

성역화된 초고압 OF 케이블 접속함 개발

유인기, 김화중,\* 송재혁  
대한전선 주식회사

DEVELOPMENT OF JOINT AND TERMINATION FOR E.H.V OIL FILLED CABLE

In-Kee Yu, Hwa-Jong Kim,\* Jae-Hyok Song  
TAIHAN ELECTRIC WIRE CO., LTD.

**Abstract** - In this paper, we describe the development in joint and termination for 230kV oil-filled cable. The designed accessories are based on the results of electric field analysis by electrostatics theory and FEM.

1. 서 론

전력 산업에 있어서의 세계적인 추세는 국내와 마찬가지로 산업화의 가속 및 편중, 도시 집중화로 인해 대용량화 및 초고압화 되어가고 있다. 이러한 초고압 선로의 경우, 기존에는 장기 신뢰성이 우수하다고 알려져 있는 OF 케이블이 주종을 이루었지만, 최근에는 환경 측면이나 유지보수의 어려움 등으로 인해 급속도로 CV 케이블로 대체되고있는 것이 세계적인 흐름이다.

해외시장의 경우, 초초고압은 OF케이블 송전선로가 상당부분에 적용되고 있으며 초고압 역시 OF 케이블을 사용하는 국가가 있다. 하지만, 이들 시장은 제한적이라 세계의 초고압 OF케이블 제조 업체간의 경쟁이 더욱더 치열한 실정이다.

이러한 가운데 국내의 경우는 345kV급 케이블까지 OF 케이블 저중 송전 선로가 구성되어 있으며, 이들을 구성하는 선로의 케이블과 부속재는 전량 국산화에 성공하여 실 선로에 적용하고 있다.

따라서, 당사는 이와 같이 축적된 기술을 바탕으로 해외 시장에서 보다 경쟁력이 있고, 시장에서 필요로 하는 어떠한 종류라도 공급할 수 있어야만 초고압 전력 케이블 시장을 유지, 확보할 수 있으리라 사료된다.

본 보고서는 해외 송전선로 시장의 확보를 위해 당사에서 개발하고 있는 230kV OF 케이블용 부속재의 구조 및 설계, 개발 현황을 소개하고자 한다.

2. 본 론

2.1 요구 특성

본 부속재 개발 목표는 아래의 표에 나타낸 바와 같이 IEC 60141-1(1993) amendment 1(1993), amendment 2(1998)에 규정된 성능을 만족시키고, 단말의 구조는 IEC 60859(1999)에 적합하도록 설계하였다. 이러한 제품의 Impulse와 AC 목표 성능은 온도와 기타 조건을 고려하여 다음과 같이 설정하였다.[1][2]

▷ Impulse = B.I.L×온도 factor 및 기타(1.2)  
= 1050×1.2  
= 1260kV

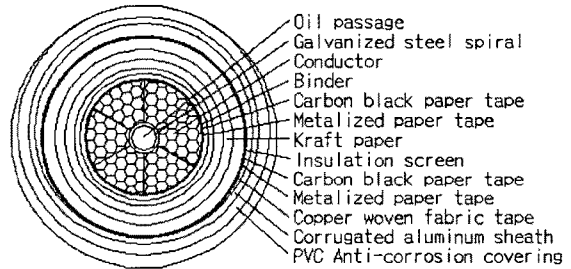
▷ AC = Um×10%(계통)×10%(여유)×1.5(시간보정)  
= 245×1.1×1.1×1.5  
= 450kV

순서	시험항목	시험치
○	Dielectric security test	320kV,24hr(상온)
↓	Lightning impulse voltage test	±1050kV,10회(고온)
↓	AC voltage test	255kV,15분(상온)

표 1. IEC 60141-1(1993), Amendment 2(1998)

2.2 케이블 구조

케이블의 치수와 구조는 그림 1에 나타내었다



\* 전체외경 : Approx. 132mm  
\* 중 량 : Approx. 32kg/m

그림 1. 케이블 구조

2.3 부속재 설계

2.3.1 보통/절연 접속함

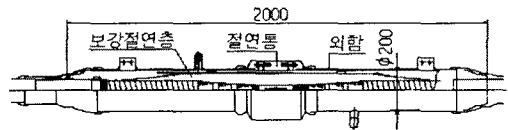


그림 2 절연 접속함 구조

그림 2는 케이블의 전기적인 연결을 위한 보통 접속함과 동일 내부 구조에 슈스 유극 전압을 제어하기 위해 차폐 구조를 가지도록 설계한 절연접속함의 형상과 치수를 나타내었다. 이들의 도체 접속은 전체 크기의 최적화를 위해 semi-flush compression type의 슬리브를 택하

