

## 154kV 지중케이블 서지 보호장치용 ZnO 소자의 전기적 특성

### Electrical Characteristics of ZnO element to Surge protector for 154kV Underground Cable

조 한 구\*, 한 동 희\*, 김 석 수\*, 이 종 혁\*, 장 태 봉\*\*  
(H. G. Cho\*, D. H. Han\*, S. S. Kim\*, J. H. Lee\*, T. B. Jang\*\*)

#### Abstract

This paper deals with underground transmission system of present and ZnO element of newly developed. In the characteristics of ZnO element of newly developed, an newly developed ZnO element compared with previous ZnO element that electrical characteristics and external characteristics.

In result, characteristics of newly developed ZnO element is improved than previous one.

**Key Words** : underground cable, surge protector, ZnO element

#### 1. 서 론

전력계통의 현대화에서 가장 두드러지는 송전방식으로 부지확보 및 민원의 유발 문제로 인해 점차 지중 송전방식이 채택되고 있다. 이를 위한 지중 송전케이블의 방식층 및 절연통에 지락 등에 의한 상용주파 과전압, 뇌써지와 같은 과전압으로부터 설비 보호를 위한 방식층 보호장치가 사용되고 있다.

방식층 보호장치의 핵심인 ZnO 소자의 제조 및 평가기술의 경우 배전급 피뢰기용으로는 방전 내량이 2.5kA~5kA급 정도가 국내 기술로 제조되어 적용되고 있으나 부가가치가 높고 기술적 난이도가 높은 초고압용 ZnO 소자는 일본, 미국 등지로부터 수입하여 사용하는 실정이다.

특히, 154kV 선로의 경우 년 200km 정도의 지중화 계획에 따라 그 수요가 증대되고 있으며, 앞으로 서울, 대도시 영역권 및 신도시로 확대됨에 따라 그

연구의 필요성은 점차 대두되고 있다.

따라서 본 논문에서는 현재 국내에 적용되고 있는 지중 송전시스템의 예를 들어보고 차후의 방식층 보호장치 개발을 위해 개발한 ZnO 소자를 기존의 수입으로 의존한 지중 송전케이블 보호장치용 ZnO 소자와 전기적 특성과 외형적 차이를 비교·분석하여 실제 송전선로에 적용의 적합성을 검토하였으며 앞으로의 과제를 제시하였다.

#### 2. 지중케이블의 시스 및 절연통 보호대책

전력케이블 선로에 가해지는 전압은 상시의 교류 전압이외에 지락 등에 의한 상용주파 과전압, 가공선으로부터 뇌써지 혹은 GIS로부터의 개폐써지 등 써지성 과전압이 있다. 이러한 써지성 과전압이 계통에 침입했을 때 중단접속부나 절연접속함의 절연통은 써지 전파상의 특이점이 되어 고전압이 발생하며 케이블심선-시스간과 시스-대지간의 써지임피던스의 비에 따라 시스-대지간에 케이블심선-대지간 전압의 약 15%의 과전압이 발생하므로 써지성 과전압이 방식층의 충격내전압치를 초과할 경우를 고려하여 방식층을 보호하기 위한 대책이 필요하다.

\* : 한국전기연구원  
(경남 창원시 성주동 28-1 한국전기연구원  
Fax: 055-280-1590  
E-mail : hgcho@keri.re.kr)

\*\* : 삼흥중전기공업(주)

케이블 접속점의 시스는 시스유기전압을 억제하고, 시스순환전류를 감소시키고, 지락전류나 충전전류의 통전경로를 제공하기 위하여 여러 가지 접지방식이 사용되고 있다.

방식층 보호장치는 결선방식에 따라 대지간 접지방식, 교락비접지방식, 교락접지방식과 그외에 CIGRE방식과 등판방식등이 사용되고 있으나 케이블 계통에서는 실제로 대지간 접지방식과 교락 비접지방식 및 교락접지 방식의 세가지 방식이 주로 사용되고 있다. 표 1은 중간접속부의 방식층 보호장치 설치방법의 종류를 나타내었다.

