

# 폴리머 피뢰기 애관 개발에서의 기밀기술

黃明根<sup>0</sup> · 金光鎬<sup>\*</sup> · 朴男植<sup>\*</sup> · 金寅性<sup>\*\*</sup> · 趙漢九<sup>\*\*</sup>

(주)건화상사 부설기술연구소<sup>\*</sup> · 한국전기연구소<sup>\*\*</sup>

## Sealing Technology For Polymer Arrester Housed Development

Myung-Keun Hwang · Kwang-Ho Kim · Nam-Shik Park · In-Sung Kim · Han-Ku Cho  
Kunhwa R&D Institute · KEPI

**Abstract** - In this paper, polymer housing arrester has very good characteristics in design versatility as well as excellent resistance to moist ingress and pollution performance. For the presented of the characteristics evaluation and technology of disk spring and knuckle structure of FRP to filament winding seems to protect the arrester elements from moisture absorption.

The achievement in the research and technology will contribute to the showed very good characteristic in adhesion of terminal cap and FRP cylinder for outdoor arresters and domestic products of high voltage power distribution arrester.

### 1. 서론

본 연구의 목적은 국내 전력계통이 복잡 다양하게 됨에 따라 각종 선로에서 발생되는 transient Voltage Surge에 대한 억제 대책의 중요성에 일반전력 수용가에 고전압이 침입하여 전기, 전자기기의 파괴 및 수명 단축과 같은 과전압 피해를 방지하고 또한 산업의 대규모화와 도시 과밀화로 매연과 분진에 의한 오손이 증가하고 있으며 염해가 있는 해안 지역의 절연물에 의한 오손 사고로 막대한 경제적 피해를 가져오고 이에 대한 대책으로 Porcelain이 아닌 절연성이 우수한 Polymer 재질로 Arrester 하우징에 관한 애관 개발에서의 FRP cylindrical container의 제품을 통하여 기밀 처리에 대한 개선된 전극 구조로 나타내어 이에 대한 입증울 보였다. 또한 단자 부분을 SUS Cap과 AL전극간에 완벽한 기밀 구조로 채용함에 따라 흡습에 의한 열화 사고를 방지함으로써 전력계통의 신뢰성을 향상시킬 수 있을 것으로 본다.

### 2. 기밀구조 설계 및 제작

#### 2-1 기밀구조 설계

Polymer arrester는 filament winding한 FRP cylinder 1세트로 이루어지며 이 FRP cylinder에서 AL electrode(소자와 전극 사이의 집전극)는 disk spring(집시 스프링)과 접촉하고 disk spring은 소자와 면접촉 연결된다. Disk spring은 FRP cylinder가 열팽창에 의하여 팽창, 수축 될 때 소자와 전극 사이의 접촉저항을 낮추며, 소자 사이의 비접촉 상태를 두지 않기 위하여 사용되며, 도전율을 향상시키기 위하여 은(Ag)도금을 하였다. 또한 disk spring은 소자 및 전극의 온도 변화나 FRP

cylinder의 수축, 팽창에 견디는 일정한 내하중을 유지해야 하기 때문에 polymer arrester에서는 대단히 중요한 구성 요소 중에 하나이다. 본 연구개발에 사용한 disk spring의 형상은 그림 1과 같다.

