

변압기 절연유중 수소 가스의 검지 시스템 설계

황규현, 서호준, 이동희
수원대학교 전기공학과

Development of Gas Detector Dissolved In Transformer Oil

Kyu-Hyun Hwang, Ho-Joon Seo, Dong-Hee Rhie
Dept. Of Electrical Eng. Suwon University

Abstract

In oil-filled equipment such as transformers, partial discharge or local overheating will make insulating material(oil, kraft paper, proclain and wood) be stressed and generate many sort of gases(CO, CO₂, H₂, C₂H₄) which are dissolved in transformer oil. The ratio of this gas can make diagnostic techniques of the lifetime of transformer so, it is important to monitoring H₂ gas continuously. This paper developes a system of detecting about H₂ gas by using H₂ gas sensor, and we describe operation and performance of this system

Key Word : Gasdetector, Gas sensor, Insulating oil, Transformer

1. 서 론

최근 생활수준의 향상과 산업화, 정보화 사회로의 급격 한발전에 따라 전기 에너지에 대한 수요가 급증하고 있으며, 이에 수반되어 전력설비의 확충이 급속히 추진되고 있다. 또한 이와 아울러 공급 전력품질을 제고시키기 위해 전력용 변압기의 안정적인운영과 변압기 열화 유무의 상시 감시체제에 대한 필요성도 증대되고 있는 실정이다. 일반적으로, 대전력용 변압기로 사용되는 유입변압기 내부에서의 이상현상은, 예를 들어 절연파괴현상이나 국부 과열현상과 같이 반드시 발열이 수반되어 발생한다. 이와 같은 발열원에 접촉된 절연유, 절연지, 프레스보드 또는 베이크라이트 등의 절연재료는 그 열에 의한 영향으로 분해반응을 일으켜, 이산화탄소, 일산화탄소, 수소나 메탄, 에탄 등의 탄화수소계 가스를 발생시킨다. 이와 같은 분해가스의 대부분은 절연유 중에 용해되므로, 예전부터 이들 유중 용해가스를 추출, 분석하여 그 가스량 및 조성으로부터 변압기의 내부이상 유무 및 그 정도를 추정하는 유중가스분석법¹⁾이 적용되어왔다. 이 유중가스분석은 분석시료인 절연유를 변압기의 배유변

로부터 간단히 채취할 수 있으므로 변압기를 정지시킬 필요 없이, 아울러 극히 미소한 이상까지도 조기에 감지할 수 있는 장점이 있어 현재까지도 세계 각국에서 변압기 보수관리에 기본적으로 적용되고 있는 실정이다. 구체적으로는 유중가스 분석결과를 근거로 하여 1) 내부이상 유무 판정, 2) 내부이상 양상 진단(이상 개소, 이상 정도, 이상 진전속도), 3) 운전계속 여부 판단, 4) 수리 여부 판단 등을 할 수 있으나, 보다 정확한 판단 및 진단을 하기 위해서는 적당한 간격을 두고 수회의 추적조사를 실시하든지, 경우에 따라서는 유중가스분석 이외의 다른 적당한 시험을 병행해야 할 필요도 있다²⁾. 이에 본 과제에서 수행하고자 하는, 시뮬레이션 시스템을 통한 데이터베이스 구축 및 고장진단에 관한 연구는 신기술의 독자 개발과 상시 감시장치를 통한 전력용 변압기 고장진단시스템 개발에 있어 그 기본적인 기술의 확보와 기초 자료의 정립을 도모하고자 한다.

2. 실험

유입 변압기의 절연유에 용해되어 있는 가스 성

분을 추출하여 추출된 가스들로부터 수소 가스 농도를 측정하기 위한 유증 가스 농도 검지 장치의 구성은 그림 1과 같다.

