

초고압용 피뢰기 산화아연소자의 전기적 특성 평가

조한구, 윤한수, 김석수, 한세원

한국전기연구원

Evaluation of Electrical Characteristics of Metal Oxide Varistors for Surge Arresters

Han-Goo Cho, Han-Soo Yoon, Suk-Soo Kim and Se-won Han

KERI

Abstract

This paper presents the electrical characteristics of metal oxide varistors for lightning surge arresters. ZnO varistors were fabricated with typical ceramic production methods and two types of varistors were also prepared to be compared. The nominal discharge current and line discharge class of those varistors are 10kA(8/20 μ s) and class 3, respectively. The diameter of varistors manufactured and prepared were in the range of 61.6~65.0mm and the thickness of those were in the range of 27~42.52mm. The reference and residual voltage were tested and reference and residual voltage per 1mm and the ratio of reference and residual voltage were calculated. The reference voltage per 1mm of varistors manufactured was about 175V/mm but that of A's and B's varistors was nearly 200V/mm. The residual voltage exhibited the same trends as the reference voltage, so the reference and residual voltage per 1mm of domestic varistors should be increased. According to the results of tests, it is thought that if the reference and residual voltage per 1mm were increased to 200V/mm and 330V/mm, domestic ZnO varistors would be possible to apply to the station class arresters in the near future.

Key Words : arrester, varistor, reference voltage, residual voltage, station class

1. 서론

피뢰기에 사용되는 산화아연소자는 뛰어난 비직선적인 전압-전류 특성으로 이전에 사용되어오던 탄화규소소자의 사용을 급속히 감소시켰으며, 현재는 신규 설치되는 모든 피뢰기에 적용되고 있다.[1-3] 일본에서 처음 개발된 산화아연소자는 저전압 분야에서 송배전 시스템과 같은 고전압 분야에 이르기까지 보호장치로서 다양하게 사용되고 있으며, 특히 피뢰기에 적용될 때에는 공칭방전전류 및 방전내량 등의 시스템 환경에 따라 산화아연소자의 특성이 결정된다. 현재 국내의 산화아연소자 기술은 배전용 피뢰기 정도로, 선진국 수준과 상당한 격차를 두고 있으며, 선두주

자인 일본의 경우는 단위 두께당 동작개시전압이 400V/mm인 소자까지 개발되어 GIS용으로 사용되고 있다.[4,5]

단위 두께당 동작개시전압이 300V/mm 이상인 고압소자는 피뢰기에 적용시 피뢰요소부를 컴팩트화할 수 있는 장점이 있다. 하지만 이러한 고압소자는 주로 일본에서 생산되고 있다.

본 논문에서는 공칭방전전류 10kA, 선로방전등급 3의 고압피뢰기용 산화아연소자를 직접 제작하여 전기적 특성을 조사하였으며, 기존 제품과 성능 비교를 통해 향후 개선점을 검토하여 향후 발변전소용 피뢰기 국산화에 기초를 마련하고자 한다.

2. 실험

2.1 산화아연소자의 제작

표 1과 같은 원료 조성식에 의해 먼저 주원료 ZnO 및 Bi₂O₃, Sb₂O₃ 및 Co₃O₄ 등의 첨가물을 각각 칭량하였다. 칭량된 ZnO와 첨가물들은 각각 4시간 및 24시간 동안 분말을 행한 후, 다시 혼합하여 18시간 동안 분말하였다. 습식으로 분쇄 및 혼합된 원료 슬러리를 Spray Dryer에 의해 분무 건조하여 조립화하였다. 건조된 원료분말은 scparator를 이용하여 입자 사이즈 150 μ m 이하로 분급하였고, 이 후 성형압력 800kg/cm²로, 높이를 36mm로

표 1. ZnO 소자의 원료 조성식.

원료	mol%	원료	mol%
ZnO	96.0	Mn ₃ O ₄	0.3
Bi ₂ O ₃	1.0	Cr ₂ O ₃	0.3
Sb ₂ O ₃	0.7	NiO	0.3
Co ₃ O ₄	0.7	기타	0.003~0.3

