

직류 전차선로용 공극형 피뢰기의 특성 분석

Characteristic Analysis of Gapped Surge Arresters for D.C. Railway Line

조한구, 한세원, 윤한수, 천종욱*
H. G. Cho, S. W. Han, H. S. Yoon, J. U. Cheon*

Abstract

This paper provides the result of analysis of the structure and I-V characteristics of D.C. 1500 V surge arresters which were installed in railway line currently. As Porcelain housed surge arresters have unstable elements such as exploding and dispersion, so it is thought that the system is protected more stably with replacement of polymer housing. The adoption of gap mitigates the voltage stress which is degradation factor of surge arresters and the research is needed to enhance the life characteristic in additive and manufacturing process.

Therefore, it is thought that the research should be continued to develop homemade the surge arresters for D.C. railway line as well as transmission line.

Key Words : Surge arrester , Railway line , Polymer housing , Gap , Life characteristic

1. 서론

산화아연형 바리스터는 우수한 비직선성 및 에너지 흡수 능력으로 뇌찌지와 같은 과도이상전압으로부터 발, 변, 송, 배전 및 전철 시스템을 보호하는 피뢰기의 핵심소자로 널리 사용되고 있다.¹⁾ 이러한 산화아연형 피뢰기는 대칭적인 전류-전압 특성으로 직·교류에 사용가능하며^{2~5)}, 일반적으로 우수한 비직선성 및 응답특성으로 기존의 탄화규소 피뢰기에서 사용되어온 공극의 필요성이 감소되었다.

한편, 지하철 및 전철은 도시의 중요한 교통수단으로서 최근 대도시를 중심으로 계속적으로 증가되고 있는 추세이다. 이러한 전철 및 지하철의 원활한

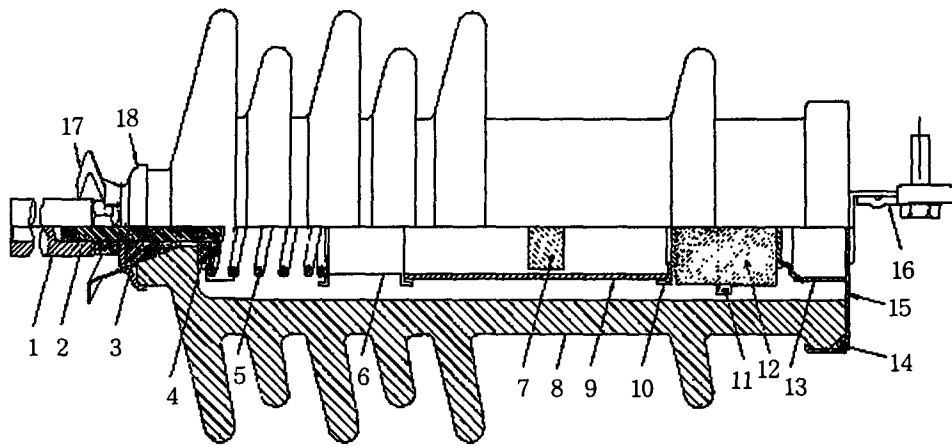
운행을 위해 뇌와 같은 각종 썬지로부터 전철 시스템을 보호할 수 있는 피뢰기의 개발은 상당히 중요하다고 할 수 있으며, 특히 전철선로용 피뢰기는 지난 30여년 동안 전량 일본으로부터 수입에 의존하고 있는 실정이다.

따라서 본 논문에서는 현재 D.C. 1500 V 전철선로에 사용되고 있는 공극형 피뢰기의 특성을 분석하여 피뢰기 설계 기술 및 성능 평가 기술을 확보하고 국산화를 목적으로 한다.

2. 전철선로용 피뢰기의 구조

현재 일본에서 수입되어 직류 전철선로에 사용중인 피뢰기의 구조도와 각 부분의 세부명칭을 그림 1에 나타내었다. 구조적인 측면에서 본다면 공극을 제외하고는 일반적인 자기형 (porcelain) 산화아연 피뢰기와 크게 다르지는 않다. 이와 같은 자기질 피

* 한국전기연구원
(경남 창원시 성주동 28-1 한국전기연구원)
Fax: 055-280-1673
E-mail : hgcho@keri.re.kr



No	품 명	6	Gap	12	ZnO 소자	18	상부 Cap
1	상부 터미널	7	흡습제	13	소자 Contact		
2	상부 볼트	8	Housing	14	하부 터미널		
3	고무 Packing	9	Support	15	하부 Cap		
4	고무 Packing	10	소자 Contact	16	O-Ring		
5	Spring	11	Ring Spacer	17	절연 Cap Guide		

그림 1. 직류 전차선로용 피뢰기의 구조 및 각 부의 명칭.

