

ZnO 소자와 전극의 접촉점에서 발생하는 방전광 특성

이복희, 박건영*, 강성만
 인하대학교 차세대 고전압전력기술연구센터

Characteristics of the luminous events caused between the ZnO block and electrode

B.H. Lee, K.Y. Pak*, S.M. Kang
 HEIRC, Inha Univ.

Abstract - The primary role of ZnO arresters is to protect transmission and distribution equipments against lightning surges. The extremely nonlinear V-I characteristics of the ZnO arrester obviates the need for isolation gaps and consequently it is continuously connected to line voltage. For this reason, ZnO arresters are degraded with time in actual power systems. In this work, the characteristics of the luminous events caused between the ZnO block and electrodes according to the electrode area were investigated. As a result, the luminous events were effected by electrode area and the longer electrode areas were increased, the more luminous events were decreased. Also the reduction of luminous events was turned up to the degraded ZnO arrester block.

1. 서 론

송·배전계통에서 뇌서지 또는 개폐 서지 및 일시적인 과전압으로부터 계통을 보호하고자 사용되는 피뢰기는 현재 대부분이 산화아연(이하 Zinc Oxide : ZnO) 소자를 사용하고 있다. 비선형성이 매우 크고 서지내량이 우수한 ZnO는 기존의 gap형태 피뢰기의 단점을 보완한 gapless 형태로 사용이 가능한 결과, 항시 상용주파수의 고전압에 노출된 상태에서 각종 서지 및 과전압에 대한 책무를 수행해야 하는 단점도 동시에 나타나게 되었다. 그 결과 장시간 운용시 ZnO소자는 차츰 열화가 진행되는 현상이 나타나게 되며, 이는 결과적으로 피뢰기 본래의 임무인 계통의 보호역할 수행에 있어 심각한 차질을 초래할 수 있는 결과를 유발할 수 있게 된다. 본 논문에서는 이런 ZnO소자의 열화에 대한 연구 중 기존에 수행되었던 ZnO소자와 전극사이의 방전광 현상에 대한 연구의 연장선상에서 전극의 면적을 변화시킬 때 발생하는 방전광 특성에 대한 연구를 수행하였다.

2. 본 론

2.1 실험계 구성

ZnO 소자와 전극과의 접촉면에서 발생하는 방전광을 관찰하기 위해 그림1과 같이 실험계를 구성하였다. 8/20 μ s 뇌임펄스 전류 발생 장치와 ZnO소자 및 전극이 달린 지지대, 그리고 디지털카메라로 구성되어 있다.

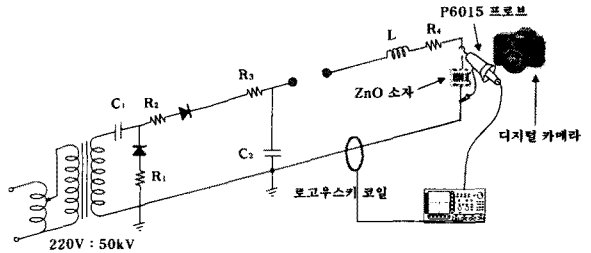


그림 1. 실험계 구성도

Fig. 1. Experimental set-up

실험에 사용한 ZnO 소자는 상용의 배전용 피뢰기에서 채취한 공칭방전전류 2.5kA로서 정격전압은 3kV이다. 실험에 적용한 8/20 μ s 뇌임펄스 방전전류의 크기는 약 4.5kA이었으며, 전류측정용 로고우스키 코일의 감도는 20[mV/kA]이다.

