

배전용 CV케이블의 현장 열화진단 결과의 고찰

* 유성중, 전승익, 정석윤
LG전선 주식회사 전력 연구소

A Study on the Results of the diagnosis of Insulation Deterioration in Live-Line Distribution Power Cables at the Field

* Soung-Jong Yoo, Seung-Ik Jeon, Suk-Youn Jung
LG Cable & Machinery Co., Ltd High Power Technology Center.

Abstract

Diagnosis of cable insulation degradation has important meaning from a viewpoint of reliability enhancement of CV cable systems.

So, we diagnosed 3.3kV & 6.6kV CV distribution cable on live-line which is judged to a most poor installation condition because they have been used in water condition after installation at the Yeochon chemical complex.

The paper describes the analysis of the measured data, the problems at diagnosis, and the items which are considered at the development of diagnosis technology and equipment hereafter.

1. 서론

최근 전력사용이 급증하면서 전기설비의 규모는 대규모화 되어가고 있으며, 사회는 점점 고도정보화 사회로 진전되어 가고 있다. 이에따라 설비의 사고는 전기적 의존도가 큰 고도산업 사회에 막대한 경제적 손실 및 장애를 가져다 준다.

반면, 국내의 경우 배전용 케이블로서 CV 케이블이 사용된지도 20년이 경과되어 케이블 사고가 집중하고 있는 추세로, 사고를 미연에 방지하기 위하여 열화진단기술 및 장치개발을 위한 여러 가지 연구가 진행되고 있다. 이와 관련하여 당사에서는 케이블 사고원인중 가장많은 부분을 점유하고 있는 수트리 열화진단에 뛰어난 현장 적용성을 갖고 있고, 측정이 간단하며, 국부열화진단이 가능한 직류성분 측정장치(수트리 진단장치)를 활용하여 현장 열화진

단을 실시하였다. 열화대상 케이블은 가장 열악한 포설조건이라고 판단되는 여천 화학단지내의 매립지 현장에 포설되어 상당기간동안 침수상태로 사용되어 오고있는 3.3kV 및 6.6kV CV 배전 케이블에 대하여 활선상태로 실시하였다.

본논문은 실제 측정된 진단 Data를 분석하고 진단시의 문제점과 향후 진단기술 및 장치개발시 고려사항에 대하여 검토하였다.

2. 본론

2-1. 직류 성분법의 원리 및 측정회로

1). 직류 성분법의 원리

CV 케이블에 발생한 수트리부에는 침-평판전극과 마찬가지로 정류작용이 나타나, 수트리가 발생하고 있는 절연열화한 기기에 교류를 인가할때 직류 성분전류가 발생하고, 이것을 검출하여 열화진단에 사용하는 방법이 제안되었다. 즉, CV Cable의 수트리에 의한 직류성분전류의 발생원인에 대해서는 그 심선과 차폐사이에 교류전압이 걸리면 수트리의 선단부가 절연체중에서 침전극과 같이 작용을 하여 교류전압의 정,부 Cycle하에서 발생하는 전류가 같지않고 차이만큼의 직류성분전류가 흐르는데 이 전류를 검출하여 열화진단을 실시하고 있다

2). 직류성분 측정회로

직류성분 측정회로를 그림1.에 나타낸다. 그림과 같이 피측정 케이블의 측정단인 금속 차폐층과 대지간에 진단장치를 접속하고 직류성분 측정시는 타단의 금속 차폐층을 대지에서 개방하는것에 의하여

GPT(접지변압기), 고압 배전선, 피측정 케이블, 환선 진단장치 및 대지에 의하여 폐회로가 구성되어 직류성분 측정회로가 형성된다.

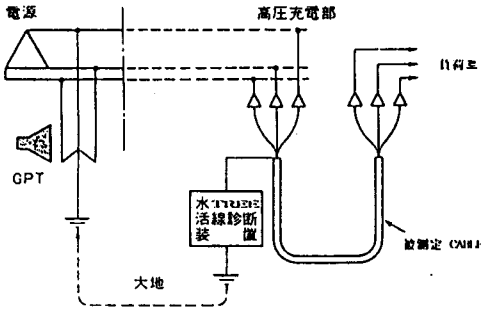


그림1. 측정 회로도

3). 측정장치의 특징

장치의 특징으로서 다음 사항을 들 수 있다.

- ①. 자동측정 기기 때문에 측정에 숙련이 필요하지 않으며, 측정조작이 액정표시되어 측정에 오조작이 없다.
- ②. 안전장치, 측정기본체 함께 동작 Check, 회로 Check, 전원 Check등의 check기능을 부가하여 안전성의 향상을 도모하였다.
- ③. 측정시간이 장치설치 시간을 포함하여 약 20분 정도로 짧다. (측정시간 : 약 7분)
- ④. 전원 내장 (Battery) 으로 인하여 측정장소 제약이 없다. (연속 사용시간 : 약 6시간)

2-2. 진단 대상 Cable의 포설환경

1). 케이블 포설 현황

현장 진단시 조사된 여천 화학단지내의 케이블 포설환경은 거의 모든 케이블이 매립지에 포설되어 지 ELP관 인입부를 통해 Pit내부로 물이 침투하여 케이블이 상시 침수상태로 운전되고 있는 상황이다.

