

순시전원제어에 의한 수산화가스 발생장치에 관한 연구

전윤석, 이상용, 목형수, 최규하
건국대학교 전기공학과

A Study on Brown Gas Generator with Instantaneous Source Power Control

Yoon-Seok Jeon, Sang-Yong Lee, Hyung-Soo Mok, Gyu-Ha Choe
Dept. of Electrical Engineering, Konkuk University

Abstract - The mixed gas of Hydrogen and Oxygen has obtained from water electrolysis reaction. It has constant volume ratio 2 : 1 Hydrogen and Oxygen, and it is used as a source of thermal energy by combustion reaction. In this paper, Brown Gas Generator with Instantaneous source power control method is designed and relationship between brown gas quantities, efficiency and power condition is studied.

1. 서 론

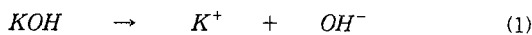
수산화 가스는 물의 전기분해시 수소-산소를 분리하지 않을 경우 발생하게 되는 2:1의 화학당량식 부피비를 갖는 혼합가스로서 가스 발생시 폭발의 위험성이 따르지 않고 수산화가스의 고유한 불꽃 특성을 가지고 있다. 이러한 수산화가스의 제조 기술은 여러 가지 방법들이 있으나 현재까지는 주로 석유나 천연가스의 열분해에 의하여 제조되거나 다른 화학공정의 부산물로서 얻어지고 있다. 그러나 장차 청정에너지 측면에서 생각할 때 궁극적인 수산화가스의 제조기술은 화석연료가 아닌 대체에너지를 이용하여 물로부터 수산화가스를 제조하여야 할 것으로 생각된다. 현재까지 알려지고 연구개발 중인 기술로는 태양광분해법, 열화학 사이클법, 전기분해법, 고온 열분해법 등이 있다. 수산화 가스는 내향폭발성, 불꽃특성의 직진성 및 안정성, 경제성, 환경친화성 및 열핵반응 특성을 가진다. 이러한 수산화가스는 현재 그 응용이 일부 용접기 또는 보일러 등에 한정되어 있으나 위와 같은 여러 가지 수산화가스가 지닌 장점으로 볼 때 그 활용의 폭은 점차 확대되어 나갈 것으로 보인다. 그러나 이러한 수산화가스 발생장치는 현재 수산화가스에 대한 이론적인 배경과 발생기의 전해조 및 전원장치의 최적화가 이루어지지 않아 운전특성이 저조하며 부하측면을 고려한 전원제어가 필요하며 연구해야 할 과제로 남아있다. 따라서 본 논문에서는 전원 공급에 따른 전해조의 수산화가스 발생특성에 관하여 연구하였다.

2. 본 론

2.1 수산화가스의 화학적 특성

수산화가스를 발생하기 위해서는 일반적으로 물을 전기분해 시키기 위하여 산화되기 어려운 금속판 2개와 전해질(KOH), 물(이온화되지 않은 순수한 물)로 구성된 전해조와 전기에너지 공급원인 직류전원을 필요로 한다.

이러한 전해질은 현재 KOH가 주로 사용되며 이를 통해서 전기분해에 필요한 전압을 크게 줄일 수 있다. 그림 1은 물의 전기분해를 간단히 설명하기 위해 나타낸 모식도이며, 물에 녹아 있는 전해질(KOH)은 다음과 같이 이온화된다.



칼륨양이온(K⁺)은 물(H₂O)과 반응성이 매우 크므로 접촉하면 즉시 수소양이온(H⁺)을 물에서 떼어내는 산화반응을 하여 결국 물을 수소양이온(H⁺)과 수산화음이온(OH⁻)으로 분리시킨다. 이때 전원이 인가되면 칼륨양이온(K⁺)보다 환원력이 더 큰 수소양이온(H⁺)이 전기적인 인력으로 음극으로 끌려가 전자 1개를 얻는 환원반응을 통해 단원자 수소(H)가 된다. 이 단원자 수소(H)는 원자 상태로 발생할 수도 있으며 두 개의 단원자가 결합하여 이원자 분자인 수소기체분자(H₂)가 되어 발생할 수도 있다. 한편 양극에서는 수산화음이온(OH⁻)이 전기적인 인력으로 끌려와서 산화반응(H⁺ 전자 2개를 잃어서 H⁺로 바뀌는 반응)을 하고 동시에 단원자인 산소(O)와 수소양이온(H⁺)으로 분리된다. 이 단원자 산소(O)중 일부는 이원자 분자인 산소기체분자(O₂)가 되며 일부는 단원자 산소형태로 존재하게 된다. 이때 산소원자와 분리된 수소양이온(H⁺)은 인력에 의해 음극으로 다시 이동하여 앞에서 언급한 환원반응을 한다. 종종 이동하지 않고 근처에 있는 수산화음이온(OH⁻)과 반응하여 물(H₂O)로 되고, 이것은 칼륨양이온(K⁺)의 작용을 받아 수소양이온(H⁺)과 수산화음이온(OH⁻)으로 분리되어 위의 과정을 반복적으로 수행하게 된다. 이때 위의 과정에서 발생한 단원자상태의 수소 및 산소가 여러 가지 수산화가스의 특성의 원인이 되며 이러한 과정들은 실제반응에서 H₂O, KOH, H⁺, OH⁻, K⁺와 용액에 포함된 불순물들의 상호작용으로 더욱 복잡해진다. 분명한 사실은 전극에서 일어나는 산화반응과 환원반응은 똑같은 수의 전자출입이 일어나도록 이동한다는 점이다. 그러므로 지금까지 서술한 내용을 화학반응식으로 표현하면 다음과 같이 간단히 나타낼 수 있다.

