

분광기법을 이용한 저압 차단기용 소호재료 특성연구

이 상 업 · 정 영 우 · 박 홍 태 · 오 일 성  
LG산전 전력연구소

Investigation of Arc Quenching Material for Low Voltage Circuit Breaker using Spectroscopic Method

Lee Sang-Youb · Jung Young-Woo · Park Hong-Tae · Oh Il-Sung  
LG Industrial Systems, Electrotechnology R&D Center

**Abstract** - Recently, a breaking capacity increases with breaking method using gas pressure from ablation materials in low voltage circuit breakers. In this paper, we investigated arc quenching materials with spectroscopic method. Especially, Hydrogen spectrum was investigated because its dielectric characteristics are better than other gases. We selected two arc quenching materials, UP and PA6, that use in circuit breakers. They had hydrogen spectrums, but PA6 was better than UP in the qualitative aspect.

고속 카메라를 이용하여 수소가스 존재여부를 이미지로 확인하고, 분광기와 ICCD를 적용하여 수소가스의 정량분석을 통해 저압차단기에 사용되는 소호재료의 특성을 평가하였다.

1. 서 론

2. 실험방법

저압 차단기의 차단 및 한류성능을 향상을 위해 사용되는 소호재료는 차단시 발생하는 아크의 높은 열에 의해 표면이 열화되어 가스를 발생시키게 된다. 이 때, 발생한 가스는 아크이동과 냉각에 영향을 주어 차단성능을 결정하는 요인으로 작용할 수 있다. 이러한 소호재료는 종류에 따라서 다른 형태로 나타나게 된다. 현재까지 이러한 가스의 전기적 특성에 대한 연구는 많이 진행되었으나, 제품설계에 적용할 수 있는 데이터는 부족한 상태이다. 표 1은 가스종류에 따른 절연회복 특성을 나타내고 있다.<sup>[1]</sup> 이 표에서 알 수 있듯이 가스종류에 따라 절연 회복특성이 매우 다르게 나타나고, 특히 수소가스가 전류영점에서의 절연강도가 가장 높게 나타남을 알 수 있다. 이는 수소 가스의 높은 열전도도로 인해 냉각속도가 빠르기 때문인 것으로 생각된다.

2.1 분광학적 배경

아크 플라즈마 내부에 존재하는 수소가스를 분석하기 위해서는 빛을 분광하는데, 본 연구에서는 아크의 가시영역에 존재하는 빛을 이용하여 수소가스의 존재 여부를 판단하였다. 표 2는 수소원소에서 발생 가능한 발머계열의 스펙트럼을 나타내었다.<sup>[2]</sup>

표 2. 가시영역내의 수소 스펙트럼

Wavelength[nm]	Configurations
410.17	2p ~ 6d
434.05	2p ~ 5d
486.14	2p ~ 4d
656.27	2p ~ 3d

표 2에 나타난 가시영역에 존재하는 4개의 수소 스펙트럼 중에서 Ag접점과 대기중의 질소 및 산소분자에 의해 발생하는 스펙트럼과 겹치지 않는 656.27[nm]의 파장을 이용하였다.<sup>[3]</sup>

표 1 가스종류에 따른 절연회복 특성비교(600A)

가스 종류	Dielectric Strength at Current Zero [V/cm]	Subsequent Rate of Dielectric Recovery [V/cm/100us]
Air	70	13
He	115	26
CO <sub>2</sub>	145	25
O <sub>2</sub>	170	7
H <sub>2</sub>	310	70

2.2 실험 장치

그림 1은 소호재료에 따른 아크 내부의 수소 스펙트럼의 차이를 확인하기 위해서 사용된 실험용 챔버의 구조를 나타내고 있다.

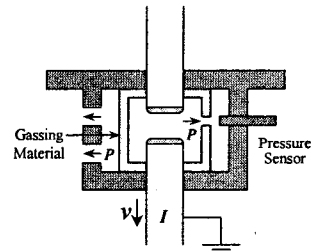


그림 1 실험용 챔버의 내부구조

본 연구에서는 아크에 의해 소호재료로부터 발생하는 복합가스 중에서 수소가스의 발생특성을 평가하기 위해 협대역 투과필터(Narrow Bandpass Filter)와

접점간 최대 이격거리는 30[mm]이며, 접점과 소호 재료 간의 이격거리는 각각 5[mm]이다. 실험전류는 그림 2와 같이 LC공진회로와 단락 변압기를 이용하여, 220[V], 8[kA<sub>rms</sub>]로 하여 실험을 진행하였다. 그림 3은 실험파형을 나타내고 있다.

