

피뢰기의 ZnO 소자 성능평가 분석

김석수 · 김경운 · 박영창 · 조한구* · 박태곤** · 송일근 · 김주웅***
 한국전기연구소* , 창원대학교 전기전자제어공학과** , 전력연구원***

Performance Evaluation and Analysis of ZnO Element for Distribution Line Arresters

S.S. Kim · K.U. Kim · Y.C. Park · H.G. Cho* · T.G. Park** · I.G. Song · J.Y. Kim***
 KERI* , Changwon Univ** , KEPRI***

Abstract - Metal oxide surge arrester were developed in the late 1970s, and were immediately adopted as significant breakthrough in over voltage protection of power system. Work was continued throughout the world on the design, development and application of metal oxide surge arrester. This paper describes the evaluating test and results of practical use for analyzing the performance of gapless metal oxide surge arresters under various type test. In the result, ZnO element exhibited badness rate of 6.95 percent.

1. 서 론

전력계통에서 피뢰기는 뇌서어지 및 개폐서어지에 의한 스트레스뿐만 아니라 상시 상용 전원에 노출되어 있어 미소한 누설전류가 항상 흐르게 된다. 피뢰기의 특성을 좌우하는 산화아연(ZnO)소자는 이 누설전류에 의하여 소자가 발열하게 되고 소자의 발열량과 피뢰기의 방열량이 평형을 이루면 피뢰기는 일정 온도에서 안정을 이루지만, 발열량이 방열량보다 큰 경우에는 소자의 온도는 상승하고, 소자의 저항 또한 온도 상승에 따라 감소하게 되어 저항분 누설전류는 증가하게 된다. 이 누설 전류의 증가로 피뢰기는 과열되어 열폭주에 이르게 된다. 특히 피뢰기 열화에 직접적인 영향을 미치는 저항분 전류는 시간이 흐름에 따라 증가하는 것으로 알려져 있어 열화진단에 중요한 요소이다.

따라서 본 연구에서는 실제 배전 선로에 사용되고 있는 피뢰기를 각 제조업체별로 수

거하여 대전류동작채무시험, 복합동작안정도 시험, 장시간충격전류시험, V-I특성시험을 실시하여 산화아연(ZnO)소자에 대한 성능확인 과 열화 상태를 평가하고자 한다.

2. 성능평가

2.1 시료 준비

본 시험에서 사용한 시험품명 및 정격은 배전용 피뢰기 18kV 2500A(gapless type)이며, 시험품 수량을 표 1에 나타내었다. 시험품은 실 선로에 설치운전중이거나, 설치 대기중인 제품을 무작위 발채하였고, 경년 변화에 따른 품질 변화 유·무를 확인하기 위하여 제조업체별로 사용기간에 따라 수량을 적절히 분배하여 발채하였으며, ZnO 소자시험 시료는 업체별/연도별 3대씩 15대를 발채하였으며 A사는 신품 시료가 없으므로 12대로 시험하였으며, 피뢰기 상부로부터 첫 번째 소자로는 복합동작안정도시험 두 번째 소자로 대전류동작채무시험, 3번째 소자로 V-I특성 시험 4번째 소자로 장시간충격전류시험 시료로 사용하였다.

표 1 사용 연도별 시료수량 내역

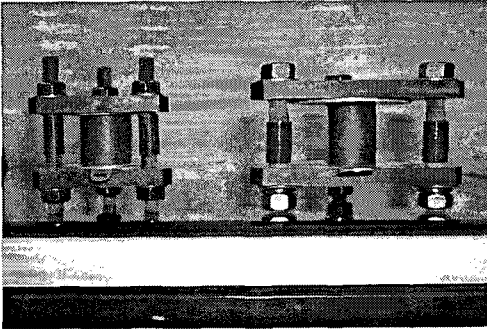
제작회사 연도	A	B	C	D	E	계
90-91	10(3)	11(3)	9(3)	7(3)	5(3)	42(15)
92-93	7(3)	4(3)	4(3)	10(3)	6(3)	31(15)
94-95	10(3)	14(3)	10(3)	10(3)	10(3)	54(15)
96-97	11(3)	9(3)	10(3)	10(3)	12(3)	52(15)
신 품	-	10(3)	10(3)	10(3)	10(3)	40(12)
계	38(12)	48(15)	43(15)	47(15)	43(15)	219(72)

* ()의 숫자는 소자시험에 발채된 수량임.