었다. 또한, 내부 보강절연은 케이블 실연재질과 동일 절연재질의 유침지를 사용하였고, 외경은 도체슬리브 상의 전계가 Imp.60kV/mm이하 내에서 최적의 설계가 되도록 하였다. 특히, 급속 쉬스에 유기되는 전압의 제어는 Imp. 60kV이상의 절연강도와 1.0kV/mm이하의 연면 전계 강도를 가지도록 설계된 에폭시 절연봉을 채택하였다.[3]

### 2.3.2 유지/유지절연 접속함

OF 케이블 계통에서 지형의 고저 차나 기타 상황에 의해 급유 구간을 분리할 필요가 있을 때 유지 접속함을 사용한다. 이러한 접속함은 절연유의 차단 기능을 가짐과 동시에 높은 절연 성능을 가진 에폭시 유니트의 형상에 따라 여러 가지 형태를 가지고 있다. 본 개발에는 설치장소와 작업시간 등을 고려하여 아래의 그림 3와 같은 형상의 구조를 가지도록 설계하였다. 설계 시, 전기적인 요소와 기계적인 요소를 고려하여 절연 외경, Stress Relief Conc 연면 길이, 내부절연 연면 거리등을 결정하며, 특히, 스프유니트의 경우, 에폭시 재질을 고려하여 매립전극 반경방향으로 AC 25kV/mm이하가 되도록 설계하였다. 이와 같이 설계된 접속함 구조는 전계해석 검증 을 통하여 확정된다. 그림 4는 유지 접속함의 설계를 전계해석을 통해 검증한 등전위 분포도를 나타낸 것이다.



그림 3. 유지절연접속함의 구조



그림 4. 유지절연접속함의 등전위 분포도

### 2.3.3 가스 중 종단 접속함

케이블 단말 부의 차폐 층에 집중하는 전계를 완화하기 위해 일반적으로 채택하고 있는 에폭시 벨 마우스 방식을 택하였다. 에폭시 벨 마우스의 설계 시, Slope의 각도와 내경은 상시 전압 기준으로 결정하였으며, 보강유침지의 Stress relief slope는 Impulse 전압을 기준으로 설계하며 연면 방향 Stress가 2.5kV/mm 이하가 되도록 하였다.[3] 에폭시 애관의 구조는 IEC 60859를 기준으로 하였고, 내가스성, 내유성, 내드래킹성 등이 좋은 알루미나 수지 계통의 재료를 사용하였다. 그림 5는 접속함에 대한 형상을 나타낸 것이며, 그림 6은 이들 구조를 전계해석을 통해 검증한 등전위 분포도를 나타낸 것이다.

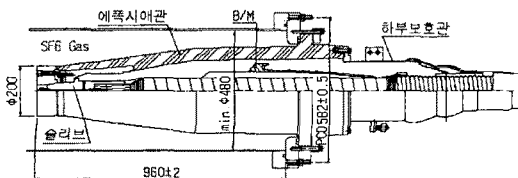


그림 5. 가스 중 종단 접속함의 구조



그림 6. 등전위 분포도

### 2.3.4 기중 종단 접속함

기중 종단 접속함은 설치 지역의 오손등급에 따라 달리 적용되는데, 본 개발에서는 IEC 60071-2에서 오손 등급이 가장 높은 very heavy 급인 6cm/kV를 적용하여 creepage distance가 8000mm 이상의 애관을 채택하였다.[4]

내부 전기 절연 방식은 애관 연면의 전압을 균등 분담할 수 있는 콘덴서콘을 사용했으며 방식은 비대칭형 방식을 사용하였다. 그리고, 이러한 콘덴서콘은 유 함침 보강 절연 층 특성 상 Impulse 전압 기준으로 설계하였으며, 전체 외경, 길이, 콘덴서 수, 위치, 폭, 전극간 간격, 전극간 연면 거리등을 고려하여 상세 설계한 것을 표 2에 나타냈으며, 이들의 구조와 검증은 그림 8과 9에 나타내었다.