2.2 실험방법

실제 제품화되어 쓰이고 있는 피뢰기에서의 전극모양을 모의화한 상태에서 ZnO소자와 접촉면 사이의 방전광 특성을 살펴본 후 동일한 직경일 때 내부면적이 있는 경우와 없는 경우로 나누어 실험을 수행하였다. 또한 동일재질의 전극인 경우, 면적의 변화에 따른 ZnO소자와 전극의 접촉점에서 발생하는 방전광 현상에 대한 실험도 병행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 상용피뢰기의 ZnO소자와 전극사이의 방전광 특성

상용피뢰기의 내부 구조와 전극모델의 예를 그림 2에 나타내었다. 이 전극에 ZnO소자를 장착하고 뇌임펄스 전압을 인가하였을 때 전극과 ZnO 소자 사이에 발생하는 방전광을 관측한 결과의 예를 그림3에 나타내었다. 인가한 뇌임펄스 전류 파형은 8/20 μ s이고, 방전전류의 크기는 약 4.5kA이다. ZnO소자는 신제품 소자(new block)와 정극성 다중(5중도) 뇌임펄스를 100회 인가하여 강제열화시킨 노후 소자(used block)를 사용하였다.

그림 3의 결과를 살펴보면, 극성에 따라 위쪽 전극과 아래쪽 전극에서의 방전광의 세기가 달라짐을 확인할 수 있었다. 즉, 뇌임펄스의 [-]극 전극면에서 방전광이 (+)극 전극면에서보다 더 활발하게 발생하였다. 또한 이런 현상은 신제품보다 노후된 ZnO소자에서 더욱 뚜렷하게 관찰되었다.

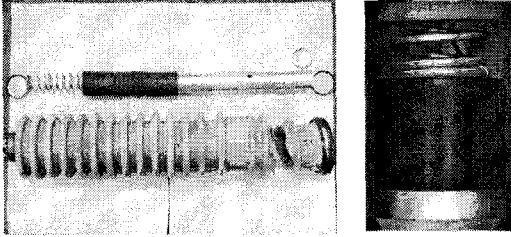
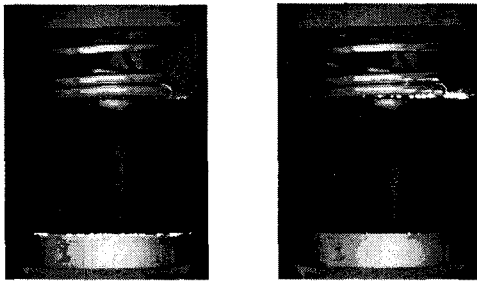
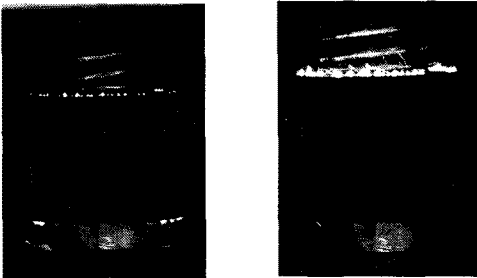


그림 2. 피뢰기의 내부구조 및 모의화한 전극모델
Fig. 2. The structure of ZnO arresters and the electrode model



(a) 신제품인 ZnO 소자



(b) 노후된 ZnO 소자

좌측 : 정극성(위:[+], 아래:[-]), 우측 : 부극성

그림 3. 뇌임펄스 전압 인가시 ZnO소자와 전극사이의 방전광
Fig. 3. Plasma luminosity between ZnO block and electrode under lightning impulse voltages

3.2 동일 직경에서 면적유무에 따른 방전광 특성

3.1절의 실험조건을 그대로 유지하면서 전극의 형상과 내부직경은 동일하면서 대신 면적이 존재하는 전극으로 바꾸어 같은 실험을 수행하였고, 그 중 부극성 뇌임펄스 인가실험의 결과를 그림 4에 나타내었다.

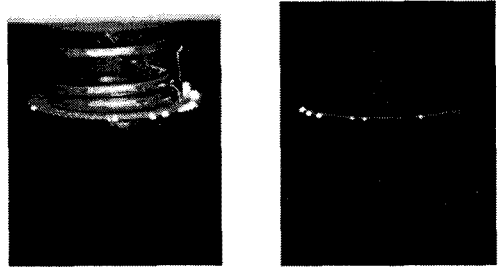
전극면적이 있는 경우의 전극에서 방전광의 세기나 개수가 없는 기존의 전극에서보다 많이 감소함을 확인할 수 있었다.

