

## 송전선로에 사용되는 갭형 피뢰기 소자의 뇌임펄스 전류특성

조한구, 유대훈\*  
한국전기연구원

### Characteristics of Lightning Impulse Current of ZnO Block for Transmission Line Arrester with External Gap

Han-Goo Cho, Dae-Hoon Yoo\*  
KERI

**Abstract :** This paper describes the characteristics of lightning impulse current of ZnO block for transmission line arrester with external gap. The ageing parameters of lightning arresters are impulse current, moisture ingress, temperature ageing and so on. Especially it is important to estimate the change of electrical characteristics by impulse current. Total energy applied to the ZnO arrester each time is  $4/10\mu s$ , 30kA and  $2/20\mu s$ , 10kA impulse current. Before and After the test, the residual voltage variation of varistors passed was below 5%. According to the test, it is thought that the ZnO arrester shows good stability with impulse current test.

**Key Words :** Gap arrester, Transmission line, ZnO block, Impulse current, Residual voltage

#### 1. 서론

최근 국내의 송전선로에서 뇌방전에 의한 이상전압 및 염진해, 설해 등에 의한 섬락사고가 자주 발생하여 안정적인 전력공급 문제가 크게 대두되고 있으며 산화아연(ZnO) 피뢰기의 중요성이 높아지고 있다. 특히 갭(gap)형 피뢰기의 경우 기설 송전선로의 높은 신뢰성과 속류차단 능력 및 콤팩트(compact)한 설계가 가능한 장점이 있어 국내외적으로 많은 연구가 이루어지고 있다. 한편 피뢰기의 보호특성은 피뢰기에 채용되는 산화아연소자의 특성에 의존하고 있으며 오늘날의 선로환경이 더욱 더 가혹해짐에 더 큰 에너지 내량 및 뇌 안정성은 필수적인 사항으로 요구되고 있다. 따라서 송전선에서의 주된 열화원인 뇌충격 전류에 의한 산화아연소자의 열화분석은 매우 중요하다 할 수 있다[1].

본 논문에서는 국내외시험기준인 IEC 60099-4 규격을 적용하여 송전선로용 산화아연 피뢰기 소자의 뇌임펄스 전류특성을 평가하였으며 그에 따른 산화아연소자의 에너지 흡수능력을 확인하였다[2].

#### 2. 실험

본 시험에서는 IEC 60099-4의 규격에 의해 산화아연소자의 뇌임펄스전류 시험을 실시하였다. 먼저 본 시험소자의 에너지 흡수능력을 확인하기 위해 방전내량시험을 실시하였다. 일반적으로 송전선로에 사용되는 산화아연소자는 단위면적당 동작개시전압의 증가로 소자의 높이를 콤팩트화할 수 있다는 장점을 가지고 있으나 에너지 내량이 감소하는 단점 또한 가지고 있다. 따라서 산화아연소자의 에너지 흡수능력은 피뢰기의 보호성능 평가에 중요한 평가요인이 되므로 매우 중요하다 할 수 있다. 시험방법은 5분 사이에 2

번의 최대 뇌임펄스전류( $4/10\mu s$  30kA)를 인가 방전하고 시험 전과 후에 정격방전전류인  $2/20\mu s$  10kA의 전류 방전시 피뢰기의 잔류전압을 측정하게 된다. 시험 전후에 잔류전압이 5% 이상 다르지 않아야 하며 관통, 섬락, 균열등의 심각한 손상이 없어야 한다. 한편 동일정격을 가지는 공칭방전전류 10kA 이상의 전력용 피뢰기 소자와는 다소 다른 방식으로 시험이 진행되는데 기존의 갭리스형의 경우 개폐충격제한전압을 측정후 산화아연소자에 유입되는 에너지를 계산한 후 36회 6군 총 18회 인가하도록 되어 있다. 이는 갭형의 피뢰기와는 달리 송전선에 상시과전되어 있어 뇌과전압과 함께 개폐과전압에도 견디

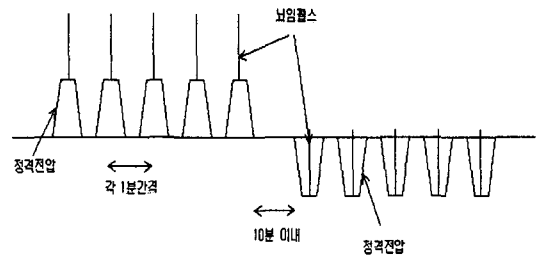


그림 1. 뇌임펄스 동작시험 패턴

는 구조로 소자 자체가 큰 정격의 전류와 에너지 내량을 가지고 있어야 하기 때문이다.

뇌임펄스 동작시험의 경우 그림 1과 같이 정격전압을 인가 후 공칭방전전류에 상당하는 뇌임펄스 전류를 정·부양극성에 각각 5회씩(2 groups of 5 impulses) 총 10회 인가하였으며 뇌임펄스간의 간격은 1분이며, 정극성과 부극성의 그룹간에는 5분 간격으로 실시하였다. 시험이 끝난 후에는 산화아연소자의 외관에 섬락 및 파괴흔적 등의

손상이 있어서는 안되며 시험 전·후의 제한전압 변화가 5% 미만일 때 합격하는 것으로 나타내었다. 표 1은 본 시험에 사용된 산화아연소자의 사양을 나타낸 것이다.

