

154 kV 지중케이블 절연통 보호장치의 기본특성 평가

Basic Characteristics of the Surge Protector for 154 kV Underground Cable

김 석 수 · 조 한 구* · 박 태 곤**
한국전기연구소* , 창원대학교 전기전자제어공학과**
S.S. Kim · H.G. Cho* · T.G. Park**
KERI* , Changwon Univ**

Abstract

뇌썩지가 케이블 심선에 침입할 경우 케이블심선-시스간과 시스와 대지간의 썩지임피던스 비에 따라 과전압이 발생하며, 이와 같이 썩지성 과전압이 방식층의 충격내전압치를 초과할 경우 방식층을 보호하기 위한 대책이 필요하며 그 보호장치로 절연통 보호장치를 사용하는 것이 일반적이다. 설계, 제작된 절연통 보호장치에 대해 절연저항시험, 동작개시전압시험, 뇌충격제한전압시험, 충격전류시험, 방전하에서 교류내전압시험, 절연성능시험 및 내수성능시험을 실시하여 내수성능시험을 제외한 모든 시험항목에서는 그 결과가 양호하나, 내수성능시험에서는 미세한 흠으로 물이 침투되어 불량이 발생함에 따라 절연통 보호장치는 지중송전선로에 사용되는 보호장치로서 지중조건에서의 수밀 및 기밀특성 더욱 우수해야 하므로 내수성능시험의 중요성을 인식할 수 있었다.

Key Words(중요용어) : Underground Cable, Surge Protector, FRP winding

1. 서 론¹⁾

전력계통에서 가공 송전선의 경우 부지확보 및 잦은 민원의 유발로 건설에 많은 어려움이 야기됨에 따라 송전선로의 지중화가 확대되고 있으며, 지중송전 케이블 방식층 및 절연통의 지락 등에 의한 상용주파 과전압, 뇌썩지와 같은 과전압으로부터 보호하기 위한 방식층 보호장치의 개발이 대단히 중요하다. 따라서, 본 연구에서는 산화아연 소자를 FRP 로 winding 한 후, 일체형으로 몰딩하여 지중조건에서의 수밀 및 기밀특성이 우수하며, 고장전류시 압력상승에 대해서도 폭발, 비산이 없는 구조로 설계하였으며, 또한 설계·제작된 방식층 보호장치에 대하여 절연저항, 동작개시전압, 제한전압, 충격전류, 방전하에서 교류내전압시험, 하우징의 절연성능시험인 상용주파

내전압, 뇌충격내전압시험 및 내수성능시험에 대하여 검토하였다.

2. 절연통 보호장치의 구조

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

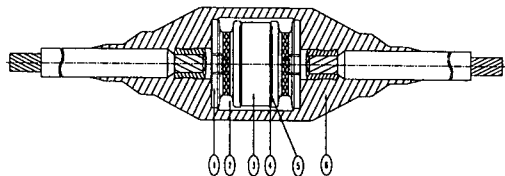


그림 1. 절연통 보호장치의 내부 구조

* 한국전기연구소
(경남 창원시 성주동 28-1 한국전기연구소)
Fax: 0551-280-1590
E-mail: sskim@keri.re.kr

표 1. 절연통 보호장치 주요부품의 기능

구분	명칭	기능
1	전극	ZnO소자와 외부 도체부 연결
2	FRP(유리섬유)	ZnO소자 외부절연
3	ZnO 소자	이상전압 보호
4	와사	압축시 ZnO소자 외면 보호
5	접시스프링	ZnO소자 및 FRP(유리섬유) 열팽창계수 보완
6	절연체	Surge Arrester 외부절연

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 결선방식으로는 대지간 방식, 교락접지·비접지방식 및 두 방식을 혼합한 방식이 있으며, 설치구간 과 설치방법은 전력회사마다 다양하기 때문에 확립된 표준은 없다.