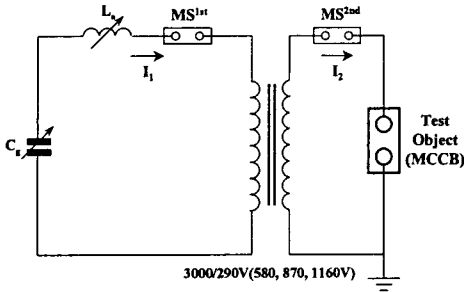


그림 2 실험회로

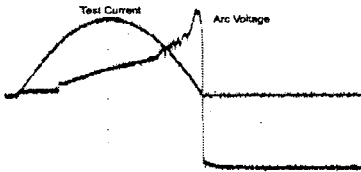


그림 3 실험파형(220V, 8kA<sub>rms</sub>)

## 2.2 고속 카메라를 이용한 수소 이미지 분석

아크 시 발생하는 수소 이미지를 분석하기 위해 본 연구에서는 협대역 투과필터와 고속 카메라를 사용하였다. 이 때, 협대역 투과필터의 사양은 656.3<sub>±0.1</sub>(Type : 2, Andover)이며, 투과영역 외 파장대역의 최소 투과율은 40%정도이기 때문에 명확한 파장대역의 분리를 위해서는 별도의 감광 필터가 필요하게 된다. 감광 필터의 경우 고속 카메라 내부의 CCD의 반응감도를 고려하여 선택해야 하는데, 본 연구에 적용된 감광 필터는 1k배율로 감광시키는 것을 사용하였다. 고속 카메라(Kodac Ektapro 4540)는 4500[Frames/sec]로 동작시켰으며, 각 프레임별 노출시간은 222[us]로 하였다.

## 2.3 분광시스템을 이용한 수소의 정량적 분석

수소 이미지의 정량적인 분석은 분광기(SP-308, Acton)와 ICCD(PI-Max 512RB, Princeton Inc.)를 사용하였다. 그림 4는 본 연구에 사용된 분광 시스템의 개략도를 나타낸 것으로, 아크의 특성상 빛이 매우 강하기 때문에 ICCD의 노출시간을 30[us]로 제한하였다. 그림 5는 차단기 내부에 소호재료를 설치한 형상을 나타낸 것으로, 소호재료와 고정 접점간의 이격거리는 3[mm], 크기는 15[mm]로 접점의 측면 크기보다 크게 제작하여 사용하였다.

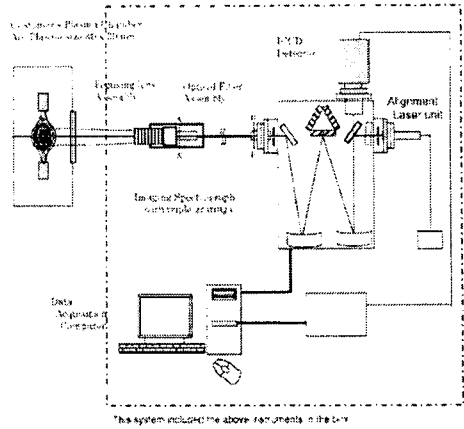
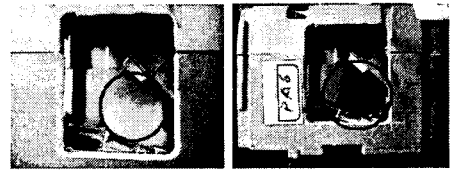


