

초고압 피뢰기용 산화아연소자의 전기적 균일성 평가

조한구, 윤한수, 한세원
한국전기연구원

Evaluation of Electrical Uniformity of Zinc Oxide Varistors for
Lightning Surge Arresters

Han-Goo Cho, Han-Soo Yoon, Se-Won Han

Abstract - This paper presents evaluation of the electrical uniformity of zinc oxide varistors for lightning arresters. Two types of varistors were prepared which are a domestic varistor destroyed in the long duration current withstand test and a new imported varistor. The domestic varistor exhibited good electrical uniformity except destroyed parts, but the imported varistor showed the worse results.

1. 서론

낙뢰 및 선로개폐 등에 의한 이상과전압으로부터 전력 시스템을 보호하기 위해 사용되는 피뢰기의 핵심부품인 산화아연소자는 피뢰기가 적용되는 시스템의 환경에 따라 다양한 정격의 제품이 사용되고 있다.[1, 2] 일반적으로 피뢰기가 적용되는 시스템 전압이 증가함에 따라 산화아연소자는 더 큰 에너지 내량 및 낮은 보호레벨을 요구받게 되고 이러한 특성을 만족시키기 위해 산화아연소자의 직경은 보다 증가하게 된다. 이처럼 산화아연소자의 직경이 증가하게 되면 제조공정상의 미세한 차이도 특성에 큰 영향을 미칠 수 있으므로 각별한 공정관리가 요구된다. 따라서 본 연구에서는 초고압 피뢰기용 산화아연소자의 부위별 동작개시전압을 측정하여 균일성을 평가하였으며, 그 결과로부터 에너지 내량과의 관계를 조사하였다.

2. 실험 방법

2.1 산화아연소자의 준비

산화아연소자의 균일성 평가에 사용된 소자는 장시간 방전내량 시험에서 파괴된 국산소자와 같은 시험에서 합격한 소자와 동일한 제조 lot의 신품 외산소자를 사용하였다. 각 소자의 자세한 사항은 표 1과 같고, 외형사진을 그림 1에 나타내었다.

표 1. 산화아연소자의 자세한 사항

항 목	국산소자	외산소자
직 경	65.0■	61.6■
높 이	29.0■	27.0■
정격전압	3.6W	4W
공칭방전전류	10kA	
기타사항	장시간 방전내량 시험에서 2회에서 파괴된 소자.	장시간 방전내량 시험을 합격한 소자와 동일한 lot의 신품소자



그림 1. 산화아연소자의 외형사진

2.2 산화아연소자의 균일성 평가

준비된 산화아연소자는 균일성 평가를 위해 그림 2와 같이 총 16부분으로 cutting하였으며, 각 부분의 각각의 전류(100mA, 500mA, 1kA 및 3kA)에 대한 전압을 DC 내압기로 측정하였다.

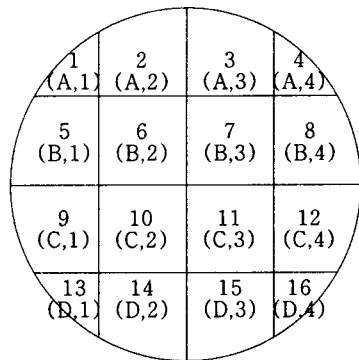


그림 2. 산화아연소자의 절단부

3. 결과 및 고찰

먼저 국산소자 및 외산소자의 cutting 전의 전류-전압 특성 및 cutting 후의 각 부분별의 전류-전압 특성을 표 2와 3에 나타내었다. 국산소자의 초기값은 장시간 방전내량시험전의 동작개시전압은 5.12kV였지만, 장시간 방전내량시험 중 파괴된 후의 동작개시전압은 표 2와 같이 바리스터의 특성이 거의 없는 것으로 나타났다. 하지만 국산소자를 부위별로 cutting한 후에는 파괴 부위를 제외하고는 전압-전류 특성을 그대로 유지하고 있는 것으로 나타났으며, 정상상태에서의 동작개시전압보다 부위별 전압의 값이 더 높게 나타난 것은 소자의 전극면적의 감소에 기인하는 것으로 국산소자나 외산소자 모두 동일한 경향을 나타내었다. 표와 같이 국산소자의 파괴부위를 제외한 동작개시전압의 평균값은 5.28kV로 1(A,1)부위

와 13(D,1)부위를 제외하고는 평균값과의 편차가 40V 이하로 대체로 균일한 것으로 나타났다. 한편 외산소자의 동작개시전압의 평균값은 5.89kV이고 평균값과의 편차는 최대 204V로 국산소자에 비해 편차가 큰 것으로 나타났다.

