

전력용 변압기 유증가스분석의 기준과 적용결과

조성민, 신희상, 김재철, 권동진\*  
 송실대학교, 전력연구원\*

The Criteria and Results of the Power Transformer DGA

Sung-Min Cho, Hee-Sang Shin, Jae-Chul Kim, Dong-Jin Kweon  
 Soongsil University, Korea Electric Power Research Institute

**Abstract** - The DGA (Dissolved Gases Analysis) technique has been widely using for fault diagnosis of the power transformers. This technique has a high reliability than other techniques. KEPCO (Korea Electric Power Cooperation) has been using DGA technique since KEPCO established the criteria of DGA in 1985. In this paper, we introduce the DGA criteria of KEPCO and analyze the result of DGA. Also we introduce the cases of thoroughgoing inspection of the power transformers caused by DGA and compare the judgment of DGA with the result of thoroughgoing inspection.

로 변압기에서 절연유를 채유하는 방법이 지정되어 있다. 절연유는 주석 도금의 캔에 채유되어 가스분석을 실시하고 있는 분석실로 옮겨진다. 대전이남 지역은 대전 전력관리처에서 분석되고, 제주도를 포함하여 대전이북 지역은 남서울전력관리처에서 분석된다. 옮겨진 절연유는 HeadSpace Sampler 장치에 의해 가스가 추출되어진다. 추출된 가스는 가스크로마토그래피(Gas Chromatography)의 샘플루프(sample loop)에 주입되어 각각의 가스가 검출된다. 검출된 가스의 양이 진단 기준에 의해 '요주의', '이상', 위험으로 유증가스분석의 결과가 판정되어 진고 그에 따른 후속 조치가 이루어진다. [그림 1]은 한국전력공사의 유증가스분석의 순서도를 나타낸다.

1. 서 론

사회가 계속 발달함에 따라 많은 전력이 소비되고 있으며 그만큼 안정적인 전력공급의 중요성이 부각 되고 있다. 이러한 안정성의 확보를 위해 전력 시스템의 많은 설비 중에서 전력용 변압기는 매우 중요한 설비이다. 발전 설비와는 다르게 전력용 변압기는 overhaul의 기간이 없이 연속적으로 운전되고 있어 전력용 변압기의 유지보수에는 많은 어려움이 따른다. 이러한 전력용 변압기의 고장 징후를 초기에 발견하여 사고를 미연에 방지하고 전력 시스템의 안정성을 확보하기 위한 많은 진단 기법들이 연구되어지고 발표 되고 있다. 그 중 유증가스분석 기법은 유입변압기의 초기 고장 진단을 위해 널리 사용되는 기법이며 현재에도 가장 신뢰성이 있는 것으로 알려져 있다. 1960년대부터 전력회사에서 유증가스분석법은 사용되어 왔으며 그들의 축적된 자료를 바탕으로 신뢰성 있는 진단을 하기위해 유증가스분석 기준을 개정해왔다.

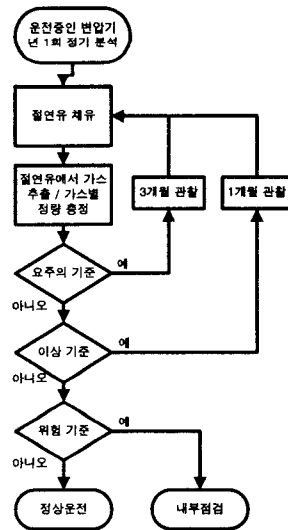
한국전력공사에서는 1982년 전력연구원에서 변압기의 가스분석을 처음으로 실시하였다. 그 후 1985년에 국내의 가스분석 데이터와 일본의 전기협동연구회의 가스분석 기준을 참조하여 한국전력공사의 가스분석진단 판정 기준을 제정하였다. 그 후 몇 차례의 개정을 통해 변압기의 전압 레벨에 따른 분류로 200kV이하와 345kV이상으로 판정기준을 나누었고 C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>(프로판)가스를 판정기준에 추가하였다.