따라서, 건조시에도 배전반 주위의 일부 구간을 제외하고는 대부분의 구간이 침수상태로 운전되며, Gas를 취급하는 관계로 지상설치는 고려치 않고 Power Line은 지중에 ELP Pipe 또는 Trench를 설치하여 포설되었다.

2). Cable 단말상태

Cable은 지중관로에 직매로 시공되었으며, Cable 양단은 육내 Cubicle 내부에 대체물 양호한 상태로 공사되어 있는 상태였으나 일부에서는 단말부의 굽곡이 매우 심하고, 회사에 따라 단말상태가 불량한 부분도 다소 나타났다.

3). 케이블 접지 및 관리현황

현재 접지처리방식은 편단접지를 원칙으로 실시하고 있으나 기설치된 선로의 많은부분이 양단접지로 시설되어 진단시 편단접지 조건을 위한 접지선 확인 및 분리에 어려움을 초래하였다. 또, 선로의 이력관리는 비교적 잘되어 있으나 질연상태의 정격 접지등 특별한 관리내용은 보이지 않았다.

2-3. 케이블 열화진단의 실시

1). 케이블 열화진단 방법

진단장치로는 3.3kV 및 6.6kV급 전력 케이블용으로 환선상태의 직류성분 측정기인 수트리 진단장치를 사용하였다. 그리고, 케이블은 3심 일괄은 그대로, 3상 각심차폐 케이블은 3상 동시측정을 행하였으며, 접지단자 처리시 접지선이 단말부와 완전히 격리되도록 하여 측정하였다. 그림2는 실선로에서 열화진단중의 모습을 나타낸다.

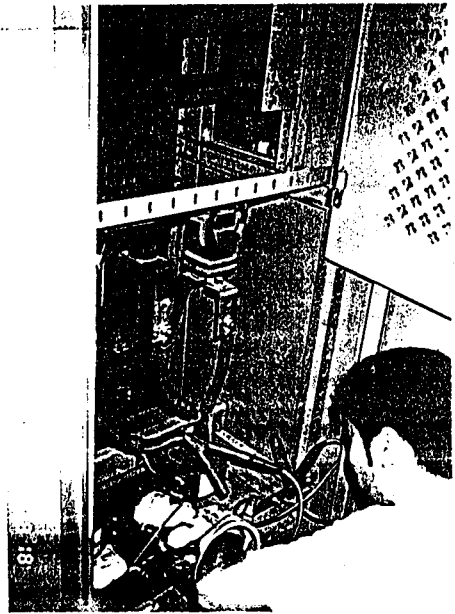


그림2. 실선로 측정 사진

2). 열화진단 결과

측정 케이블의 Data를 분석해보면 다소 정도의 차이는 있지만 경년에 따른 열화정도가 현저히 드러나고 있어 결과의 신뢰성을 높여주고 있다고 판단되며, 일부 케이블은 열화정도가 심각한 것으로 판단되어 빠른시일내에 교체등 조치가 필요한 것으로 판단된다.

특히, 표1.에서 보는바와 같이 접지 전류계로 측정 한 접지전류와 직류성분 측정치가 상관관계를 나타내고 있음은 계속검토가 필요한 내용으로 주목된다.

품명, 규격	제조 년월	접지 전류	직류 성분	
			Idc	R-Sheath
6.6kV CE	'90	9mA	-0.4 nA	1,158 MΩ
6.6kV CE	'90	7.4mA	-0.157 μA	197 kΩ
6.6kV CE	'90	0.7mA	-0.84 μA	10 kΩ
3.3kV CETAZE	'94	4.0 mA	0.11 nA	2,683 MΩ
3.3kV CETAZE	'94	3.8 mA	-0.10 nA	3,188 MΩ
3.3kV CMAE	'79	4.8 mA	-8.6 nA	0.094 MΩ
3.3kV CMAE	'88	18 mA	-6.34 nA	3,255 kΩ
3.3kV CMAE	'88	18 mA	-0.36 nA	75 MΩ
3.3kV CMAE	'88	17 mA	-2.28 μA	104 kΩ
3.3kV CMAE	'88	34mA	-6.84 nA	2,386 kΩ
3.3kV CMAE	'94	-	0.07 nA	1,358 MΩ
3.3kV CMAE	'94	-	7.50 nA	0.048 MΩ
3.3kV CMAE	'94	-	0.10 nA	1,375 MΩ
3.3kV CMAE	'94	-	-0.11 nA	1,563 MΩ
3.3kV CMSE	79.7	27mA	0.671 μA	2,000 Ω
3.3kV CMSE	79.7	2.2mA	4.43 nA	552 kΩ
3.3kV CMSE	79.7	80mA	49.4 nA	2,000 Ω
3.3kV CMSE	94.12	1.4mA	0.06 nA	2,612 MΩ
3.3kV CMSE	79.7	70mA	-9.86 μA	2,000 Ω
3.3kV CTAZE	68.12	24mA	-1.99 μA	2,000 Ω
6.6kV CV	68.2	27 mA	-0.196 μA	190 kΩ
6.6kV CV	90.1	2.2mA	0.00 nA	552 MΩ
6.6kV CV	85.10	24 mA	-1.09 nA	1,044 MΩ