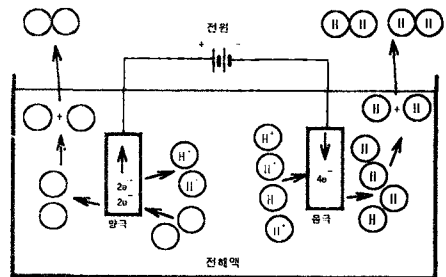
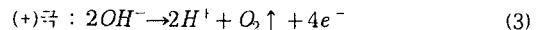
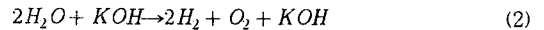


그림 1 전해조의 구조

2.2 수산화가스 발생장치의 구성

전체적인 수산화가스 발생장치는 그림 5와 같이 원통형 전극, 전해액(KOH), 전원장치, 수위센서, 압력센서, 온도센서, 역화방지, 토치, 여과기, MFM(부피측정기)로 구성하였다. 이때 단위면적당 최대의 전극면적을 얻기 위해서는 원통형 전극을 사용하여야 한다. 전극사이에는 수산화칼륨(KOH)용액을 채워서 전기분해반응 시에 촉매역할을 하는 전해액으로 사용하여야 하며 또한 타이머를 사용하여 설정시간마다 전극의 극성을 전환하는 기능을 추가하여 전극의 수명을 두 배로 증가시킨다. 또한 전원부는 PWM 인버터를 사용하게 됨으로써 고주파 변압기에 의한 부피 및 무게 감소가 기대된다.

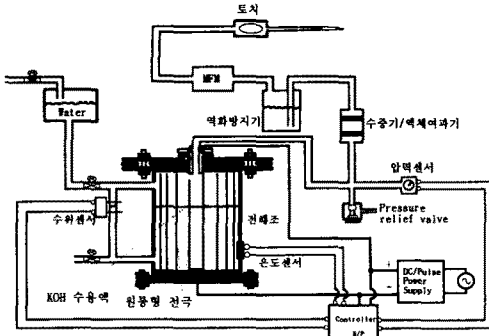


그림 2 수산화가스 발생시스템

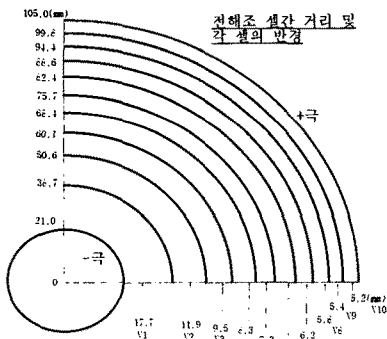


그림 3 전해조의 구조

전력회로부는 제어범위를 확장하고 전원장치의 부피와 무게를 줄이며 전극의 수명을 연장하고, 또한 물을 전기분해 할 때 효율적인 반응을 위해 특정 주파수의 펄스전원을 인가할 수 있도록 그림 4와 같이 구성하였다. 이러한 전력회로부는 기존의 발생장치인 다이오드 정류기 또는 SCR 정류기에 비하여 고주파 변압기를 사용함으로써 부피 및 무게에 있어서 유리한 장점을 가지게 된다. 또한 전극의 수명을 연장하기 위해서 (+)극과 (-)극의 극성을 일정시간마다 전환하는 회로를 구성하여 산화되는 (+)극을 교대로 분담함으로써 극판의 소모를 줄이고 수명을 2배로 늘일 수 있는 극성전환 스위치를 사용하였다.

