

154KV OF 케이블용 접속기기의 개발

이 의 식

대한전선(주)

Development of Accessories for 154KV Oil-Filled Cable

Lee Hee Sik

Taihan Electric Wire Co. Ltd.

1. 서 론

대도시의 초고압 지중 송전 선로의 주류로서 이용되고 있는 OF 케이블에 있어서 긴 선로의 경우는 제조, 수송 및 포설작업상 케이블 길이가 제약되어 시공현장에서 케이블 상호간 접속이 필요하며 또한 케이블 양단에는 가공선 또는 전기 기기와 접속 단말 처리가 필요하다.

따라서 각 접속부는 해당 전력 케이블과 동등한 성능을 갖추어야 한다.

그간 외국에서 수입에 의존해 사용되어진 접속기기는 위 문제를 해결함은 물론 장기적 안정성, 경제성, 작업의 용이성등을 고려하여 개발하였다.

본 내용에서 당사에서 실용화한 154KV OF 케이블용 접속기기의 종류, 설계방향 및 설계, 제조, 접속기기의 시험특성등에 대해 간략히 기술하였다.

2. 본 론

2.1 접속기기의 종류

접속기기는 케이블의 종류, 접속장소, 절연방법, 형상 및 구조등의 목적에 따라 다양한 종류로 분류를 하면 아래와 같다.

(1) 중간 접속함

보통접속함 : 케이블 상호간을 단순히 접속하는 구조로 주요 부분은 도체 슬리브, 절연 유침지, 차폐층, 외함, 언공부, 방식층등으로 구성된다.

절연접속함 : 양측 케이블의 금속시스 상호를 절연해서 시스의 유기전압에 의한 전위상승 및 시스 손실을 절감할 목적으로 사용되며 구조는 시스 절연을 실시하는 것 이외에는 보통접속함과 같다.

유지접속함 : 케이블 선로가 긴 경우 급유, 보수 및 적당한 급유 구간을 만들어 줄 필요가 있을 때 사용되며 절연이 좋은 에폭시수지를 이용한 스톱유니트 (Stop Unit)로서 급유구간을 구분하여 준다.

유지절연 접속함 : 절연 접속함과 유지접속함을 복합한 것으로 급유 구간을 구분하며 시스 절연을 하여준다.

(2) 종단접속함

기중종단 접속함 : 대기중에서 가공선과 지중선을 접속하는데 사용되며 외부 절연은 주로 자기제 애관을 사용한다.

내오손용 종단 접속함 : 해안 부근이나 공장지대에서 외부 절연체 표면이 오손되어 플래시 오버 (Flash Over)현상이 저하된다. 이를 위해 표면 누설 거리가 긴 자기제 애관을 사용하고 있다.

유중 종단 접속함 : 주로 육내에 설치되는 것으로 장소가 협소하거나 타건속물과 이격 거리가 제약을 받을 때 사용하며 케이블과 변압기가 유중 캐이스내에서 접속된다.

가스중 종단 접속함 : 유중 종단 접속함과 같은 모양이며 SF6 가스를 사용해서 축소형 개폐장치용 케이블과 접속할 경우 사용된다.

(3) 급유장치

케이블내의 유량의 변화를 보상하여 케이블을 보호하여 준다.

압력유조 (Pressure Tank)

밸브판넬 (Valve Panel)

경보장치 (Alarm Receiver)

(4) 케이블 방식층 보호장치

지중선 선로의 내피 대책 및 써지 전압에 대한 대책으로 피뢰기를 사용한 접지함을 설치한다.

2.2 접속기기의 구비조건 및 합리화 방향

(1) 구비 조건

- 가. 케이블의 구성재료에 나쁜 영향이 없어야 한다.
- 나. 사용조건하에서 발생하는 외력과 진동에 견디어야 한다.
- 다. 사용온도 범위에서 장기간 동안 사용에서 이상이 없어야 한다.
- 라. 케이블 단시간 허용전류 통전에 대해서 이상이 없어야 한다.
- 마. 도체 접속부는 케이블의 도체온도 상승값 이상으로 온도 상승이 없어야 한다.
- 바. 케이블의 도체 허용 장력에 견디어야 한다.
- 사. 보강 절연층은 케이블과 동등한 조건이어야 한다.

