

가스분석을 이용한 전력용 변압기 이상진단 연구

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

A Study of the Preventive Diagnostic Algorithm of Gas Analysis in Oil for Power Transformer

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

Abstract - In general, power demand is on an increasing trend as industries have made rapid strides. Power transformer is the most important equipment in substation for this reason. Transformer troubles go with blackout, expensive repair costs and huge economic losses. Therefore it is important to find the quick detection of incipient fault for the least losses. There have been gas, partial discharge, temperature, OLTC, fan and pump diagnosis for preventive techniques by present. Specially gas analysis has been adapted for a long time and proved as confident method.

In this paper, we analysed the fault causes of used power transformer. The insulation faults was occupied 40% of inquired 152 faults from 1991 to 2000. This study presents the developed algorithm and expert system for finding abnormal status within transformer. We used the Element Expert tool developed Neuron DATA Inc.

DATA사에서 개발한 Element Expert를 이용하였다.

2. 전력용 변압기의 고장원인 및 발생가스

전력용 변압기의 고장원인을 세부적으로 분석하기 위하여, 1991년부터 2000년까지 10여년간 고장이 발생된 국내의 전력용 변압기를 대상으로 조사를 실시한 결과, 그림 1에서와 같이 조사된 152건의 사고를 유형별로 크게 절연사고, OLTC 사고, 오동작 사고 및 기타등으로 분류할 수 있었다. 이중 절연사고가 차지하는 비중이 40%로 가장 크고, OLTC 사고는 11%, 오동작 사고 19% 및 기타가 30%를 차지하였다. 이중 사고 비중이 가장 큰 절연사고의 주된 고장원인은 권선의 층간단락, 절연유 및 부상의 절연파괴, 냉각시스템인 팬 및 펌프의 운전불능등을 들 수 있다. OLTC는 총 16건의 사고중 제작불량 12건, 자연열화 3건 및 오동작 1건으로 나타난다. 또한, 기타사고로는 제작불량, 작업과실, 자연열화 및 외물접촉등이 주요 사고원인으로 판명되었다. 분석된 변압기는 345KV가 26대(26%)이고, 154KV는 126대(83%)이다.

1. 서 론

산업의 발달에 따라 전력수요는 증가하는 추세에 있으며, 수요자의 안정된 전력공급 욕구도 커져가고 있다. 이를 충족시키기 위해 변전기기중 전력용 변압기는 전력계통상에서 가장 중요한 기기중 하나이다. 전력용 변압기의 고장은 정전 및 값비싼 보수 비용을 수반하게 되므로 막대한 경제적 손실을 불러오게 한다. 그러므로, 이러한 손실을 최소화 하기 위해 가능한한 빠른 초기고장의 검출이 필요하다. 현재까지 국내외적으로 개발된 변압기 예방진단 방법으로는 유중가스진단, 부분방전진단, 온도진단, OLTC 진단, 팬 및 펌프의 동작진단등이 있다. 이중 가스분석을 통한 이상원인 검출 기술은 변압기 진단 기술중 가장 오래되고 신뢰성이 입증된 기술이다. 본 연구에서는 전력용 변압기의 고장원인 분석을 위해 현재 운용되고 있는 변압기를 대상으로 고장원인 분석을 실시한 결과, 1991~2000년 까지 152건의 사고중 절연사고가 차지하는 비중이 전체 사고의 40%를 차지함을 알 수 있었다.

따라서, 본 연구에서는 변압기에서 발생하는 7가지의 유중가스를 분석한후, 이상이 발생하는 경우 변압기 내부의 상태를 진단하기 위한 진단 알고리즘 및 전문가시스템 구축에 대하여 기술하였다. 또한, 이상이 발견된 실변압기에서 취득된 데이터를 이용하여 본 알고리즘의 신뢰성을 검증하였다. 본 연구에서 적용된 판정기준은 한전 적용치를 1차로 적용한후, 이상이 발생하는 경우 세부 이상원인을 파악하기 위하여 국제적으로 공인된 IEC Code, Dornenburg & Roger법, 가스 Pattern법을 순차적으로 적용하였다. 전문가시스템은 Neuron

