# 154 kV 건식형 지중종단접속함의 성능 평가

김석수, 박영창, 오창수*
한국전기연구원, 한국전력공사*

# Performance Evaluation of 154 kV Separable Dry Type Plug-in Connector

Seok-Sou Kim, Young-chang Park, Chang-Su Oh*

KERI, KEPCO*

**Abstract :** Underground connectors in 154kV for the connection between power cables and power equipments represent a greater part of power system stability and reliability. This paper presents the performance evaluation of 154kV separable dry type plug-in connector of a company in Japan for transformers and Gas Insulated Switchgear. And the possibility of the application on domestic underground line was considered.

**Key Words : Plug-in, GIS, Stress relief cone, Conductive shield, Socket**

## 1. 서 론

지중 송전선로는 지하에 전력케이블을 포설하여 전력을 전송하는 선로이다. 우리나라에서는 1929년 22.9kV 급 지중선로가 설치된 이래 현재 서울 경기 지역에 345kV 지중송전선로가 설치 운전되고 있으며, 가공선로의 설치가 곤란한 대도시의 중심 밀집지역, 대단위 아파트 단지 등에 주로 설치되므로 지중송전선로의 건설이 확대되는 추세이다.

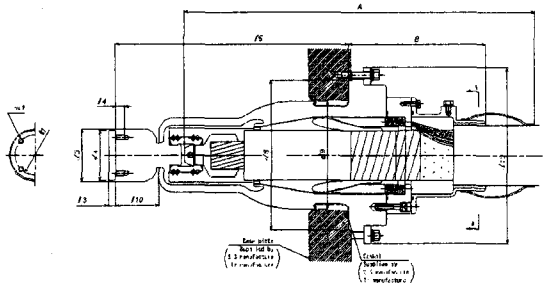
지중송전선로의 확대 운영으로 154kV, 345kV 지중송전선로가 포설된 지하전력구내의 화재나 전력기기 등의 결함으로 인한 사고는 전력공급계통의마비로 이어져 대도시 밀집지역의 대규모 광역정전으로 심각한 사회문제를 초래 할 수 있다.

특히 지중 송전선로의 주요 핵심 기자재인 지하전력구내 전력케이블간의 연결 접속함과 전력기기와 연결되는 종단접속함의 우수한 기계적 특성과 전기적 절연성능은 지중송전선로의 전력계통 안정과 신뢰도 향상에 큰 비중을 차지한다. 따라서 본 논문에서는 변압기 및 가스절연개폐장치(GIS)와 접속되는 154kV 건식형 지중종단접속함에 대한 전기적 특성과 성능평가에 대해 고찰하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 지중종단접속함의 구조와 특성

접속함은 크게 플러그와 소켓부로 나누며, 플러그는 소켓연결부, EPDM 또는 Silicone고무 재질의 스트레스콘(stress relief cone) 및 하부보호관으로 구성되며 154kV 가교 폴리에칠렌 600 ㎟ 전력케이블에 접속되는 구조이다. 소켓은 플러그와 연결되는 도체가 합성수지 절연체에 매입된 일체형 구조로서 변압기나 GIS 본체 플랜지에 접속되는 볼트 취부형이다.
그림 1은 154kV 건식형 지중종단접속함의 구조를 나타낸다.



〈그림 1〉 154kV 건식형 지중종단접속함의 구조

지중종단접속함의 주요 성능은 플러그와 소켓연결부는 전기적 도전성과 기계적으로 강도가 우수한 확실하고 견고하게 체결이 되어야 한다. 스트레스콘은 전기적으로 도전차폐(conductive shield)가 되어야 하며, 이 차폐는 외부 접지와 연결할 수 있어야 한다. 또한 플러그의 접지연결개소는 표피 순환전류를 충분히 흘릴 수 있어야 하며 방수성능을 지녀야 한다.

소켓은 플랜지와 접속시 가스의 누기, 오일의 누유 및 공기가 유입되지 않도록 오링 또는 가스켓을 사용하고 플러그 측의 케이블 접속시에는 충분한 기계적 고착력을 유지하여 완벽한 기밀성능을 지녀야 하고, 케이블 외피 표면을 따라 우수 또는 습기가 침투할 수 없도록 열 수축 튜브 등으로 마감 처리하여 정격전압이 인가된 연속운전상태에서 확실한 절연 성능을 유지해야하고, 그 특성에 변화가 없어야 한다.

