

ZnO 바리스터 소자의 장시간 방전내량 특성

조한구*, 윤한수*, 김석수*, 한세원*, 유근양**, 이용순**
 한국전기연구원*, (주)평일**

Long Duration Withstand Current Characteristics of ZnO Varistors

Han-Goo Cho, Han-Soo Yoon, Suk-Soo Kim, Se-Won Han, Yong-Sun Lee and Kun-Yang Yu,
 KERI, PYUNGILI Co., Ltd

Abstract : This paper describes the long duration withstand current characteristics of ZnO varistors. Two ZnO varistors were manufactured with general ceramic production methods and three abroad varistors were also prepared to be compared. During long duration withstand test, sample 1 was destroyed at 4th impulse current but the rest passed test. Before and After the test, the residual voltage variation of varistors passed was below 5%. According to the test results, it is thought that the manufacturing process such as insulating coating, sintering condition and soldering method should be improved.

Key Words : Long duration withstand test, Varistor, Residual voltage, Soldering method

1. 서 론

발변전소용 및 송전선로용 피뢰기에 적용되는 ZnO 소자는 배전용에 비해 적용선로의 환경이 가혹해짐에 따라 ZnO 소자는 더 큰 에너지 내량을 필요로 하게 된다. 이와 같이 ZnO 소자의 에너지 내량을 증가시키기 위해서는 ZnO 결정립의 균일화와 같은 세라믹적 특성의 개선과 함께 전극의 형상이나 절연코팅기술 또한 중요한 역할을 하게 된다.[1-3] 현재 국내의 ZnO 소자 기술은 선진국에 비해 상당히 뒤쳐져 있으며, 소자 제작업체도 거의 없어 배전용 소자조차도 대부분 수입해서 사용하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 공칭방전전류 10kA(8/20 μ s), 선로방전등급 3의 피뢰기에 적용 가능한 ZnO 소자를 직접 제작하고 장시간 방전내량 특성을 관찰하여 기존 제품과 비교 분석하였다.

2. 실험

2.1 ZnO 소자의 제작

표 1과 같은 원료 조성식에 따라 먼저 주원료 ZnO 및 Bi₂O₃, Sb₂O₃ 및 Co₃O₄ 등의 첨가물들을 각각 칭량하였다. 칭량된 ZnO와 첨가물들은 각각 4시간 및 24시간 동안 불말한 후, 다시 혼합하여 18시간 동안 불말하였다. 습식으로 분쇄 및 혼합된 원료 슬러리를 스프레이 드라이어로 분무 건조하여 조립화하였다. 건조된 원료 분말은 separator를 이용하여 입자 사이즈 150 μ m 이하로 분급하였고, 이 후 성형압력 800kg/cm²으로 높이 36mm로 성형하였다. 성형된 ZnO 소자들은 터널 전기로에서 소성한 후

연연코팅 및 전극처리를 통해 최종 ZnO 바리스터 소자로 제작되었다.

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

2.2 장시간 방전내량 시험

피뢰기에 적용되는 ZnO 소자의 장시간 방전내량시험은 보통 공칭방전전류 2.5kA 및 5kA 피뢰기용 소자에 대해서는 시험전류 및 인가시간이 규격에 정해져 있으나, 공칭방전전류 10kA 이상의 중책무 피뢰기용 소자에 대해서는 개폐충격제한전압을 측정하여 ZnO 소자에 유입되는 에너지를 식 1)에 의해 계산한 후 계산된 에너지 이상을 소자에 3회 6군으로 총 18회 인가하도록 규정하고 있다.[4]

$$W=U_{res}(U_L-U_{res})\cdot I/Z\cdot T \dots\dots\dots 1)$$

여기서, U_{res}는 낮은 전류에서 측정된 개폐충격제한전압 측정치이며, 그 외 파라미터들은 표 2와 같이 규격에 명시되어 있다. 한편 장시간 방전내량시험 전·후에 제한전압을 측정하여 변화율이 5%이내일 때 시험을 통과한 것으로 규정하고 있다. 시험은 직접 제작된 국산 소자 2개와 외산소자 3개에 대해 시행하였으며, 그 구성을 표 3에 나타내었다.

표 2. 장시간 방전내량시험 파라미터.

공칭방전전류	10 kA
선로방전등급	3
선로의 서지 임피던스 Z(Ω)	1.3 U_r
규약 파괴 지속 시간 T(μ s)	2400
충전전압 U_L (kV _{dc})	2.8 U_r

표 3. 시험시료의 구성.

