

배전급 피뢰기(18kV, 5kA)용 산화아연바리스타의 성능향상에 관한 연구

유덕선, 윤한수, 김석수, 최연규, 장성도
(주)APK, 한국전기연구원, 고려애자공업(주)

A Study on the Improvement of ZnO Varistor for Distribution Class Surge Arrester(18kV, 5kA)

Yoo Deok-Son, Yoon Han-Soo, Kim Suk-Soo, Choi Yeon-Gyu, Jang Sung-Do
APK, KERI

Abstract

A ZnO varistor with reference voltage 250V/mm was fabricated through the control of particle size in slurry and the variation of sintering conditions. It was found that to measure the flatness of the V-I characteristic curve in the small-current region and the flatness of the V-I characteristic curve in a large-current region was improved nonlinearity of the fabricated ZnO varistor. According to the IEC 60099-4 was measured the accelerated aging test and high current test of the distribution class surge varistor which is excellent in respect to the property of ZnO varistor.

Key Words : ZnO varistor, Surge arrester, Reference voltage, Residual voltage, High-current impulse current, Accelerated aging test

1. 서론

현재 국내의 산화아연바리스타 제조업체가 생산하고 있는 배전급(18kV, 5kA) 산화아연바리스타의 단위 두께당 동작개시전압은 약 200V/mm로 수입 산화아연바리스타의 단위 두께당 동작개시전압 250V/mm의 대략 80% 수준에 머물러 있다. 따라서 원부자재 비용이 20% 높아지고 소형 경량화 측면에서도 경쟁력을 갖추지 못하고 있다. 이같은 성능차이는 원료의 조성과 입도분포 등 성형공정 이전의 분말제조공정(RTP : Ready to Press)과 소성기술의 차이에 기인한다.

산화아연바리스타의 단위 두께당 동작개시전압을 높이면 과전압이 높아지므로 가혹한 조건에 견뎌야 한다. 따라서 산화아연바리스타의 비직선성, 즉, 평탄율을 낮추는 등의 방법을 채용하여 높은 과전압에서의 수명특성을 개선하는 것이 중요하다.¹⁾

본 연구에서는 산화아연바리스타의 비직선성의 개선을 위해 산화아연바리스타의 각종 원료의 미세화 및 그에 적합한 소성공정을 채택하여 단위 두께당 동작개시전압이 250V/mm인 산화아연바리스

타를 제작하였고, 배전급 피뢰기용(18kV, 5kA) 산화아연바리스타로의 적용 가능성을 확인하였다.

2. 실험

2.1 시료의 제작

시험시료는 비교를 위하여 단위 두께당 동작개시전압이 200V/mm인 시험시료 A와 단위 두께당 동작개시전압이 250V/mm인 시험시료 B 두가지로 제작하였다.

표 1의 조성비에 따른 원료에 유기첨가제 및 물을 첨가하여 습식 혼합한 슬러리를 스프레이드라이어로 열풍 건조하여 분말로 제조하였다.

표 1. 시험시료의 조성 (mol%).

ZnO	Sb ₂ O ₃	Bi ₂ O ₃	Co ₃ O ₄	Mn ₂ O ₃	ZrO ₂	B ₂ O ₃	NiO	SiO ₂	Al ₂ O ₃
95.7	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2	0.4

제조한 분말을 채가름하여 140 μ m이하의 것만을 사용해 지름 38mm, 높이 47mm, 중량 192g인 디스크형상으로 성형하였다.

제작한 성형품을 300~400 $^{\circ}$ C의 온도에서 유기물

을 태우고, 표 2와 같은 최고온도에서 소결 및 열처리하였다.

표 2. 시험시료의 소성조건.

	온도 [°C]	
	소결	열처리
시험시료 A	1100~1150	550~590
시험시료 B	1050~1100	550~590

소성한 시험시료의 상하면을 연마하고 알루미늄을 아르 용사하여 전극을 증착하였다. 대전류시험시 산화아연바리스타 측면의 섬락을 방지하기 위해 측면에는 절연체를 코팅하였다.