이런 현상은 신제품과 노후된 ZnO 소자 모두에서 동일하게 나타났으며, 정극성 뇌임펄스 전압을 인가한 실험에서도 동일하였다. 전극의 직경은 ZnO소자의 직경보다 작으며, 뇌임펄스 전압이 인가된 경우 방전광은 주로 ZnO소자의 끝단 가장자리에서 발생한다. 이는 ZnO소자의 표면을 따라 진전하는 연면방전의 단초가 되며 표면 섬락의 원인이 되어 고장을 유발시킬 가능성도 있다. 따라서 ZnO소자와 전극의 접촉상태는 방전광 발생에 직접적으로 영향을 미치게 되므로 방전광의 발생을 억제할 수 있는 접촉조건과 전극의 현상은 피뢰기 소자의 성능 향상에 중요한 역할을 할 것으로 사료된다.

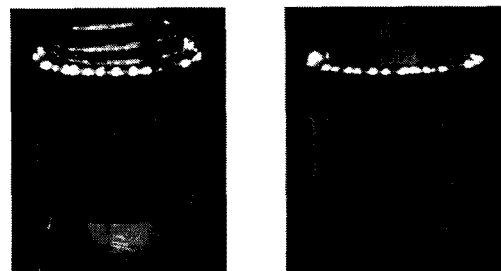
3.3 전극의 면적크기 변화에 따른 방전광 특성

3.2절의 실험을 통해 같은 조건인 경우, 면적이 있는 경우가 ZnO소자와 전극의 접촉점에서 발생하는 방전광 현상을 감소시키는데 유리함을 알 수 있다. 이런 효과를 보다 면밀히 살펴보기 위해 면적의 크기를 변화시키면서 방전광 관측 실험을 실시하였으며, 그 중 부극성 뇌임펄스 인가실험에 대한 결과의 예를 그림 5에 나타내었다.

그림 5의 결과를 살펴보면, 전극면적이 증가함에 따라 점차 ZnO 소자의 방전광 세기나 개수가 감소함을 확인할 수 있었다. 또한 정극성 뇌임펄스 전압을 인가하는 실험에서도 동일한 경향의 양상이 관찰되었다. 반면, 신제품에 비해 노후 시료에서의 방전광 크기 및 개수의 감소현상은 그 효과가 상대적으로 작은 것으로 확인되었다.

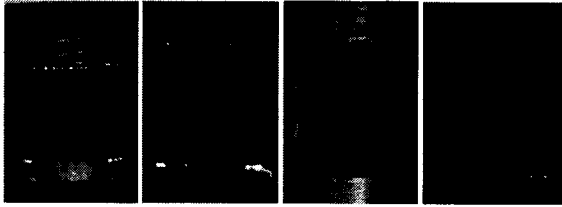


(a) 신제품인 ZnO 소자

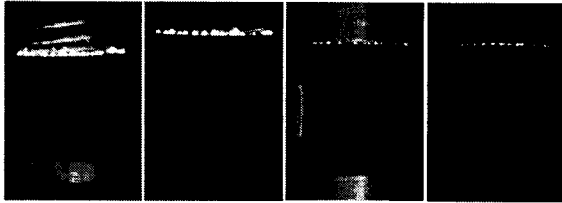


(b) 노후된 ZnO 소자

그림 4. 부극성 뇌임펄스 전압 인가시 ZnO소자와 전극사이의 방전광
Fig. 4. Plasma luminosity between ZnO block and electrode under the negative lightning impulse voltages



(a) 신제품인 ZnO 소자



(b) 노후된 ZnO 소자

그림 5. 전극면적의 증가에 따른 부극성 뇌임펄스 전압 인가시 방전광
Fig. 5. Plasma luminosity under the negative lightning impulse voltages according to the increase of the electrode area.

