

### 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, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) 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 H<sub>2</sub> gas continuously. This paper develops a system of detecting about H<sub>2</sub> gas by using H<sub>2</sub> gas sensor, and we describe operation and performance of this system

#### 1. 서론

최근 생활수준의 향상과 산업화, 정보화 사회로의 급격한 발전에 따라 전기 에너지에 대한 수요가 급증하고 있으며, 이에 수반되어 전력설비의 확충이 급속히 추진되고 있다. 또한 이와 아울러 공급 전력의 품질을 제고시키기 위해 전력용 변압기의 안정적인 운영과 변압기 열화 유무의 상시 감시체제에 대한 필요성도 증대되고 있는 실정이다. 일반적으로, 대전력용 변압기로 사용되는 유입 변압기 내부에서의 이상 현상은, 예를 들어 절연 파괴현상이나 국부과열현상과 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 유중용해가스를 추출, 분석하여 그 가스량 및 조성으로부터 변압기의 내부이상 유무 및 그 정도를 추정하는 유중가스분석법<sup>1)</sup>이 적용되어왔다. 특히 수소가스는 내부이상의 유무를 나타내는 특징적인 가스로 알려져 있으므로 본 논문에서는 유중의 수소가스 농도를 측정하기 위해 순환펌프를 이용하여 유중 가스 농도 검지 시스템을 구성하는 과정과 절연유의 내부에서 상부의 기체부로 유중의 가스를 추출하고 순환시킴으로써 유중의 가스 농도를 기체부에서 간접측정할 수 있다는 가정하에 이 시스템을 이용한 유중 가스 농도 측정실험을 기술 하였다. 또한, 추출된 가스중에서 수소가스의 농도를 측정하기 위하여 기체부에 현재 상용화된 수소가스 센서를 설치하여 가스의 농도

를 측정 하였다.

#### 2. 본론

##### 2.1 유중 가스 농도 검지 시스템 구성

유입 변압기의 절연유에 용해되어 있는 가스 성분을 추출하여 추출된 가스들로부터 수소 가스 농도를 측정하기 위한 유중 가스 농도 검지 장치의 구성은 그림 1과 같다.

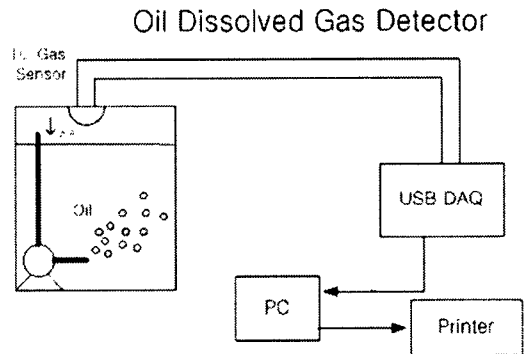


그림 1 유중 가스농도 검지장치

실험에 사용한 유중 가스 농도 검지 시스템은 절연유 샘플 보관 용기와 수소 가스 농도 검출부, 데이터 처리부로 나뉘어져 있으며 절연유 용기의 상단부에는 절연유 상단의 공기 중에 혼재되어 있는 수소 가스를 검지하기 위한 가스 포집부가 있다. 또한, 용기의 내부에는 절연유 중에 용해되어 있는 가스 성분과 절연유 상단의 공기를 순환시키기 위한 순환펌프가 설치되어 있으며 이 순환펌프에 의해 절연유에 용해되어 있는 가스 성분은 절연유 상단의 공기 부분으로 추출, 순환되고 공기중으로 확산되며 동시에 다시 유중으로 용해된다. 이러한 과정이 일정시간 반복되면 유중에서 기중으로 혼입되는 가스량은 기중에서 유중으로 혼입되는 가스량과 일치할 것이라 예상되며 이러한 가정하에 용기의 상단인 가스 포집부에 수소 반응 가스 센서를 설치하여 추출된 가스들 중에서 수소 가스의 농도를 측정한다. 유중 가스 농도 검지 시스템에 사용한 수소 가스 센서는 여러 종류

의 가스들 중에서 수소 가스에 민감하게 반응하는 화학 센서로서 유중 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 유중 가스 농도 검출부로부터 측정된 각종 출력 데이터의 측정 및 분석, 표현에 이용한다.

### 2.1.1 실험과정

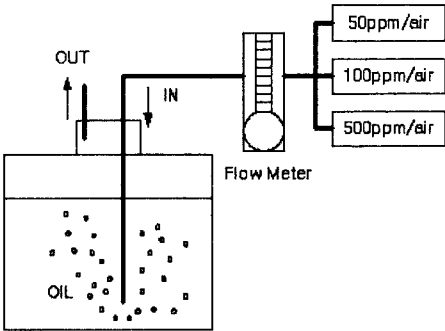


그림 2 수소 가스를 절연유에 용해시키는 버블링 구성도

본 연구과제에서 수행한 실험 절차는 다음과 같다. 먼저, 절연유(신유)에 충분한 양의 수소 가스가 용해되도록 하기 위하여 외부의 수소 가스 저장 용기로부터 각각 가스농도로서 50ppm H<sub>2</sub>/Air, 100ppm H<sub>2</sub>/Air, 500ppmH<sub>2</sub>/Air를 각각 20시간씩 버블링 작업을 수행하였다. 이 과정을 통하여 유중의 가스 농도가 버블링 작업에 사용된 각각의 가스 농도와 같다고 할 수는 없지만 얼마간의 수소가스는 유중에 혼입되었으리라 생각되며 이 시유를 기준으로 측정에 임하였다. 버블링 작업후 시유 내부의 순환펌프를 동작시킴으로써 절연유에 용해되어 있는 가스 성분이절연유상단부의 기체부분과 혼재될 수 있도록 공기 순환작업을 수행 하였으며 이러한방식에 의하여 추출된 가스성분으로 부터 수소 가스의 농도를 측정하는 가스센서를 절연유 보관함 상단부에 설치하여 측정 하였다.