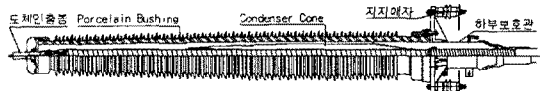


그림 7. 기중 종단 접속함의 구조

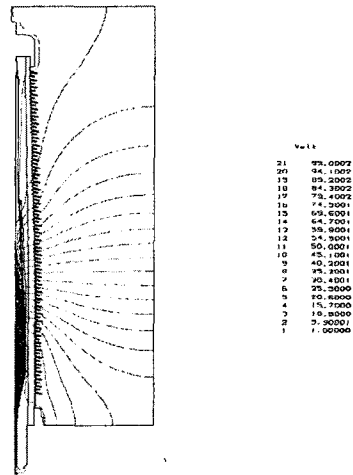


그림 8. 기중 종단 접속함의 등전위 분포도

구분	구분	설계치 (kV/mm)	설계 기준 (kV/mm)	파괴 예상치 (kV/mm)	비고
콘덴서콘	전극과 전극 사이	12.0 (34.0)	15 ↓ (37 ↓)	22 (60)	AC (Imp.)
	전극과 전극 연면간	0.4 (1.1)	1.2 ↓ (2.5 ↓)	2.0(4.0)	AC (Imp.)
보강절연 Slope	연면Stress (Longitudinal)	3.0	2.5~ 4.0	4.0	IMP.

표 2. 보강 절연 설계

### 3. 평 가

[참 고 문 헌]

#### 3.1 부품 제조 및 평가

접속함 부품은 전기적 면과 기계적 면을 고려하여 금구류와 유침지, 에폭시류 등으로 나뉘어 제작된다. 금구류는 재료의 적합성과 기계 가공성, 정밀성, 기밀성, 내압력 특성 등을 중시하여 제작되며, 이들은 전체 성능을 좌우하는 중요한 역할을 한다. 유침지는 지질, 진공건조, 유침등의 공정으로 제작되며, 에폭시류는 에폭시의 양과 구조, 재료의 수축률을 고려하여 금형을 설계, 제작하며, 주형, 경화 과정을 거쳐서 제작된다. 제작 단계에서 고품질의 제품을 얻기 위해 재료의 혼합부터 생산, 가공에 이르기까지 여러 단계에서 철저한 검사가 이루어진다.

이렇게 제작된 각 부품은 부품 특성 시험 및 검사를 통하여 품질관리를 하였다.

#### 3.2 조립품의 성능시험

상기와 같이 설계, 제작된 접속함의 전기적인 시험을 실시하였는데, 이에 대한 시험 조건과 결과는 표 3에 나타난 바와 같이 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 참고로 성능을 확인하기 위해 파괴 시험을 진행한 결과, 설계 시 목표로 한 파괴 치에서 파괴가 일어나 설계 및 조립등이 최적인 것을 확인할 수 있었다. 그림 9는 시험선로의 구성을 나타낸 것이다.

- [1] IEC 60141 1 "Tests on oil filled and gas pressure cables and their accessories Part 1: Oil filled, paper insulated, metal sheathed cables and accessories for alternating voltages up to and including 400kV" third edition 1993 ; Amendment 1 1995 ; Amendment 2 1998
- [2] IEC 60859 "Cable connections for gas insulated metal enclosed switchgear for rated voltages of 72.5kV and above Fluid filled and extruded insulation cables Fluid filled and dry type cable terminations" 1999.
- [3] 飯塚喜八郎 監修 "電力 ケーブル技術 핸드ブック" 1994.
- [4] IEC 60071 2 "Insulation Co Ordination Part 2 : Application Guide" Third Edition 1996.

항 목	기 준	결 과
AC 내전압 시험	AC 450kV, 6 hrs	이상 없음
Imp.내전압 시험	±1050kV/각10회	이상 없음
	- 1260kV/3회	이상 없음
Imp.파괴 시험 (참고)	- 1512kV/3회	- 1500kV/3회 B.D

표 3. 조립시험 결과

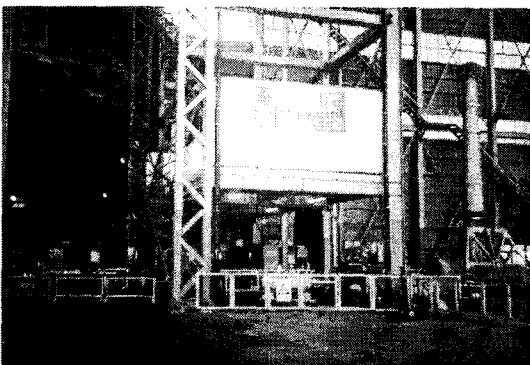


그림 9. 시험 선로 구성

### 4. 결 론

당사는 금번의 230kV OF 케이블 접속함 개발로 132kV 급에서 345kV급까지 어떠한 종류의 접속제도 설계, 납품 가능한 기술력을 확보하게 되었으며, 본 개발로 해외시장에서 보다 경쟁력 있고, 능동적으로 대응할 수 있게 되었다.