전원의 형태에 따른 발생효율을 알아내기 위하여 그림 5와 같은 전류를 인가하였다. 이러한 전류는 기존의 직류전류와 달리 기본 Offset 전류에 펄스형태의 전류를 추가함으로써 효율개선효과를 얻을 수 있으며 그림 6과 같은 일반적인 PWM 제어를 수행한다.

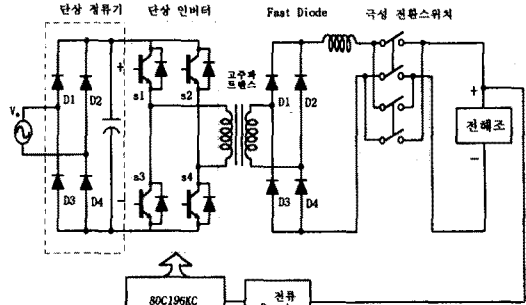


그림 4 수산화가스 발생용 전력공급장치

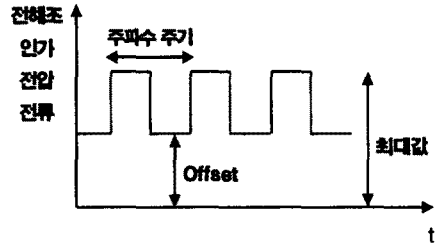


그림 5 순시전류 제어파형

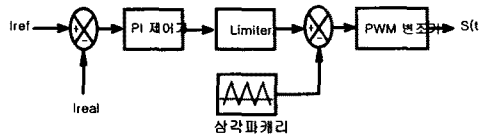


그림 6 전류제어기 블록선도

2.3 수산화가스 발생장치의 공급전류 및 효율

수산화가스의 발생효율 및 발생량에 영향을 미치는 요소는 그림 7에 나타낸 바와 같이 전압-전류의 파형, 크기, 주파수 및 Offset 전류 등의 전기적인 요소와 전극의 크기, 개수 및 전극간격의 물리적인 요소들이 복합적으로 작용하며 이에 따른 효율측정은 가스의 입력전력 대비 전체발생량 및 전체발생량 중 단위자 분자의 비율로서 알 수 있다. 본 논문에서는 이러한 관계에 대해 전기적인 요소로 전류의 파형제어를 실행함으로써 입력전력 대비 전체발생량을 측정하여 효율측정을 수행하였다.

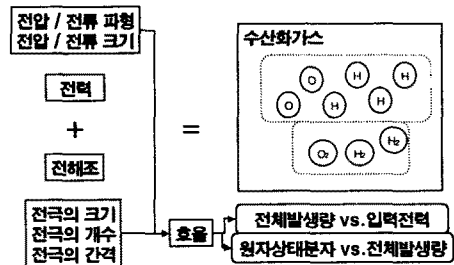


그림 7 수산화가스 발생효율 및 작용요소

3. 실험

본 논문에서는 Cell 15개로 구성된 전해조를 사용하였으며 20%의 수산화칼륨용액을 전해액으로 사용하였다. 또한 전원전류의 주파수를 가변하여 10분간 운전함으로써 수산화가스 발생효율을 측정하였다. 이때 수산화가스의 발생량은 듀티에 따라 증가하게 되며 본 논문에서는 듀티 75%의 필스전류를 Offset 전류에 인가하였으며 이를 평균전류로 계산하여 측정하였다.

그림 8은 주파수400[Hz]에서의 기준전류신호와 실제전류를 나타내고 있으며 이때 전해조의 RC시정수 특성에 의하여 과도상태가 장시간 존재하는 것을 알 수 있다.

그림 9과 10은 각각 평균전류 및 주파수 변화에 따른 가스발생량을 나타내고 있다. 평균전류에 따른 발생량은 전류의 증가에 따라 선형적으로 증가하나 일정전류 이상에서는 포화현상을 알 수 있었으며 주파수에 따른 발생량의 차이는 주파수에 비례하여 미소하게 증가함을 알 수 있다. 이때 전해조가 항상 최대의 수산화가스를 발생시키기 위해서는 약 70[A], 400[Hz]의 전류에서 운전시켜야 함을 알 수 있다.

그림 11~12는 각각의 차용요소에 따른 수산화가스의 발생효율을 나타내고 있다. 이때 각각의 주파수에 따른 발생효율은 전류증가에 따라 포화영역 이전에 최대가 되며 포화영역부근에서는 점차 감소하게 되며 직류전류를 공급할 경우 효율이 현저히 감소함을 알 수 있다.