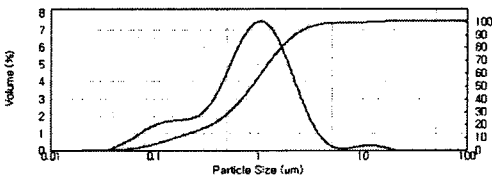
2.2 실험장치

입도분포의 측정은 Malvern사의 Hydro2000 시스템 및 Mastersize2000 프로그램을 사용하였다.

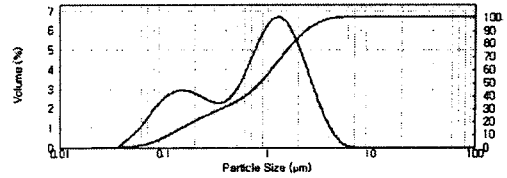
산화아연바리스타의 저전류영역에서의 특성을 확인하기 위한 100 μ A와 1mA에서의 전압 측정은 압전고전압연구소(일본)의 DC Tester(50K1M4RC)를 사용하였다. 8/20 μ s, 5kA인 충격전류에서의 제한전압 측정 및 4/10 μ s, 65kA인 대전류충격 인가시험은 태양에너지연구소에서 제작한 써지발생기(Surge Generator)를 이용하였다. 또한 가속수명시험에서 저항분 누설전류 및 전력손실의 측정은 일본계측기제작소의 LCD-4를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 분쇄 및 혼합 후에 측정된 시험시료 A와 시험시료 B의 입도분포 그래프이다. 시험시료 A에 비해 시험시료 B의 슬러리에 분포되어 있는 입자들이 대략 9~11 μ m 정도로 미세화되어 있음을 확인 할 수 있다.



(a) 시험시료 A의 슬러리 입도분포



(b) 시험시료 B의 슬러리 입도분포

그림 1. 시험시료 제작용 슬러리의 입도 분포 그래프.

그림 2는 산화아연바리스타의 전형적인 전압-전류특성 그래프이다. 그림의 "L" 영역은 입계에서 쇼트키장벽에 의해 전류가 억제되는 영역(전류는 100 μ A), "S" 영역은 인가전압의 증가에 따라 저항이 급격히 낮아져 입계면을 통해 터널전류가 흐르는 영역(전류는 1mA), 그리고 "H" 영역은 산화아연 입자 자체의 저항에 의해 전압-전류특성이 결정되는 영역(전류는 5kA)이다.

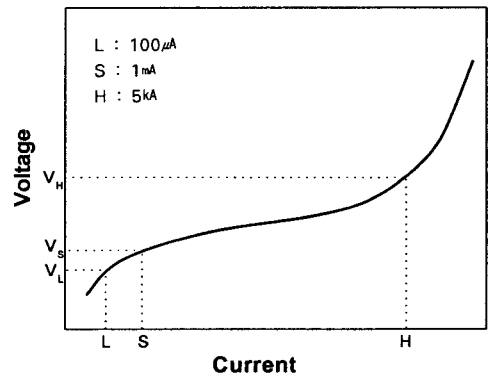


그림 2. 산화아연바리스타의 전압-전류특성.

100 μ A에서의 전압 V_L 와 1mA에서의 전압 V_S (동작개시전압)의 비 V_S/V_L 를 소전류영역에서의 평탄비라 하고 1mA에서의 전압 V_S 와 5kA에서의 전압 V_H (제한전압)의 비 V_H/V_S 를 대전류영역에서의 평탄비라 한다. 소전류영역에서의 평탄비 V_S/V_L 는 과전수명의 평가 수단으로 그리고 대전류영역에서의 평탄비 V_H/V_S 는 대전류특성의 평가 수단으로 활용한다.²⁾

표 3. 시험시료의 특성값 비교.

	V_L [kV]	V_S [kV]	V_H [kV]	V_S/V_L	V_H/V_S
시험시료 A	7.18	7.5	14.25	1.045	1.9
시험시료 B	9.62	10.0	17	1.040	1.7

표 3은 시험시료에 대해 100 μ A, 1mA, 5kA에서의 전압을 측정하여 계산한 평탄비이다. 앞에 언급한 바와 같이 고과전율을 갖는 산화아연바리스타 개발의 중요점은 저전류 영역에서 평탄율을 낮추는 것이다. 또한 대전류충격 방전내량의 향상은 대전류영역에서의 평탄율을 낮춤으로서 가능해진다. 표 3의 결과와 같이 시험시료 B의 경우 시험시료 A에 비해 V_S/V_L 및 V_H/V_S 이 모두 저감되어 있음을 확인할 수 있다.