한국전력공사는 전력용 변압기의 유증가스분석 결과를 관리하고 저장하였고 그 자료의 양이 상당한 분량이 되었다. 이 자료들은 한국전력공사의 유증가스분석 시스템의 전체적인 특성을 잘 파악 할 수 있는 중요한 자료이다.

2. 본 론

2.1 한국전력공사의 유증가스분석 시스템

한국전력공사의 유증가스분석은 운전 중인 변압기에 대해 년 1회 정기적으로 실시하고 있다. IEC 567을 기반으



[그림 1] 유증가스분석 순서도

한국전력공사의 유증가스분석은 7종의 가스 성분량과 가연성 가스(7종 가스 모두)의 총량을 기준으로 변압기의 전압 레벨에 따라 그 결과가 판정되어 진다. 판정에 따라 조치사항으로 추적조사를 실시하게 된다. 추적조사를 실시하는 시점은 판정 레벨에 따라 3개월, 1개월로 나뉘고 위험은 추적조사를 실시하지 않고 내부점검을 실시하게 된다. 또한 '요주의'와 '이상'의 레벨에서도 추적조사 결과가 계속적으로 '요주의' 이상의 판정을 3회 이상 계속된다면 내부점검을 시행 할 수도 있다. [표 2]는 한국전력공사의 유증가스분석 판정기준을 정리하여 나타내고 있다.

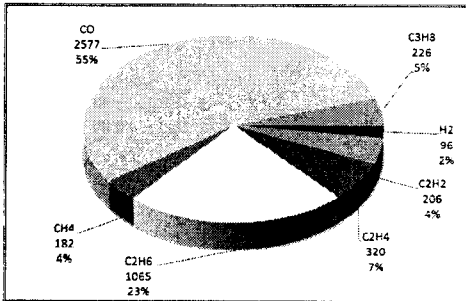
[표 1] 한국전력공사의 유증가스분석 판정기준

구 분	요주의 (Caution)		이 상 (Abnormal)		위 험 (Danger)	
	200W 이하	345W 이상	200W 이하	345W 이상	200W 이하	345W 이상
H2 (수소)	400-800		801-1,200		-	
CO (일산화탄소)	400-700	350-600	701-1000	601-800	-	
C2H2 (아세틸렌)	25-80	20-60	81-150	61-120	150 이상	120 이상
CH4 (메탄)	250-750		751-1,000		-	
C2H4 (에틸렌)	300-750		751-1,000		-	
C2H6 (에탄)	250-750		751-1,000		-	
C3H8 (프로판)	250-750		751-1,000		-	
T.C.G (가연성가스총량)	1,000-2,500		2,501-4,000		4,000 초과	
T.C.G 증가량	정상상태에서 200/월 이상		요주의상태에서 200/월 이상		이상상태에서 300/월 이상	
조 치 사 항	추적조사 실시 (3개월 1회)		추적조사 실시 (1개월 1회)		운전 정지 후 내부점검 실시	

2.2 유증가스분석 결과

한국전력공사의 유증가스분석의 데이터를 수집하여 그 특성을 분석해 보았다. 수집된 데이터는 한국전력공사의 보수지원시스템의 전산 데이터 37,782건의 데이터를 분석하였다.

'요주의' 이상의 판정을 받은 경우 4194건 중, 그 원인 가스를 분석해 보면 CO(일산화탄소)가 2577건으로 55%로 가장 많은 비중을 차지하고 있다. 그 뒤를 이어 C2H6(에탄)이 1065건으로 23%를 차지하고 있고 C2H4(에틸렌)이 7%, C3H8(프로판)이 5%, C2H2(아세틸렌)과 CH4(메탄)이 4%, H2(수소)가 2%로 뒤를 이었다.



[그림 2] '요주의' 이상 판정의 원인 가스

한국전력공사의 유증가스분석 결과를 살펴보면 CO와 C2H6는 '요주의' 이상 판정의 주된 원인이 되는 가스로 이들 가스가 차지하는 비중이 80%에 가까워 이들 가스의 발생 검출과 내부 고장의 여부를 주의 깊게 지켜볼 필요성이 있다.