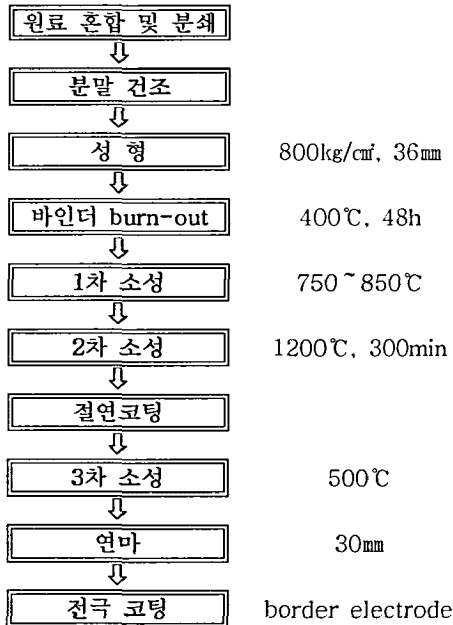


그림 1. ZnO 소자의 제조공정도

성형하였다. 성형된 ZnO block들은 터널 전기로에서 1차 및 2차 소성하였으며, 그 후 절연코팅, 연마 및 전극처리 과정을 통해 최종 ZnO 바리스터 소자로 제작되었다. 그림 1에 ZnO 소자의 제조공정도를 나타내었다.

2.2 전기적 특성 시험

제작된 산화아연소자와 비교를 위해 준비된 외산 소자 A 및 B 샘플들의 전기적 특성을 조사하기 위해 동작개시전압과 제한전압을 측정하였다. 동작개시전압은 d.c. 1mA가 흐를 때 소자 양단에 인가되는 전압을 측정하였으며, 제한전압은 공칭방전전류인 10kA (8/20 μ s)에서 측정되었다. 표 2에 시험시료의 구성을 나타내었다.

표 2. 시험시료의 구성표.

	국산		A사		B사	
샘플 No.	1	2	3	4	5	6

3. 결과 및 고찰

제작된 국산소자 및 외산소자의 외형사진을 그림 2에 나타내었으며, 표 3에 각 소자의 외형치수를 나타내었다.

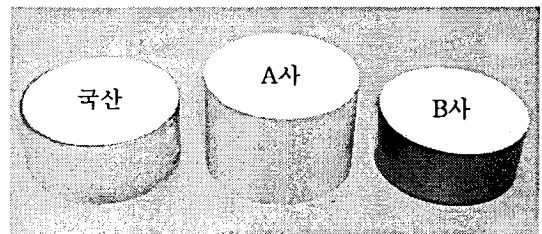


그림 2. 산화아연소자의 외형사진.

표 3. 산화아연소자의 외형치수.

	국산	A사	B사
직경 [mm]	65.00	62.20	61.60
높이 [mm]	30.00	42.52	27.00
밀도 [g/cm ³]	5.46	5.56	5.49

그림 2와 표 3에서 알 수 있듯이 직경은 국산소자, A사 및 B사 제품순으로 작아졌으며, 높이는 A

사가 가장 크고 B사 제품이 가장 작았다. 일반적으로 산화아연소자의 외형치수는 제작업체별로 큰 차이는 없으나 직경과 높이에서 약간의 차이를 나타내는데 이것은 제조공정의 차이에 의한 것으로 A사 제품과 같이 직경 60mm 정도의 소자를 높이 40mm로 성형하는 것은 상당한 기술력이 요구된다. 한편 밀도는 5.5 g/cm³ 정도로 모두 비슷한 값을 나타내었다. 또한 그림 2에서 알 수 있듯이 외산소자의 경우 full-face 전극으로 전극 edge와 소자 edge 사이에 여유가 거의 없으나, 국산소자의 경우 전극 edge와 소자 edge 사이에 1mm 정도의 여유가 있는 border 전극으로 처리되었다. 일반적으로 full-face 전극이 에너지 내량 특성을 향상시키는 것으로 보고되고 있으며, 국산소자에도 적용되어야 할 것으로 생각되었다.[6]

한편 표 4에는 샘플들의 동작개시전압 및 단위 두께당 동작개시전압을 나타내었는데, 동작개시전압은 산화아연소자의 높이에 비례한다. 따라서 각기 다른 높이로 제작된 소자들의 동작개시전압을 비교하기 위해서는 단위 두께당 동작개시전압을 조사할 필요가 있다. 일반적으로 배전용 및 발변전소용 피뢰기의 단위 두께당 동작개시전압은 200V/mm 내외로 제작하며, 송전용 피뢰기에 사용되는 소자의 경우 300V/mm 내외로 제작된 제품들이 많다. 표 4와 같이 국산소자의 경우 단위 두께당 동작개시전압이 170V/mm 정도로 피뢰기에 적용시 외산소자에 비해 소자부의 길이가 길어져 경제성 측면에서 불리하므로 단위 두께당 동작개시전압을 200V/mm 수준으로 상승시켜야 할 것으로 판단되었다. 외산소자의 경우 200-210V/mm 정도로 일반적인 값을 나타내었다.

표 4. 산화아연소자의 동작개시전압 특성.

