

전력 케이블의 열화진단

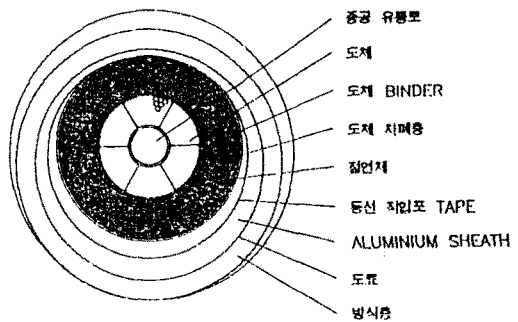
최 창수, 김 영, 김 장현*, 김 영남
대한전선 주식회사

DIAGNOSIS OF DETERIORATION FOR HIGH VOLTAGE CABLE

CHANGSU CHOI, YOUNG KIM, JANGMOEN KIM*, YOUNGHAM KIM
TAIHAN ELECTRIC WIRE CO., LTD

Abstract

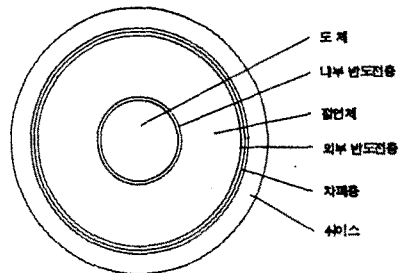
While the modern society has been highly diversified and civilized, the demand for the safty of a power transmission has been greatly increased. For the underground cable, the performance of the electrical equipments is being improved by developing a new technology, and the reliability of the power supply is being up graded by impressing the diagnostic and monitoring technology of the system. In this paper the aging proceedure of O.F and XLPE cables are described, including the diagnostic and monitoring equipments and the future subject.



도1. 단심 알루미늄피 O.F 케이블

I. 서론

사회생활의 다양화, 고도화되는 가운데 전력이 한층 더, 안정화되기를 바라는 요구가 강해지고 있다. 전력케이블의 관점에서는 신기술 개발에의한 설비의 고성능화, 진단기술 감시시스템의 개발에 따른 운전의 고신뢰도 등이 추진되고 있다. 여기에서는 C.V CABLE, O.F CABLE을 중심으로 그 열화형태를 설명하고, 그것에 대응한 진단설비, 감시시스템의 현상과 향후의 과제에 대하여 소개한다.



도2. 단심 C.V 케이블

II. 본론

1. 전력케이블의 현황

전력케이블이 개발된 이래, 약 100년이 경과되었다. 그시에 고신뢰도화, 고전압화, 대용량화를 중심으로 기술개발이 추진되고 실용화되어, 현재 사용되고있는 대표적인 케이블로는, 유침지절연케이블 (O.F CABLE 도1), 가교 폴리에틸렌 케이블 (C.V CABLE 도2) 이 있다.

2. 전력케이블의 열화 현상

케이블의 진단을 행하는것은, 열화의 메카니즘과 열화형태를 파악하는 것이 중요하다.

1) O.F Cable

O.F Cable 열화에는, 케이블 제조주의 초기이상과, 케이블 운전후의 강변변화에 따르는 열화가 있다.

① 전기적 열화

운전중의 열팽창, 열수축, 누유 등에 따라 절연체 중에 보이드가 생긴 경우, 고전계 하에서 부분방전이 발생되면 수소 가스 (H₂) 이세틸렌 가스 (C₂H₂) 등이 발생하여 절연파괴에 도달한다.

② 열 열화, 산화 열화

절연지, 절연유가 장시간 온도에서 운전된 경우, 열분해에 의한 분자 절단이 발생되고, 분해 가스가 발생된다. 이것은 Tan δ 를 증가시켜, 절연저항을 저하시킨다. 절연체의 열분해에 따라 발생하는 주된 가스는 일산화탄소(CO), 탄산가스(CO₂), 수증기(H₂O) 이다. 절연유의 열분해 가스로는 CO, CO₂, 메탄가스(CH₄) 가 있다. 또한, 장시간 산소의 존재하에서도, 절연체가 산화 열화되어 Tan δ 가 증가하는 경우가 있다.