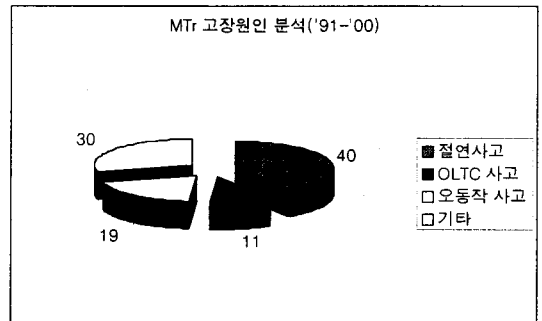


그림 1. 전력용 변압기 고장원인 분석

따라서, 전력용 변압기의 주된 고장원인인 절연사고는 절연유내의 가스 변화를 수반하므로, 절연유의 가스종류 및 농도를 국제적으로 공인된 분석 방법에 의하여 측정 및 분석하므로써, 변압기 내부의 이상원인을 진단할 수 있다.

일반적으로, 열분해 가스는 수소, 저급탄화수소(CH₄, C₂H₆, C₃H₈, C₂H₄, C₃H₆, C₂H₂) 가스, 일산화탄소, 탄화가스등 10여종에 이른다. 이상의 종류에 따라 발생 가스가 다른 것은 이상 발생부의 재료 및 과열에 의한 온도가 상이한데 기인하는 것이다. 또한 부분방전에 의한 열분해 가스의 특징은 국부적인 높은 온도 때문에 다량의 수소가스와 아세틸렌 및 기타 탄화수소 가스를 함유하며, 아크에 의해 열분해 가스는 다량의 열분해 가스를 함유하고 있다.

3. 유증가스 진단 알고리즘 및 전문가시스템

일반적으로 변압기의 내부이상 진단은 특정 성분가스와 총 가연성 가스의 총량에 따라 결정된다. 이러한 판정기준은 적용하는 국가 또는 전력회사마다 판정기준에 차이는 있으나, 보편적으로 적용되는 국제기준으로는 IEC Code법, Dornenburg법, 가스 Pattern등을 들 수 있다. 본 연구에서 적용할 변압기는 전력용이므로, 먼저 한국전력에서 사용하고 있는 유증가스 분석 진단기준에 의하여 분석가스의 이상 유무를 확인하도록 하였다. 한전 기준에 의해 이상이 판정되며, 측정 가스의 농도 및 구성비에 따라 변압기 내부의 이상원인을 검출하기 위하여 순차적으로 IEC Code법, Dornenburg법, 가스 Pattern법등을 적용한다. 각 진단법에 의하여 추론된 진단결과는 화면에 출력이 되도록 하였다. 본 연구에서 제시하는 유증가스에 대한 이상진단 흐름도는 그림 2와 같다.