3.4 실험결과에 대한 고찰

실험에 사용한 전극모델 및 전극면적의 변화에 따른 ZnO소자와 전극사이에서 발생하는 방전광의 실험을 통해 전극의 면적과 ZnO 피뢰기 소자에서 발생하는 방전광 사이에 밀접한 관계가 있음을 확인할 수 있었다.

이런 관계에 대해 이론적으로 접근해 보면, ZnO 피뢰기 소자의 전극면과 금속전극사이의 접촉면에 있는 접촉저항을 손꼽을 수 있다. 서로 접촉하고 있는 2개의 도체에 전류가 흐르면 접촉면의 상태나 조건에 따라 접촉면에는 전위의 강하를 발생시키는 접촉저항이 존재하게 된다. 특히 모의화한 전극모델처럼 실제 도체의 접촉면이 점모양의 작은 접촉점들이 연결된 하나의 선모양인 경우, 내부에 면적인 있는 경우보다 작은 접촉면이 되므로 동일한 시간동안 같은 양의 전류(전하)가 통과하게 되면 그 흐름이 집중되는 효과를 보이게 된다. 이런 효과는 집중저항(constriction resistance)이라는 접촉저항을 발생시키며, 이로 인해 불필요한 전압강하를 유발시키게 되어 본 실험과 같은 결과가 관찰된 것으로 판단된다. 하지만 이 작은 접촉면을 증가시켜주면 위와 같은 전류의 집중 효과가 점차 감소하게 되어 그로 인한 집중저항도 작아지게 되며, 이는 곧 전압강하를 감소시켜 결과적으로 ZnO 피뢰기 소자와 전극사이에서 발생하는 방전광의 세기나 개수를 감소시키게 된다. 하지만 이미 뇌임펄스에 의해 내부 상태가 약화되기 시작한 경우[노후시료의 경우], 집중저항에 의한 영향보다는 자체적인 열화에 의한 영향이 더 크게 작용함으로써 전체적으로 전극면적이 ZnO 피뢰기 소자에 미치는 영향은 신제품시료에 비해 미약한 것으로 사료된다.

따라서 실제 ZnO 피뢰기 제조시 제품의 성능 향상 및 지속적인 성능 유지를 위해서는 기존의 면적이 없는 전극형태 대신 내부면적이 있는 전극형태로 변환을 시키는 것이 효과적인 것으로 판단된다.

3. 결 론

전극면적에 따른 전극과 ZnO 피뢰기 소자의 접촉면에서 발생하는 방전광 특성에 관한 연구를 수행한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 동일한 직경을 가진 전극의 경우, 내부면적이 없는 전극보다 내부면적이 있는 전극에서 방전광의 세기나 발생개소의 수는 상대적으로 감소하였다.
- (2) 전극의 면적을 증가시킬수록 그에 비례해서 방전광의 세기나 발생개소의 수는 감소하였으며 그 효과는 시료의 상태와는 무관하였다.
- (3) ZnO 피뢰기 제품의 성능 향상 및 지속적인 성능 유지를 위해 현재의 전극형태 대신 내부면적이 있는 전극형태로 교체하는 것이 ZnO소자와 전극의 접촉면 또는 ZnO소자의 가장자리에서 발생하는 방전광에 의한 열화를 억제할 수 있는 것으로 판단된다.

이 논문은 산업자원부에서 시행하는
대학전력연구센터 육성·지원사업에 의해
작성되었습니다.

【참 고 문 헌】

- [1] 강성만, "산화아연 피뢰기의 과도특성 및 열화진단에 관한 연구", 인하대학교, pp.108-110, 2004.2
- [2] 이복희, "고전압대전류 공학", 청문각, pp.137-144, 2001
- [3] 박건영, "산화아연 피뢰기 소자와 전극사이에서 발생하는 방전광 특성", 2004년 대한전기학회 하계학술대회 논문집, C권, pp. 1869~1871, 2004.7
- [4] 이복희, "전기, 전자재료공학", 진성문화사, pp.35~38, 1996