- 아. 차폐 또는 시스는 케이블과 동등한 시스 전류를 통전할 수 있어야 한다.
- 사. 외함은 허용 유압에 견디어야 한다.

(2) 합리화 방향

- 가. 성력화 : 구조 및 조립작업 간단화
- 나. 소형화 : 경량화, 치수 단축화
- 다. 고신뢰성화
- 라. 저가격화

2.3 절연 설계

(1) 보강 절연체계의 결정

보강 절연체의 직경은 다음 식에 의해 구한다.

$$R_x = \gamma_s \cdot e \frac{E}{g_r \gamma_s}$$

- R_x : 보강 절연체 반경 (mm)
 - γ_s : 접속 슬리브 반경 (mm)
 - E : 상정전위 (KV)
 - g_r : 도체 슬리브상의 관측 최대 전위경도 (KV/mm)
- 전위경도값은 케이블의 최대 Stress 의 1/2 이하에서 파괴 목표를 설정해서 정하는데 상요주파 Stress 값은 통상 15-25KV/mm 로 한다.

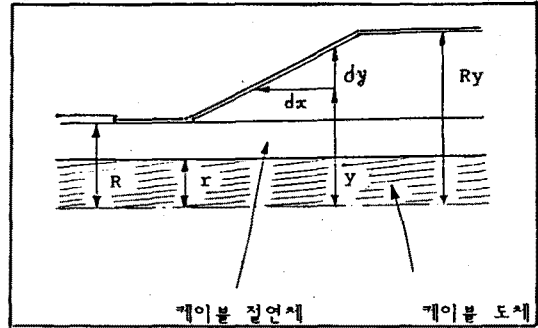
(2) Stress Cone 의 설계

보강 절연체 끝은 전위 분포가 불연속이므로 케이블 축 방향의 전위 경도가 커져서 파괴가 발생된다. 이것을 방지하기 위해 일반적으로 다음식을 이용해 전계 해석을 한다.

$$x = \frac{E}{g_x} \cdot \ln \left(\frac{\ln y/r}{\ln R/r} \right) - (1)$$

- g_x : 전위경도
- E : 전압
- R : 케이블 절연체 반경

- r : 케이블 도체 반경 (mm)
- y : 보강 절연체 반경 (mm)



(그림 1 : Stress Cone형상)

유침 절연지의 파괴 강도는 케이블 축 방향과 직각 방향과의 비율 총래는 1/15-1/20로 하였지만 케이블의 파괴 목표를 기존해서 길이 방향의 전위경도 g_x 를 1.0-2.0KV/mm 로 한다.
 또한 상시 사용전압에 대해서는 $g_x = 0.2 - 0.4KV/mm$ 로 하는 경우도 있다.
 위 그림에서 $y = R_y$ 일 경우 연면전위경도 g_x 를 일정하게 설계할 경우 아래 식을 이용하지만

$$x = \frac{E}{g_x} \left(1 - \frac{\ln y/r}{\ln R/r} \right) - (2)$$

안전속면을 고려할 경우는 (1)식을 사용하는 것이 좋다. 그러나 외 길이가 너무 길어지면 외함등의 부피가 커져 경제적 효과 및 작업성이 저하되므로 이를 고려하여야 한다.

(3) 기마 설계

절연체 설계 이외에도 도체 슬리브의 설계, 기중 용단 접속함의 Stress Relief Cone의 설계 및 외부절연 설계, 외함의 내압설계 및 방식층 절연설계 등이 기본적으로도 중요한 설계 사항들이 된다.