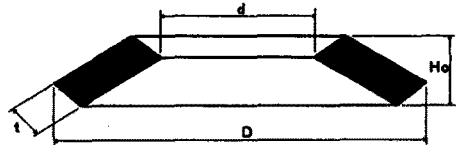


그림 1 집시 스프링의 구조  
Fig. 1 The structure of disk spring

Concave Disk 및 Convex Disk는 FRP cylinder의 수축, 팽창 및 FRP cylinder내부에서의 소자 및 전극의 온도 변화에 대한 ZnO(MOV disk block)소자 사이의 비접촉 상태를 두지 않기 위하여 사용되고, 또 disk spring을 보호하며, 이 disk spring의 탄성작용(disk spring 내부의 인장과 압축작용)에 의한 AL 전극 및 ZnO 소자의 표면을 보호하기 위하여 사용된다. 이들 두 부품은 전기 도전율, 내부식성, 및 기타 외력에 견디는 일정한 내하중을 유지해야 하기 때문에 본 연구개발에 사용된 Concave Disk 및 Convex Disk는 각각 A1050R 및 SUS316을 사용하였다. 본 부품에 사용된 SUS316은 고 Cr-Ni계 stainless steel (Austenite stainless steel, 18Cr-8Ni)로써 상온 가공성이 용의하고, 보통 일반 강재보다 약2~3배의 인장강도 및 내 마모성을 가지고 있으며 또한 해수를 비롯하여 각종 모질에 우수한 내식성이 있다. 본 연구에 사용한 Concave Disk 및 Convex Disk의 형상 및 치수는 그림 2 및 그림 3과 같다.

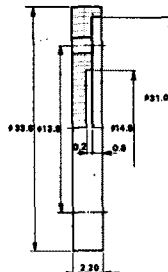


그림2 오목 디스크의 구조  
Fig. 2 Structure of Concave Disk

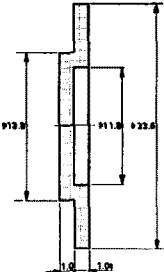


그림3 볼록 디스크의 구조  
Fig. 3 Structure of Convex Disk

직렬 연결된 피뢰기의 전극 양단에는 cap단자를 이용하여 배전선로와 피뢰기가 연결되면서 FRP cylinder내부로 습기가 유입되지 않도록 견고하게 sealing되어 있다. 피뢰기를 사용할 때에는 옥외의 가혹한 환경에 직접 노출되므로 내화학성 및 내부식성이 우수한 stainless steel을 사용하였다. cap단자의 내경은 polymer arrester의 사출후 외경(약 52mm)의 크기를 기준으로 하였다. 도면의 nut hole( $\phi 11\text{mm}$ )은 bolt에 의해 AL전극과 연결되어 배전선로와 단로기로 연결되며 polymer arrester와 cap단자의 결합 깊이는 6mm이고 접합면적은 약 $910\text{mm}^2$ 로 설계하였으며, AL전극과의 접합면적은 약 $1997\text{mm}^2$ 로 설계하였다. 또한 도면의 2- $\phi 3.5\text{mm}$ 는 AL 전극의 hole에 삽입되어 전극 단자 bolt 및 bracket bolt의 체결시에 cap단자가 외력에 의해 움직이는 것을 방지하였다.

## 2-2 피뢰기의 유닛 설계

AL 전극(Electrode)은 polymer arrester의 FRP cylinder내부에 있는 disk spring(접시 스프링)과 면접촉하고 있는 concave disk를 접촉하여 polymer arrester의 양쪽에 위치하며 polymer arrester내부의 소자와 전극사이의 집전극 역할을 하므로 전기 도전을 및 절연도율이 우수 하여야 하며 소정의 강도를 요한다. Aluminum은 공기중에 산화막이 생겨 그 이상 산화하지 않아 내식성을 갖으며, 산화에 의하여 생기는 막은 물에 녹지 않고 금속 표면에 단단하게 밀착되어 있으므로 지속적인 부식 작용이 일어나지 않는다. 따라서 표면의 피막이 용해되지 않는 환경 속에서는 매우 안정성이 있다. 이러한 장점을 이용하여 본 연구개발에서는 전기 도전을 위한 주된 선정 요인으로 하여 A1050R로 1차적으로 시험하였고, AL 전극(Electrode)의 형상 및 치수는 그림 4와 같다.

