 개개의 측정항목으로 부터의 진단과 측정항목들의 상호관계로 부터의 진단이 가능한 추론 시스템을 구축하였다.

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

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

마. 향후 프로그램의 신뢰성 향상을 위하여 각 부분별 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. Shrtcliffe, "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] 김화수의 2인, "전문가시스템", 집문당, 1998.8.