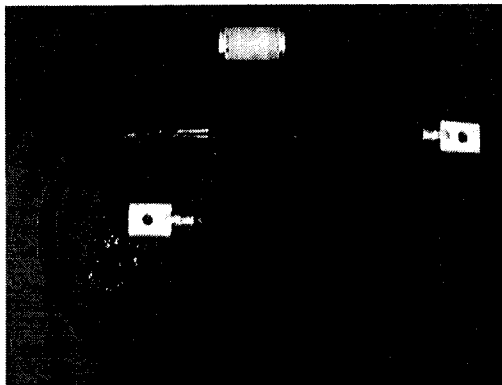


그림 2. 조립된 절연통 보호장치의 사진

3. 시험항목별 시험방법 및 기준

절연저항시험은 접속단자 한쪽을 접지하고 상온 수중에 1시간 이상 담근 후 상온에서 반대편 접속단자와 대지간에 약 100V의 직류전압을 인가하여 1분간 충전한 후 절연저항을 측정하여 20℃로 환산한 값이 100 MΩ 이상이어야 한다. 동작개시전압시험은 양단의 접속단자간에 직류 또는 교류전압을 인가하

여 산화아연소자를 흐르는 저항분 전류의 파괴치가 1 mA 흐를 때의 단자전압을 측정하여 그 값이 3.6~5.5 kV 범위이어야 한다. 뇌충격제한전압시험은 8/20 μs, 10 kA, 14 kA, 21 kA의 충전전류를 인가하여 절연통 보호장치 양 단자간의 측정전압을 측정하여 V-I 특성곡선을 작성하여, 이 V-I 특성곡선상에서 21 kA에 대한 제한전압이 14 kV 이하이어야 한다. 충격전류시험은 접속단자 한쪽을 접지하고 반대편 접속단자에 18 kA 이상의 파괴치를 갖는 표준충격전류(8/20 μs)를 일정시간 간격으로 100회 인가한 후 동작개시전압시험 및 제한전압시험을 재 시행하여 이상 없어야 하며 산화아연소자에 사용상 유해한 손상이 없어야 한다. 방전하에서의 교류내전압시험은 1400 V를 인가한 상태에서 파괴치가 10 kA인 표준충격전류(8/20 μs)를 1분 간격으로 5회 실시한 후 동작개시전압시험 및 제한전압시험을 재 시행하여 이상 없어야 하며 산화아연소자에 사용상 유해한 손상이 없어야 한다. 절연성능시험은 내부소자를 제거한 상태로 접속단자를 물위에 띄운 상태에서 상온 상압의 수중에 1시간 이상 담근 후 상온에서 물과 케이블축의 한 단자간에 50 kV의 파괴치를 갖는 표준충격전압(1.2/50 μs)을 3회 인가하여 이에 견디어야 하며, 4 kV의 상용주파전압을 1분간 인가하여 이상 없어야 한다. 내수성능시험은 수온 50℃, 계기압 2 kg/cm²·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 2는 절연저항시험 결과를 나타내며, 20℃로 환산한 값 임.

표 2. 절연저항시험 결과

시험기준 20℃ 환산치(MΩ)	시험결과 20℃ 환산치(MΩ)
100 이상	11×10 ⁹

표 3은 동작개시전압시험 결과를 나타내며 기준치의 범위 이내임.

표 3. 절연저항시험 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 나타난 뇌충격제한전압시험은 시료 3개에 대한 각 전류별 측정된 제한전압치를 나타내며, 시험 시 인가된 전류파형의 범위는 과두장 6.4~9.6 μ s, 파미장 18~22 μ s 이며 정극성으로 시험하였으며, 21 kA에서의 측정치만 나타내었음.

표 4. 뇌충격제한전압시험 결과

시료번호	구분	시험전류 (kA)	제한전압 (kV)
1	1 회	21.50	10.862
	2 회	21.50	10.862
	3 회	21.20	11.009
	4 회	21.40	11.009
	5 회	21.30	11.009
2	1 회	21.30	10.862
	2 회	21.20	10.862
	3 회	21.30	10.862
	4 회	21.30	10.862
	5 회	21.20	10.862
3	1 회	21.40	10.862
	2 회	21.20	10.862
	3 회	21.30	10.862
	4 회	21.20	10.862
	5 회	21.30	10.862

하였다.