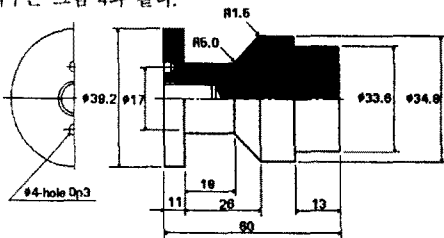


그림 4 폴리머 피뢰기의 AL 전극  
Fig. 4 AL electrode of polymer arrester

wrapping으로 제조한 FRP cylinder와는 달리 Knuckle구조로 전극과 cylinder를 연결하여, disk spring을 사용하였으며 피뢰기는 상,하부전극과 AL전극, Concave, disk spring, convex, ZnO(MOV disk block)소자, AL전극 등으로 구성되어 피뢰기가 이루어진다. 폴리머 피뢰기(Polymer arrester)의 FRP cylinder는 filament winding법으로 제조된 것과 tape wrapping법으로 제조한 FRP cylinder를 사용하였다. FRP cylinder의 경우는 방습을 위한 sealing구조와 접시 스프링(disk spring)의 하중을 감안하여 설계 및 제작을 하여야 하기 때문에 knuckle구조로 arrester 단자와 FRP cylinder가 연결될 때 방습 및 기밀특성(airtight properties)이 상당히 좋을 뿐만 아니라 fiber의 winding각도에 따라 방압특성도 양호하여 피뢰기가 폭발 및 파괴시 비산하지 않는 장점을 보유하고 있는바 tape wrapping법으로 제작된 FRP cylinder에 내부 전기적 특성을 발휘하는 ZnO 소자를 비롯하여 concave disk, 접시 스프링(disk spring), convex disk 등을 삽입후 knuckle구조의 FRP winding을하여 절연 필름으로 1

차 wrapping 하는 것 보다 제조의 용이성 및 취급의 용이성을 향상시켰으며 방압특성이 FRP cylinder를 단독으로 사용하였을 때 보다 향상되었다. ZnO소자를 적용한 1개의 tape wrapping 법으로 제작된 FRP cylinder 1세트의 단일화를 이루었으며 설계된 피뢰기의 내부는 그림 5에 나타내었다.

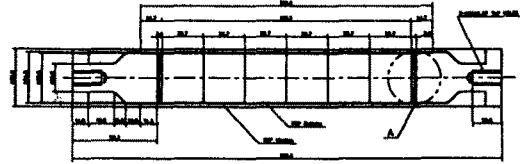


그림 5 폴리머 피뢰기의 FRP 실린더  
Fig. 5 FRP cylinder in polymer arrester

Polymer arrester의 ZnO소자와 concave disk, 접시 스프링(disk spring), convex disk 및 AL 전극을 포함하며 FRP cylinder의 내부직경은 33.6mm, 외부직경은 34.8mm로 cylinder의 2차 FRP의 knuckle구조 winding후의 치수는 36mm로하여, 최종 두께는 기계적 강도와 방압특성을 고려한 1.2mm로 설계, 제작하였다. AL전극의 winding하는 부위는 knurling( $m=0.5$ )과 각도를 45°로하여 glassfiber의 선회시에 glassfiber의 극부적 손상과 slip을 방지하였고, knurling 부위에는 glassfiber를 helical 및 hoop winding을 하여 AL전극의 외력에 의한 유동을 방지하였다.

Winding시의 knuckle각도는 31.9°를 유지하여, helical winding 2.5회, hoop winding 1.5회를 하여 기계적 강도와 방압특성을 높여 온도변화에 따른 FRP cylinder의 변화를 최소화 하였으며, AL 전극의 knurling된 neck부위에 hoop winding을 8회하여 FRP cylinder를 마무리 처리하였다. 그림 6은 knuckle구조를 나타낸 것이며, winding작업에 사용한 fiberglass와 수지 경화제 등은 다음과 같다,

- 유리섬유 : E-glassfiber(AB 60엔드)
- 수 지 : Epoxy(LY-564, Ciba-Geigy社)
- 경 화 제 : Araldite 960(Ciba-Geigy社)