③ 기계적 열화

수송, 공사, 운전중에 여러가지 기계적 응력이 가해져 금속 쉬이스에 과도한 뒤틀림이 발생한 경우, 쉬이스에 균열이 발생하여 누유가 된다.

2) C.V CABLE

C.V Cable 열화에는 시공불량 등으로 인한 초기고장과 케이블 운전후의 경년변화에 따르는 열화가 있다.

① 수 트리

내외도 부정, 절연체 중의 이물 등, 극부적인 전계가 집중하는 결함 및 수분의 존재하에서 장시간 전계가 걸리면, 전계 집중부에서 수 트리가 발생하고, 경우에 따라서 절연파괴로 연결된다.

② 부분 방전 열화

절연체 중 보이드와 절연 치폐층 간에 공극, 케이블 제조시의 불완전에 의한 결점과 시공불량에 의한 외상이 있고, 부분방전이 발생하여 전기 트리가 생성되면 절연 파괴에 도달하는 경우가 있다. 그러나 제조기술의 진보, 공장관리, 품질관리의 충실에 따라 출하 케이블에 열화를 발생시키는 결점은 별로 존재 하지 않는다.

③ 전기 트리 열화

내외도 부정과 절연체 중의 이물질 등에 극부적인 전계가 걸리면, 전기트리가 발생된다. 평할내외도 및 절연 재료의 개발, 3중동시 압출방식의 채용 등에 따라 품질이 대폭 향상되었다.

④ 기계적 열화

부하변동에 따른 절연체의 팽창 수축에 의해 뒤틀림이 발생하면 치폐층과 쉬이스가 손상되어 절연성능을 저하시킨다. 특고압 케이블에서는 금속치폐층을 와이어쉬워드 구조를 채용하는 대책이 있다.

3. 진단 기술

1) O.F CABLE

O.F CABLE은 케이블 본체, 접속부, 종단부에 모두 절연유로 함침되어, 가입되기 때문에 기본적으로 열화되기 어려운 구조로 되어있다. 잠시 열화가 발생되어도 장기적으로 완만하게 진행되어 절연파괴에 직접 연결되는 일은 거의 없다. 따라서 O.F CABLE 열화진단은 유압, 유량의 감시, 절연유의 검사로 한정된다.

① 유압, 유량의 감시

O.F CABLE의 절연유가 외부로 누설되어, 유압이 대기압 이하가 되면 O.F CABLE의 기능이 상실되어 절연파괴에 도달한다. 누유는 절연부의 프렌지와 연공부 등의 접합부, 반복되는 피로에 의한 금속쉬이스의 균열, 외상 등이 원인이 된다. 유압, 유량감시장치에 의하여 정기적인 감시 및 점검을 한다.

② 가스 분석

O.F CABLE의 절연유 및 절연지의 가스분석을 행하여 열화의 정도를 판단할수있다. 또한, 발생가스의 종류에 따라 열화요인을 추정할수있다.

③ 절연유의 특성조사

O.F CABLE 선로에서 정기적으로 절연유를 채취하여 특성의 변화를 조사하는것으로 열화의 요인과 그 정도를 추정할수있다. 현시점에서, 확립된 판정기준은 없지만 표 1을 기준으로 할수있다.