시료 No.	국산		A사		
	1	2	3	4	5
직경	65.0 mm		61.6 mm		
높이	30.0 mm		27.0 mm		

3. 결과 및 고찰

표 4에 장시간 방전내량시험을 시행하기에 앞서 장시간 방전내량시험시 소자에 유입되는 에너지를 계산하기 위해 개폐서지제한전압시험을 시행하여 전류에 대한 측정값과 계산된 에너지를 나타내었다. 국산소자의 경우 정격전압이 3.6kV이며, 외산소자의 경우 4.0kV로 표 4와 같이 국산소자 시료 1, 2가 조금 낮은 제한전압값을 나타내었다.

표 4. 개폐서지제한전압 및 유입된 에너지.

No.	250A	1000A	유입된 에너지
1	6.718kV	7.195kV	11.583kJ
2	6.773kV	7.244kV	11.486kJ
3	7.533kV	7.976kV	12.749kJ
4	7.538kV	8.009kV	12.740kJ
5	7.571kV	8.023kV	12.680kJ

표 5. 개폐서지제한전압 및 유입된 에너지.

No.	시험전	시험후	변화량	비고
1	8.477kV	-	-	4회 파괴
2	8.518kV	8.522kV	0.05%	양호
3	9.068kV	9.193kV	1.38%	양호
4	9.305kV	9.419kV	1.23%	양호
5	9.024kV	9.171kV	1.63%	양호

계산된 에너지를 바탕으로 약 600A (2400 μ s) 정도의 방형파 전류 서지를 소자에 3회 6군 인가하였으며, 일반적으로 공칭방전전류 2.5kA 및 5kA의 피뢰기 시험시 전류 및 지속시간이 각각 50A(500 μ s)와 75A(1000 μ s) 임을 감안하면 상당히 큰 전류 스트레스인 것을 알 수 있다. 국산소자 1의 경우 총 18회 중 4회 인가시에 소자가 스트레스를 견

디지 못하고 파괴되었으며, 국산소자 2와 외산소자들은 모두 18회의 시험 동안 파괴되지 않았다. 장시간 방전내량시험이 종료된 시료들은 제한전압을 다시 측정하였는데, 그 결과를 표 5에 나타내었다. 시험 전·후의 제한전압 변화율은 모두 5% 이하로 나타났으며, 국산소자 2는 0.05%로 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 한편 국산소자 1의 경우 내부에 기공과 같은 제조공정 중에 발생한 결함이 존재했던 것으로 생각되었다.

일반적으로 ZnO 소자의 에너지 내량을 증가시키기 위해서는 균일한 결정립 사이즈와 기공 사이즈 및 분포를 적게 해야 한다. 이와 더불어 전극처리 방법도 개선해야 하는데 border 전극에 비해 full-face 전극이 에너지 내량이 크다고 보고되고 있다.[3] 제작된 국산소자의 경우 전극 edge와 소자 edge 사이에 1mm 정도의 여유가 있는 border 전극이었으며, 외산소자의 경우는 여유가 거의 없는 full-face 전극이었다. 또한 제작된 ZnO 소자들간의 특성 편차가 거의 없는 균일한 제품을 제작하기 위한 공정 개선이 필요할 것으로 생각되었다.

4. 결론

본 연구에서는 공칭방전전류 10kA(8/20 μ s), 선로방전등급 3의 피뢰기에 사용되는 ZnO 소자를 직접 제작하고 장시간 방전내량시험을 실시하여 기존 제품과 특성을 비교한 결과는 다음과 같다.

- [1] 국산소자와 외산소자의 직경은 각각 65.0mm와 61.6mm였으며, 높이는 각각 30.0mm와 27.0mm였다.
- [2] 장시간 방전내량시험 동안 국산소자 1은 4회에서 소자가 파괴되어 시험을 통과하지 못하였으며, 국산소자 2와 외산소자는 18회 동안 소자에 고장이 발생하지 않았다.
- [3] 장시간 방전내량시험 전·후의 제한전압 변화율은 시험을 통과한 모든 소자가 5% 이내로 허용 기준 내에 있는 것으로 나타났다.

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] 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.
- [4] IEC 60099-4 "Metal Oxide Surge Arresters without Gaps for A.C. System", 2001.