표 2. 국산소자의 전류-전압 특성표

	100 μ A	500 μ A	1mA	3mA
초기값	0.43	0.93	1.20	1.65
1	5.15	5.29	5.35	5.44
2	5.05	5.21	5.28	5.36
3	5.06	5.22	5.27	5.36
4	2.39	2.83	3.01	3.25
5	5.05	5.22	5.28	5.36
6	5.01	5.20	5.26	5.34
7	5.03	5.20	5.26	5.35
8	0.45	1.18	1.19	1.63
9	5.04	5.22	5.28	5.37
10	4.98	5.20	5.25	5.34
11	5.02	5.19	5.25	5.33
12	5.06	5.21	5.26	5.34
13	5.15	5.28	5.33	5.42
14	5.04	5.20	5.26	5.34
15	5.04	5.19	5.24	5.32
16	5.09	5.23	5.30	5.40

표 3. 외산소자의 전류-전압 특성표

	100 μ A	500 μ A	1mA	3mA
초기값	4.93	5.38	5.54	5.74
1	5.38	5.78	5.90	6.04
2	5.36	5.78	5.90	6.05
3	5.37	5.81	5.92	6.07
4	5.41	5.82	5.94	6.08
5	5.26	5.74	5.87	6.02
6	5.46	5.91	6.02	6.15
7	5.55	5.92	6.02	6.15
8	5.41	5.80	5.92	6.06
9	5.21	5.66	5.79	5.98
10	5.48	5.90	6.01	6.14
11	5.49	5.90	6.01	6.15
12	5.21	5.74	5.88	6.03
13	5.02	5.48	5.69	5.93
14	5.05	5.62	5.79	5.97
15	5.18	5.67	5.80	5.97
16	5.21	5.67	5.84	6.00

표 2와 3의 측정값들을 그림 3과 4에 그래프로 나타내었다. 그림에서와 같이 샘플 소자들은 각각의 전류값에 대해 동일한 전압 경향을 나타내었으며, 국내소자의 경우 전류값의 변화에 대해 전압값의 변화폭이 외산소자에 비해 상대적으로 적은 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 식 (1)과 같은 비직선 지수 (Nonlinear exponent, α) 식

으로부터 국산소자의 비직선성이 더 우수한 것을 알 수 있다.

$$\alpha = \frac{\log (J_2 / J_1)}{\log (E_2 / E_1)} \dots \dots \dots (1)$$

또한 100 μ A와 500 μ A 때의 전압값의 폭이 다른값들에 비해 넓은 것을 확인할 수 있으며, 바로 이 영역 부근이 산화아연소자가 절연성에서 도전성으로 바뀌는 임계영역을 그래프를 통해 유추해 볼 수 있다.

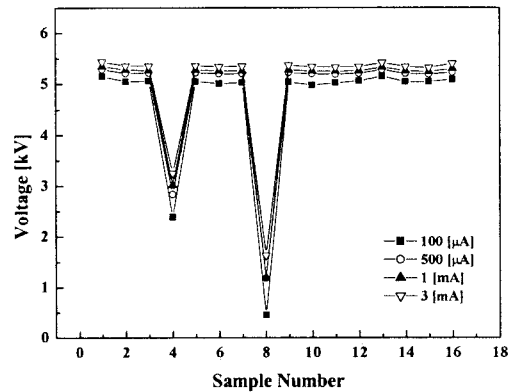


그림 3. 국산소자의 전류-전압 특성

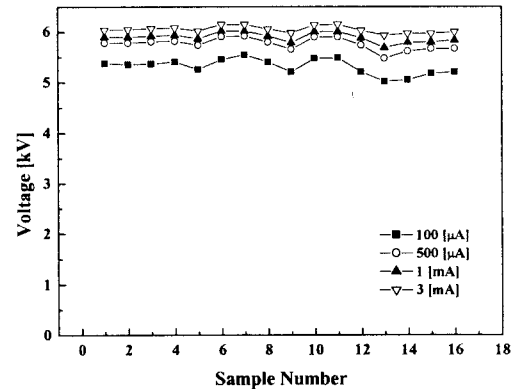


그림 4. 외산소자의 전류-전압 특성

한편 표 2와 3의 측정값들을 보다 시각적으로 살펴보기 위해 그림 5와 6에 막대그래프로 나타내었는데 각각의 좌표는 그림 2와 비교하여 살펴볼 수 있다. 그림 5의 국산소자의 경우 앞서 설명한 바와 같이 파괴 부위인 8(B,4)와 10(C,4)에서는 낮은 값을 나타내었지만, 다른 부위들은 대체로 균일한 전압분포를 나타내고 있는 것을 확인할 수 있다. 한편 그림 4의 외산소자의 경우는 전체적으로 전압의 분포가 불균일한 것을 알 수 있으며, 특히 소자의 가운데 부위가 전압이 가장 높은 것으로 나타났고 좌표 A에 D로, 4에서 1로 갈수록 전압값이 하락하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 산화아연소자의 제조공정 중 소성 과정에서 전기로내의 온도 분포에 기인하는 것으로 생각되었다.

