

변압기 진단 시스템 구현을 위한 가스센서의 수소 감지특성에 관한 연구

한상보, 선종호, 김광화, 강동식, 황돈하, 이상화
한국전기연구원

Study on Hydrogen Detection Characteristics of Sensors for realization of Transformer Diagnosis System

Sang-Bo Han, Jong-Ho Sun, Kwang-Hwa Kim, Dong-Sik Kang, Dong-Ha, Hwang, and Sang-Hwa Yi
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - Characteristics of hydrogen sensors for realization of transformer diagnosis system was studied, sensors used in this work are commercialized for detecting hydrocarbons or hydrogen gases. Based on the experimental results, the sensing characteristics of A company showed the high value even at the lower concentration of 20ppm, and it showed a saturation tendency with increasing it above 500ppm. In the case of B company, it showed the linear characteristics from 20ppm to 7000ppm. In addition, the output acquired from C company was amplified by external circuits due to its low output, and its adequate operation region was above 500ppm. Therefore, it is likely that these sensors are possible to apply for realization of transformer diagnosis system due to the different sensing characteristics of these sensors.

1. 서 론

변압기, GIS, 회전기와 같은 전력기기들의 안전사고를 사전에 방지하고, 수명을 연장시켜 경제적 효과를 극대화하기 위하여 여러 전력기기들의 상태를 비파괴, 무개방, 무정전으로 검사 및 진단하기 위한 시스템 개발관련 연구들이 활발히 진행되고 있다.[1]-[7] 또한, 진단에 의해 확보된 데이터베이스는 컴퓨터 프로그래밍에 의하여 정확성이 높게 상태에 대한 트렌드를 파악하고, 종합적인 진단과 아울러 최적의 장래계획안을 제공하도록 하고 있다.

특히, 변압기 내부에서 부분방전 발생시, 광유의 열적 기계적 분해에 의해 수소가스가 발생하고 있음은 이미 알려져 있으며, 이를 근거로 변압기 유에 내포된 가스들을 정성·정량적으로 분석함에 의하여 변압기의 내부상태를 점검하기 위한 많은 연구 및 개발품들이 실제 기기에 취부되어지고 있다. 국내에서는 음향방출 센서, 광대역 UHF 센서, 유증가스 분석(Dissolved Gas Analysis, DGS) 등을 이용하여 온라인으로 진단하기 위한 지능형 진단 시스템 개발 관련 연구들이 진행되고 있다. 변압기 내부에 용존되어 있는 가스를 정량적으로 분석하여, 가스 분포 패턴에 따른 변압기의 내부 상태를 예측하는 것이 가장 일반적인 방법이라 할 수 있다. 이러한 용존 가스들 중에서도 수소가스는 변압기 내부에서의 아크 또는 코로나 발생과 밀접한 연관관계를 가지므로 측정하지 않으면 안되는 필수적 요소라 볼 수 있다. 일반적으로 변압기 내부에 1000ppm 이상의 수소 농도가 존재할 경우 비정상으로서 아크나 코로나가 발생한 것으로 발표되어 있다.[1]

본 연구에서는, 신뢰성 있는 변압기 진단 시스템 구현을 위하여 탄화수소류 또는 수소가스 측정용으로 상용화된 시제품들을 사용하여 수소가스 농도에 따른 감지 특성들을 측정하고, 그 특징들에 대하여 논하였다.

결과로서, 3사에서 제작된 센서들은 수소 가스농도에 따라서 각각 특유의 감지 특성을 보였으며, 이를 기반으로 각 센서별 해당 수소농도에 대한 감지 특성을 측정함에 의하여 신뢰성 있는 변압기 진단 시스템 구현이 가능함을 알 수 있었다.

2. 본 론

2.1 실험 방법

그림 1은 측정 장치 구성도를 보인 것으로서, 일정한 체적속에 외부의 환경적 영향을 최소화하고 온도를 제어하기 위한 챔버, 가스 유량을 제어하기 위한 MFC controller, Rotary pump, 그리고 센서에 전원을 인가하기 위한 전원공급기로 구성되어 있다. 챔버에서 채입된 가스는 GC (HEWLETT Packard Series II 5890, FID/TCD detector) head space로 이동하여 정성·정량 분석하였으며, 데이터 취득은 Labview 기반 cFP-2020을 사용하여 센서의 출력을 컴퓨터로 실시간 저장하도록 구성하였다.

가스 챔버는 시험에 앞서 로타리펌프를 사용하여 10⁻² torr까지 배기한 상태에서 해당 수소가스를 2기압까지 강제 주입하여 일정시간(약 5분) 경과 후 가스 포집용 포트를 통해 대기압으로 조절하였다.

이러한 조건하에서 센서 전원을 인가하여 각각의 출력들이 안정화되어 포화하는 시점에서 센서를 대기중으로 노출시키면서 센서의 회복특성을 측정하고, 회복특성이 안정화되었을 때 센서전원을 차단하였다.

