

유중 수소가스측정을 위한 가스센서 적용성 연구

선종호, 한상보, 김광화, 강동식  
한국전기연구원

Application of gas sensor for measuring dissolved hydrogen gas in oil

J. H. Sun, S. B. Han, K. H. Kim, D. S. Kang  
KERI

**Abstract** - 본 논문에서는 세 가지 종류의 가스센서를 사용하여 수소가스에 대한 정량화 및 선택도를 향상시키기 위한 연구를 수행하였다. 여러 가지 수소가스 농도에 대한 각 가스센서들의 출력을 측정하였고 높은 출력과 분해능특성을 보이는 농도범위를 분석한 결과 세 가지 종류의 센서의 사용은 10,000ppm까지의 광대역의 수소 가스농도를 신뢰성 있게 측정할 수 있는 가능성을 보여 주었다. 또한 어떠한 농도의 메탄(CH4) 및 일산화탄소에 대한 출력과 수소에 대한 출력을 비교한 결과 세 가지 센서의 출력을 조합하면 수소가스의 선택성을 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다.

1. 서 론

유입식 변압기에 고장이 발생하면 절연물에 화학반응이나 산화가 일어나고 그 결과로 수소(H<sub>2</sub>), 아세틸렌(C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>), 에탄(C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), 에틸렌(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 같은 가스들이 유중에 용해된다. 이들 가스는 고장 에너지에 따라서 특징적인 발생유형을 보이며, 특히 수소가스는 고온과열이나 부분방전, 아크방전과 같은 고에너지 고장에서 발생하는 가스로 알려져 있다.

이러한 특성 때문에 수소가스를 감지하여 변압기의 주요한 고장을 진단하는 기술이 다양하게 연구되어 왔다[1-3]. 유중가스를 이용한 진단규격의 대부분은 고장 유무를 판단하기 위하여 가스농도를 사용하고 있다[4-5]. 유중 수소가스 농도를 측정하기 위해서는 유중에서 직접 또는 가스 분리 후 수소가스를 인지하고 농도에 대하여 적절한 출력특성을 보이는 센서가 필요하다. 현재 상용화된 유중 수소가스 측정시스템에서 사용되고 있는 센서로는 광센서와 수소가스 이온 분리막 센서 등이 있지만, 개발된 제품이 경제적이 못하고 유지보수가 어렵다는 점 때문에 널리 보급되지 못하고 있다. 최근 이러한 문제점을 해결하기 위하여 대량생산이 가능하며, 경제적이고 취급이 간단한 기존의 전기화학식 가스센서를 이용하여 유중 수소가스를 측정하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

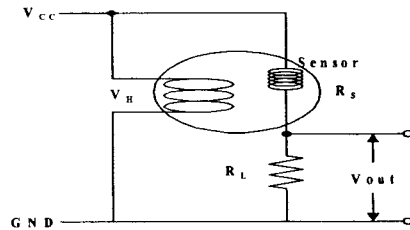
본 논문에서는 반도체 가스센서를 사용하여 반도체 가스센서의 수소농도에 대한 출력특성을 고찰하고 동일 농도에서 여러 가지 센서의 출력분포를 통하여 반도체 가스센서에 대한 문제점 등을 분석하였다.

2. 실 험

2.1 실험방법

본 연구에서 사용된 가스센서는 F사의 반도체형 가스센서로서 그림 1과 같은 측정회로를 사용하고 있다. 그림 1에서와 같이 센싱부와 직렬로 부하저항을 연결하여 수소 농도에 따른

출력전압을 측정한다



V<sub>CC</sub>:센서 인가전압, V<sub>H</sub>:센서 히터전압, R<sub>s</sub>:센서저항, R<sub>L</sub>:부하 저항, V<sub>out</sub>:출력전압

그림 1 센서의 응답출력 측정회로

그림 2와 같이 구성된 실험장치에 의하여 가스센서의 수소 가스 농도에 대한 출력을 측정하였으며, 실험방법은 다음과 같다.