그림 4 분광 시스템 개략도



(a) UP

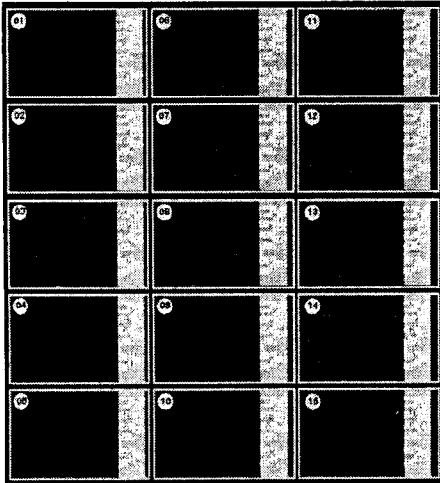
(b) PA6

그림 5 수소의 정량분석을 시료형상

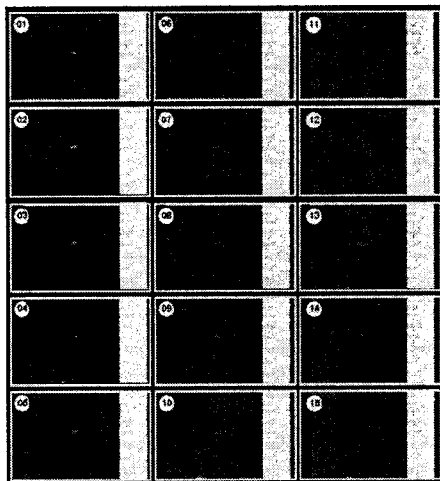
## 3. 실험결과 및 고찰

그림 6은 협대역 투과필터와 고속카메라를 이용하여 촬영한 수소 이미지를 나타낸 것으로, (a)는 감광필터의 조건을 설정하기 위해 촬영한 이미지이다. 일반적으로 대기중의 수소성분은 10<sup>-5</sup>정도이기 때문에 고속 이미지 상에 수소 플라즈마가 나타나지 않는 것을 확인할 수 있다. 이를 기초로 동일한 조건하에서 소호재료의 종류에 따른 수소 플라즈마를 관측하여 그 특성을 분석하였다. 그림 3의 (b)와 (c)는 불포화 폴리에스테르(UP ; Unsaturated Polyester)와 폴리아미드6(PA6 ; Polyamide6)을 소호재료로 사용한 경우의 수소 플라즈마의 이미지를 나타낸 것으로, 소호재료의 종류에 따라 다르게 나타남을 알 수 있다. 이는 소호재료에 존재하는 수소원소의 결합이 아크열에 의해 절단되어 나타나는 것으로, 이러한 수소원자의 양은 차단기의 아크 및 절연성능에 영향을 미칠 수 있는 중요한 인자로 작용할 수 있을 것으로 생각된다.

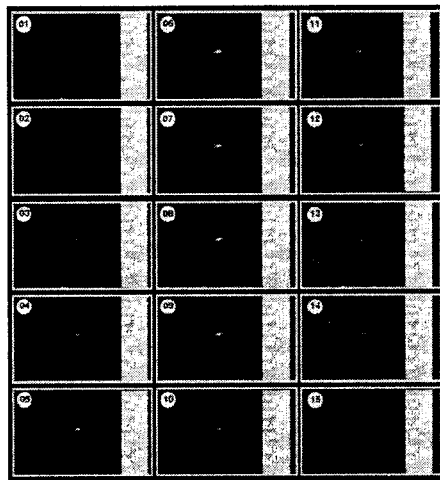
그림 7은 전류피크인 경우 소호재료에서 발생한 스펙트럼을 분광기로 분석한 결과를 나타낸 것이다. 본 연구에서 사용된 ICCD는 16비트로 절대값을 측정할 수는 없지만, 수소원자의 정량적인 분석은 가능하다. 동일한 실험전류에서 나타나는 H<sub>α</sub>의 파장강도를 측정 한 결과, UP와 PA6가 각각 18k와 12k로 소호재료에 따라 수소 스펙트럼이 약 30%정도 차이가 나타남을 확인할 수 있었다.



(a) Air



(b) UP



(c) PA6

그림 6 소호재료에 따른 수소 이미지

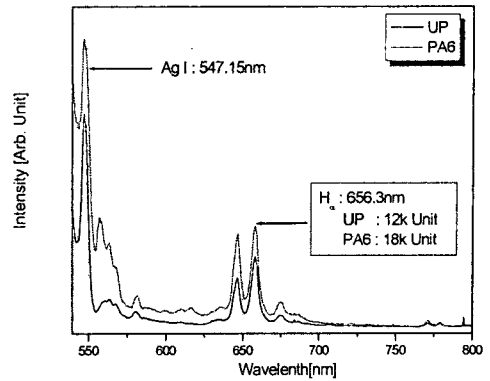


그림 7 소호재료에 따른 수소 스펙트럼

### 3. 결 론

본 연구에서는 분광기법을 이용하여 저압 차단기의 차단성능 향상을 목적으로 사용되는 소호재료의 특성을 평가한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 협대역 투과필터와 고속 카메라를 이용하여 기중아크 발생시 플라즈마 내에 존재하는 수소 이미지를 관측할 수 있었으며, 또한 ICCD와 분광기를 이용하여 정량적인 차이를 분석할 수 있었다.
2. 소호재료의 종류에 따라 H $\alpha$ 의 파장강도가 다르게 나타났으며, PA6가 UP보다 약 30%정도 높게 나타났다.
3. 차단기용 소호재료로는 가장 일반적으로 많이 사용되는 UP보다 PA6가 유리할 것으로 생각된다.

본 연구에서 적용된 방법을 이용하여 아크로 인해 발생하는 특정가스의 이미지 및 정량적인 분석이 가능하고, 이를 차단현상 연구에 적용한다면 최적의 소호재료 선정을 통한 차단성능의 향상에 도움이 될 것으로 판단된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] T. E. Browne, "Dielectric Recovery of A.C. Arcs in Turbulent Gases" Physics, Vol 5. pp. 103-113, Apr. 1934
- [2] C. E. Moore "Tables of Spectra of Hydrogen, Carbon, Nitrogen, and Oxygen Atoms and Ions" CRC Handbook of Chemistry and Physics. Edition 76. p.336, 1993
- [3] X. Zhou "Evaluation of Gassing Materials in Switching Devices Using Monochromatic High Speed Imaging Technique" IEEE, pp.134-140, 2001