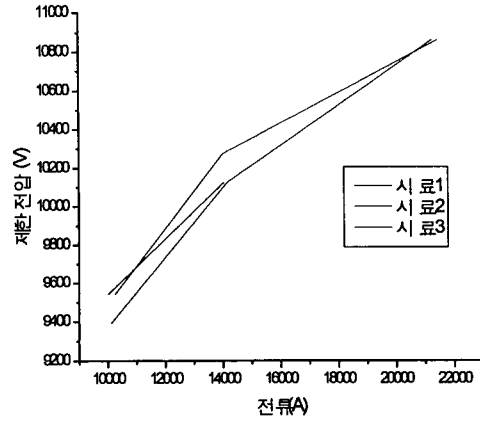


그림 4. V-I 특성곡선

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

표 5. 충격전류시험 결과

시료번호	구분	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

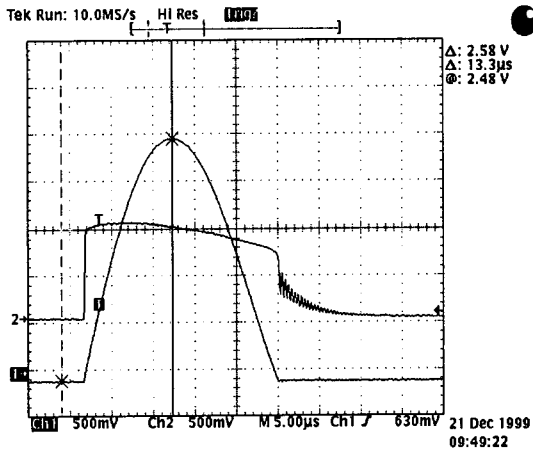


그림 3. 뇌충격제한전압시험 파형

아래의 그림 5는 10 kA, 14 kA, 21kA의 충격전류에서의 측정된 제한전압치를 V-I 특성곡선으로 작성

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

표 6. 방전하에서의 교류내전압시험 결과

시료번호	구분	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

절연성능시험은 상용주파내전압시험과 충격내전압 시험으로 실시하였으며 상용주파내전압시험은 4kV를 1분간 인가하여 섬락 및 절연파괴가 일어나지 않았으며, 충격내전압시험은 정·부 양극성으로 3회씩 50kV를 인가하였으며 섬락 및 절연파괴가 일어나지 않았으며 시험 시 기후조건은 13℃ 996hPa 86%의 상태에서 실시하였다.

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 발생한 흠으로 물이 침투한 것으로 사료되며, 아래의 그림 5는 절연통 보호장치의 표면에 발생한 흠을 나타내었다.

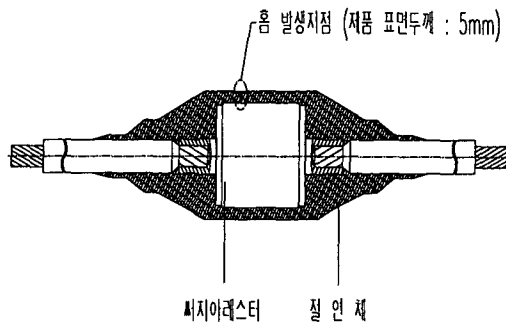


그림 5. 절연통 보호장치표면 흠 발생 부위

이러한 미세한 흠은 제작 완료 후에 검사자가 육안으로 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 절연저항, 동작개시전압, 제한전압, 충격전류, 방전하에서 교류내전압시험과 하우징의 절연성능시험인 상용주파내전압, 뇌충격내전압시험 및 내수성능시험을 실시하였다.

그 결과 절연통 보호장치는 지중송전선로에 사용되는 보호장치로서 지중조건에서의 수밀 및 기밀특성 우수해야 하므로 내수성능시험의 중요성이 대두되었으며, 기포나 이물질, 갈라짐 및 미세한 흠 등의

결함 요인을 발생하지 않도록 지속적인 품질관리를 유지해야 하며 검사자의 오차를 줄이기 위해 신뢰성 있는 검사장비를 확보해야할 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.