A와 B사의 센서인 경우는 부하저항을 연결하여 전류에 의해 발생한 저항양단의 전위차를 측정하였으며, C사 센서는 Bridge 회로를 구성하여 가변저항에 의해 평형점을 맞추고 브릿지회로에서의 고정저항과 센서사이의

전위차를 증폭회로를(100배) 사용하여 측정하였다. 다시 설명하면, 수소가스에 의해 센서의 저항변화가 발생하여 브릿지 평형이 깨뜨러지고, 이에 따른 고정저항 및 센서에 분압된 전압의 차이를 측정하도록 되어 있다. 그리고, 각 센서들은 약 15분정도 대기중에서 동작시켜 그 출력특성들이 안정화된 후 실험을 시작하였다.

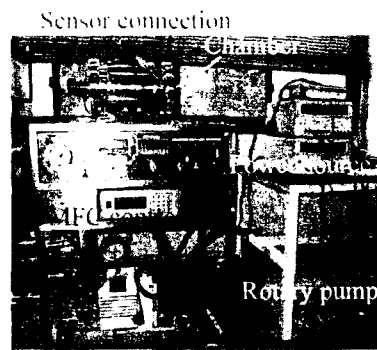


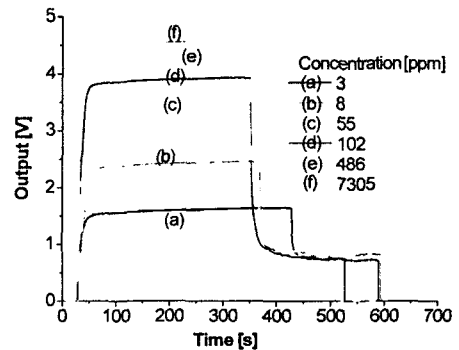
그림 1. 측정 장치 구성도
Fig. 1 Experimental setup

3. 결과 및 고찰

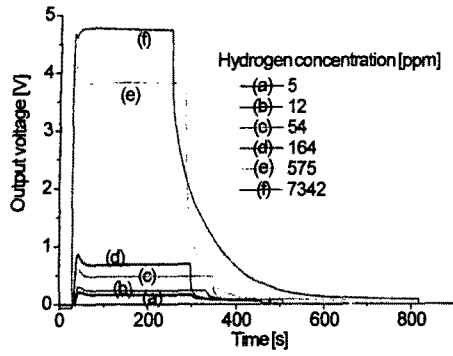
그림 2는 각 센서들의 수소가스 농도별 출력특성을 보인 것이다. 그림 2(a)는 3ppm의 저농도임에도 불구하고 큰 출력값을 나타냈으며, 농도가 증가함에 따라 그 특성이 포화되어가는 경향을 볼 수 있다. 그리고 회복특성이 거의 일정한 값으로 포화되는 것을 알 수 있다.

B사 제품의 출력특성을 보면, 저농도 5ppm에서 고농도 0.7%까지의 전 범위에 걸쳐서 그 출력특성이 우수함을 알 수 있으며, 회복특성도 일정한 값으로 수렴함을 알 수 있다.

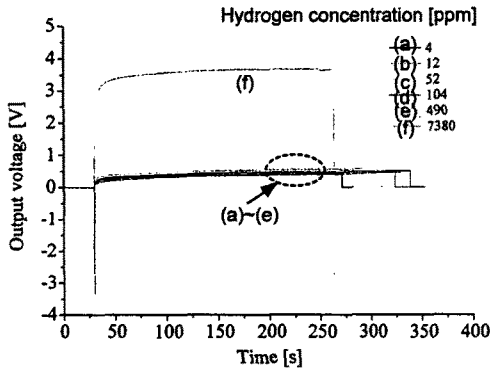
C사 센서인 경우는, 증폭회로를 사용하므로 미소한 변화에도 출력이 크게 변화하였으며, 전원을 인가함과 동시에 부하 값으로 크게 증가했다가 양의 방향으로 증가하여 포화하는 특성을 보였다. 하지만, 500ppm까지는 거의 일정한 값을 보였지만, 고농도 0.7%정도에서 급격하게 증가하는 경향을 보였다. 회복특성을 비교해보면, A사와 B사의 센서는 C사 센서에 비해 비교적 완만하게 회복하는 특성을 알 수 있으며, A사 제품인 경우는 B사 제품에 비해 비교적 빠른 시간내에 안정화되는 경향을 보였다.



