

폴리머 피뢰기의 구조에 따른 온도와 누설전류 특성

조한구, 이운용, 김하나

한국전기연구원

Temperature and Leakage Current Characteristics with Structure of Polymeric Surge Arresters

Han-Goo Cho, Un-Yong Lee, Ha-Na Kim

Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract : This paper presents the temperature characteristics with the structure of 18 kV surge arresters for distribution system. Three types of polymer arrester were fabricated and a ceramic arrester was also prepared to investigate. Below 100°C, three types of polymeric arresters exhibited almost the same leakage current value, but above 100°C, the polymeric arresters whose module was injected into polymeric housing with the grease exhibited the highest leakage current. In contrary, the arresters being manufactured by directly injecting silicone rubber onto arrester module exhibited the lowest leakage current. The rapid rising of leakage current of the polymeric arresters with the grease at 120°C was because of the deterioration of the insulation characteristics of the grease between the FRP module and the silicone housing. All polymeric arresters exhibited the same surface temperature characteristics but the ceramic arresters was slower than the polymer arrester in heat emission despite the lowest leakage current. It was thought that the air layer between ZnO varistor blocks and the ceramic housing prevented the heat emission.

Key Words : Arrester, Polymeric, FRP Winding, Surface temperature, Leakage Current, Module

1. 서론

전력계통에서 낙뢰 및 이상 과전압으로부터 선로 및 전력 기기를 보호하기 위해 사용되고 있는 피뢰기는 오랫동안의 많은 연구로 그 성능의 개선과 더불어 경제성 측면에서도 많은 발전을 이룩하여 낙뢰사고는 과거에 비해 현저하게 줄어들고 있는 실정이다[1-2].

한편 피뢰기는 상시 인가전압에 노출되어 있어 피뢰기를 통해 낮은 누설전류가 흐르게 된다. 이러한 피뢰기가 설치된 선로에 뇌격이 침입하거나 선로사고 등에 의해 과전압이 발생한 경우 피뢰기는 선로에 발생한 이상전압을 흡수하게 되고, 이로 인해 피뢰기 소자의 온도는 상승하게 된다. 이처럼 온도가 상승하게 되면, 선로가 정상상태로 돌아온 후에도 피뢰기의 누설전류(leakage current)는 과전압 발생 전보다 높게 된다. 시간이 경과함에 따라 피뢰기 소자의 온도는 정상상태로 돌아오고, 누설전류도 감소하게 되지만, 피뢰기의 장기 수명을 향상시키기 위해서는 피뢰기가 이상전압에 의해 상승된 온도를 빨리 회복할 필요가 있다.

따라서, 본 논문에서는 폴리머 피뢰기 구조에 따른 온도 특성 및 누설전류 특성을 검토, 분석하여 피뢰기의 장기 신뢰성을 평가하고자 하였다.

2. 실험

2.1 시료제작

표 1과 같은 방법에 의해 3종류의 피뢰기를 각각 제작하

였다.

표 1. 피뢰기 제작방법

	하우징 재질	제작 방법	삽입 방법
시료 1	폴리머	삽입형	건식
시료 2	폴리머	삽입형	습식
시료 3	폴리머	일체형	진공사출
시료 4	자 기	애관형	

2.2 피뢰기의 온도 및 누설 전류 시험

각 피뢰기의 온도에 따른 누설전류의 변화를 측정하기 위하여 300°C까지 승온 가능한 항온조내에 피뢰기를 위치시키고, 상온에서 120°C까지 20°C 간격으로 누설전류를 측정하였다. 이 때 정격전압 18kV 피뢰기의 최대연속사용전압인 AC 15.3kV를 인가하여 이 때의 누설전류를 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

각각의 온도에서 시료 1, 2, 3, 4의 전체 누설전류를 그림 1에 각각 나타내었다. 그림에서와 같이 시료 1-3의 폴리머 피뢰기들은 같은 제조사의 ZnO 바리스터 소자를 채용함으로써 100°C까지는 거의 비슷한 누설전류를 나타낼 수 있으며, 시료 4는 폴리머 피뢰기에 사용된 ZnO 바리스터 소자에 비해 누설전류가 작은 것을 알 수 있다. 이는 각 제조사 간의 ZnO 소자의 전기적 특성에 의존하는 것으로 피뢰기의 특성과는 무관하며, 상온에서 각 피뢰기의 최대연속사용전압에서의 누설전류는 각각 176, 177, 178, 161mA 이었다.

한편, 폴리머 피뢰기 시료 1-3은 120℃에서 현저한 누설 전류의 차이를 나타내었는데, 습식 삼입형이 가장 크고, 건식 및 일체형의 순으로 누설전류가 감소하는 현상을 나타내었다. ZnO 바리스터 소자 및 모든 부품들이 동일하며, 오직 FRP(fiber glass plastics) 필라멘트 와인딩된 피뢰기 모듈과 실리콘 고무 하우징과의 계면 특성에 차이가 있는 것을 고려했을 때, 각각의 피뢰기의 온도가 상승함에 따라 계면 특성이 서로 다른 것으로 판단되었다.

