

### 132kV XLPE CABLE 조립형 접속함의 개발

김정훈, 오용중, 김기영, \*박정기, 정영우  
대한전선(주) 전력기기

#### Development of Prefabricated Joint for 132kV Cross Linked Polyethylene Cable.

J.H.KIM, E.J.OH, K.Y.KIM, J.K.PARK, Y.W.JEONG  
TAIHAN ELECTRIC WIRE CO., LTD.

**Abstract** - In recent the XLPE cable has been applied more widely because of its advantages, such as the low-cost and simple installation. For a prefabricated joint, its working time is short, its jointing procedures are simple, and its quality control is easy.

Electrical performance targets of our developed 132kV cable accessories has been approved through the type test in accordance with IEC publication 840. This paper describes the developmental effort in terms of the design, structure and results of performance verification tests for 132kV XLPE cable system.

만족하도록 설계되었다.[1]

〈표1〉 요구 특성

시험항목	요구특성
1 부분방전시험	5pC 이하 / 1.5U <sub>0</sub>
2 고온 Tan δ	10×10 <sup>-4</sup> 이하/ U <sub>0</sub>
3 열 cycle 시험	20cycle/ 2U <sub>0</sub>
4 부분방전시험	5pC 이하 / 1.5U <sub>0</sub>
5 충격내전압시험	±BIL/10회
6 교류내전압시험	2.5U <sub>0</sub> /15분

### 1. 서 론

현재 전세계적으로 초고압 전력케이블은 XLPE 케이블이 주종을 이루고 있으므로, XLPE 케이블용 접속함의 수요도 급증하고 있으며, 전기적 성능이 우수하며 공기가 짧은 조립형 접속함이 해외에서도 상용화되고 있는 추세이다.

이러한 조립형 접속함의 설치에 있어 현장에서의 작업을 배제하고 프리하브와 함으로써 접속함 설치에 따르는 작업을 줄여 설치작업을 간단히 하고, 사전 품질 관리된 제품을 사용함으로써 접속함의 신뢰성을 높이고자 하는 노력이 필요하게 되었다. 현재 해외시장에서는 조립형 접속함의 수요가 증가하고 있는 바 본고에서는 국내에서는 사용하고 있지 않지만 해외 수출시장 겨냥을 위해 개발한 132kV XLPE 케이블용 조립형 접속함(직선 접속함, 중단 접속함)에 대한 설계, 구조, 시험특성 및 성능시험 결과에 대하여 간략히 소개하고자 한다.

### 2. 개발내용 및 요구특성

본 연구에 의해 개발된 접속함은 조립형 직선 접속함(Prefabricated Joint) 및 SF<sub>6</sub> Gas중 중단접속함이다. 상기 개발요구특성은 〈표1〉과 같이 IEC 840규격을

### 3. 접속함의 개발

#### 3.1 직선접속함의 개발

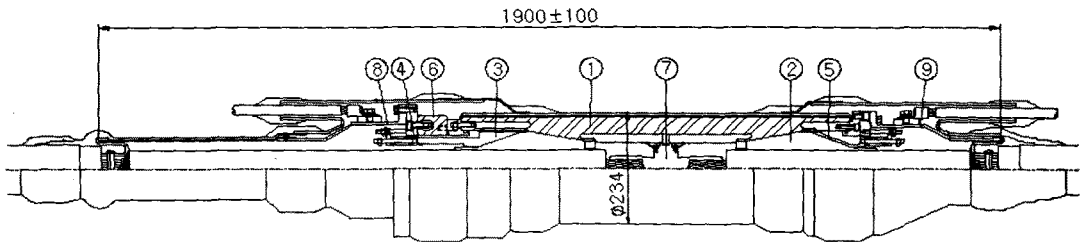
##### 3.1.1 기본구조

PJ의 기본 절연구조는 〈그림1〉에 표시된 것 같이 공장에서 미리 만들어진 품질 관리된 제품인 에폭시유니트, 고무스트레스콘, 압축파이프, 스프링압축장치, 절연통, 보호관, 도체슬리브 등으로 구성되어 있으며 해체 가능한 구조로 설계되어 있다.

본 방식은 본체를 에폭시 수지로 절연하고, 케이블 도체의 접속은 도체슬리브로 압축하는 방식이고, 또한 에폭시 계면의 절연은 고무 스트레스콘을 스프링의 기계력에 의해 압축하는 방식이다.

