

## 18kV 배전용 피뢰기의 구조에 따른 온도특성

조한구\*, 윤한수\*, 이운용\*, 김석수\*, 최인혁\*\*

한국전기연구원\*, 전력연구원\*\*

### Temperature Characteristics with Structure of 18kV Lightning Arresters for Distribution System

Han-Goo Cho\*, Han-Soo Yoon\*, Un-Yong Lee\*, Suk-Sou Kim\*, In-Hyuk, Choi\*\*

KERI\*, KEPRI\*\*

#### Abstract

This paper presents the temperature characteristics with structure of 18 kV lightning arresters for distribution. Three types of polymer arresters were fabricated and ceramic type arrester was also ready to investigate. Below 100°C, three types of polymer arresters exhibited almost the same leakage current value, but above 100°C, polymer arrester that arrester module was injected into polymer housing with grease exhibited the highest leakage current and the arrester with the lowest leakage current was the arrester that silicon rubber was directly injected to arrester module. The rising of leakage current of polymer arrester with grease was because of existing grease between FRP winding and silicon housing, and reducing the insulation characteristics of the grease. All polymer arresters exhibited the same temperature characteristics but ceramic type arrester was slower than polymer arrester in heat emission despite lowest leakage current. It was thought that the air layer between ZnO varistor blocks and ceramic housing prevented the heat emission. However, in spite of the difference of the structure, the variation of the surface temperature of all arresters exhibited the same result.

**Key Words** : Arrester, Polymer, FRP Winding, Surface temperature, Leakage Current

#### 1. 서 론

전력계통에서 낙뢰 및 이상 과전압으로부터 선로 및 전력기기를 보호하기 위해 사용되고 있는 피뢰기는 백여년에 걸친 많은 연구로 그 성능 측면 뿐만 아니라 경제성 측면에서도 많은 발전을 이룩하여 낙뢰사고는 과거에 비해 현저하게 줄어들고 있는 실정이다[1-3]. 현재 사용되고 있는 피뢰기는 ZnO 비직선 저항체를 채용하였으며, 크게 하우스형 재질에 따라 자기 에관형과 폴리머 피뢰기로 구분할 수 있다. 특히 폴리머 피뢰기는 자기 에관형 피뢰기의 폭발 및 비산 특성 및 수분침투에 의한 열화 등의 단점을 극복할 수 있을 뿐만 아니

라, 세계 각국에서 이루어지고 있는 다양한 과전시험을 통하여 그 성능을 확인하고 있으며, 폴리머 피뢰기의 수요가 증대되고 있다. 한편 22.9kV 배전선로에 사용되고 있는 정격전압 18kV 폴리머 피뢰기의 경우 국내의 제조사별로 피뢰기 제조방식에 차이가 있으며, 이러한 구조적 차이는 방압 및 기밀성능을 향상하기 위한 목적으로 발전하여 왔다. 한편 피뢰기는 상시 인가전압에 노출되어 있어 피뢰기를 통해 낮은 누설전류가 흐르게 된다. 이러한 피뢰기가 설치된 선로에 뇌격이 침입하거나 선로 사고 등에 의해 과전압이 발생한 경우 피뢰기는 선로에 발생한 이상전압을 흡수하게 되고, 이로 인해 피뢰기 소자는 온도가 상승하게 된다. 이처럼

온도가 상승하게 되면, 선로가 정상상태로 돌아온 후에도 피뢰기의 누설전류는 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 피뢰기 구조 및 온도에 따른 발열 특성 및 누설전류 특성을 조사하여 피뢰기의 신뢰성을 평가하고자 하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 폴리머 피뢰기의 제작

피뢰기의 상부전극과 하부전극 사이에 ZnO varistor 소자 및 변위 완화용 corn disk 등을 정렬시킨 후, 필라멘트 와인딩 방식에 의해 피뢰기 모듈을 제작하였다. 이와 같이 제작된 피뢰기 모듈은 표 1과 같은 방법에 의해 3종류의 피뢰기로 각각 제작하였다. 또한 자기 애관형 피뢰기와의 비교를 위해 상용되는 자기 피뢰기를 준비하였다.

