

지중케이블의 절연통 보호대책 및 방식층 보호장치의 특성

Characteristics of the Surge Protector for Underground Cable

김 석 수 · 조 한 구* · 박 태 곤**

S.S. Kim · H.G. Cho* · T.G. Park**

KERI* , Changwon Univ**

Abstract

전력케이블 선로에 가해지는 전압은 상시교류전압이외에 지락 등에 의한 사용주파과전압과 뇌서지와 같은 써지성 과전압이 있다. 써지성 과전압이 케이블 심선에 침입할 경우 종단접속부나 절연접속함의 접속점은 절연통 양단 및 시스와 대지간에 고전압이 발생하여 케이블심선-시스간, 시스-대지간의 써지임피던스비에 따라 과전압이 발생하며, 이와 같이 써지성 과전압이 방식층의 충격내전압치를 초과할 경우 방식층을 보호하기 위한 대책이 필요하며 그 보호장치로 절연통 보호장치를 사용하는 것이 일반적이다. 절연통에 대한 보호대책과, 설계 제작된 절연통 보호장치에 대한 주요시험항목을 실시하여 항목별 그 특성을 검토하고 절연통 보호장치의 지중송전선로에서 사용되는 조건인 열적내량을 검증하는 충격전류시험과 침수에 의한 기밀성능을 검증하는 내수성능시험을 실시함으로써 그 중요성을 인식할 수 있었다.

Key Words(중요용어) : Insulation joint box, Underground Cable, Surge Protector, FRP winding, Corrosion-proof

1. 서 론¹⁾

현재 가공 송전선의 경우 부지선정에 따른 지역주민과의 잦은 민원의 유발로 송전선로 건설에 많은 어려움이 야기됨에 따라 송전선로의 지중화가 급속히 확대되고 있으며, 지중 송전 케이블의 방식층 및 절연통의 지락 등에 의한 사용주파 과전압, 뇌서지와 같은 과전압으로부터 보호하기 위한 방식층 보호장치의 개발이 대단히 중요하다. 따라서, 본 연구에서는 케이블의 절연통에 대한 보호대책의 종류와 산화하면 소자를 FRP로 winding 한 후, 일체형으로

물당하여 지중 조건에서의 수밀 및 기밀특성이 우수하며, 고장전류시 압력상승에 대해서도 폭발, 비산이 없는 구조로 설계·제작된 방식층 보호장치에 대하여 절연저항, 동작개시전압, 제한전압, 충격전류, 방전하에서 교류내전압시험, 하우징의 절연성능시험인 사용주파내전압, 뇌충격내전압시험 및 내수성능시험에 대하여 검토하였다.

2. 지중케이블의 절연통 보호대책

케이블 접속점의 시스는 시스유기전압을 억제하고, 시스 회로손을 감소시키기 위해 여러 가지 접지방식이 사용되고있으며, 종단접속부의 절연통은 가공선과 케이블 접속점에 피뢰기를 설치하거나 절연통 양단에 방식층보호장치를 설치하고 중간접속부의 경우 주로 방식층보호장치로 보호하고 있으며 일반

* 한국전기연구소

(경남 창원시 성주동 28-1 한국전기연구소)

Fax: 0551-280-1590

E-mail: sskim@keri.re.kr

** 창원대학교 전기전자제어공학과

적으로 표 1과 같은 설치방법을 사용하고 있다.

표 1. 중단접속부의 방식층보호장치 설치방법

절연통 교락방식		CIGRE방식	대지간 접지
비접지	중간점 접지		
절연통사이에 피뢰기 설치	절연통사이에 2개의 피뢰기 를 설치하고 중간점을 접지	중간 접속부 와 피뢰기 사이를 동심케이블로 접지	중간 접속부 와 대지간에 피뢰기 접속

방식층보호장치의 결선방식으로써 교락방식이 타 방식보다 보호 효과가 뛰어난 것으로 알려져 있으며 교락접지방식이 다른 방식에 비해 시스-대지간 및 절연통간 써지전압을 저감시키는 효과는 크지만 써지 침입측의 시스-대지간 전압이 다른 방식보다 높으며, 중단접속부나 절연접속함의 시스유기전압에 대해서는 상시 개방된 상태로 있다가 써지성 과전압이 침입하면 절연통간을 단락시켜 절연통을 보호할 수 있도록 절연통과 평행하게 방식층보호장치를 설치한다.

2. 절연통 보호장치의 구조

절연통 보호장치의 구조는 산화아연 소자를 방수 및 절연성을 지니도록 보강한 후 양단에 접속단자를 인출한 구조로서 케이블 접속함의 절연통간에 취부되며 보호장치가 장시간 수중에 잠겨도 완전하게 동작할 수 있는 구조가 되어야 한다.