2.2 시험기준

시험기준은 ES 153-261-283(1998. 6.)의 인정시험을 기준으로 하였으며, 소자의 특성시험을 위하여 완제품 파괴기를 해제하였을 때 소자의 오손을 최대한 줄이기 위해 해제된 소자를 지그에 조립한 후 오븐에 건조시킨 후 시험하였다.

그림 1 지그에 조립된 ZnO 소자 사진



2.3 시험항목별 시험방법 및 기준

뇌충격제한전압시험은 8/20 μ s, 2.5kA의 공칭방전전류를 인가하여 파괴기 양 단자간의 측정전압이 65kV 이하이어야 한다. 대전류동작채무시험은 4/10 μ s 25kA의 충격전류를 2회 ZnO 소자에 인가한 후, 상용주파전압을 인가하여 인가시간(30분) 동안 열적 안정을 가져야 하고, 시험 전·후의 제한전압 변화율이 10% 이내 이어야 하며, 소자의 관통, 섬락 및 균열 등의 손상이 없어야 한다. 복합동작안정도시험은 JEC-217(1984)에 따라 test 1~4 시험을 실시하며, test 1은 소자를 항온조에 넣고 115 \pm 4 $^{\circ}$ C에서 연속 사용전압의 1.05배 전압을 70시간 동안 인가하여 소자를 열화시킨 후 test 2 시험을 실시하며, test 2는 소자에 4/10 μ s, 25kA의 충격전류를 5분 간격으로 2회 인가한 후 소자를 냉각시키고 test 3 시험을 실시한다. test 3은 소자에 500 μ s, 50A의 구형파 전류를 2분 간격으로 2회 인가한 후 상용주파전압 E1(소자 정격전압) 10초, E3(연속사용전압의 1.05배 전압) 30분간 인가하고 소자를 다시 냉각시킨 후 test 4 시험을 실시한다. test 4는 E2(소자 정격전압의 1.06배 전압) 10초, E3(연속사용전압의 1.05배 전압) 30분간 인가한 후 소자를 냉각시켜 뇌충격제한전압을 측정하여 시험 전·후의 제한전압 변화율이 10% 이내 이어야 하며, 소자에 관통, 섬락 및 균열 등의 손상이 없어야

한다. test 3 및 test 4 시험에서 상용주파전압 인가시간동안은 열적 안정을 가져야 하고, 소자의 관통, 섬락 및 균열 등의 손상이 없어야 한다. 장시간충격전류시험은 500 μ s, 50A 이상의 구형파 충격전류를 3회씩 6그룹으로 18회 인가한다. 성능평가는 시험 전·후의 제한전압 변화율이 10% 이내 이어야 하며, 소자의 관통, 섬락 및 균열 등의 손상이 없어야 한다. V-I 특성시험은 저 전류에서는 직류내전압시험기로 측정하고 수 십 암페어 이상의 전류에서는 충격전류(8/20 μ s)로 시험하고 Curve로 작성하였다.

3. 결과 및 고찰

표 2는 시험품의 업체별 뇌충격제한전압 시험 결과를 나타내며, 그림 2는 측정된 뇌충격제한전압의 분포 범위 나타낸 것이다.

표 2 뇌충격제한전압시험 결과

제작 회사	수량	뇌충격제한전압 측정치 (kV)			불량 수량
		최고치	최저치	개발시험치	
A	16	52.1	41.8	47.6	0
	22	53.6	48.4	57.6	0
B	15	53.6	51.4	51.0	1
	5	49.1	47.0	49.2	0
	1	41.8	41.8	45.6	0
	8	52.1	50.6	-	-
C	10	49.1	47.0	54.3	0
	38	55.8	44.8	55.5	0
	2	48.4	47.7	56.5 참고시험	0
D	3	47.7	46.2	-	0
	47	50.6	46.2	50.1	0
E	43	49.9	46.9	48.0	0