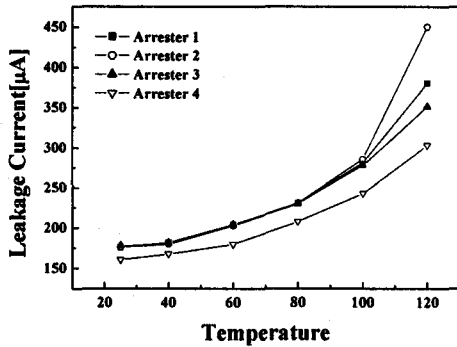


그림 1. 피뢰기의 온도에 따른 누설전류 특성

특히, 100℃에서는 3종류 모두 280μA 정도의 비슷한 누설 전류를 나타냈음에도 불구하고, 120℃에서는 피뢰기 1~3의 누설전류가 각각 380, 450, 351μA로, 습식 삼입형 피뢰기의 누설전류가 급격히 증가하였다. 이는 기밀 성능 향상 및 작업성을 용이하게 하기 위해 사용된 그리이스(grease)의 온도가 증가함에 따라 물성이 변화하기 때문인 것으로 판단되었다.

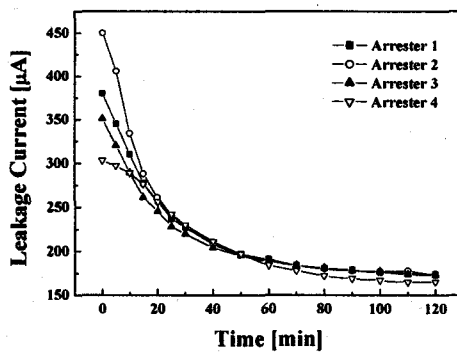


그림 2. 피뢰기의 시간에 따른 누설전류 특성

그림 2는 피뢰기의 시간에 따른 누설전류 변화를 나타내었는데 시료 1-3의 경우 초기 120℃에서의 누설전류는 최대, 최소의 차가 100μA 정도로 그림 2와 같이 분산되었다가, 40분 정도의 시간이 경과한 후에는 그 차이가 5μA 정도로 거의 비슷한 누설전류 값을 나타내었다. 이는 피뢰기 구조에 따라 열발산율이 거의 비슷하다는 것을 알 수 있으며, 초기의 누설전류를 회복하는데 걸리는 시간 또한 거의 일치하는 것을 알 수 있다.

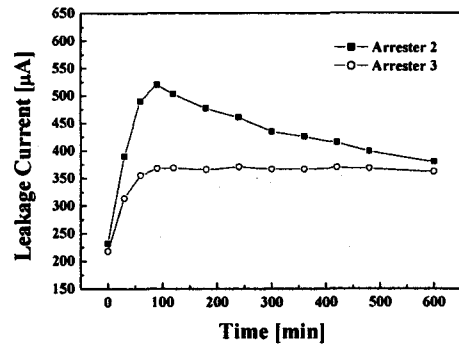


그림 3. 피뢰기 2와 3의 시간에 따른 누설전류

그림 3은 시료 2-3에 대한 시간에 따른 누설전류를 나타낸 것이다. 이 시험에서 연속운전전압을 연속적으로 인가하지 않은 것은 ZnO 소자의 과전수명특성의 영향을 배제하기 위함으로 제작된 피뢰기에 사용된 ZnO 소자는 연속운전전압을 연속적으로 인가하게 되면 누설전류가 시간에 따라 감소하는 negative clep 현상이 나타나기 때문에 누설전류가 점차적으로 감소하게 된다. 그렇게 되면 피뢰기의 전체 누설전류를 측정할 때 ZnO 소자의 영향으로 그리이스의 특성을 평가하는데 영향을 미치게 된다. 따라서 시간 간격에 따른 불연속적인 전압인가로 그리이스의 특성을 조사한 결과 그림 3과 같이 습식 삼입형인 시료 2는 1시간 30분에서 최고 누설전류인 520μA까지 흐른 이후 서서히 감소하는 특성을 나타내었으며, 일체형인 시료 3은 1시간 30분 부터 누설전류가 약 370μA를 계속 유지하여 안정화되는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서의 결과는 다음과 같다.

- 1) 폴리머 피뢰기는 100℃ 이하에서 제조방법에 관계없이 모두 비슷한 누설전류를 나타내었으나, 100℃-120℃에서는 습식 삼입형, 건식 삼입형, 일체형 피뢰기 순으로 누설전류가 감소하는 현상을 나타내었다.
- 2) 습식 삼입형 폴리머 피뢰기의 경우 120℃에서의 누설전류 상승은 피뢰기 모듈의 기밀성능 향상 및 작업의 용이성을 위해 처리된 그리이스의 온도에 따른 계면특성 변화에서 기인하는 것으로 사료되었다.
- 3) 폴리머 피뢰기의 경우 구조에 관계없이 모두 비슷한 열방출 특성을 나타내었으며, 자기형 피뢰기는 낮은 누설전류에도 불구하고 폴리머형에 비해 내부의 공기층으로 인한 열방출 능력이 낮은 것으로 나타났다.

참고 문헌

- [1] T. K. Gupta, "Application of Zinc Oxide Varistors", J. Am. Ceram. Soc., Vol. 73, pp. 1817-1840, 1990.
- [2] E. C. Sakshaug, "A Brief History of AC Surge Arresters", IEEE Power Eng. Review, No. 8, pp. 11-13, 1991.