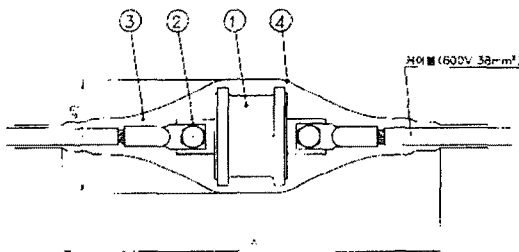


그림 1. 절연통 보호장치의 내부 구조

표 2. 절연통 보호장치 주요부품의 기능

구분	명칭	기능
1	Surge arrester	ZnO소자
2	압착단자	동합금(피뢰기와 접속)
3	방수자재	합성수지
4	절연체	Surge Arrester 외부절연

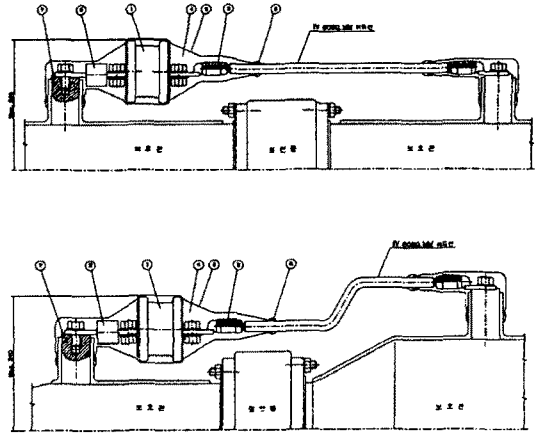


그림 2. 절연통보호장치의 설치도

절연통 보호장치는 써지성 과전압이 계통에 침입했을 때 중단접속부나 절연접속함의 절연통에 과전압이 발생하여 방식층의 충격내전압치를 초과 할 경우 방식층을 보호하기 위한 대책으로 사용하고 있으며 절연통 보호장치의 결선방식으로서는 대지간 방식, 교락접지·비접지방식 및 두 방식을 혼합한 방식이 있으며, 설치구간 과 설치방법은 전력회사마다 다양하기 때문에 확립된 표준은 없다.

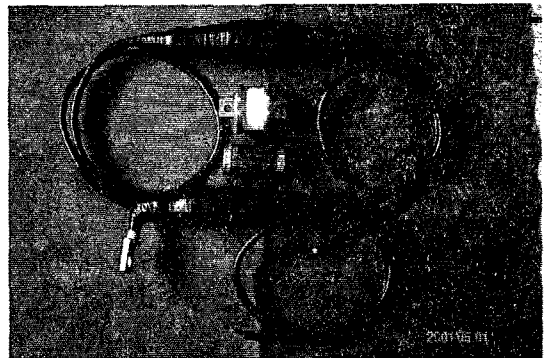


그림 3. 절연통보호장치의 사진

3. 주요시험항목의 시험방법 및 기준

동작개시전압시험은 양단의 접속단자간에 직류 또는 교류전압을 인가하여 산화아연소자를 흐르는 저항분 전류의 파괴치가 1mA 흐를 때의 단자전압을 측정하여 그 값이 3.6~5.5kV 범위이어야 한다. 뇌충격제한전압시험은 8/20 μ s, 10kA, 14kA, 21kA의 충전전류를 인가하여 절연통 보호장치 양 단자간의 측정전압을 측정하여 V-I 특성곡선을 작성하여, 이 V-I 특성곡선상에서 21kA에 대한 제한전압이 14kV 이하이어야 한다. 충격전류시험은 접속단자 한쪽을 접지하고 반대편 접속단자에 18kA 이상의 파괴치를 갖는 표준충격전류(8/20 μ s)를 일정시간 간격으로 100회 인가한 후 동작개시전압시험 및 제한전압시험을 재 시행하여 이상 없어야 하며 산화아연소자에 사용상 유해한 손상이 없어야 한다. 방전하에서의 교류내전압시험은 1400V를 인가한 상태에서 파괴치가 10kA인 표준충격전류(8/20 μ s)를 1분 간격으로 5회 실시한 후 동작개시전압시험 및 제한전압시험을 재 시행하여 이상 없어야 하며 산화아연소자에 사용상 유해한 손상이 없어야 한다. 내수능성시험은 수온 50 $^{\circ}$ C, 계기압 2kg/cm \cdot G의 수중에 24시간 담근 후 상압 상온의 수중에 20분간 담그는 시험을 5회 반복한 후 동작개시전압시험 및 제한전압시험을 실시하여 이상이 없어야 한다.

4. 결과 및 고찰

표 3은 동작개시전압시험 결과를 나타내며 기준치의 범위 이내임.

표 3. 동작개시전압시험 결과

시험기준		시험결과 (kV d.c.)
시험전류 (mA d.c.)	동작개시전압 (kV d.c.)	
1	3.6~5.5 범위 이내	5.0

표 4에 나타낸 뇌충격제한전압시험은 시료 3개에 대해 21kA에서 측정된 제한전압치를 나타내며, 시험 시 인가된 전류파형의 범위는 파두장 6.4~9.6 μ s, 파미장 18~22 μ s 이며 정극성으로 시험하였음.