지중종단접속함의 플러그 및 소켓은 변압기 및 가스절연개폐장치에 모두 적용이 가능하여야 하며 표 1의 절연강도를 지녀야 한다.

〈표 1〉 지중종단접속함의 절연강도

| 시험항목 | 접속함의 온도 | 기준 절연강도 |
|---|---|---|
| 상용주파내전압 | 상온 | 218 kV/15 min |
| 뇌충격전압 | 95 ℃~100 ℃ | 750 kV(정 · 부극성) |

지중종단접속함은 기계적 강도와 유해한 노이즈나 코로나를 발생하지 않아야 하며, 장기간 사용에도 전기적, 기계적으로 충분한 내구성을 지녀야 한다. 접속함의 성능평가 항목으로 구조검사, 전기적시험, 기밀시험, 스프링 및 스트레스콘시험으로 나눌 수 있으며, 전기적시험은 부분방전시험, 열싸이클시험, 뇌충격내전압시험, 교류내전압시험이 있다.

스프링시험은 인장시험과 최대전단응력시험이 있으며, 스트레스콘 시험은 인장시험, 가열노화시험, 체적 고유저항측정, 유전정접, 파괴전위경도, 경도시험으로 구성되어 있다.

### 2.2 지중종단접속함의 성능 평가

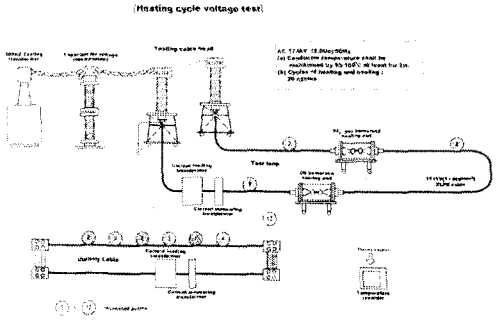
성능 평가에 사용된 시료는 국외 일본제작사의 지중종단접속함을 사용 하였다. 평가항목은 상기 기술된 전 항목에 대한 성능을 평가하였으나, 본 논문에서는 전기적시험, 기밀시험 및 스프링시험에 대해서 기술하였다.
본 성능평가에 사용된 지중종단접속함의 정격 및 기준사양은 표 2와 같다.

성능 평가시 전기적시험은 부분방전시험(전), 열싸이클전압시험, 부분방전시험(후), 뇌충격내전압시험, 교류내전압시험을 순차적으로 실시하였으며, 접속함의 설치는 변압기용과 GIS용을

series로 연결하고 접속함 사이의 길이 즉, 시험용 단말을 제외한 시험용 케이블의 길이를 8m로 하여 시험하였다. 전기적시험 회로및 접속함 설치도를 그림 2에 나타내었다.

**<표 2> 지중종단접속함의 정격 및 기준사양**

| | |
|---|---|
| 공칭전압(U) | 154 kV |
| 정격전압(Uo) | 87 kV |
| 최고전압(Um) | 170 kV |
| 도체 공칭단면적 | 600 ㎟ |
| 중성점 접지방식 | 직접접지 |
| 분분방전 크기 | < 5 pC |
| 스트레스콘 재질 | EPDM 계열 |

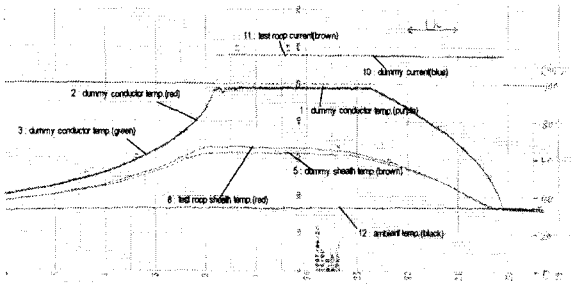


**<그림 2> 전기적시험 회로 및 접속함 설치도**

열싸이클시험전의 부분방전시험은 케이블 도체온도가 상온상태에서 실시하며 접속함에 전압을 인가하여 153 kV 에서 10 s 간 유지한 후, 서서히 전압을 감소시켜 131 kV에서 부분방전의 크기를 측정하여 1 pC의 back noise 이상의 부분방전 크기는 나타나지 않았다.