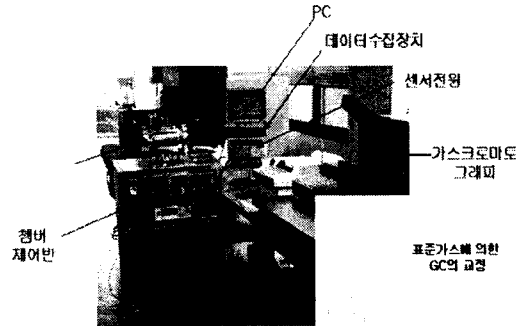


그림 2 실험장치

수소가스 농도의 조정은 먼저 일정 농도의 수소가스를 위에서 제작하고 제작된 가스를 일정부피의 챔버에 주입하는 방법으로 수행하였다. 제작된 수소가스의 농도는 질소를 기본으로 한 20ppm, 50ppm, 200ppm, 500ppm, 2000ppm, 3%의 6가지이다. 밀폐된 상태에서 공기로 대기압(1가압) 상태를 유지하고 있는 일정한 크기의 스테인레스 챔버에 한 가지의 수소가스를 주입하며, 챔버의 압력이 약 1.5기압 정도 되면 수동으로 수소가스의 유입을 차단하고 팬으로서 챔버내의 가스를 일정 시간동안 섞는다. 다음으로, 챔버내의 압력을 대기압까지 해제한 후 배기밸브를 잠그고, 대기압 상태의 일정한 수소가스 농도를 유지시킨다. 이 때 센서에 전원을 입력하고 센서에 연결된 부하저항의 단자전압 변화를 측정하여 가스농도에 대한 출

력특성을 구한다. 3개의 센서를 사용하여 측정을 실시하였다. 각 센서마다 측정을 마친 후 배기관의 한쪽에 연결된 밀폐형 주사기를 이용하여 챔버내의 가스를 추출하고 가스크로마토그래피(GC)를 사용하여 수소농도를 분석한다. 다음 측정을 위하여 진공펌프를 사용하여 챔버내의 잔여 수소가스를 충분히 탈기한 후 진공을 해제하여 챔버는 공기중 대기압 상태를 유지한다. 또한 동일한 가스농도에서 5 개의 가스센서에 대하여 동일한 가스농도속에서 출력을 측정하여 그 분포를 분석하므로써 가스센서의 문제점을 분석하였다.

## 2.2 실험결과

그림 3은 같은 센서의 출력곡선으로부터, 센서 전원인가 후 1분이 경과되었을 때 측정된 수소농도 변화에 따른 출력특성을 보여주고 있다. 가스농도가 클수록 출력은 높아지며, 전압인가 10초후에 출력은 포화되고 있어 센서의 출력은 전압인가후 1분에 측정되었다.

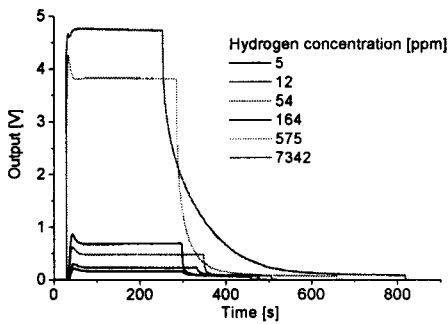


그림 3 센서의 출력

그림 3에서와 같이 측정된 수소농도를 수소농도대 출력으로 나타내면 그림 4와 된다. 그림 4에서와 같이 수소범위는 수 ppm에서 약 10,000ppm까지이며, 특정 농도영역에서 크게 출력 전압이 증가하는 것으로 나타났다.

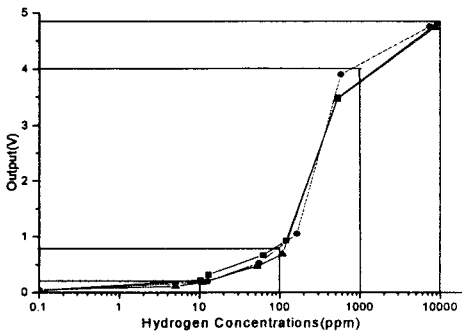
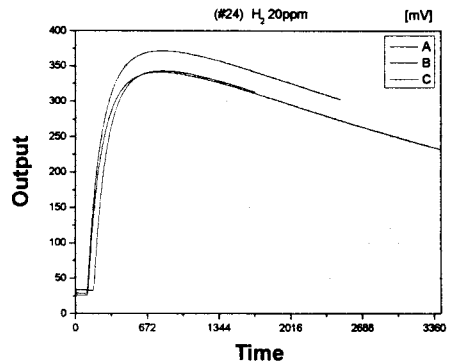


그림 4 수소농도에 대한 센서출력특성

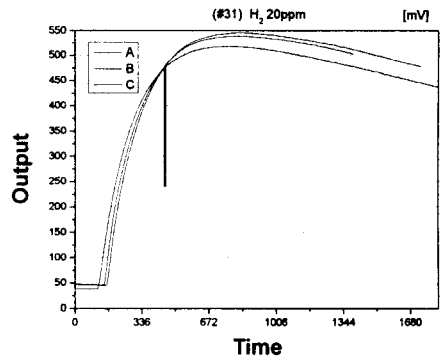
그림 5는 챔버내의 주위온도에 따른 가스가 없을 때의 센서의 출력특성을 보여주고 있다. 그림에서와 같이 온도는 약 60°C까지 증가시켰으며, 그때의 출력전압은 실온에서 약 40mV에서 60°C에서는 약 140mV까지 증가하는 것으로 나타났다. 또한 3가지 센서는 유사한 가스농도에 대하여 약간의 차이는 있지만 비슷한 출력을 보이고 있다.