(a) A사 센서

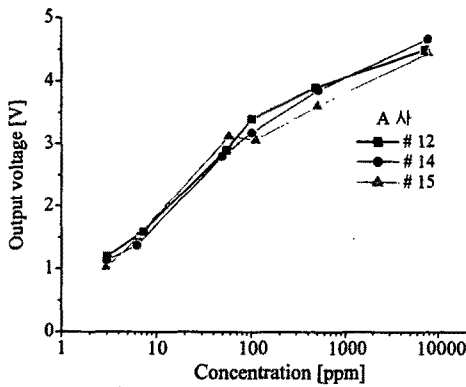


(b) B사 센서

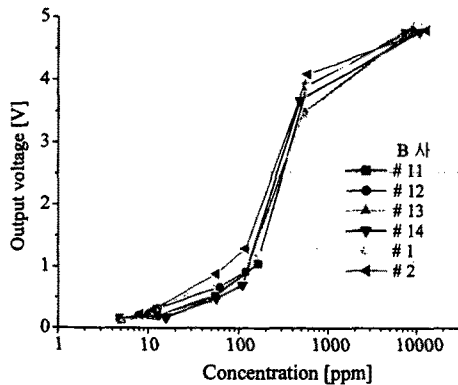


(c) C사 센서

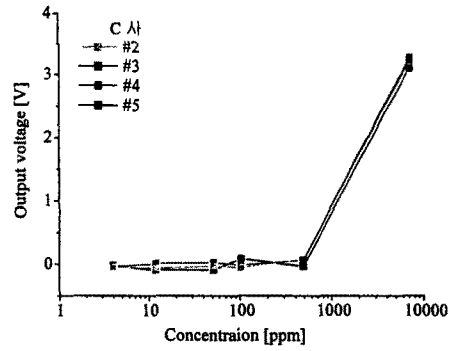
그림 2. 수소농도에 따른 시간적 변화
Fig. 2 Temporal variation related with hydrogen concentration



(a) A사 센서



(b) B사 센서



(c) C사 센서

그림 3. 센서종류별 반복특성
Fig. 3 Repeatability characteristics of sensors

그림 3은 그림 2의 시간에 따른 출력특성을 농도에 대한 출력으로 변환하여 도시한 것으로서, 센서들의 신뢰성을 확보하기 위하여 각 센서별 출력의 반복성에 대한 실험을 진행하였다. A사 센서는 20ppm에서 500ppm의 영역에서 선형적인 출력특성이 보였으며, B사의 제품은 저농도 20ppm에서 고농도 0.7%에 이르는 전 영역에 걸쳐서 측정 가능함을 알 수 있다. 아울러, C사의 제품은 500ppm에서 0.7%에 이르는 영역에 한정적으로 적용 가능함을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 신뢰성 있는 변압기 진단 시스템 구현을 위하여 상용화된 가스 센서를 사용하여 수소가스 농도에 따른 감지 특성들을 측정하고, 그 특징들에 대하여 논하였다.

A사 센서는 20ppm에서 500ppm의 영역에서 선형적인 출력특성이 보였으며, B사의 제품은 저농도 20ppm에서 고농도 0.7%에 이르는 전영역에 걸쳐서 측정 가능함을 알 수 있었다. 아울러, C사의 제품은 500ppm에서 0.7%에 이르는 영역에 한정적으로 적용 가능함을 알 수 있었다.

그리고, A사 센서는 3ppm의 저농도에서 큰 출력값을 나타내었으며, 농도가 증가함에 따라 그 특성이 포화되어가는 경향을 알 수 있었다.

회복특성에 있어서 A사와 B사의 센서는 C사 센서에 비해 비교적 완만하게 회복하는 특성을 보였으며, A사 제품인 경우는 B사 제품에 비해 비교적 빠른 시간내에 안정화되는 경향을 보였다. 또한, C사 센서는 빠르게 초기값으로 복구하는 특징을 보였다.

[참 고 문 헌]

- [1] JOSEPH J. KELLY, "Transformer Fault Diagnosis by Dissolved-Gas Analysis", IEEE Trans. IAS, Vol. LA-16, No. 6, 777-782, 1980.
- [2] T. V. Oommen, "Adjustment to Gas-In-Oil Analysis Data Due to Gas Distribution Possibilities In Power Transformers", IEEE Trans. Power Apparatus Systems, Vol. PAS-101, No. 6, 1716-1722, 1982.
- [3] J. O. Church, P.E., "Analyze Incipient Faults with Dissolved-gas Nomograph", Electrical World, October, 40-44, 1987.
- [4] G. Belanger, M. Duval, "Monitor for Hydrogen Dissolve in Transformer Oil", IEEE Trans. Insul., Vol. EI-12, No. 5, 332-340, 1977.
- [5] Guan-Jun Zhang, "Monitoring and Diagnostic Strategy for Insulation condition of Oil-Immersed Power Transformer", Int. Conf. on Condition Monitoring Diagnosis, Changwon, Korea, April 2-5, 2006.
- [6] Morais, R.M.; Mannheimer, W.A.; Carballeira, M.; Noualhaguet, J.C., "Furfural analysis for assessing degradation of thermally upgraded papers in transformer insulation", Vol. 6, No. 2, 159-163, 1999.
- [7] Aschenbrenner, D.; Kranz, H.-G., "On line PD measurements and diagnosis on power transformers", Vol. 12, No. 2, 216-222, 2005.