열싸이클전압시험은 그림 2와 같이 회로를 구성하고 174 kV의 전압을 인가한 상태에서 케이블에 전류를 흘려 최소 8시간 동안 가열시켜 케이블의 도체 온도를 95 ℃~100 ℃ 범위에서 최소 2시간 동안 유지시키며, 가열 후에는 도체 온도가 상온의 10 ℃ 내로 최소 16시간 동안 자연냉각 시키는 과정을 1 cycle로 하여 20 cycle 실시하여 전 시험기간 동안 절연파괴 등의 이상 현상이 일어나지 않음을 확인하였다.

그림 3은 열싸이클전압시험의 온도 그래프이다.




**<그림 3> 열싸이클전압시험의 온도 cycle 그래프**

열싸이클시험 후의 부분방전시험은 상온 및 고온상태에서 실시하였으며 시험방법은 열싸이클시험 전과 동일하며 단, 고온상태에서의 시험은 도체 온도를 96.4 ℃까지 가열하여 측정하였다.

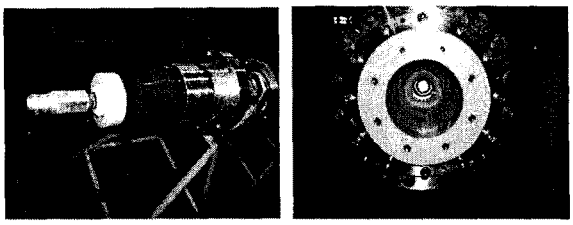
시험결과는 상온, 고온모두 back noise 이상의 부분방전 크기는 측정되지 않았다.

뇌충격내전압시험은 케이블의 도체온도를 96.4 ℃까지 가열한 고온상태에서 4.2/53.4㎲의 파형으로 750 kV를 정·부극성 각 10회씩 실시하여 절연파괴가 일어나지 않았다.

뇌충격내전압시험 후 도체온도가 상온상태로 자연냉각 되었을 때 교류내전압시험을 실시하였고, 시험회로는 뇌충격내전압시험과 동일하며 시험전압 218 kV를 15분간 인가하여 절연파괴가 일어나지 않았다.

이상과 같이 일련의 절연시험을 실시한 후 접속함을 해체하여 주요부품에 대한 전기적 열화, 습기침투, 누설, 부식 등의 사용상 유해한 결함이 있는지 육안검사를 실시하여 사진 1과 같이 어떤 유해한 결함도 없음을 확인하였다.

기밀시험은 가스절연개폐장치용 접속함에 대해서만 실시하였으며 시험압력 0.6 MPa에서 30분간 방치한 후, 확인한 결과 누설이 전혀 없었다.



**<사진 1> 154 kV 지중종단접속함의 플러그, 소켓 사진**

스프링시험은 스프링의 압축길이를 25.7mm를 기준으로 하여 개체(1개)상태와 조립(12개)상태에서의 압축력을 측정하였다. 표 3은 개체 및 조립상태에서 측정된 압축력을 나타낸다.

**<표 3> 스프링의 개체 및 조립상태의 압축력 결과**

| 개체상태 압축력 | 조립상태 압축력 |
|---|---|
| 600 N | 7 200 N |

## 3. 결 론

154 kV 건식형 지중종단접속함에 대한 성능을 평가한 결과 부분방전시험은 국내 기준인 5 pC이하를 만족하며, 열싸이클전압시험에서도 20 cycle 전 시험기간 동안 절연파괴가 일어나지 않았으며, 열싸이클시험 후 상온 및 고온상태에서의 부분방전시험에서도 모두 기준치 이하로 만족하였다.

플러그의 스트레스콘과 소켓부의 절연성능을 평가하는 뇌충격내전압시험과 교류내전압시험에서도 섬락 및 절연파괴 등이 일어나지 않았으며, 해체 후 육안검사에서도 어떠한 손상의 흔적도 없는 양호한 성능을 나타내었다.

또한 기밀시험과 스프링시험도 국내기준에 적합한 성능을 가졌으므로, 본 평가에 사용된 154 kV 건식형 지중종단접속함은 국내 지중송전선로에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

## [참 고 문 헌]

[1] 한국전력공사 구매규격 RS-5975-0080, 2006. 06
[2] Cable connections for gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72.5 kV and above IEC 60859, 1999. 07.
[3] Impulse tests on cables and their accessories IEC 60230, 1997
[4] IEC 60885, IEC 60840