

## 지중케이블 VLF진단용 삽입형 연결장치 및 상간연결장치 개발

주종민\*, 박상완\*\*, 정한주\*\*, 안진섭\*, 이세준\*  
(주)평일\*, 한국전력공사\*\*

### Development of Connecting Plug and Phase Connecting Device for VLF Diagnosis of Underground Cables

Jong-Min Joo\*, Sang-Wan Park\*\*, Han-Ju Jung\*\*, Jin-Sub An\*, Se-Jun Lee\*  
PYUNGIL Co., Ltd.\*, KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION\*\*

**Abstract** - 경제성장과 인구증가에 따른 전력수요의 증가는 특 고압 배전계통선로 건설의 필요성을 증대시키고 있으며, 환경 개선을 원하는 고객의 요구에 따라 배전계통의 지중화율은 향후 지속적으로 증가할 것으로 보인다. 80년대에 시설된 지중배전케이블은 20년간의 장기 사용으로 인하여 열화에 의한 고장이 증가하고 있는 상태이다. 그러나 사용환경이 양호한 곳의 케이블은 여전히 정상 성능을 보이는 경우도 많이 있다. 따라서 사용기간에 따라 일괄적으로 케이블 교체하는 것은 경제적이지 못하며, 사용 기간에 따라 교체하더라도 초기에 고장률이 높은 경우가 있기 때문에 케이블의 교체만으로 고장을 방지하는 효과가 최대로 나타나기는 어렵다. 따라서 열화가 많이 진행되어 고장 발생 확률이 높은 케이블을 선별하여 교체하는 것이 고장확률을 줄이고 경제적이다.

#### 1. 서 론

현장에서 케이블의 열화를 진단하는 방법으로 현재에서는 VLF(Very Low Frequency 극저주파) 전원을 사용하여 유전정접을 측정하는 오스트리아 BAUR사의 VLF tanδ 진단장비를 2001년에 도입하여 시범 사용한 이후 현재 확대하여 사용되고 있으며, VLF 진단장비를 사용하여 지중배전케이블에 대하여 VLF PD측정, VLF tanδ측정, VLF 내전압시험을 실시하고 있다.

고압케이블의 경우, 열화진단으로서 가장 신뢰할 수 있는 방법은 보이드나 전기트리 개시 또는 진전될 때 발생하는 부분방전 측정이지만, 고압케이블 진단 시 노이즈가 많이 발생되어서 케이블 내 부분방전과 외부 유입 노이즈가 같이 측정되는 문제점이 발생하여 노이즈로부터 부분방전의 신호의 분리가 어렵다. 특히 진단장비와 고압케이블에 직접 연결되는 장치에서의 부분방전은 고압케이블의 부분방전 측정에 많은 오차를 유발하여 정확한 진단값을 취득하기 곤란하다. 또한, 현재 사용되고 있는 조합형 연결장치는 15.2kV의 절연내력으로 VLF AC내전압시험시 23kV 이상의 시험전압을 감당하지 못하여 시험에 제약이 되고 있다.

따라서 지중케이블 VLF진단시 사용할 수 있는 삽입형 연결장치와 상간연결장치를 개발하여 개발제품의 기능시험 및 현장작업 적합성 시험(Pilot Test)을 시행하였고, 또한 공기기관에서 성능확인시험을 통하여 검사하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 VLF 진단연결장치의 문제점 분석

전력계통의 지중케이블을 진단하기 위한 가장 용이한 개소로써 지상설치형 개폐기의 케이블 접속점이 있다. 이 접속점에는 개폐기 엘보접속재가 접속되어 있으며 진단을 하기 위해서는 접속재의 접속플러그를 분리한 뒤 진단용 연결장치를 조립접속하여 사용하게 되는데, 연결방법이 VLF 진단에 적합하지 않아서 VLF 진단작업 중에 연면방전이 발생하여 AC내전압시험이 불가능하고, VLF TD시험 및 PD시험에서 진단오차가 발생하고 있다.

<표 1> 기존의 진단장치 시험 현황

|   |   |   |
|---|---|---|
|  |  |  |
| VLF AC내전압시험   | VLF TD시험  | VLF PD시험  |

전력계통의 지중케이블 3상을 진단하는 방법은 A상, B상, C상 각 상별로 반복작업을 3회 시행하여야 한다. TD/PD 진단시 소요되는 시간은 각 상별로 30분씩 소요된다고 하면 약 90분 소요되게 되고, PD/AC내전압시험에 소요되는 시간은 39.6kV 각 상별로 1시간 인가할 경우 약 240분 정도 소요된다. 또한 현재 VLF 진단은 30m 미만의 단공장에는 적용할 수가 없다. 따라서 이러한 작업시간의 장시간 소요문제와 30m 미만의 단공장 케이블 진단 불가능 문제를 해결하기 위한 상간연결장치의 개발이 필요하다.