표 1. 중간접속부의 방식층 보호장치 설치방법

| 절연통 교락방식           |                               | CIGRE 방식                 | 대지간접지                  |
|--------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------------|
| 비접지                | 중간접 접지                        |                          |                        |
| 절연통 사이에 ZnO 피뢰기 설치 | 절연통 사이에 2개의 피뢰기를 설치하고 중간접을 접지 | 중간접속부의 피뢰기 사이를 동심케이블로 접속 | 중간접속부와 대지간에 ZnO 피뢰기 접속 |

표 2는 실제 우리나라 154kV 지중 송전계통에 대한 방식층 보호장치의 결선방식과 설치범위를 나타낸 것으로 지중 송전케이블 중단 접속부에는 하나의 방식층 보호장치를 설치하고 중간 접속부에는 2~3개의 방식층 보호장치를 설치한다.

표 2. 154kV 지중송전계통에 대한 방식층 보호장치의 결선방식과 설치범위(안)

| 케이블 중단형태 | 중단접속부     | 중간접속부     |       |
|----------|-----------|-----------|-------|
|          |           | 제1크로스본드구간 | 나머지구간 |
| GIS      | 방식층보호장치1개 | 대지간+교락비접지 | 교락비접지 |
| 기중S/S    | 방식층보호장치1개 | 대지간+교락비접지 | 교락비접지 |
| 가공선      | 방식층보호장치1개 | 대지간+교락비접지 | 교락비접지 |

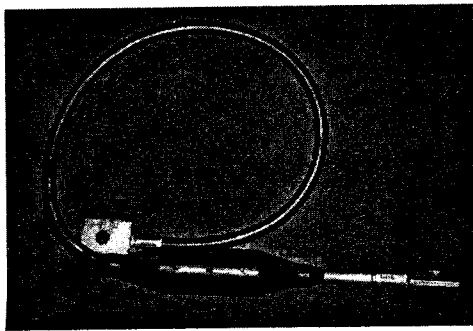


그림 1. 방식층 보호장치의 예(중간접속부)  
그림 1은 방식층 보호장치의 예(중간접속부)를 보인 것으로서 케이블에 접속시키기 위한 볼트 체결장치가 연결되어 있다.

### 3. ZnO 소자의 비교 결과 및 고찰

본 연구에서 개발한 ZnO 소자를 기존의 외산제품과 비교하기 위하여 외형적 치수, 실제 사진, 전기적 특성등을 비교하였다.

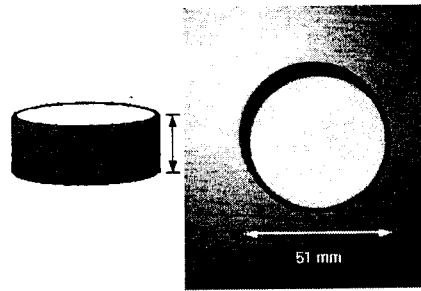


그림 2. 개발된 ZnO 소자의 사진

그림 2는 본 연구에서 개발한 ZnO 소자의 외형적 치수를 보인 것이며 표 3은 회사별 ZnO 소자의 외형 치수를 비교하기 위해 나타내었다.

표 3. ZnO 소자의 각 회사별 외형

| 비교 \ 회사 | 가  | 나  | 다  |
|---------|----|----|----|
| 직경 (mm) | 49 | 45 | 51 |
| 높이 (mm) | 21 | 30 | 25 |

표 3에서 보이듯이 본 연구에서 개발한 ZnO 소자는 직경 51mm, 높이 25mm로서 기존의 외산 ZnO (가, 나)와 큰 차이가 없었으므로, 실제 방식층 보호장치 제작에 있어서 개발된 ZnO 소자의 적용은 기존의 보호장치 완제품 만큼 그 크기와 외경에 큰 차이가 없을 것으로 판단된다.

방식층 보호장치용 ZnO 소자의 선정에 있어서 그 기준은 한국전력공사의 구매시방서에 의한 전기적 특성이라 할 수 있다. 구매시방서에 따르면 동작개시전압은 ZnO 소자 양단자에 직류 또는 교류전압을 인가하여 전류의 파고치가 1mA일때의 단자전압을

말하며 그값이 3.6~5.5kV이내이어야 한다. 또한, 제한전압시험은 국제규격의 8/20us 표준 전류시험파형으로, 10kA, 14kA, 21kA의 충격전류를 인가한 후 방식층 보호장치 양단자간의 전압으로 V-I 곡선을 작성할 때, 21kA시의 단자전압이 14kV이내이어야 한다.

현재까지 사용하고 있는 외산 제품(가, 나)의 ZnO 소자들은 방전내량이 5kA급으로 동작개시전압, 제한전압이 약 4.8~4.9kV, 10.70~11.59kV정도로 적합성을 가지고 있으며, 표 4와 5는 각 회사의 ZnO 소자에 따른 동작개시전압과 제한전압 값을 표시하였다.