표1. 케이블 열화진단 Data

2-4. 진단결과와 고찰

1). Cable 절연체의 절연특성

표1.에서 보는바와 같이 측정되어진 모든 케이블

의 절연체 절연특성은 상당히 양호한 특성을 나타내고 있어 절연성능 측면에서는 문제가 없으리라고 사료된다. 그러나, 몇몇 케이블의 경우 스위즈 저항이 좋지 않은 것으로 미루어 스위즈 부분에 손상이 있었던 것으로 추정되는데 만약 스위즈부 파손이 있다면 Pit내에 채워져 있는 수분이 차폐층 내부로 흘러들어 수분의 특성 및 사용여건에 따라 수 Tree로의 진전이 우려된다. 수트리 성장은 여건에 따라 단기간 또는 장기간 꾸준히 성장되므로 현재 케이블의 절연상태가 양호하다 하더라도 스위즈층의 열화에 따라 수Tree에 의한 사고의 가능성이 높아 이에 대한 다음과 같은 대비책의 강구가 요망됨.

①. 정기적인 케이블 진단으로 열화상태의 추적관리에 의한 사고예방

②. 신케이블, 수밀 또는 차수 구조의 케이블로 교체 포실

2). 스위즈 저항

스위즈 저항이 매우 나쁜것은 케이블 스위즈층이 포실과정에서 손상을 입거나 열악한 포실환경과 함께 장기간 사용되어 열화된 것으로 판단된다.

특히, 스위즈 저항이 2000Ω 수준으로 나타나는것은 스위즈부의 심각한 손상과 함께 대부분의 케이블이 침수상태에 있음을 나타내고 있다. 만약, 스위즈부 파손이 있다면 Pit내에 채워져 있는 수분이 차폐층 내부로 흘러 들어 간다면 사용이건에 따라 다소 다르겠지만 수Tree로의 빠른 진전 가능성이 우려된다.

수트리 성장은 여건에 따라 단기간 또는 장기간으로 꾸준히 성장되므로 현재의 케이블 절연상태가 다소 괜찮더라도 수Tree에 의한 사고의 가능성이 높아 이에 대한 다음과 같은 대비책의 강구가 요망된다.

3. 결론

측정케이블의 Data를 분석해보면 Cable의 절연상태는 다소 정도의 차이는 있지만 경년에 따른 열화정도가 현저히 드러나고 있으며, 일부 케이블은 열화정도가 심각한것으로 판단되어 빠른 시일내에 교체등 조치가 필요한 것으로 판단된다.

또한, 케이블 열화정도는 경년에 따라 심하게 나타나지만 포실조건도 크게 영향을 주는것으로 진단

결과는 나타내 주고있다. 따라서 매립지와 같은 조건으로 포설되어 상시 침수상태로 운전되는 케이블은 열화진단을 정례화하여 사고의 조기에방하는 대책이 필요한것으로 사료된다.

침수와 건조가 반복되는등 사용조건이 변화되는 지역에 포설된 케이블의 열화진단은 진단시 케이블 조건을 기록하여 향후 케이블 교체등 측정 Data 평가시 고려가 필요한것으로 판단된다.

그리고, 측정시 접지선의 처리, 접지방식, 측정기의 진동등이 측정치에 큰영향을 준다는 것을 주의하여 측정하는 것이 무엇보다도 필요하다.

참고 문헌

- [1]. 절연재료 연구회 자료, EIM-84-75, 1984
- [2]. 전기학회 고전압 연구회 자료, HV-84-47, 1984
- [3]. 열화진단 Manual, 전기협동 연구회, 1992
- [4]. 전기설비 진단기술, 전기학회, 1988
- [5]. Ikeda Y., "Investigation of an Insulation diagnostic Method for live-line XLPE Cable", CRIEPI rep., 1990
- [6]. Soma K., "Diagnositic Method for Power Cable Insulation ", IEEE Trans. Vol. EI-21, 1986