산화아연바리스타의 시험 규격인 IEC 60099-4에 따르면 115 $^{\circ}$ C의 온도에서 최대연속운전전압(MCOV:Maximum Continuous Operating Voltage)의 전압을 1000시간 동안 인가하는 장시간 가속수명시험과 정격 및 최대연속운전전압인 상용주파전압이 인가된 상태에서 대전류충격을 2회 인가하여 열폭주를 확인하는 시험을 통해 성능을 검증하도록 규정하고 있다.³⁾ 따라서 제작된 시험시료 B에 대해 상기의 시험을 실시하여 성능을 확인하였다.

산화아연바리스타의 과전수명은 소성시 냉각속도에 의해 좌우되며 금속산화물의 기상-액상-고상의 변화양상이 중요하다. 냉각 속도에 의해 입방정계인 ν -Bi₂O₃상이 함유되어 있는 입계층이 형성되어 고수명의 산화아연바리스타로 된다.⁴⁾ 그림 3은 시험시료 B를 115 $^{\circ}$ C인 항온조내에 설치하고 최대연속운전전압인 5.1kV를 1000시간 동안 인가하면서 저항분 누설전류에 의한 전력손실(Wattloss)을 측정된 결과이다. ν -Bi₂O₃상이 형성되어 있는 고수명 산화아연바리스타에서 관측할 수 있는 시간의 변화에 따라 전력손실이 감소하는 특성이 나타나고 있다.

산화아연바리스타의 또 다른 중요특성 중 하나는 대전류특성이다. 규격에는 정격 및 최대연속사용전압인 상용주파전압을 인가하면서 동시에 4/10 μ s, 65kA 대전류충격을 2회 인가하여 열폭주의 여부를 확인할 수 있으나 본 연구에서는 상용주파전압을 인가하는 대신 시험 전후에 8/20 μ s, 5kA 충격전류에서 제한전압을 측정하여 그 변화율로 성능을 확인하였다. 표 4는 시험시료 B에 4/10 μ s, 65kA 대전류충격을 2회 인가한 후 다시 8/20 μ s, 5kA

충격전류에서의 제한전압을 측정된 결과이다. 대전류충격 인가 전후의 제한전압 변화율이 4.1%인 우수한 특성을 확인하였다.

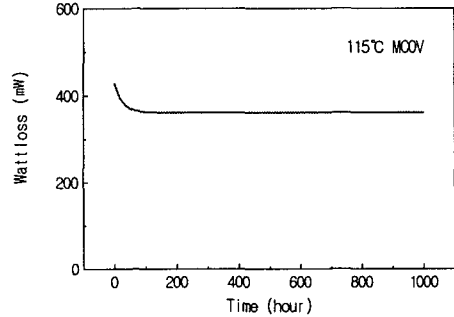


그림 3. 개발시료 B의 가속수명특성.

표 4. 대전류충격 인가 전후의 제한전압 측정값;

제한전압(kV)		변화율(%)
인가전	인가후	
17.0	17.7	4.1

4. 결 론

산화아연바리스타 원료의 미세화 및 그에 따른 소성공정 조건의 변경을 통하여 고과전율에서 장시간수명특성 및 대전류 방전내량이 우수한 단위 두께당 동작개시전압 250V/mm의 배전급 피뢰기(18kV, 5kA)용 산화아연바리스타를 개발하였다.

참고 문헌

- [1] “酸化亞鉛素子の新適用技術動向”, 日本電氣學會技術報告579, 1996
- [2] Naomi Furuse et al., “Electrical resistance element exhibiting voltage nonlinearity characteristic and method of manufacturing the same”, United States Patent No.5,807,510, p9~10, 1998.
- [3] “Part4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems”, IEC60099-4, 1998.
- [4] 白川晋吾 外, “酸化亞鉛刑避雷器素子の高性能化”, 日本電氣學會研究會SP-92-2, 1992