### 2.2 센서를 이용한 가스 농도 측정

센서는 기성품으로 사용되어오던 제품이며 그 특성은 아래와 같다.

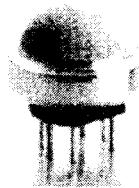


그림 3 수소 가스 반응센서 (figaro, TGS821)

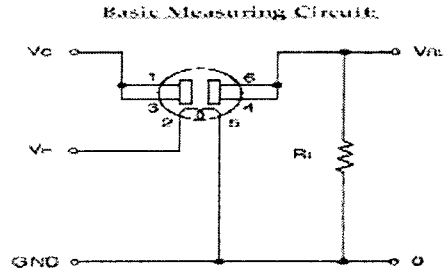


그림 4 수소 가스 반응 센서의 동작 회로도

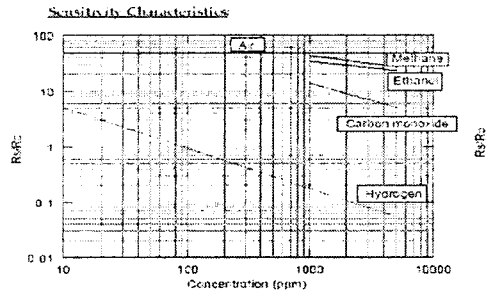


그림 6 센서 특성 곡선

위의 센서 특성곡선은 실험결과와 대비하여 농도를 계산하는데 사용된다. 특정가스의 농도는 출력 전압과 로드저항을 이용하여 간단한 계산후 얻어질 수 있으며 그 계산식은 아래와 같다

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

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

Rs= 측정 수소농도 출력저항

Ro=수소100ppm시의 출력저항

### 2.2.1 실험결과

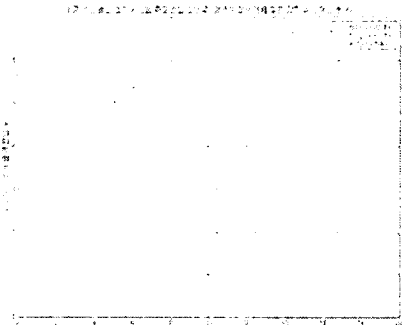


그림 7 수소가스센서의 전압특성

[참 고 문 헌]

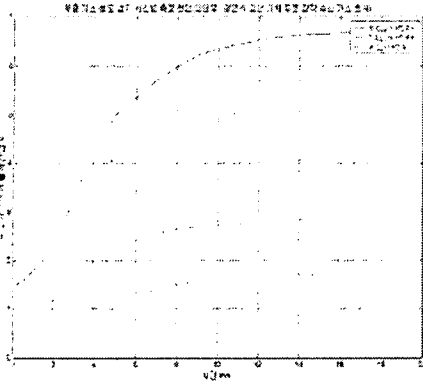


그림 8 수소가스센서의 저항특성

그림 7과 8은 실험결과에 따른 전압과 전류의 특성곡선이다.이그림을 보면 각 농도에 따른 출력전압의 변화와 센서의 저항변화를 알 수 있다.

- [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 Transformers and their Relation for the Serviceability of the Equipment"
- [6] 張替, 後藤, 太田, 月岡: "フルフラ 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: "電力設備絶緣糸 壽命推定法", p.61, 1994
- [8] "IT화 대응 변압기 유지보수지원시스템", 전기 저널, 2001.11
- [9] 김태성 외: "전력변압기의 열화진단 및 진단 시스템 개발 기초 연구(최종보고서)", 기초전력 공동연구소, 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

Sensitivity Characteristics:

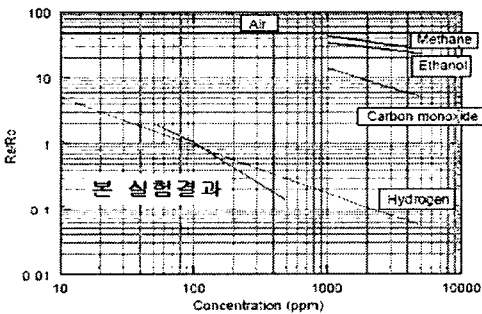


그림 9 실험결과 특성곡선

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

3. 결 론

본 연구과제에서는 유입 변압기의 절연유에 용해되어 있는 가스 성분을 순환펌프를 사용하여 추출하고 추출된 가스의 농도를 측정하기 위하여 유중 가스 농도 검지 시스템을 구성하였다. 이 시스템은 각각의 농도에 대해 절연유에 포함된 수소가스의 농도를 측정 하는데 적합한 양상을 보이고 있으나 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 순환펌프의 효율적인 배치가 필요하다고 사료된다.