제조사	No.	동작개시전압	단위 두께당 동작개시전압
		[kV]	[V/mm]
국산	1	5.22	174.00
	2	5.25	175.00
A사	3	8.52	200.38
	4	8.50	199.91
B사	5	5.68	210.37
	6	5.74	212.59

표 5에는 샘플들의 공칭방전전류(10kA, 8/20 μ s)에서의 제한전압 측정치와 단위 두께당 제한전압을 나타내었다. 일반적으로 산화아연소자가 피뢰기에 적용될 때 단위 두께당 제한전압을 300V/mm 정도로 설계하는데 이것은 피뢰기 하우징 설계시 누설거리 등을 고려할 때 가장 적당한 값이기 때문이다. 국산소자의 경우 280V/mm 정도로 약간 낮은 값을 나타내었으며, 외산소자의 경우 330V/mm로 국산소자에 비해 높은 값을 나타내었다.

표 5. 산화아연소자의 제한전압 특성.

제조사	No.	제한전압	단위 두께당 제한전압
		[kV]	[V/mm]
국산	1	8.474	282.50
	2	8.523	284.10
A사	3	14.20	333.96
	4	14.19	333.73
B사	5	9.269	343.30
	6	9.299	344.41

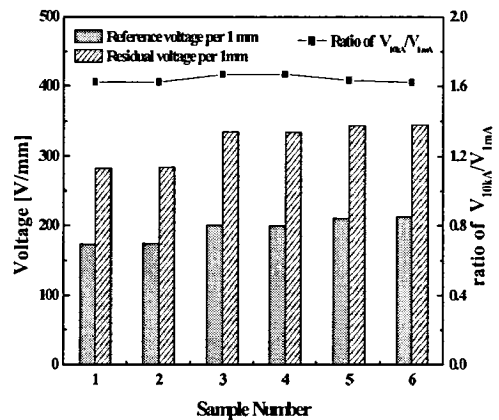


그림 3. 산화아연소자의 제한전압비.

한편 그림 3에는 표 4 및 5에서 나타낸 단위 두께당 동작개시전압과 제한전압을 그림으로 나타내었고, 이 두 값으로부터 구한 제한전압비를 함께 도시하였다. 표 4, 5 및 그림 3에서 알 수 있듯이 각 샘플들의 단위 두께당 동작개시전압과 제한전압은 제조사별로 각기 차이를 나타내고 있으나, 제한

전압비는 1.6 정도로 모두 동일한 특성을 나타내고 있다. 이것은 공칭방전전류 10kA 및 선로방전등급 3의 피뢰기에 적용하기 위해 피뢰기의 보호레벨 기준에 적합한 산화아연소자를 설계했기 때문이다.

4. 결론

본 논문에서는 고압피뢰기용 산화아연소자의 전기적 특성을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 제작된 국산 소자 및 비교를 위해 준비된 외산 소자는 공칭방전전류 10kA, 선로방전등급 3의 소자이다.
- 2) 샘플 소자들의 직경은 61~65mm 정도이며, 높이는 A사 제품이 42.52mm로 가장 컸다.
- 3) 단위 두께당 동작개시전압은 국산소자가 175V/mm 정도로 조금 낮은 값을 나타내었고, 외산소자는 약 200V/mm로 일반적인 값을 나타내었다.
- 4) 단위 두께당 제한전압 역시 동작개시전압과 같은 경향으로 국산소자는 외산소자에 비해 50V/mm 정도 낮은 값을 나타내었다.
- 5) 제작된 국산소자의 경우 동작개시전압과 제한전압을 현재값에 비해 조금 상승시킨다면, 외산소자와 비교하여 고압피뢰기에 충분히 적용 가능할 것으로 판단되며, 다양한 특성 분석을 위해 추가적인 시험을 진행 중에 있다.

참고 문헌

- [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] E. C. Sakshaug, "A brief history of AC surge arresters", IEEE Power Eng. review, No. 8, pp. 11-13, 1991.
- [4] T. Imai, T. Udagawa, H. Ando, Y. Tanno, Y. Kayano, and M. Kan, "Development of High Gradient Zinc Oxide Nonlinear Resistors and Their Application to Surge Arresters", IEEE Trans. PWRD, Vol. 13, No. 4, pp. 1182-1187, 1998.

- [5] S. Shirakawa, S. Yamada, S. Tanaka, I. Ejiri, S. Watahiki, and S. Kondo, "Improved Zinc Oxide Surge Arresters Using High Voltage Gradient 300 V/mm, 400 V/mm ZnO Elements", IEEE Trans. PWRD, Vol. 15, No. 2, pp. 569-574, 2000.
- [6] S. Boggs, J. Kuang, H. Andog, and S. Nishiwaki, "Increased Energy Absorption in ZnO Arrester Elements Through Control of Electrode Edge Margin", IEEE Trans. PWRD, Vol. 15, No. 2, pp. 562-568, 2000.