Fig. 1. Structure and part name of surge arresters for D.C. railway line.

뢰기는 옥외 환경조건의 습기 침투에 의한 기밀성능의 저하로 ZnO 바리스터의 열화를 피할 수 없는 것이 큰 문제점이며, 정격이상의 뇌서지 등에 의해 내부압력이 상승할 경우 파괴되어 폭발, 비산할 경우 피뢰기의 설치장소가 사람이 밀집된 도심이라는 것을 감안한다면 상당히 불안정한 요소를 가지고 있다. 최근의 피뢰기 개발 및 설치 동향도 이러한 문제점을 극복하기 위해 폴리머 피뢰기의 설치가 점차 확대되고 있는 실정이다. 한편 탄화규소 피뢰기에 비해 응답특성이 우수한 산화아연형 피뢰기는 무공극형이 주를 이루고 있으나, 직류 전차선로용 피뢰기는 공극형으로 사용되고 있으며, 배전용 피뢰기에 비해 전압 특성상 피뢰기가 받는 전압 스트레스가 더욱 가혹하다고 볼 수 있다. 이러한 전압 스트레스는 ZnO 바리스터의 노화를 더욱 빨리 유발할 수 있으며, 더욱 우수한 소자의 개발이 필요하다. 즉 공극의 사용도 이러한 관점에서 볼 수 있는데 공극은 정

상상태 전압에서는 가선과 대지간을 공기 절연시켜 상시 전압에 대한 바리스터의 스트레스를 경감시키고 이상전압 침입시 불꽃방전에 의해 도전로를 형성하는 기능을 갖고 있다. 이러한 공극형 산화아연형 피뢰기는 이외에도 현재 미국의 Cooper사에서 배전용으로 생산되고 있다. Cooper사에 의하면, 공극 산화아연 피뢰기는 무공극 피뢰기의 동일한 정격과 비교하면 30%까지 낮은 방전 전압을 가지므로 장비의 수명은 감소된 스트레스로 인해 연장되며, 공극에 의해 무공극형 피뢰기 설계와 비교해서 50%까지 높은 레벨로 피뢰기 TOV 내력을 증가시킨다고 한다.

한편 표 1은 D.C. 1500 V 전철선로용 피뢰기의 성능을 나타내며, 표 2는 시험항목을 나타낸다. 이러한 전철선로용 피뢰기에 대한 정립된 규격이나 성능평가시험에 관한 자료는 국내에 없는 실정이며, 전적으로 일본의 규격을 그대로 사용하는 실정이다. 따라서 피뢰기의 국산화와 함께 이러한 관련 자료 또

표 1. 피뢰기의 성능.

Table 1. Performance of surge arresters.

허용단자 전압 [V]	방전개시 전압 [V]	충격 전압 [V]	방전제한전압 [V]		방전내량 시험치 [V]	방전내량 [V]	사용주파 내전압 [kV]	전압 임펄스 [kV]
			0.5 μ s	3000 A				
1,800	9,000	25,000	29,000	25,000	28,000	5,000	20	50

표 2. 피뢰기 시험 항목.

Table 2. Test of surge arresters.

No	Test
1	DC Firing Voltage Test
2	Impulse Discharge Voltage Test
3	Limit Voltage Characteristic Test
4	Discharge Capacity Test
5	Operating Duty Test
6	Withstand Voltage Test
7	Sealed Test
8	Porosity Test

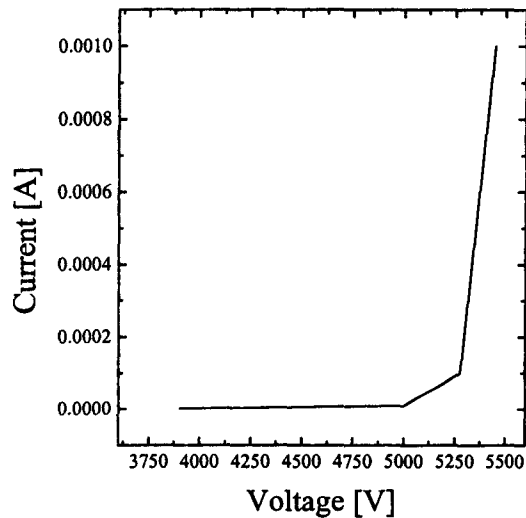


그림 2. ZnO 바리스터의 I-V 특성 곡선

Fig. 2. I-V characteristics curve of ZnO varistor

한 확립해야 할 것으로 사료된다.