표 4. ZnO 소자의 각 회사별 동작개시전압

| 회사명 | 시험기준        | 동작개시전압범위<br>(DC-kV) | 시험결과 |
|-----|-------------|---------------------|------|
|     | 시험전류(DC-mA) |                     |      |
| 가   | 1           | 3.6~5.5             | 4.91 |
| 나   |             |                     | 4.8  |
| 다   |             |                     | 4.75 |

먼저 표 4에서 나타낸 동작개시전압의 경우, 외산 제품(가, 나) ZnO 소자의 전압보다 본 연구에서 개발한 ZnO 소자(다)의 동작개시전압이 약 50 ~ 160V 정도 낮은 값이 측정되었다. 이를 통해 본 연구에서 개발한 ZnO 소자를 사용하여 지중 케이블 방식층 보호장치를 제작시 기존의 외산 ZnO 소자를 사용한 방식층 보호장치보다 더욱 향상된 보호성능을 가질 것으로 예상된다.

표 5. ZnO 소자의 각 회사별 제한전압

| 회사명 | 구분 | 시험전류(kA)      | 제한전압(kV)      |
|-----|----|---------------|---------------|
| 가   | 1회 | 20.56 ~ 21.28 | 10.70 ~ 10.85 |
|     | 2회 |               |               |
|     | 3회 |               |               |
|     | 4회 |               |               |
|     | 5회 |               |               |
| 나   | 1회 | 21.28 ~ 21.76 | 11.45 ~ 11.59 |
|     | 2회 |               |               |
|     | 3회 |               |               |
|     | 4회 |               |               |
|     | 5회 |               |               |
| 다   | 1회 | 21.10         | 9.86          |
|     | 2회 |               |               |
|     | 3회 |               |               |
|     | 4회 |               |               |
|     | 5회 |               |               |

표 5에서 나타낸 제한전압의 경우 측정된 값이 최소 840V에서 최대 1730V 정도의 차이를 가졌다. 그 이유는 (가), (나)의 경우 방식층 보호장치를 완전한 모듈로 제작한 상태로 충격제한전압시험을 행하여 얻은 측정값이지만, (다)는 본 연구에서 개발한 ZnO 소자에 대한 측정값이기 때문이다. 하지만 이러한 측정값의 차이는 실제 차후에 개발될 방식층 보호장치에서 표 4와 5의 (다) 특성을 가진 소자를 실제 적용할 것이므로 적용상에 문제는 없을 것으로 판단된다.

#### 4. 향후계획

본 논문에서 기술한 바와 같이 새로이 개발된 ZnO 소자의 외형적 치수나 전기적 특성은 기존의 외산 (가, 나) ZnO 소자에 비해 약간의 차이가 있으나 전기적 특성면에서는 오히려 더욱 향상된 특성을 보였으므로 앞으로 개발할 방식층 보호장치의 보호 성능은 더 우수할 것으로 사료된다.

향후 154kV 지중 송전케이블 방식층 보호장치의 개발을 위해서 지중케이블과의 접속문제, 외부단자와 ZnO 전극과의 접속문제, ZnO 소자의 모듈 제작을 위한 와인딩(winding) 기술의 확보가 필요할 것으로 판단되며 특히 지중 송전이라는 특수 상황으로 인한 수밀성능을 고려한 내·외장 재료와 방법 등을 신중히 고려하여야 한다고 생각된다.

#### 참고 문헌

- [1] 한국전력공사 구매시방서 154kV용 절연통 보호장치.
- [2] 한국전력공사, "전력용 피뢰기", ES-153-261-283, 1998
- [3] 지중송전계통의 접지기술 정립에 관한 연구.
- [4] 김석수 외 2명, "154kV 지중케이블 절연통 보호장치의 기본특성 평가", 한국전기전자재료 학회 하계학술대회 논문집, pp. 604-607, 2000.
- [5] 이종범 외 3명, "지중송전계통의 방식층 보호장치 결선 방식에 대한 뇌써어지 해석", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, PSP33, pp. 1018-1020, 1997.
- [6] 한국전력공사, "지중송전 케이블의 뇌써어지 보호 대책에 관한 연구", 1993. 6.
- [7] B. Gustavsen. J. Sletbak, "Transient Calculations on Crossbonded Cables", IEEE. Trans. PAS. No. 4, pp. 779-787, 1983.