표 1. 피뢰기 제작방법

	하우징 재질	제작 방법	삽입 방법
1	폴리머	삽입형	건식
2	폴리머	삽입형	습식
3	폴리머	일체형	
4	자기	애관형	

### 2.2 피뢰기의 온도 및 누설 전류 시험

각 피뢰기의 온도에 따른 누설전류의 변화를 관찰하기 위해 300℃까지 승온 가능한 항온조내에 피뢰기를 위치시키고, 상온에서 120℃사이를 20℃ 간격으로 각각의 온도에서의 누설전류를 AC 고전압 인가 장치로 정격전압 18kV 피뢰기의 최대연속 사용전압인 AC 15.3kV를 인가하여 이 때의 전류를 AC 전류 detector를 사용하여 피뢰기의 전체 누설전류를 관찰하였다. 또한 피뢰기의 발열 및 온도 특성을 조사하기 위해 각각의 피뢰기를 120℃의 항온조에서 2시간 유지시킨 후, 피뢰기를 대기

중에 위치시키고 피뢰기 최대연속운전전압을 인가하면서, 시간에 따른 누설전류의 변화와 표면온도의 변화를 각각 조사하였다. 피뢰기의 누설전류는 AC 전류 detector를 사용하여 측정하였고, 피뢰기의 표면 온도는 적외선 온도계를 사용하여 50cm 거리에서 측정하였다. 그림 1에 시험장비 및 피뢰기의 위치 사진을 나타내었다.

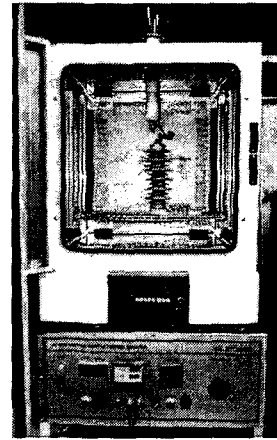


그림 1. 피뢰기 시험장비 및 위치 사진

## 3. 결과 및 고찰

각각의 온도에서 피뢰기 1-4의 전체 누설전류를 그림 2에 나타내었다. 그림에서와 같이 1-3의 폴리머 피뢰기들은 같은 제조사의 ZnO 바리스터를 채용함으로써 100℃까지는 거의 비슷한 누설전류를 나타냄을 알 수 있으며, 자기제 피뢰기인 피뢰기 4는 폴리머 피뢰기에 사용된 ZnO 바리스터 소자에 비해 누설전류가 적은 것을 알 수 있다. 이는 각 제조사 간의 ZnO 소자의 전기적 특성에 의존하는 것으로 피뢰기의 특성과는 무관하며, 상온에서 각 피뢰기의 최대연속운전전압에서의 누설전류는 각각 176, 177, 178, 161mA였다. 한편, 폴리머 피뢰기 1-3은 120℃에서 현저한 누설전류의 차이를 나타내었는데, 습식 삽입형이 가장 크고, 건식 및 일체형의 순으로 누설전류가 감소하는 현상을 나타내었다. ZnO 바리스터 소자 및 모든 부속들이 동일하며, 오직 FRP 와인딩된 피뢰기 모듈과 실리콘 고무 하우징과의 계면 특성에 차이가 있는 것을 고려했을 때, 각 피뢰기의 온도가 상승함에 따라 계면 특성이 변화하는 것으로 판단되었다. 특히,

다른 피뢰기와 달리 습식 삽입형의 경우 누설전류가 100℃-120℃ 사이에서 급격히 증가한 것은 기밀 성능 향상 및 작업성을 용이하게 하기 위해 사용된 그리이스가 온도가 증가함에 따라 전기적 물성이 변화했기 때문인 것으로 판단되었다. 향후 삽입형 폴리머 피뢰기에 사용되는 그리이스에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각되며, 발변전용 및 송전선로용 피뢰기의 경우 현재 대부분 일체형 방식을 채택하고 있음을 생각해 볼 때 배전용 피뢰기에서도 일체형으로 제작 시 보다 안정성이 뛰어날 것으로 사료된다.

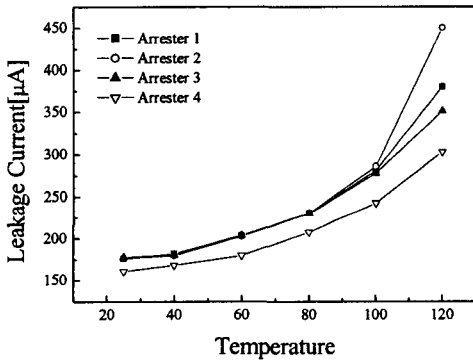


그림 2. 각 피뢰기의 온도에 따른 누설전류

한편 그림 3에 피뢰기의 시간에 따른 누설전류 변화를 나타내었는데 피뢰기 1-3의 경우 초기 120℃에서의 누설전류 차이로 초기에는 그 폭이 넓게 퍼져있으나, 시간이 지남에 따라 20분 부근에서부터 그래프의 곡선이 합쳐지는 현상을 볼 수 있다. 이는 피뢰기 구조에 따라 열발산율이 거의 비슷하다는 것을 알 수 있으며, 초기의 누설전류를 회복하는데 걸리는 시간 또한 거의 일치하는 것을 알 수 있다.