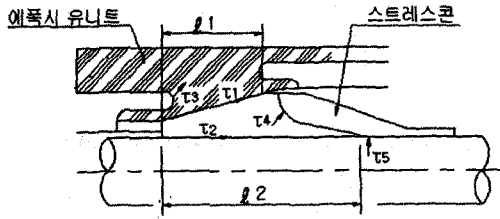
##### 3.1.2 절연설계

PJ의 절연설계는 〈그림2〉에 표시한 계면길이  $l_1$ ,  $l_2$  및  $r_1 \sim r_5$ 의 각 부위의 설계 스트레스가 목표 전기 성능을 만족하게끔 설계를 진행했다.[2] 계면길이  $l_1$ ,  $l_2$ 는 전체 형상 Compact화를 위해 되도록 짧게 설계하는 것이 바람직하나,  $r_1$ ,  $r_2$ 와의 상관 관계를 고려하여 적절한 길이로 설계했다. 구체적으로 에폭시유니트의

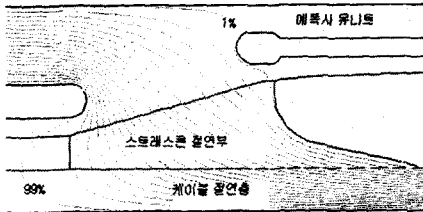


- ① 에폭시유니트 ② 스트레스콘 ③ 압축파이프 ④ 스프링압축장치(I)
- ⑤ 스프링압축장치(II) ⑥ 절연통 ⑦ 도체슬리브 ⑧ 보호관(I) ⑨ 보호관(II)

〈그림1〉 132kV 조립형 직선 접속함 (Prefabricated Joint)



〈그림2〉 주요 설계부위 표시



〈그림3〉 등 전위선도 표시

전극형상, 전극위치 및 스트레스콘의 형상을 여러번 Trial & Error의 방법으로 변형시켜 최적의 전계값을 얻는 구조로 결정했고, 개발된 PJ의 전계해석 결과를 〈그림3〉에 표시했다.

### 3.1.3 면압설계

고무절연체의 계면압력과 전기특성의 관계는 계면압력이  $2\text{kgf/cm}^2$  이상에서 포화되기 시작하여  $6\text{kgf/cm}^2$  이상에서 완전히 포화상태로 된다.[3] 따라서, 면압을  $2\text{kgf/cm}^2$  이상으로 유지하는 것이 효율적으로 목표하는 계면 전기특성을 얻을 수 있다. 본 PJ는 초기 Setting시의 설계면압을  $4\sim 7\text{kgf/cm}$  범위로 설정했고, Heat cycle하에 있어서도 각 부위의 면압이  $2.5\text{kgf/cm}^2$  이상을 유지하도록 설계했다. 또한, 스트레스콘 대경과 케이블 코아경의 차이를  $2\text{mm}$  이상으로 설정했다.

### 3.2 종단접속함의 개발

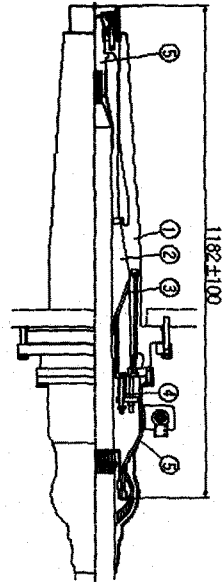
$\text{SF}_6$  가스중 종단 접속함의 기본 절연 설계는 직선 접속함과 동일하다. 단,  $\text{SF}_6$  가스 종단 접속함에서의 고무 스트레스콘의 전계강도 분포는 직선 접속함에 비교하여 균등화되는 경향이 있다. 따라서, 절연 설계는 유리하지만, 에폭시 애관용 금구와 고무 스트레스콘의 상대 위치를 적절하게 설정하는 것이 중요하다. EB-G의 기본 절연구조는 〈그림4〉에 표시된 것 같이 에폭시애관, 고무스트레스콘, 스프링 압축장치, 보호관, 도체슬리브 등으로 구성되어 있다. 에폭시 애관의 구조 및 치수는 IEC 859규격을 만족하도록 설계되었다.