2.3 유입기기 발생가스와 예상원인

유입기기의 유증가스분석 기법의 결과로 나타나는 가스들의 원인에 대해 [표 2]에 정리하였다. 절연유의 과열은 그 과열 온도에 따라 3단계로 분류하여 700℃ 이상에서는 C2H4가 주로 발생하며 300℃ 이상 700℃ 미만에서는 CH4가 주로 발생하게 된다. 또한 300℃ 이하의 절연유 과

열에서는 C2H6가 주로 발생하게 된다. 또한 각각의 온도에 따라 주되게 발생하는 가스 이외에도 절연유의 과열에서는 온도에 상관없이 C2H4, CH4, C2H6 가스들이 발생하게 된다. 절연유중 Arc는 C2H2가스가 주로 발생하고 절연유중의 corona에 의해서는 H2가스가 주로 발생하게 된다. 또한 절연지 등의 고체 절연물에서의 과열은 CO를 주로 발생하게 된다.

한국전력공사의 유증가스분석의 결과는 주로 CO와 C2H6에 의해 '요주의' 이상의 판정을 나타내고 있어 저온과열과 고체절연물의 과열로 예상되는 경우가 많은 것을 알 수 있다.

표 2 발생가스와 고장 유형

절연유의 과 열	이 상 유 형	주 발생 가스			
		C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
저온(300℃ 이하)	저온(300 - 700℃)	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
	중온(300 - 700℃)	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
	고온(700℃ 이상)	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
고체절연물의 과열(200℃ 이상)	고온(700℃ 이상)	CO	CO	CH <sub>4</sub>	
	절연유중 Arc(1000℃ 이상)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>
절연유중 Corona(1000℃ 이상)	절연유중 Corona(1000℃ 이상)	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>
절연물, 절연유의 열화	절연물, 절연유의 열화	CO <sub>2</sub>	CO		

\*나열 순서 : 가스 발생량의 순

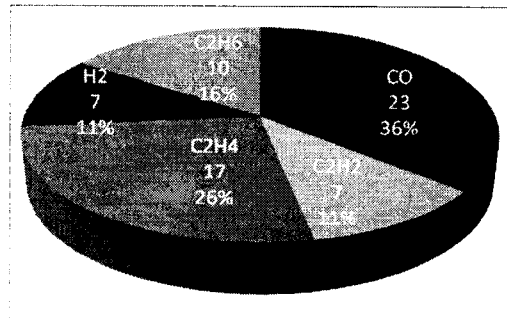
2.3 유증가스분석에 의한 내부점검

한국전력공사 전력용 변압기의 유증가스분석의 결과에 따른 내부점검 자료 분석을 하였다. 2000년 이후의 64건의 내부점검 자료를 분석하여 내부 점검의 원인이 되는 가스와 내부점검 결과를 확인 하였다.

내부점검 실시의 주된 원인이 되는 가스는 [그림 3]에 정리된 것과 같이 CO가 23건으로 36%를 차지하고 있어 '요주의' 이상 판정의 원인으로 가장 큰 비중을 차지하고 있는 결과로 예상된다. 그 다음으로 C2H4가 17건으로 26%, C2H6가 10건으로 16%, C2H2와 H2가 7건으로 11%로 나타났다.

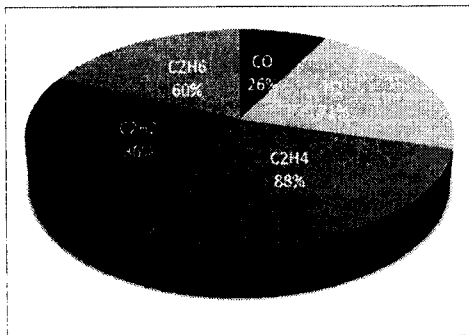
C2H6가 '요주의' 이상 판정 원인 가스 중 두 번째로 크게 23%를 차지하는 것을 고려 할 때 C2H6가스가 발생하여도 연속적으로 발생하지 않거나 '이상'이나 '위험' 레벨로 변하지 않아 내부점검의 횟수가 적은 것으로 예상된다.