표 1. 산화아연소자의 사양

구분	정격
정격전압	7.0 kV
정격주파수	60 Hz
정격방전전류	10 kA (2/20 $\mu$ s)
최대방전전류	30 kA (4/10 $\mu$ s)

### 3. 결과 및 검토

일본의 송전선로용 산화아연소자의 경우 2/20 $\mu$ s 파형을 가지는 피뢰기의 최대방전전류를 2회 인가하는 것으로 규정하고 있지만 본 시험에서는 IEC 60099-4의 규격에 따라 4/10 $\mu$ s 파형에서 2회 인가하는 방법으로 시험을 실시하였다. 이 두 파형에 대해서는 4/10  $\mu$ s의 파형은 성공적으로 차폐되었을 때, 2/20  $\mu$ s의 파형은 차폐실패시의 뇌격을 대표한 값을 나타낸다. 일반적으로 컴팩트형 피뢰기가 일반 피뢰기에 비해 다소 낮은 방전내량에도 불구하고 뇌격의 차폐시나 실패시에도 피뢰기의 실패율이 극히 적은 것으로 미루어볼 때 성공적으로 차폐되었을 때를 대표하는 뇌격인 4/10 $\mu$ s 파형에서의 에너지 내량시험이 적당한 것으로 판단된다.

그림 2는 방전내량 및 뇌임펄스 전류를 인가할 때 제한전압 및 방전전류를 나타낸 것으로 그림에서도 알 수 있듯이 본 산화아연소자는 이상전압에 대해 제한전압 이하로 억제하여 일정한 뇌임펄스 전류가 흐르는 것을 확인할 수 있다. 표 2는 산화아연소자의 시험전후 제한전압 변화를 나타낸 것으로 에너지내량 소자의 경우 총 4회 충격전류 인가동안에도 파괴가 일어나지 않았으며 시험 후에도

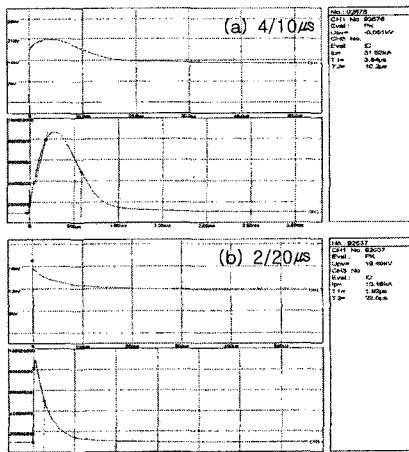


그림 2. 뇌임펄스 전류 인가에 따른 파형

제한전압이 +3.1%의 변화로 IEC 60099-4의 규격을 통과하는 것으로 나타났다. 또한 최대방전전류 30 kA의 다소 큰 임펄스 전류에도 불구하고 소자의 발열량은 많지 않아 소자내의 결정립이 매우 균일하다는 것을 예상할 수 있었다. 뇌임펄스 시험소자의 경우 총 10회의 충격전류에도 불구하고 제한전압은 +2.3%의 변화를 나타내었으며 시험 후에도 소자 외관에 섬락흔적은 확인할 수 없었다. 따라서 5% 미만의 값으로 소자의 열화는 발생하지 않은 것으로 확인되었다. 다만 시험 후 제한전압이 증가경향을 보인 것은 산화아연소자의 열적인 특성으로 쇼트키장벽의 일시적인 변형에서 기인하는 결과로 사료되며 이는 소자의 열화와는 무관하다 할 수 있겠다. 결과적으로 본 시험에 사용된 산화아연소자의 경우 시험이 종료된 후에도 전기적 특성을 유지하고 있으며 초고압 소자로서의 에너지 흡수능력 또한 상당히 우수한 것을 확인할 수 있었다. 한편 방전내량 시험소자의 경우 뇌임펄스 시험소자보다 제한전압변화가 다소 큰 것으로 나타났는데 이것으로 볼 때 뇌임펄스 전류에 의한 열화는 파두장의 크기 즉 1회 인가되는 에너지량과 파미장의 길이가 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

표 2. 시험 전·후의 제한전압 변화율

No.	시험 전 [kV]	시험 후 [kV]	변화율 [%]
방전내량시험	17.6	18.1	+3.1
뇌임펄스시험	17.8	18.2	+2.3

### 4. 결론

본 논문에서는 송전선로에 사용되는 갭형 산화아연소자의 뇌임펄스 전류에 따른 에너지 내량 및 동작성능을 시험하였으며 다음과 같은 결과를 확인할 수 있었다.

1. 산화아연소자는 에너지내량 및 뇌임펄스 시험 후에도 섬락흔적이 없었으며 5% 미만의 제한전압 변화율로 우수한 에너지 흡수능력을 나타내었다.
2. 본 시험소자는 뇌임펄스 전류에 따른 발열량이 거의 없어 소자내의 결정립이 매우 균일하다는 것을 확인할 수 있었다.
3. 뇌임펄스 전류에 의한 열화는 1회 인가되는 에너지량과 파미장의 길이가 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

### 참고 문헌

[1] F. Shuji, U. Osamu, I. Takashi, "Development and Application of Lightning Arresters for Transmission Line", IEEE Trans. PWRD, Vol. 4, No. 4, p. 2121, 1989.  
 [2] IEC 60099-4, Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems, 2004.