그림 2 뇌충격제한전압 분포

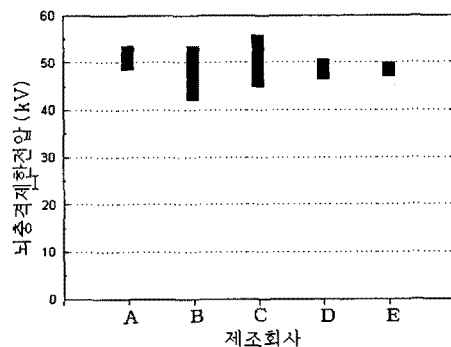


표 2에 나타난 뇌충격제한전압시험에서는 5개 업체 중 B사 제품에서 1대가 불량으로 나타났다. 이것은 피뢰기의 내부흡습 또는 경년에 의한 연면섬락으로 판단된다. 뇌충격제한전압시험이 현행 ES 153의 검수시험에서는 요구시에 실시하도록 되어 있으나 IEC 60099-4에서는 Routine test와 Acceptance test에서 실시하도록 되어 있음을 감안하여 추후 검사시험에서의 실시여부를 검토하여야 할 것으로 판단된다.

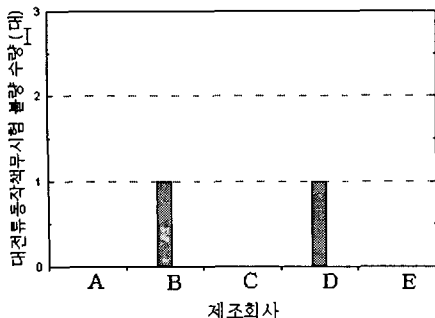
대전류동작책무시험에서는 B와 D사의 제품에서 2대가 불량으로 나타났으며 내부흡습 및 경년에 의한 연면섬락이 그 원인으로 추정되며, 불량소자(6 kV)의 경우 양단간의 분담전압에 비해 절연거리가 짧기 때문에 약간의 흡습에도 연면섬락 등의 원인이 될 수 있으므로 조립 등의 취급에 많은 주의를 요한다.

표 3은 업체별 대전류동작책무시험 결과를 나타내며 그림 3은 대전류동작책무시험에서의 불량수량 분포를 나타낸 것이다.

표 3 대전류동작책무시험 결과

제작 회사	제작연도					불량 수량
	90-91	92-93	94-95	96-97	신 품	
A	이상 없음	이상 없음	이상 없음	이상 없음	이상 없음	0
B	이상 없음	이상 없음	1대 불량	이상 없음	이상 없음	1
C	이상 없음	이상 없음	이상 없음	이상 없음	이상 없음	0
D	1대 불량	이상 없음	이상 없음	이상 없음	이상 없음	1
E	이상 없음	이상 없음	이상 없음	이상 없음	이상 없음	0

그림 3 대전류동작책무시험 불량 분포



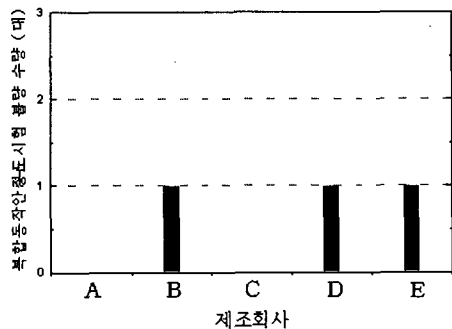
복합동작안정도시험에서는 B, D, E사의 제품에서 각각 1대씩 불량으로 나타났으며, B와 D사의 제품은 내부흡습 또는 경년에 의한 연면섬락으로 판단되며, E사의 제품은 대전류충격시험중 단로기가 동작하였다.

표 4는 업체별 대전류동작책무시험 결과를 나타내며 그림 4는 대전류동작책무시험에서의 불량수량 분포를 나타낸 것이다.

표 4 복합동작안정도시험 결과

제작 회사	제작연도					불량 수량
	90-91	92-93	94-95	96-97	신 품	
A	이상 없음	이상 없음	이상 없음	이상 없음	이상 없음	0
B	이상 없음	이상 없음	1대 불량	이상 없음	이상 없음	1
C	이상 없음	이상 없음	이상 없음	이상 없음	이상 없음	0
D	이상 없음	1대 불량	이상 없음	이상 없음	이상 없음	1
E	이상 없음	이상 없음	이상 없음	1대 불량	이상 없음	1

그림 4 복합동작안정도시험 불량 분포



장시간충격전류시험에서는 5개사 제품 모두가 양호하였으며, ZnO 소자의 V-I특성시험은 참고로 실시하였다.

