

발변전급 피뢰기용 산화아연소자의 AC 가속열화특성

조한구, 윤한수, 김석수, 한동희
한국전기연구원

AC Accelerated Ageing Characteristics of Zinc Oxide Varistors for the Station Class Lightning Surge Arresters

Han-Goo Cho, Han-Soo Yoon, Suk-Soo Kim, Dong-Hee Han
KERI

Abstract : This paper describes the AC accelerated ageing characteristics of zinc oxide varistors for the station class lightning surge arresters. ZnO varistors whose rated voltage were 3.27kV, 4.00kV, and 6.00kV were manufactured with general ceramic production methods. The power loss of sample A varistors rapidly increased and eventually showing the thermal run-away, but sample B and sample C varistors exhibited negative creep phenomena in power losses during the test.

Key Words : Accelerated ageing test, Varistor, Power loss, Surge arrester

1. 서론

피뢰기에 사용되는 산화아연소자는 이전에 사용되던 탄화규소 소자와 비교하여 우수한 비직선성을 가지고 있어 직렬갭(Series Gap)의 사용이 불필요하므로 Gapless 피뢰기를 제작할 수 있기 때문에 피뢰기를 더욱 콤팩트화 할 수 있게 되었다.[1, 2] 그러나 피뢰기가 선로에 적용되면 상시 인가전압에 산화아연소자가 점차적으로 열화되는 약점을 가지고 있으며, 다양한 연구를 통해 산화아연소자의 AC 열화성능을 개선하여 왔다.

본 연구에서는 발변전급 피뢰기에 적용 가능한 산화아연소자를 정격전압을 달리하여 제작하였으며, IEC 60099-4 피뢰기 국제 규격을 기초로 AC 가속열화특성을 조사하여 발변전급 피뢰기용 소자로의 장기 신뢰성에 대하여 검증하고자 하였다.

2. 실험

2.1 ZnO 소자의 제작 및 시료구성

산화아연소자는 일반적인 세라믹 제조공정으로 제작되었으며, 제작된 소자의 사양은 공칭방전전류 10kA, 선로방전등급 3의 소자이다. 또한 소자의 정격전압을 달리하기 위해 온도 조건 및 성형조건을 변화시켰으며, 최종 제작된 산화아연소자의 사양은 표 1과 같다.

표 1. 시료의 구성

시 료	A	B	C
직 경	65.0 mm	61.6 mm	62.2 mm
높 이	27.5 mm	27.0 mm	42.5 mm
정격전압	3.27 kV	4.00 kV	6.00 kV

2.2 AC 가속열화시험

피뢰기에 적용되는 ZnO 소자의 AC 가속열화시험은 일반적으로 동작책무 시험시 적용하게 될 보정 정격전압 및 보정 연속운전전압을 결정하기 위해 실시되지만 본 연구에서는 가속열화시험에 대해서만 시험을 실시하였다. 일반적으로 가속열화시험은 시간, 온도, 전압의 세가지 스트레스에 의해 ZnO 소자를 열화시키게 되는데 그 조건은 표 2와 같다.

표 2. 가속열화시험 조건

항목	시간	온도	인가전압
특성값	1000 h	115 °C	보정 연속운전전압

한편 보정 연속운전전압은 식 (1)에 의해 적용되는 피뢰기의 길이에 대한 과전압 배수를 고려하고 있다.

$$U_{cr} = U_c(1 + 0.15H) \text{ ----- 1)}$$

여기서, U_{cr} 는 보정연속운전전압, U_c 는 연속운전전압 및 H 는 피뢰기의 높이이다.

3. 결과 및 고찰

제작된 ZnO 소자의 보정연속운전전압은 표 3과 같다. 보정연속운전전압에서 차이가 있는 것은 표 1과 같이 정격전압의 차이에 의한 것으로 과전압 배수는 동일하게 적용되었다. 또한 가속열화시험에 앞서 각 시료소자들의 동작개시전압을 DC 1mA에서 측정하였으며, 그 측정값을 표 4에 나타내었다. 초기 측정이 끝난 소자들은 AC 가속열화

시험을 수행하였으며, 시간에 따른 전력손실을 그림 1-3에 나타내었다. A 소자의 경우 시험 시작부터 급격한 전력손실 증가를 나타내었으며, 100시간 후에는 열폭주 현상이 발생하여 시험을 종료하게 되었다. B 소자의 경우 100시간까지는 서서히 감소하다가 200시간 이후에는 서서히 증가하였지만 그 증가폭은 크지 않았으며, 1000시간 후에는 초기값보다 약간 증가한 상태였다. 한편 C 소자의 경우 100시간까지는 전력손실이 급격하게 감소하였으며, 그 이후에는 시험이 종료될 때까지 서서히 감소하는 경향을 나타내어 세 제품 가운데 가장 우수한 특성을 나타내었다.