다음은 가스센서를 임의로 선택하여 동일한 가스농도에 대한 출력 특성을 살펴보았다. 그림 5는 5가지 가스센서에 대한 출력특성을 보이고 있다. 그림 5에서와 같이 하나의 센서는 한

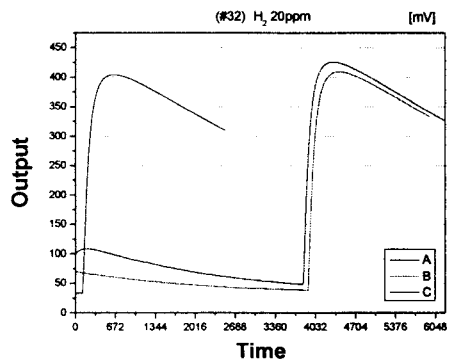
가지 농도에 대하여 비슷한 값을 보이고 있어 본 연구에서 사용된 가스센서 출력 측정방법은 유효한 것으로 나타났다. 그러나 5개의 센서는 유사한 농도에 대해서 500mV 정도의 센서가 3개(센서2, 센서4, 센서5), 400mV 정도의 센서가 2개(센서1, 센서3) 정도로서 최대 100mV 정도의 차이를 보이고 있다. 따라서 센서의 특성이 가스농도에 대하여 영향을 미치므로 출력이 같은 특성을 보이는 센서만을 선정하거나 이러한 차이를 교정하여 가스센서의 정확한 가스농도를 제시할 수 있는 방안이 필요하다.



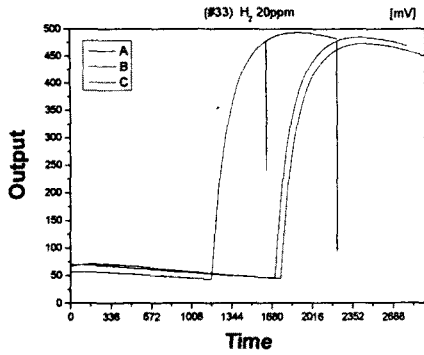
(센서 1)



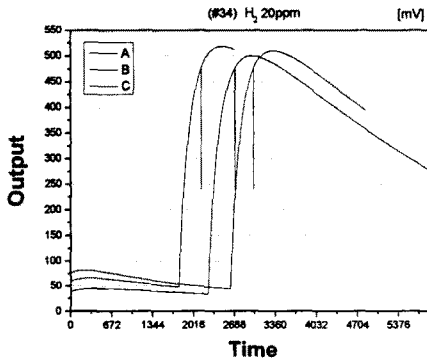
(센서 2)



(센서3)



(센서 4)



(센서5)

그림 5 가스가 없을 때의 센서의 출력전압 증가

### 3. 결 론

반도체 가스센서에 대한 수소농도와 가스센서의 출력과의 관계를 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 반도체 가스센서는 일정한 가스농도에 대하여 1분이 내에 포화되는 출력특성을 보였다.
2. 수소가스 농도를 변화시켰을때 3개의 반도체 가스센서는 서로 유사한 출력값을 지시하는 것으로 나타났다.
3. 임의의 5개의 가스센서에 출력특성실험결과에서 본 연구에서 사용한 가스농도에 대한 출력 측정시험법은 유효한 것으로 나타났다.
4. 5개의 가스센서는 유사한 가스농도에서 모두 같은 출력치를 보이지 않으므로 정확한 가스농도를 지시하기 위해서는 유사한 특성을 보이는 센서만을 선정하거나 이를 교정할 수 있는 측정방법이 필요하다.

### [참 고 문 헌]

- [1] M. Shirai et al., "Generation of hydrogen from insulating oil in transformer", *IIEEJ A*, Vol. 96, No. 6, 1976
- [2] Y. Inoue et al., "Development of oil-dissolved hydrogen gas detector for diagnosis of transformer", *IEEE Trans. on PWRD*, Vol. 5, No. 1, 1990

- [3] J.J.Kelly, "Transformer Fault Diagnosis by Dissolved-Gas Analysis" *IEEE Transactions on Industry Application*, Vol. 16, No. 6, pp. 777-782, November 1980.
- [4] ANSI/IEEE C57.104-1978, "Guide for the detection and determination of generated gases in oil-immersed transformer and their relation to the serviceability of the equipment".
- [5] IEC Publication 567, Guide for the sampling of gases and of oil from oil filled electrical equipment and for the analysis of free and dissolved gases, Second Edition, 1992.