그림 5는 C사의 정격전압이 다른 2종류의 소자에 대한 V-I특성을 Curve로 작성하였으며, 그림 6은 E사의 동일한 정격전압 1종류에 대한 V-I특성을 Curve로 작성하였다.

그림 5 ZnO 소자의 V-I 특성 Curve

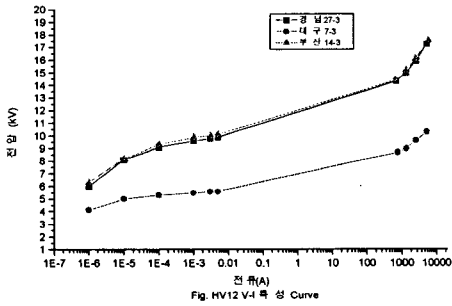


그림 6 ZnO 소자의 V-I 특성 Curve

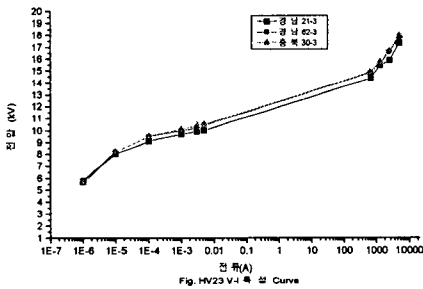


그림 5 와 그림 6에서 ZnO 소자의 정격전압에 따른 V-I 특성의 차이를 나타내고 있으며, 시험중 소자가 소손 되거나 이상 Curve를 나타낸 시료는 없었다.

4. 결 론

본 논문에서는 각 업체별로 배전선로에 사용중인 피뢰기에서 ZnO 소자를 발췌하여 이상과 같은 성능확인시험을 거쳐 평가하였으며, 시험항목별 불량률을 표 6에 나타내었으며 종합적인 결론은 다음과 같다.

- 1) 피뢰기의 특성요소(ZnO 소자)의 수입선 변경에 따라 설계변경이 많았으며, 이는 품질관리에 나쁜 영향을 줄 수 있으므로 지양하는 것이 바람직하다고 생각된다.
- 2) 성능검증 절차 없이 소자 변경 사용(2건)등은 제품의 성능에 직접적인 영향을 줄 수 있으므로 지양하여야 한다.
- 3) 지속적인 품질유지를 위하여 ES(한전 구매시방)와 IEC 60099-4와 비교 검토하여 규격의 개선을 검토할 필요가 있는 것으로 판단된다.

- 4) 대부분의 불량요인이 기밀을 유지시켜 주는 상·하부 캡의 가스켓 또는 O-ring이 경년에 따른 기능상실로 습기 침투에 따른 결함으로 판단되므로, 피뢰기가 완전한 기밀구조를 갖도록 가스켓 및 O-ring의 재질 과 조립공정의 개선이 이루어져야 한다.
- 5) 불량률이 6.95%로 높다고 판단되므로 제조회사에서는 품질에 대한 중요성의 인식제고와 지속적인 품질관리 및 유지가 필요한 것으로 판단되었다.

표 5 시험항목별 불량률

시험항목	시험수량 (대)	불량수량 (대)	불량률 (%)
1. 대전류동작채무시험	72	2	2.78
2. 복합동작안정도시험	72	3	4.17
3. 장시간충격전류시험	42	0	0
불량률(%)	72	5	6.95

[참 고 문 헌]

- [1] Jeffrey J. Kester et al, "Multistress Aging Tests of Polymer Housed Surge Arrester," IEEE Trans. Power Deliv., Vol. 13, No. 2, April 1998.
- [2] 한국전력공사, "전력용 피뢰기," ES-153-261-283, 1998.
- [3] 電氣學會規格, "酸化亞鉛形 避雷器," JEC-217, 1884.
- [4] 대한전기학회 하계학술대회논문집, "전력용 피뢰기의 성능평가시험과 평가분석," 1999. 7.
- [5] Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems, IEC 60099-4, 1998. 8.