## 4. 성능시험

### 4.1 부품시험

주요 부품인 고무 스트레스콘 및 EPOXY 부품에

번호	품명
1	에폭시 애관
2	스트레스 콘
3	압축장치
4	스프링
5	보호 동관
6	도체 슬리브



〈그림4〉 132kV  $\text{SF}_6$  가스중 종단접속함 (EB-G)

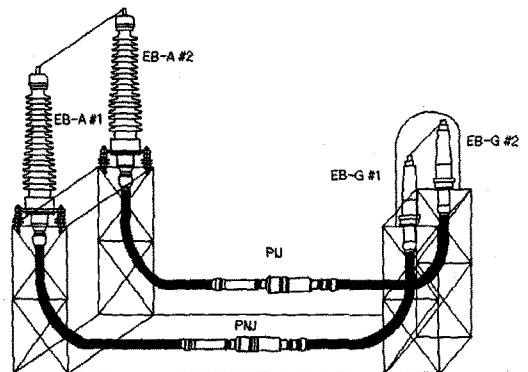
〈표2〉 시험항목 및 결과 data

품명	시험항목	시험조건	결과
스트레스 콘	구조, 외관 및 치수	도면과 일치	양호
	보이드 및 이물	$20\mu\text{m}$ 이하	양호
에폭시 유니트 및 에폭시 부싱	구조, 외관 및 치수	도면과 일치	양호
	보이드 및 이물	$20\mu\text{m}$ 이하	양호
	열 충격 시험	$10^\circ\text{C}\sim 90^\circ\text{C}$ 각1시간 10회	양호

대하여 조립전 부품상태에서 성능을 평가하는 시험을 실시 하였다. 시험항목 및 결과 DATA를 〈표2〉에 나타내었다.

### 4.2 조립시험

132kV XLPE 케이블과 접속함을 해외공인시험기관에서 Type Test를 실시키 위해 조립형 직선 접속함, 기중 및  $\text{SF}_6$  가스중 종단접속함을 〈그림5〉와 같이 구성하여 조립시험을 실시하였다. 시험결과에 대해서는 Spec치를 모두 만족하였으며 결과 data는 〈표3〉에 나타내었다.



〈그림5〉 조립시험

〈표3〉 TYPE TEST 결과

No	시험항목	요구특성	결과
1	부분방전시험	5pC이하/1.5U <sub>0</sub> (114kV)	NO PD
2	고온 Tan δ	10×10 <sup>-4</sup> 이하/U <sub>0</sub> (76kV) 도체온도:95~100℃	0.0003
3	열 cycle 시험	20cycle/2U <sub>0</sub> (152kV) 도체온도:95~100℃ 8시간:ON/16시간:OFF	양호
4	부분방전시험	5pC이하/1.5U <sub>0</sub> (114kV)	NO PD
5	충격내전압시험	±650kV/10회 도체온도:95~100℃	양호
6	교류내전압시험	2.5U <sub>0</sub> (190kV)/15분(상)	양호
7	교류내전압파괴 시험 (잔존특성시험)	교류내전압 시험후 15kV/30분씩 승압 B.D될때까지 시험	500kV/ 30분 양호

## 5. 결 론

본 논문에서는 국내에서는 사용되고 있지 않지만, 해외수출 시장 겨냥을 위해 개발한 132kV XLPE 케이블용 조립형 접속함(직선 접속함, 중단 접속함)에 대해 설계, 구조, 시험특성 및 성능시험결과에 대하여 기술하였다.

본 논문에서 보는 바와 같이 자체성능시험 결과가 IEC 840 SPEC.을 모두 만족하여 해외 공인기관의 인증 시험에 합격하였을 뿐만이 아니라, 잔존 특성을 확인하기 위해 교류 내전압 파괴시험을 실시한 결과, 상기 〈표3〉의 7항에서와 같이 접속함의 성능은 매우 우수 하며, 높은 신뢰성을 보여 주었다.[4] 또한 신개발품인 132kV XLPE 케이블용 조립형 접속함(PJ,EB-G)을 해외 Project에 적용하게 되었다.

현재 해외에서는 전기적 성능 및 품질관리 면에서 우수하고 공기가 짧은 조립형 접속함의 수요가 증가하고 있는 추세이므로 66kV, 132kV, 154kV, 230kV XLPE 케이블 접속함을 개발한 기술력을 바탕으로 400kV급 조립형 접속함을 조속히 개발하여 해외수출 시장 진출을 적극적으로 꾀 할 것이다.

## (참 고 문 헌)

- [1] IEC Publication 840, "Test for Power Cables with Extruded Insulation and their accessories for rated voltages above 30kV up to 150kV"
- [2] Cigre Working group 21-203, "Recent Technical Progress in Accessories for Extra-High Voltage XLPE Cables in Japan",1992.
- [3] 中野孝男외8명, "154kV CV케이블용プレハブ接續箱の開発", 古河電工時報, 第84別刷, 平成元年 7月.
- [4] CV케이블高電壓試驗法專門委員會, "CV케이블および接續部の高電壓試驗法", 電氣協同研究, 第51卷 第1号, 平成7年6月