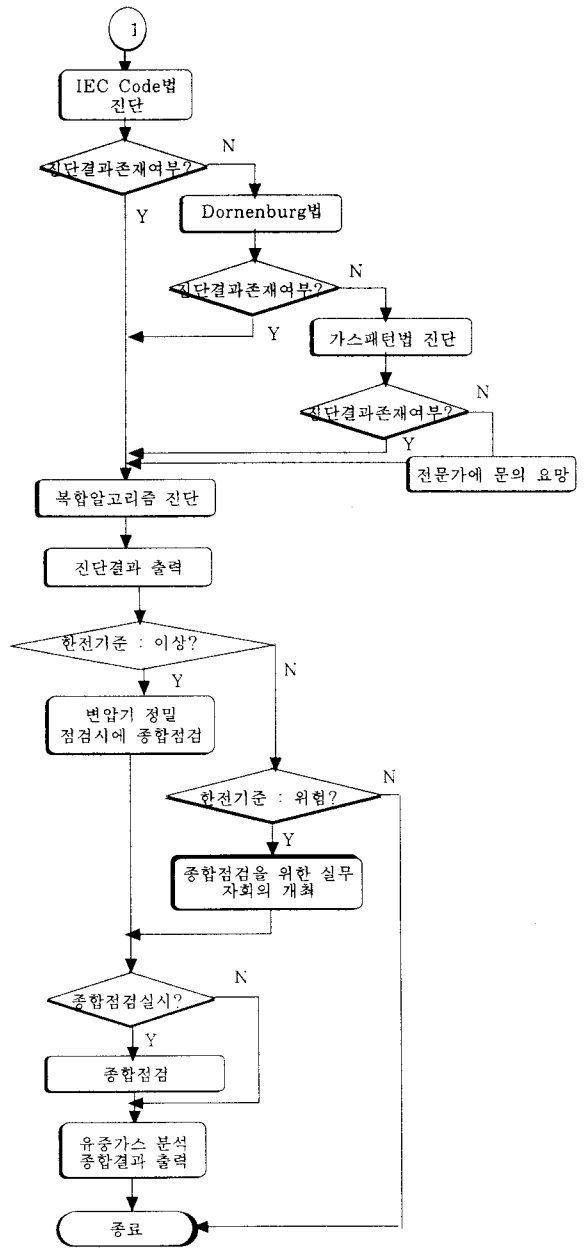
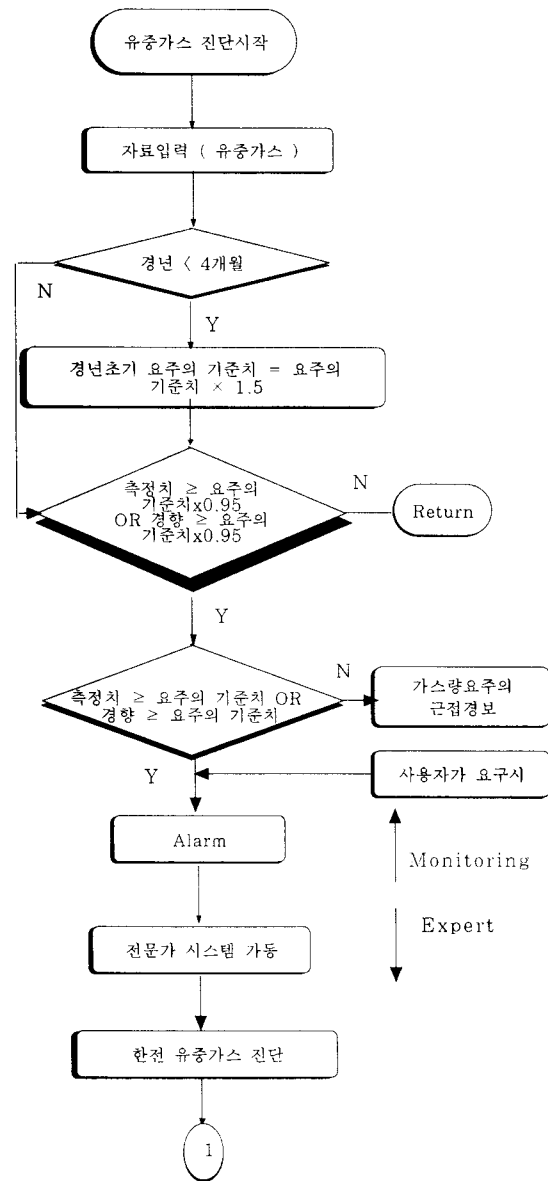


그림 2. 유증가스 이상진단 흐름도

본 연구에서 사용된 전문가 시스템의 주요 데이터 베이스는 기기 관련의 정보 테이블, 진단 및 평가를 하기 위한 기준치 테이블, 측정된 데이터가 저장되는 측정테이블, 추론된 결과를 저장하는 판정결과 테이블과 진단 결과를 MMI 프로그램으로 출력하는 진단결과 테이블로 구성되어 있다.

전문가시스템을 이용한 기기의 상태 진단을 위해서는, 측정기기인 전력용 변압기에 측정하고자 하는 다중가스 센서를 취부하고, 모니터링 제어 시스템(Monitoring Control System)에 의하여 데이터를 주기적으로 측정할 수 있는 시스템으로 구축한다. 모니터링을 위한 주요 설비로는 데이터취득장치(Data Acquisition System),

통신제어장치, Sever 및 각종 출력용 프린터 등이 필요하다.

또한, 프로그램화하기 위한 전문가시스템 툴의 주요 부분으로는 Class Editor, Rule Editor 및 Object Editor 등이 있다. 이를 통해 프로그램을 작성한후, 얻어지는 결과는 2진법을 통한 각 Property의 진위로만 표시되므로, 이를 비전문가가 진단결과를 한눈에 파악하기는 쉽지 않다. 따라서, 향후 얻어진 결과를 쉽게 이해할 수 있도록 전문가시스템의 입출력관계를 MMI(Man Machine Interface) Program화할 필요가 있다.