그러나 자기형 피뢰기는 낮은 누설전류에도 불구하고, 40분까지는 그래프의 기울기가 폴리머 피뢰기의 경우보다 완만하며, ZnO 소자의 상승된 열을 충분히 외부로 방출하지 못하는 것으로 나타났다. 이는 자기형 피뢰기 내부에 존재하는 공기층에 의한 것으로, 폴리머 피뢰기와 같은 ZnO 소자를 사용한다면 누설전류가 정상상태로 이르기까지 더 많은 시간이 소요될 것으로 생각되었다. 또한 모든

피뢰기들은 시험 시간인 2시간 내에 정상상태의 누설전류 값을 회복하였다.

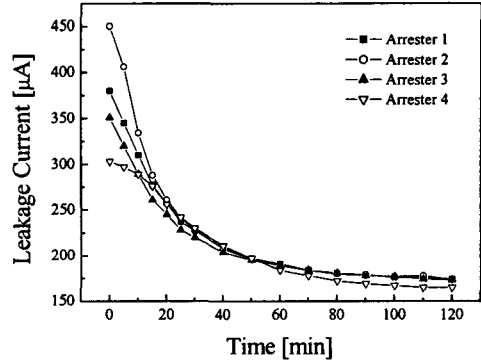


그림 3. 각 피뢰기의 시간에 따른 누설전류

한편 그림 4의 피뢰기의 시간에 따른 표면온도 변화 곡선에서는 피뢰기 구조에 관계없이 모든 피뢰기가 거의 비슷한 값을 나타내는 것을 알 수 있다. 이처럼 각 피뢰기 간의 표면온도 변화가 거의 일치하는 것은 적외선 온도계를 사용함으로써 측정상의 오차가 존재했기 때문인 것으로 생각된다. 실제 피뢰기의 표면 온도라기보다는 피뢰기 표면 부근의 대기온도에 더 많은 영향을 받은 것으로 생각되며, 이후의 실험에서는 피뢰기 하우징 표면에 온도 센서를 부착할 필요가 있을 것으로 판단되었다. 이처럼 피뢰기 표면의 온도는 폴리머나 자기형

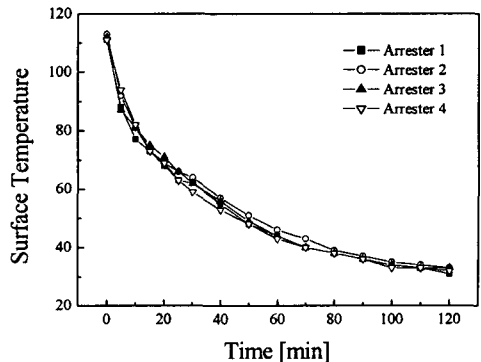


그림 4. 각 피뢰기의 시간에 따른 표면온도 모두 비슷한 결과를 나타내었지만, 보고에 의하면, 피뢰기가 일정온도 이상 상승하게 되면, 피뢰기 표

면 온도보다도 내부의 ZnO 소자의 온도가 높으며, ZnO 소자의 온도가 정상 상태로 되기까지 더 많은 시간이 소요되는 것으로 알려져 있다[4].

Polymeric ZnO surge Arrester", Electrical Insulation and Dielectric Phenomena. Conf., Vol. 3, pp. 568-571, 1998.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 18kV 배전용 피뢰기의 구조에 따른 온도 특성 및 누설전류 변화를 조사하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 제작된 폴리머 피뢰기의 경우 100℃이하에서는 모두 비슷한 누설전류를 나타내었으나, 100℃-120℃에서 습식 삼입형, 건식 삼입형, 일체형 피뢰기 순으로 누설전류가 감소하는 현상을 나타내었다.
2. 습식 삼입형 폴리머 피뢰기의 120℃에서의 누설전류 상승은 피뢰기 모듈에 기밀성능 향상 및 작업의 용이성을 위해 처리된 그리이스의 온도에 따른 계면특성 변화에 기인하는 것으로 사료되었다.
3. 제작된 폴리머 피뢰기의 경우 구조에 관계없이 모두 비슷한 열방출 특성을 나타내었으며, 자기형 피뢰기는 낮은 누설전류에도 불구하고 폴리머형에 비해 내부의 공기층으로 인해 열방출 능력이 낮은 것으로 나타났다.
4. 시간에 따른 피뢰기 표면온도변화는 피뢰기의 구조 및 종류에 관계없이 모두 비슷한 값을 나타내었으며, 이는 측정상의 오차 및 대기 분위기의 영향인 것으로 생각되었다.

#### 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] E. C. Sakshaug, "A Brief History of AC Surge Arrester", IEEE Power Eng. Review, No. 8, pp. 11-13, 1991.
- [4] J. H. He, S. W. Han, and H. G. Cho, "Thermal Properties of Whole-solid Insulated