표 4. 뇌충격제한전압시험 결과

시료번호	구분	시험전류 (kA)	제한전압 (kV)
1		21.30	11.009
2		21.30	10.862
3		21.20	10.862

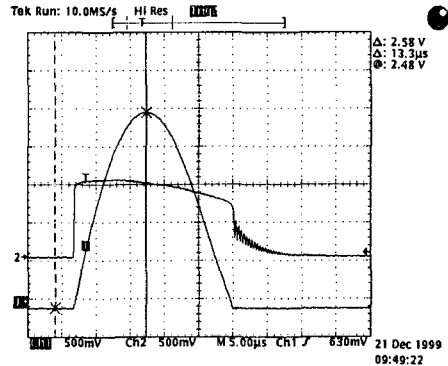


그림 4. 뇌충격제한전압시험 파형

아래의 그림 4는 10kA, 14kA, 21kA의 충격전류에서의 측정된 제한전압치를 V-I 특성곡선으로 작성하였다.

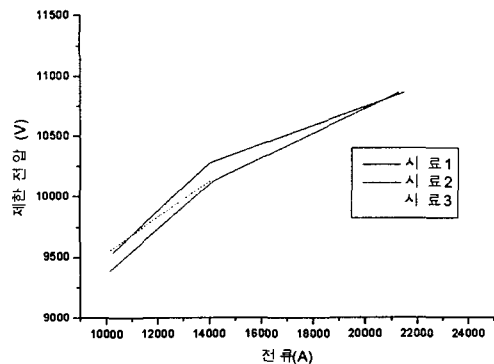


그림 5. V-I 특성곡선

충격전류시험은 회간의 간격을 5분으로 하여 정극성으로 100회 인가하였으며 시험 후 실시한 동작개시전압시험 및 제한전압시험의 결과를 표 5에 나타내었다.

표 5. 충격전류시험 결과

구분 시료번호	동작개시 전압 (kV d.c.)	제한전압시험		육안검사
		충격전류 (kA)	제한전압 (kV)	
6	4.9	21.4	11.009	손상없음
7	5.0	21.4	11.009	손상없음
8	5.0	21.2	11.009	손상없음

방전하에서의 교류내전압시험에서는 회간 간격을 1분으로 하여 5회 실시하였으며 시험 후 실시한 동작개시전압시험 및 제한전압시험의 결과를 표 6에 나타내었다.

표 6. 방전하에서의 교류내전압시험 결과

구분 시료번호	동작개시 전압 (kV d.c.)	제한전압시험		육안검사
		충격전류 (kA)	제한전압 (kV)	
6	5.1	21.5	11.009	손상없음
7	5.0	21.5	11.009	손상없음
8	5.0	21.3	11.009	손상없음

내수성능시험은 시험 완료후 실시한 동작개시전압 시험에서 기준범위를 벗어난 시료가 발견되어 그 원인을 검토한 결과 제조공정, 보관 또는 취급 부주의에 의해 절연통 보호장치의 표면에 유해한 흠이 발생하여 5회 반복 실시하는 동안 발생된 흠으로 물이 침투한 것으로 사료되며, 아래의 그림 6은 절연통 보호장치의 표면에 발생한 흠을 나타내었다.

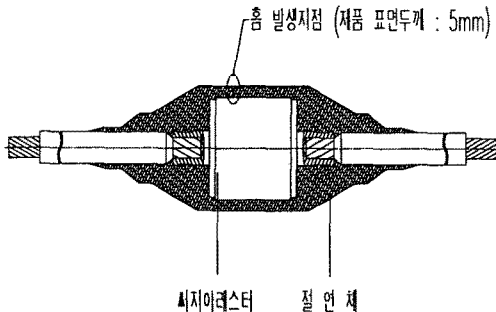


그림 6. 절연통 보호장치표면 흠 발생 부위

이러한 미세한 흠은 제작 완료 후에 검사자가 육

안으로 관찰 확인하기는 불가능하므로 절연물내의 기포나 이물질, 갈라짐 및 미세한 흠 등의 결함을 알아낼 수 있는 비파괴검사장치인 X-Ray 검사를 생산되는 모든 제품에 대해 전수검사를 실시하여야 할 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 논문에서는 설계·제작된 방식층 보호장치에 대하여 동작개시전압, 제한전압, 충격전류, 방전하에서 교류내전압시험 및 내수성능시험을 실시하였다.

그 결과 절연통 보호장치는 지중송전선로에 사용되는 보호장치로서 지중 조건에서의 수밀 및 기밀특성 우수해야 하므로 내수성능시험의 중요성이 대두되었으며, 기포나 이물질, 갈라짐 및 미세한 흠 등의 결함 요인이 발생되지 않도록 지속적인 공정 및 품질관리를 유지해야 하며 검사자의 오류를 줄이기 위해 신뢰성있는 검사장비를 확보해야 할 것으로 판단되었다.

참고 문헌

- [1] 한국전력공사, "전력용 피뢰기," ES-153-261-283, 1998.
- [2] 한국전력공사 구매시방서 154 kV용 절연통 보호장치.
- [3] 電氣學會規格, "酸化亞鉛形 避雷器," JEC-217, 1884.
- [4] 지중송전계통의 접지기술 정립에 관한 연구.
- [5] 일본 Meidensha 방식층보호장치 개발 Report.
- [6] Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems, IEC 60099-4, 1998. 8.