2.4 접속기기의 제조

접속기기 부품 제조중에 가장 중요한 몇가지를 간략히 서술하면 아래와 같다.

(1) 절연 보강지

절연지는 통상 6-8%의 수분을 포함하고 있는데 전기적 성능상 절연 보강지는 수분이 0.1% 이하로 하고 있다.
 이를 위해서는 대형 건조 용기에 절연지를 넣고 가열 상태에서 진공장시에 의해 진공건조 하는데 이때 온도는 100-120°C 이고 진공도는 0.1-0.01mmHg 로

한다.

건조시간은 절연지의 종별, 절연지의 양, 건조 온도, 진공도동이 용인이 되므로 최종 목표치인 수분 양을 측정하여 결정해야 한다.

(2) 압력유조의 제조

케이블 급유장치의 하나인 압력유조 제조는 Cell 이라고 하는 박판의 가변체적 용기에 질소가스를 충전하여 조립하는데 이를 사용 합력하에서 누설 또는 파괴가 없도록 하기위해 30,000회 피로시험을 거치며 엘름 누설 검출기로 검사하여 미압계를 이용해 정확히 가스 충전한다. 이것을 용기에 조립하고 기름을 주입하여 동작 특성시험(배유량)을 행한다.

(3) 에폭시 절연체 제조

에폭시제의 부속품은 절연유에 안정하고 유수한 기계적 특성 절연 특성이 요구된다. 제조설비는 에폭시 제품 내에 수분, 이물, Void 를 배제할 수 있는 실비로 진공 탈포, 온도 및 청결 유지의 관리가 되어야 한다.

당사에서 가장 어려웠던 점은 에폭시 Resin 과 Hardener 배합시 미세한 Void 제거였다. 이를 검사하기 위해 부분 방전시험, 열충격(냉열) 시험, 기밀 및 인장시험등을 행하고 있다.

표 1. 시험 특성

구분	시험 항목	단위	시험 결과치
접속합	1. 교류 내전압시험	KV	.300KV 6시간 양호
	2. 교류 내전압 파괴시험	KV	465KV 3시간 양호
	3. 충격 내전압 시험	KV	-900KV 3회 양호
	4. 충격 내전압 파괴시험	KV	-1140KV 3회 양호
	5. 기밀 시험	Kg/Cm ²	18Kg/Cm ² 1시간 양호
	6. 절연통 인장내하중 시험	Kg	1000Kg 10분 양호
	7. 절연통 냉열 시험	°C	20°C ⇄ 90°C 5회 양호
	8. 에폭시 붓싱 냉열 시험	°C	20°C ⇄ 100°C 5회 양호
	9. 에폭시 붓싱 부분방전 시험	KV	116KV 에서 50 PC 이하
압력유조	1. 셸 기밀 시험	Kg/Cm ²	0 ⇄ 0.2Kg/Cm ² 10회 양호
	2. 동작 특성 시험	lr	배유량 특성 양호
	3. 셸 피로 시험	회	30,000회
	4. 케이스 기밀 시험	Kg/Cm ²	14Kg/Cm ² 1시간 양호

3. 결 론

당사에서 실용화한 154KV OF 케이블용 접속기기의 종류, 설계 및 제조에 대해서 간략하게 기술하였고 접속기기의 제특성 및 전기적, 물리적 특성시험은 아래 표와 같다.

또한 당사에서는 154KV OF 케이블용 접속기기를 실용화 하므로써 국가기간산업에 일익을 담당할 수 있었고 수입에 따른 외화 손실을 막고 연간 약 3천만불 정도의 수입대체 효과를 볼 수 있으며 나아가 케이블의 수출 증대로 국가발전에 기여할 것이다. 이를 위해서 당사는 초고압 케이블 분야의 선두주자로서 더욱더 연구노력 할 것이며 축적된 기술을 바탕으로 지속적인 기술투자도 더욱 훌륭한 성능과 충분한 신뢰성을 가진 초고압 접속기기를 개발할 것이다.