표 3. 제작된 ZnO 소자의 보정연속운전전압

	A	B	C
보정연속운전전압	2.89 kV	3.53 kV	5.30 kV

표 4. 제작된 ZnO 소자의 초기 동작개시전압

	A	B	C
1	4.77 kV	5.64 kV	8.52 kV
2	4.94 kV	5.68 kV	8.50 kV
3	4.94 kV	5.74 kV	8.47 kV

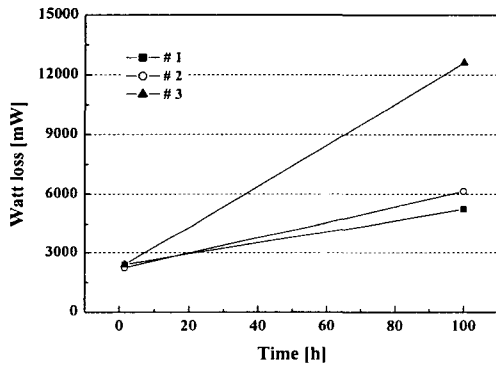


그림 1. A 소자의 가속열화시험 동안의 전력손실

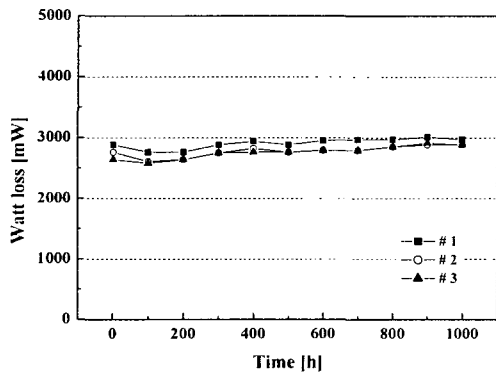


그림 2. B 소자의 가속열화시험 동안의 전력손실

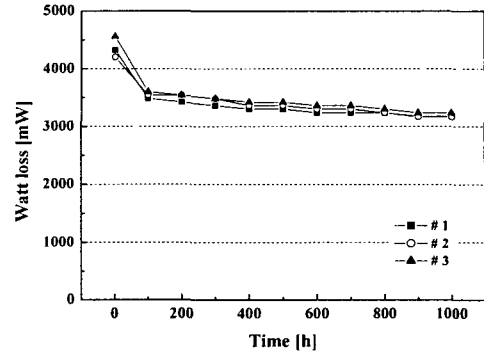


그림 3. C 소자의 가속열화시험 동안의 전력손실

표 5. 제작된 ZnO 소자의 가속열화시험후 동작개시전압

	A	B	C
1	4.64 kV	5.56 kV	8.61 kV
2	4.75 kV	5.62 kV	8.59 kV
3	4.75 kV	5.60 kV	8.48 kV

한편 가속열화시험 후의 동작개시전압 측정값을 표 5에 나타내었다. A 소자가 가장 큰 폭으로 감소하였으며, B 소자는 약간의 감소를 나타내었다. C 소자의 경우 가속열화시험 후에 동작개시전압이 조금 상승한 것으로 나타났다. A 소자의 열폭주 현상은 시험 종료 후 실시한 SEM 분석에서 A 소자가 전체적으로 기공의 분포가 가장 많았으며, 이로 인해 유효 입계면적의 감소에 기인하는 것으로 판단되었다. 이와 같이 유효 입계면적이 작다는 것은 전류 경로가 한정된다는 의미로 가속열화시험 동안에 소자의 온도가 더 높아지는 단점을 가지게 된다.

4. 결론

본 연구에서는 발변전급 피뢰기용 ZnO 소자의 AC 가속열화 특성을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- [1] A 소자는 시험 시작에서 부터 전력손실이 급격하게 증가하여 100시간 이후에 열폭주 현상이 발생하였다.
- [2] B 소자의 경우 시험 초기 전력손실이 조금 감소한 후 서서히 증가하기 시작하여 시험 종료 시점에서는 초기값보다 조금 높은 값을 나타내었다.
- [3] C 소자의 경우 시험 초에 급격한 전력손실 감소가 있었으며 그 후 계속적으로 서서히 감소하는 특성을 나타내었다.

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.