4. 전문가시스템에 의한 유증가스 이상진단

본 연구에서 제시한 알고리즘을 이용하여 구축된 전문가시스템의 신뢰성을 평가하기 위하여 실제 절연유 분석치를 적용하였다. 사용된 분석치는 한전에서 운용하고 있는 발전소 및 변전소에 설치되어, 주기적으로 분석된 변압기중 이상이 발생한 변압기의 절연유를 이용하였다. 적용 전문가시스템은 Neuron DATA사에서 개발한 Element Expert로써, MS SQL Server를 사용하며 자체 데이터베이스 드라이브를 가지고 있어서 데이터베이스와는 Data Access 프로그램을 이용하여 자체적으로 정보교환이 가능하다. 또한, 별도의 Data Access 프로그램 지원없이 사용이 가능한 Spreadsheet 형태의 NXP 형식도 적용가능하다. 따라서, 본 연구에서는 NXP 형태의 입출력을 통하여 전문가시스템을 이용한 유증가스 분석치의 신뢰성을 검증하였다. 분석가스의 입력 데이터 형식은 그림 3과 같다.

gasdata	h2	co	c2h2	ch4	c2h6	c2h4	co2	tcginc_tcgj
가스종	17	139	0	137	331	61	2169	685

그림 3. NXP 형식을 이용한 입력 데이터

그림 3의 NXP 형태의 입력 데이터를 이용하여 유증가스진단 전문가시스템을 구동시킨 결과가 그림 4의 Object Network로 표시된다. 가스분석 결과 한전 기준치에 의하여 요구의이며, 세부적인 변압기 내부의 이상원인은 IEC 코드법 기준에 의한 저온과열로 판정된다.

그림 4. NXP 데이터를 이용한 유증가스진단 추론 결과

이를 통한 최종적인 출력데이터는 그림 5와 같이 NXP 형태로 표시된다.

gasresult	hepc	warning	hepc	abnormal	hepc	danger	iec	pu	iec	d1	iec	d2	iec	t1	iec	t2	iec	t3
가스결과	True	False	False	False	False	False	True	False	False	False	True	False	False	False	False	False	False	False

그림 5. 유증가스진단 추론 결과의 NXP 파일 Type

같은 방법으로 분석된 여러 가지 절연유 샘플에 대하여 동일한 방법을 적용한 결과, 가스분석을 통한 변압기 내부의 이상원인을 규명할 수 있었다.

6. 결 론

가. 전력용 변압기의 유증가스 진단 알고리즘을 구축하였다. 적용된 판정기준은 한전 적용치를 1차로 적용한 후, 이상이 발생하는 경우 세부 이상원인을 파악하기 위하여 IEC Code, Dornenburg & Roger법, 가스 Pattern법을 순차적으로 적용하였다.

나. 전력용 변압기의 고장원인 분석을 위해 현장에서 운용하고 있는 변압기를 대상으로 고장원인 분석을 실시한 결과, 전체 사고중 절연사고가 차지하는 비중이 전체 사고의 40%를 차지함을 알 수 있었다.

다. 따라서, 구축된 가스진단 알고리즘을 전문가시스템을 이용하여 프로그램화함으로써, 변압기 내부의 이상원인을 진단할 수 있었다.

라. 본 연구에서는 알고리즘의 신뢰성 검증을 위하여 NXP 형태의 입출력만을 사용하였으나, 향후 MS SQL Server를 이용할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력, "765kV 변전기기 예방진단 시스템개발 1차년도 보고서", 1999. 11
- [2] 최인혁 외, "765kV 변전설비 예방진단 전문가시스템 기본 설계", 대한전기학회 논문집, pp 2133-2135, 1999
- [3] 電氣協同研究會, "流入變壓器の保守管理", 電氣協同研究, 第54卷, 第5号, 1999
- [4] 한국엑스퍼트(주), "Expert Elements 정기간교육자료", 1996
- [5] 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
- [6] 김화수의 2인, "전문가시스템", 집문당, 1998.8.