#### 2.2 VLF 진단용 연결장치 설계 및 제작

##### 2.2.1 삽입형 연결장치 개발

기존 연결장치의 문제점 들을 개선하는 구조 및 재료로서, 도체는 노출형의 철재질에서 비노출형의 동재질로 검토 되었으며, 절연부는 부족한 연면누설거리를 개선하도록 일체형 절연구조체로 하고, 도체 연결부는 G-크랩프 연결방법을 지양하고 Plug-in의 접속구조로 검토하였다.



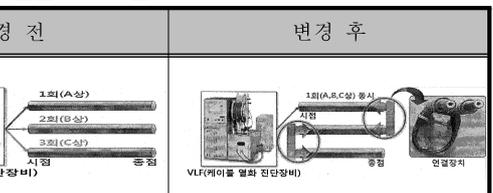
<그림 1> 기존의 진단 연결장치 구조 및 형태

##### 2.2.2 상간연결장치 개발

개발하고자 하는 VLF진단용 상간연결장치의 개발목표는 3가지로 요약하면 아래와 같다.

- VLF 진단 효율성 향상을 위한 진단시간 2/3 단축
- 진단대상 케이블을 하나로 연결하게 하는 상간연결장치 개발
- 30m 미만 단공장 케이블 VLF 진단절차 구축

<표 2> 삽입형 연결장치 개발목표

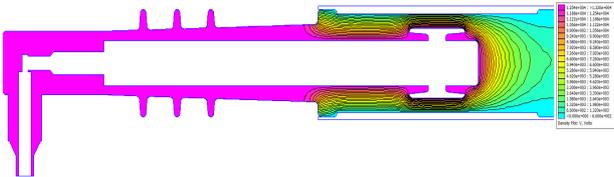
| 변경 전  |                                     | 변경 후   |                                  |
|---|-------------------------------------|--|----------------------------------|
|  | 1회(A상)<br>2회(B상)<br>3회(C상)<br>시험 중점 |  | 1회(A,B,C상) 동시<br>시험 중점<br>연결장치   |
| 진단 방법   | 각 상별 3회 진단 (A상→B상→C상)               | 진단 방법  | A상/B상/C상 일괄진단 (1회)               |
| 진단 시간   | TD/PD진단 90분 소요<br>PD/AC진단 240분 소요   | 진단 시간  | TD/PD진단 30분 소요<br>PD/AC진단 70분 소요 |
| 단공장   | 30m미만 케이블 진단불가                      | 단공장  | 30m미만 케이블 진단가능                   |

### 2.2.3 삽입형 연결장치 및 상간연결장치 형상

VLF진단용 상간연결장치 삽입형 연결장치 개폐기엘보접속재



<그림 2> VLF진단용 연결장치의 분리상태



<그림 3> VLF진단용 연결장치 전계해석



<그림 4> VLF진단용 연결장치 최종제품

### 2.2.4 VLF 진단용 연결장치의 성능평가

| 시항항목           | 특성치            | 결과   |
|----------------|----------------|------|
| 1 부분방전시험       | 23.1kV / 5pC   | 이상없음 |
| 2 1분간 교류내전압시험  | 55kV / 1min    | 이상없음 |
| 3 충격내전압시험 (상온) | 125kV / ±10회   | 이상없음 |
| 4 60분간 교류내전압시험 | 39.6kV / 60min | 이상없음 |



① 상간연결플러그, ② 삽입형 플러그

<그림 5> VLF진단용 연결장치 전기적 시험

상기 시험은 공인 인증 기관에서 시행 하였음.



<그림 6> VLF진단용 연결장치 현장 성능 평가

### 3. 결 론

기존의 조합형 연결장치에서 문제가 되고 있는 VLF진단값의 오차 발생 유발, 23kV이상의 시험전압에서 절연내력 부족으로 시험에 제약이 되는 것을 개선하고 케이블 진단 및 AC내전압 시험 정확도 향상을 위한 VLF진단용 일체형 연결장치를 개발하여, 지중케이블 열화고장 예방을 위해 한정된 진단장비와 인력의 효율성을 증대하는 것이 가능하게 되었다.

VLF 진단용 삽입형 연결장치 및 상간연결장치 개발로 인해 진단오차가 완전제거 되어 진단오차가 43%감소되었다. 진단 시간은 67%단축 되었고 진단 횟수는 3회에서 1회로 감소하여 진단효율이 300% 향상 되었다.

기존 30m 단극장 케이블 진단 또한 가능하게 되었다..

### [참 고 문 헌]

- [1] ES 5935 0010 : 케이블 엘보접속재
- [2] ES 5935 0020 : 알루미늄 케이블 엘보접속재
- [3] IEEE 386 (2006) : Separable Insulated Connector Systems for Power Distribution Systems Above 600V