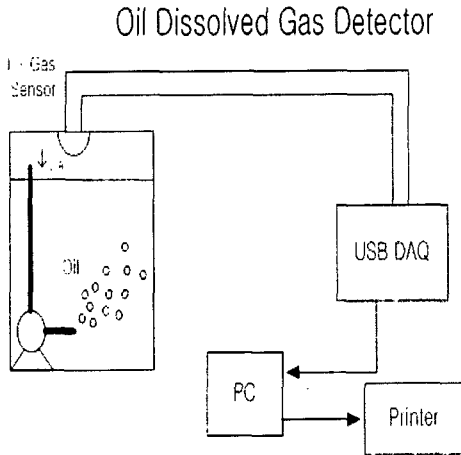


그림1. 유증 가스농도 검지장치

실험에 사용한 유증 가스 농도 검지 시스템은 절연유 샘플 보관 용기와 유증 가스 추출부와 수소 가스 농도 검출부와 데이터 처리부로 나뉘어져 있다. 절연유 샘플 보관 용기는 폭 100mm 높이 100mm 깊이 120mm의 직육면체로써 두께 10mm의 아크릴 재질로써 고전압 방전 실험시 절연유 용기 파괴 방지 및 절연 특성을 개선도록 제작하였다. 보관 용기의 부피는 1200cm(cc)이며 방전 실험을 수행하기 위하여 제작한 고전압 실험 장치 양단 전극의 중앙부에 위치하도록 설계하였다. 또한, 용기 상단부에는 절연유 상단의 공기 중에 존재하는 수소 가스 농도를 검지하기 위한 가스 포집부가 있다. 상단부의 가스 추출부는 절연유중에 용해되어 있는 가스 성분과 절연유 상단의 공기를 순환시키기 위한 에어 펌프를 설치하여 빠른 시간 내에 절연유에 용해되어 있는 가스 성분이 절연유 상단의 공기 부분으로 추출되는 가스를 포획하는 가스 포집부로 구성하였다. 상단부 가스 포집부는 지름 34mm 높이 42mm의 원통형으로써 두께 8mm의 아크릴 재질로써 부피는 38cm(cc)로써 절연유 상단의 가스를 포집하는 기능을 수행한다. 농도 검출부는 상단에 수소 반응 가스 센서를 설치하여 추출된 가스들 중에서 수소 가스의 농도를 센싱하는 기능을 수행한다. 유증 가스 농도 검지 시스템에 사용한 수

소 가스 센서는 여러 종류의 가스들 중에서 수소 가스에 민감하게 반응하는 화학 센서로써 유증 수소 가스 농도 측정에 적합한 센서를 선정하였다. 데이터 처리부는 수소 가스 농도 검출부에서 발생한 센서 출력인 전기적인 신호를 취득하는 데이터 취득 장치(USB DAQ)와 취득한 데이터를 저장 출력하는 실험용 컴퓨터로 구성되어 있다. 실험용 컴퓨터에 설치된 LabView S/W를 이용하여 구축된 유증 가스 농도 검출부로부터 측정된 각종 출력 데이터의 측정 및 분석, 표현에 이용한다.

2.1. 실험 장치

본 연구과제에서 수행한 실험 절차는 다음과 같다

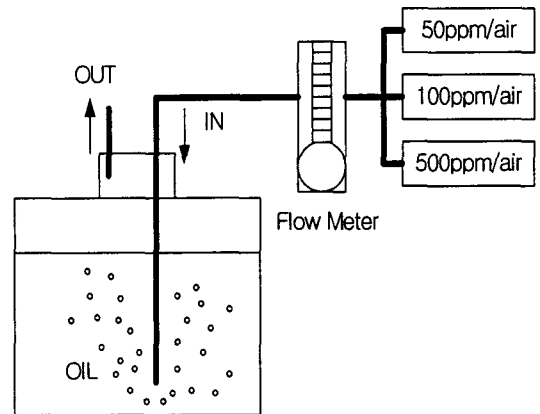


그림 2 수소 가스를 절연유에 용해시키는 버블링 구성도

먼저, 절연유(신유)에 충분한 양의 수소 가스가 용해되도록 하기 위하여 외부의 수소 가스 저장 용기로부터 각각 가스농도로써 50ppm H₂/Air, 100ppm H₂/Air, 500ppmH₂/Air를 각각 20시간씩 버블링 작업을 수행하였다.

이과정을 마친후 용기 내부의에어펌프를 동작시킴으로써 절연유에 용해되어 있는 가스 성분이 절연유상단부기체부분으로 방출될 수있도록 공기 순환작업을수행하였다. 공기순환방식에의하여추출된 가스성분으로부터 수소 가스 농도를 측정하는 센서를절연유 용기 보관한 상단부에 설치하였다. 센서는 기성품으로 사용되어 오던 제품이며 그 특성

은 아래와 같다.



그림 3 수소 가스 반응 센서
(Figaro TGS 821)

농도를 계산하는데 사용된다. 특정가스의 농도는 출력 전압과 로드저항을 이용하여 간단한 계산후 얻어질 수 있으며 그 계산식은 아래와 같다

$$R_s = \left(\frac{V_{in}}{V_{out}} - 1 \right) \times R_{load}$$

$$R_o = \left(\frac{V_{in}}{V_{out}} - 1 \right) \times R_{load}$$

R_s = 측정 수소농도 출력저항

R_o = 수소100ppm시의 출력저항

Basic Measuring Circuit

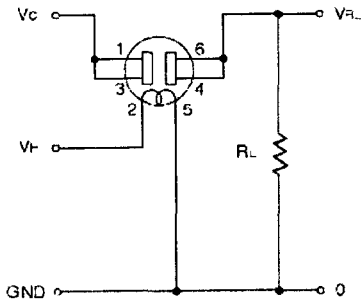


그림 4 수소 가스 반응 센서의
동작 회로도

동작은 위 그림과 같으며 수소가스 부착시 측정부의 저항값이 변하여 각각의 농도에 대한 전압을 출력한다.