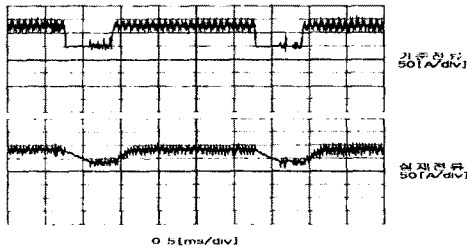


그림 8 주파수400[Hz]에서 기준전류신호(2V/div)와 실제전류(50A/div)

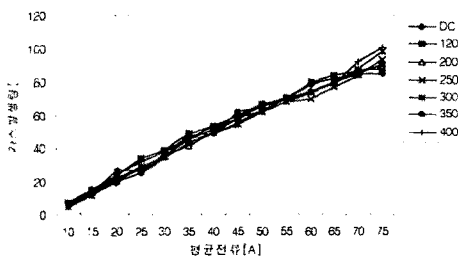


그림 9 평균전류에 따른 가스발생량

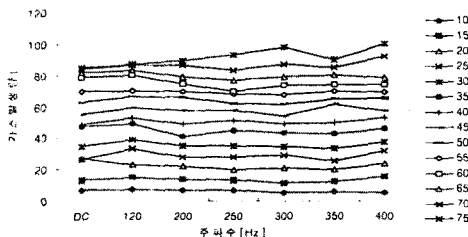


그림 10 주파수에 따른 가스발생량

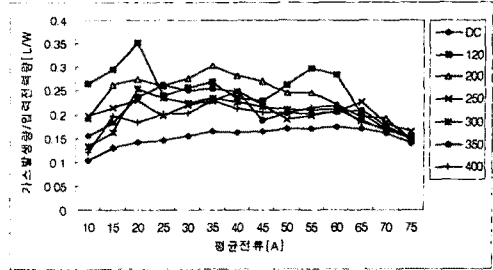


그림 11 평균전류에 따른 가스발생효율

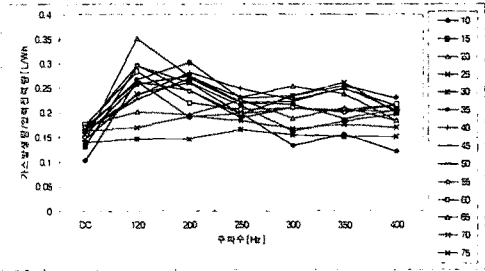


그림 12 주파수에 따른 가스발생효율

4. 결론

본 논문에서는 수산화가스 발생장치의 효율을 증가시키기 위해 전기적인 측면에서 전원전류의 파형제어를 통하여 접근하고자 하였으며 동일 용량의 다이오드 정류기 또는 SCR 정류기에 비해 고주파 스위칭 인버터를 사용함으로써 무게 및 부피를 줄일 수 있었다. 이 때 발생량적인 측면에서는 평균전류의 증가에 따라 가스발생량이 선형적으로 증가함을 알 수 있었으며 특정전류 이후에 포화점에 도달하게 되며 본 논문에서 사용된 15극 전해조의 경우 포화점이 약 70[A]부근이며 발생량이 최대가 됨을 알 수 있었다. 또한 일정한 직류전류를 가했을 때 비해 필스전원을 가할 경우 발생량이 증가하고 이를 통하여 전기분해시 일정한 직류전류 공급시에 비해 필스전류 인가시 이온들 간의 마찰저항을 적게 하므로 손실이 작게 됨을 알 수 있었다. 또한 인가되는 전류의 주파수를 변경하였을 경우 발생량 및 효율에 영향을 미침을 알 수 있었으며 약 400[Hz]부근에서 발생량이 최대가 되었으며 이를 통하여 70[A] 400[Hz]로 운전시 동일 전해조에서 발생량을 최대로 할 수 있었다. 또한 효율적인 측면에서는 약 120[Hz]에서 200[Hz]로 운전시 최대가 되었음을 알 수 있었다. 그러나 이러한 효율에 영향을 미치는 요소로서는 전원전류 등의 전기적인 요소뿐만 아니라 기계적인 전해조의 극수의 개수, 간격 및 크기 등이 영향을 미치며 또한 운전방식 등에 영향을 받게 되므로 이에 대한 복합적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

[참고 문헌]

- [1] George Wiseman, "Brown's Gas, Book1", Eagle Research, 1995.
- [2] A.Volanschi, "Microcavity Electrodes Used as Single Nucleation Site Electrodes for the Electrolysis of Water", Sensors and Materials. Vol. 9. No. 4, pp223~240, 1997.
- [3] Lerner Rita G, Trigg G, "Encyclopedia physis", VCH publishers, Inc. pp272 273, 1991.