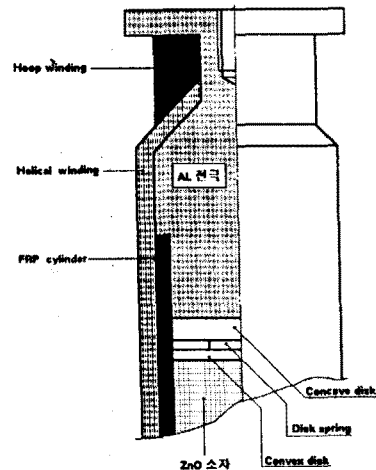


그림 6 FRP 실린더의 너클 구조  
Fig. 6 knuckle structure of FRP cylinder

배전급 Polymer 피뢰기의 상. 하부의 단자 접속은 기밀 특성을 유지하기 위해 knuckle구조로 설계하여 hoop winding을 하여 실개 제작된 완성된 Polymer 피뢰기의 세트는 그림 7에 나타내었다.

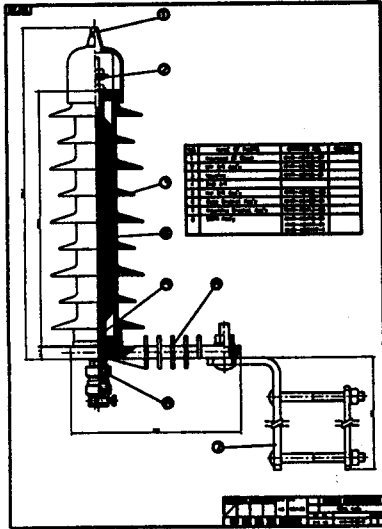


그림 7 배전급 갭레스형 폴리머 피뢰기  
Fig. 7 Gapless type Polymer Arrester for Distribution class

### 3. 결론

피뢰기 사고의 대부분이 수분 침투로 이상전압에 의한 사고와 뇌에 의한 원인 때문에 기밀 처리에 대한 성능보호에 많은 연구가 뒤늦게나마 진행되어 Porcelain에서 발생되는 문제점을 보호하기 위해 Polymer 피뢰기의 필요성이 대두되었다.

FRP cylinder내의 corned disk의 수축과 팽창을 고려하여 피뢰기를 설계 제작하였으며 상. 하부의 단자 접속은 기밀 특성을 유지하기 위해 knuckle구조로 설계하여 hoop winding을 하였다. 낙뢰로부터 차단기능의 성능자체도 중요하지만 낙뢰의 침입경로의 정확한 분석과 적용기술 그리고 이에 대한 평가기술을 개발하는 것이 핵심 요소 기술이라 할 수 있다.

우리 나라의 Polymer 피뢰기의 시험규격이 외국에 의존하는 실정인에서 시장개방에 대비한 기술개발과 연구가 필요하다고 보며 앞으로 배전급에서 탈피해 송. 변전에 사용되는 Polymer 피뢰기의 연구개발이 필요할 것으로 본다. Polymer 피뢰기의 우수한 성능이 입증되므로 인해 사용이 증대 될 것으로 예상되며 본 논문에서의 제시한 전극설계 및 절연설계등에서의 Sealing 처리 기술 등으로 앞으로의 연구개발에 응용이 가능할 것으로 본다.

### 참고 문헌

- [1] R. S. Gorur, " Surface Dielectric Behavior of Polymeric Insulation under HV outdoor Conditions", IEEE Trans. Electrical Insulation, vol. 26, 1064, 1991.
- [2] A. E. Valstos and S. M. Gubanski, "Surface Structural Changes Naturally Aged Silicone and EPDM Composite Insulators", IEEE Trans. Power Delivery, vol. 6, 888, 1991.

- [3] I. Kimoto, et al, "Anti-Pollution Design Criteria for Line and Station Insulator", IEEE, PAS-91, 1972.
- [4] R. S. Gorur, "Electrical Performance of Polymer Housed Zinc Oxide Arrester Under Contaminated Conditions", IEEE PWRD, 1990.
- [5] Stanislaw M. Gubanski, "Wettability of Naturally Aged Silicone and EPDM Composite Insulators", IEEE PWRD, July, 1990.
- [6] R. S. Gorur et. al., "Aging in Silicone Rubber used for Outdoor Insulation", IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 7, No. 2, April(1992).