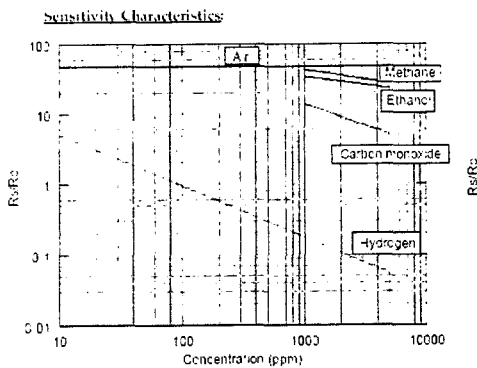


그림 5 센서 특성 곡선

위의 센서특성곡선은 실험결과를 대비시켜

3. 결과 및 고찰

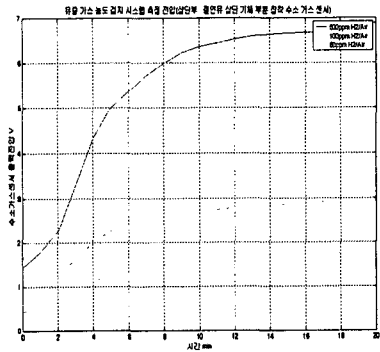


그림 6 수소가스센서의 농도특성

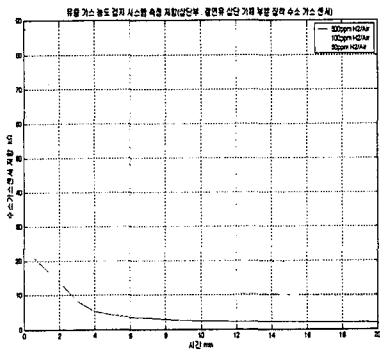


그림 7 수소가스센서의 저항특성

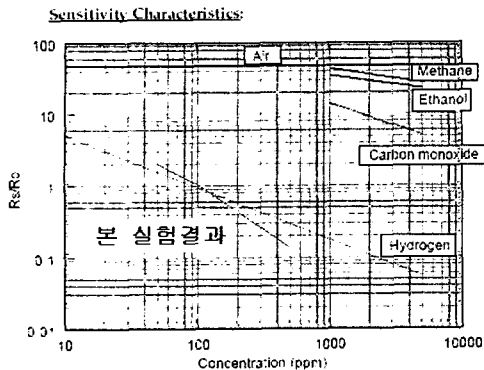


그림 8 실험결과 특성곡선

위의 그림은 가스센서의 특성곡선과 실제 실험 결과에 대한 비교특성을 나타낸다. 각각의 농도에 대하여 완벽히 일치 하지는 않지만 비슷한 양상을 보이고 있으며, 절연유에 포함된 수소가스의 농도를 측정 하는데 적합한 양상을 보이고 있다.

4. 결론

본 연구과제에서는 유입 변압기의 절연유에 용해되어 있는 가스 성분을 추출하여 추출된 농도를 측정하기 위한 유중 가스 농도 검지 시스템을 구성하였다. 용기 상단부에는 절연유 상단의 공기 중에 존재하는 수소 가스 농도를 검지하기 위한 가스 포집부를 부착하였으며 연구 수행중에 제작한 오일 챔버는 상단부 기체 부분의 용적이 오일 용적보다 작다. 이로 인하여 유중 가스 추출이 원활히 이루어지지 못하게 되므로 결국 센서의 출력치가 시간이 경과함에 따라 예측하지 않은 결과를 나타내는 것을 확인하였다. 이를 개선하기 위하여 오일 챔버의 재가공 및 오일 펌프의 효율적인 배치가 필요하다고 사료된다

참고 문헌

[1] 電氣協同研究會 : '油中ガス分析による 油入器機保守管理', 電氣協同研究, 第36卷, 第1號, 1979
 [2] 日本ガス協會 : '變壓器油中水素檢出裝置', 第44卷 10號 p.46-49, 1991
 [3] '油中溶存酸素監視裝置', 電氣學會全國大會講演論文集, 1991, 8, p.77, (1991)
 [4] IEEE Transformer Committee (1988). "Guide For Failure Investigation, Documentation and

analysis for power Transformers and shunt reactors"

[5] ANSI/IEEE Std C57. 104 (1977). "Guide for the Detection and Determination of Generated Gasses in Oil-Immersed Transformer and their Relation for the Serviceability of the Equipment"
 [6] 張替, 後藤, 太田, 月岡 : "フルフルールによる油入變壓器の經年劣化度診斷研究" 電氣學會論文誌 A, 112卷, 6號, p.589, 1992
 [7] 電氣學會技術報告, 第502號 : '電力設備絕緣余壽命推定法', p.61, 1994
 [8] "IT화 대응 변압기 유지보수지원시스템", 전기저널, 2001.11
 [9] 김태성 외 : "전력변압기의 열화진단 및 진단시스템 개발 기초연구(최종보고서)", 기초전력공동연구소, 1999.10
 [10] H.Tsukioka, K.Sugawara, "Apparatus for Continuously Monitoring Hydrogen Gas Dissolved in Transformer Oil", IEEE Tans. on Elec. Insulation, Vol. EI-16, No.6, pp502-509, 1981.12