3. ZnO 바리스터의 전류-전압 특성

그림 2는 피뢰기의 핵심소자인 ZnO 바리스터의 I-V 특성 곡선으로, 그림에서 알 수 있듯이 상당히 큰 비직선 지수와 낮은 누설전류로 전기적 특성이 상당히 우수함을 알 수 있다. 일반적으로 직류용 소자의 경우 교류용에 비해 파전 수명 특성이 상당히 중요하므로 소자의 제조에 있어서도 더욱더 세심한 고려가 필요하다. 그리고 표 3은 ZnO 바리스터의 I-V 특성 파라미터로서 동작개시전압은 1 mA의 전류가 흐를 때의 전압으로 결정하였으며, 비직선 지수는 다음식에 의해 결정되었다.

표 3. ZnO 바리스터의 I-V 특성 파라미터

Table 3. I-V characteristic parameters of ZnO varistor

동작개시전압 (V_{1mA}) [V]	비직선 지수 (α)	누설전류 (I_l) [μ A]
5450	72.66	≈ 4.54

$$\alpha = \frac{dI/I}{dV/V} = \frac{d(\log I)}{d(\log V)} \approx \frac{\log I_2 - \log I_1}{\log V_2 - \log V_1} \quad (1)$$

비직선 지수는 일반적으로 선택된 전류의 범위에 따라 변하며, 본 논문에서는 $I_1 = 100 \mu A$, $I_2 = 1 mA$ 이고, V_1 과 V_2 는 각각 I_1 과 I_2 에 대응하는 전압이다.

그리고 누설전류는 동작개시전압의 80%에 해당하는 전압에서의 전류로 정의하였다. 일반적으로 상용되는 ZnO 바리스터의 비직선 지수는 30~60 정도이며, 측정범위에 따라 그 값의 차이는 있지만, I-V 특성 곡선으로부터 측정된 비직선 지수는 72.66으로 상당히 우수한 특성을 나타내었다. 또한 누설전류도 4.54 μA 의 낮은 값으로 이후 시행될 수명특성에서도 뛰어난 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 논문에서는 현재 국내 전차선로에 설치되어 있는 D.C. 1500 V용 피뢰기의 구조 및 I-V 특성을 분석하였다.

기존의 피뢰기는 자기 애자로 폭발, 비산 등의 위험한 요소를 내재하고 있으며, 앞으로 국산화시 플리머 애자로 대처함으로써 보다 안정적으로 시스템을 보호할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 공극의 채용으로 피뢰기 열화의 요인이 되는 전압 스트레스를 경감할 수 있을 것으로 판단되며, 소자의 제조시에도 과전 수명 특성을 향상시키는 첨가물 및 제조 공정에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

또한 지속적인 연구로 직류 전차선로용 피뢰기 뿐만 아니라 발·송전 계통의 피뢰기의 국산화에도 노력해야 할 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] 電氣學會, “酸化亞鉛避雷器の特性と評價試驗法”, 電氣學會技術報告, 第474号, 1993.
- [2] M. Matsuoka, “Nonohmic Properties of Zinc Oxide Ceramics”, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 10, pp. 736-746, 1971.
- [3] L. M. Levinson and H. R. Philipp, “The Physics of Metal Oxide Varistors”, J. App. Phys., Vol. 46, pp. 1332-1341, 1975.
- [4] L. M. Levinson and H. R. Philipp, “Zinc Oxide Varistors-A Review”, Am. Ceram. Soc. Bull., Vol. 65, pp. 639-646, 1986.
- [5] T. K. Gupta, “Application of Zinc Oxide Varistors”, J. Am. Ceram. Soc., Vol. 73, pp. 1817-1840, 1990.