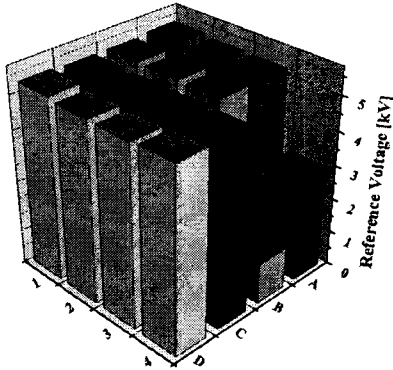


그림 5. 국산소자의 전압분포

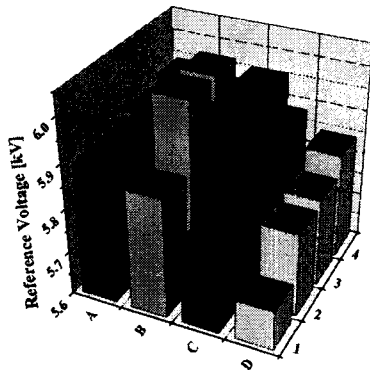


그림 6. 외산소자의 전압분포

이상의 결과를 살펴보면 산화아연소자의 균일성 측면에서는 국산소자가 오히려 외산소자에 비해 뛰어난 것을 확인할 수 있었다. 하지만 국산소자의 경우 본 저자의 기 논문에서 장시간 방전내량 시험시 합격률이 50%에 불과하지만 외산소자는 100%의 합격률을 나타내었음에도 불구하고 균일성 측면에서는 조금 저하된 특성을 나타내었다. [3, 4] 산화아연소자의 에너지 내량 향상을 위해서는 균일한 전압분포를 갖는 것이 유리하지만 그 허용범위에 대해서는 다양한 연구가 없었으며, 외산소자의 경우 비록 균일성 측면에서는 조금 부족했지만 피뢰기 소자로의 전기적 시험에서는 모두 만족스러운 결과를 나타내었다. 일반적으로 산화아연소자의 균일성을 평가하면 동작개시전압이 낮은 부위에서 외부 써지가 유입시 puncture 현상이 발생한다고 알려져 있지만, 국산소자의 경우 그러한 문제점을 발견할 수 없었다. 따라서 국산소자의 에너지 내량의 저하는 본 저자가 기 논문에서도 언급했듯이 전극처리방식 및 소자내부의 결함에 의한 것으로 생각되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 초고압 피뢰기용 산화아연소자의 균일성 평가를 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- [1] 국산소자는 장시간 방전내량시험에 파괴된 후 소자 본연의 전압-전류 특성을 상실한 것으로 나타났다.
- [2] 국산소자는 파괴부위를 제외하고는 대체로 균일한 전압분포를 나타내었으며, 동작개시전압의 평균값은 5.28kV로 부위별 편차가 거의 없는 것으로 나타났다.
- [3] 외산소자는 국산소자에 비해 동작개시전압의 편차가

컸으며, 평균값은 5.89kV였다.

- [4] 외산소자의 동작개시전압 분포는 가운데가 가장 높고 한쪽 방향으로 점점 감소하는 경향을 나타내었다.

[참 고 문 헌]

- [1] L. M. Levinson and H. R. Philipp, "Zinc oxide varistors - a review", Am. Ceram. Soc. Bull., Vol. 65, pp. 639-646, 1986.
- [2] T. K. Gupta, "Application of Zinc Oxide Varistors", J. Am. Ceram. Soc., Vol. 73, pp. 1817-1840, 1990.
- [3] 조한구, 한세원, 김석수, 윤한수, 이운용, 오철규, 유근양, "발변전소 피뢰기용 산화아연소자의 제작 및 성능평가", 한국전기전자재료학회 추계학술대회 논문집, Vol. 17, pp. 636-639, 2004.
- [4] 조한구, 윤한수, 김석수, 한세원, 유근양, 이용순, "ZnO 바리스터 소자의 장시간 방전내량 특성", 한국전기전자재료학회 하계학술대회 논문집, Vol. 6, pp. 544-545, 2005.