CH4와 C3H8에 의한 내부점검은 시행된 기록이 없고 '요주의' 이상의 판정을 일으키는 경우도 대부분 다른 가스가 더 높은 수치로 '요주의' 이상의 판정을 일으키고 CH4와 C3H8은 동반하여 주로 발생하는 것을 알 수 있었다. C3H8은 '이상'과 '위험'의 판정이 거의 발생되고 있지 않아 진단 기준으로 생각하기에는 힘든 점이 있다.



[그림 3] 내부점검 원인 가스 분포

위와 같은 가스에 의한 판정으로 내부점검을 수행했을 때 가스의 발생 원인을 발견 하는 확률을 [그림 4]에 정리 하였다. C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>와 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>는 각각 절연유중 아크 방전과 절연유의 국부 고온과열을 예상하게 하는 가스로 이 가스들에 의한 내부 점검 시에는 고장원인을 찾을 확률이 90%에 가깝게 나타났다. H<sub>2</sub>와 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>는 각각 71%와 60%의 확률로 가스 발생 원인을 찾아내었다. CO는 가장 많이 '요주의' 이상의 판정을 만들어 내는 가스이고 그로 인해 내부점검 시행의 주된 원인이 되는 가스이나 가스 발생의 원인을 찾아내는 확률이 26% 밖에 되지 않아 현재의 기준치에 대한 수정이 요구되며 갱년 열화에 의한 CO의 발생과 고체 절연물의 국부과열에 의한 발생을 구분하여 내부 점검을 실시해야겠다.



[그림 4]내부 점검시 원인 발견율

### 3. 결 론

지금까지 앞에서 다루어온 한전의 유증가스분석자료를 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

첫째, 일산화탄소는 '요주의' 이상의 판정에 가장 큰 비중을 차지하는 가스이다. 하지만 운전연수에 상관없이 발생하며 내부 점검의 주요 원인 가스 임에도 불구하고 내부 점검을 시행하여 그 원인을 찾지 못하는 경우가 많아 현재의 한전의 일산화탄소 기준치는 상향 조정 되어야하고 고체 절연물의 과열을 나타내는 다른 가스의 발생량을 고려하여 내부점검을 시행해야 하겠다.

둘째, 내부 점검에 의해 고장의 원인을 발견하는 확률의 순서는 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>의 순으로 나타나 이 가스들의 경고가 발생하면 초기부터 주의 깊게 변압기의 상태를 고려하는 것이 올바르겠다.

본 연구는 한국전력공사의 학술용역에 의해 수행되었습니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] "주변압기 운영기준," 한국전력공사 송변전처, 2002
- [2] 은종영 외 "변압기 용존가스 분석에 의한 고장 예방진단," 한국전력공사 대전전력관리처, pp.1-81, 2001
- [3] 남창현 외, "절연유중 용존가스 분석기술," 전력연구원, pp.1-103, 1998
- [4] "변압기 절연유중 CO<sub>2</sub> 및 CO 가스의 관리 기준치 선정 연구," 한전전력연구원 최종보고서, pp.1-101, 1998
- [5] "유입 변압기의 보수관리," 日本電氣協同研究會, 54卷, 5号, pp.1-474, 1999
- [6] 권동진외 4명, "변압기 절연유 가스분석과 고장원인 검토," 대한전기학회 논문집, 전기물성. 응용부문C, 제54권8호, pp.343-349, 2005

- [7] M. Duval, "Dissolved gas analysis : It can save your transformer", IEEE electrical insulation magazine, Volume 5, Issue 6, Nov.-Dec. 1989 Page(s):22 - 27
- [8] "IEEE Guide for the interpretation of Gases Generated in Oil-Immersed Transformers", IEEE Std C57.104-1991(ANSI)
- [9] "Mineral oil impregnated electrical equipment in service - Guide to the interpretation of dissolved and free gases analysis", IEC60599, 1999