항 목		기 준 지
가 스 분 석	가연성 가스총량	1,500
	H ₂ (수소)	500
	C ₂ H ₂ (아세틸렌)	trace
	CO (일산화탄소)	100
	CO ₂ (이산화탄소)	10,000
	CH ₄ (메탄)	200
[ppm]	C ₂ H ₄ (에탄)	200
	C ₂ H ₆ (에틸렌)	200
	유전 장압(80°C) [%]	2
절연 저항(80°C) [Ω-cm]	1×10 ¹⁸	
수 분 [ppm]	10	

[표 1] 절연유의 열화 판정 기준

2) C.V CABLE

고압케이블에서는 절연진단에 대한 요구가 높아져, 직류중첩법이 주목받고 있고, 특고압케이블에서는 그 고정형태로 볼때 부분방전측정이 유효하게 사용되고있다.

① 절연 저항법

절연저항계로 케이블과 쉬이스의 절연저항을 측정하는 방법 통상, 측정개시로부터 1분후 값을 채용한다. 간단한 방법으로 절연의 상태를 판정할수 있어 널리 사용되고 있지만, 정확한 판정이 어려워 일반적으로 참고치로만 사용된다.

② 직류누설 전류법

케이블 절연체에 직류 고전압을 인가하여 검출된 누설전류, 또는 전류의 시간변화를 측정하여 절연체의 열화상태를 판정한다.

③ 직류 성분법

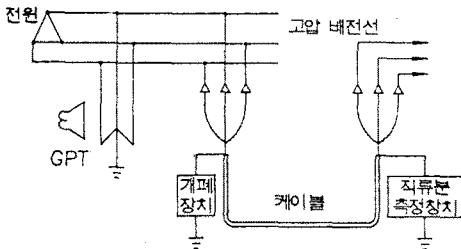
절선상태에서 측정가능하며, 상용 주파전류중의 직류성분을 접지선에서 측정한다. 도 3 은 직류성분 측정회로를 나타낸다

④ 직류 중첩법

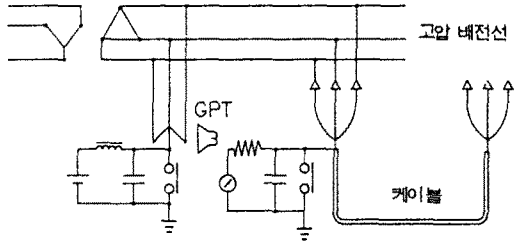
절선상태에서 측정 가능하며, 도 4 와 같이 선로의 접지용 변압기 (GPT)의 1차 중성점 접지에 직류전압을 중첩 인가하고 절선상태에서 절연체로 흐르는 직류 누설전류를 측정하여 절연저항을 구한다. 측정치에 대한 판정은 표 2 를 기준으로 한다.

측정대상	측정치	평가	케이블처리
본 체 절연저항 R_i	1000M Ω 이상	양호	사용 계속
	100~1000M Ω	경주의	사용 계속
	10~100M Ω	중주의	교환 준비
	10M Ω 미만	임중주의	케이블 교체
방 식 측 절연 저항 R_s	1000K Ω 이상	양호	사용 계속
	1000K Ω 미만	불량	불량개소 수리

표 2. 직류 중첩법의 측정치에 대한 판정 및 처리



도3. 직류 성분법 측정회로



도4. 직류 중첩법 측정회로

III. 결론

1. 검토 결과

- ① O.F CABLE 의 열화진단은 유압, 유량의 감시, 절연유유 검사로 진단 가능하다.
- ② C.V CABLE 등에서는 시료채취가 불가능 하기 때문에 절연진단은 전기적 또는 그 기타의 방법으로 외부에서 행할 필요가 있다. 직류누설전류, 직류성분법 등은 유력한 지표가 되지만, 열화판정에 결정적인 것이라고 볼수는 없다. 따라서 데이터를 수집, 분석하고 판정기준의 정밀도를 상승시킬 필요가 있다.
- ③ 절선하 상태에서는 직류중첩법, 직류성분법 등으로 측정이 가능하며 측정 Data 의 측정에 의해 시계열적 관리에 의한 수명예지도 가능하다.

**** 참고 문헌 ****

- 1. 전력 케이블 기술 핸드북 (1989)
- 2. "지중 송전 설비 총합 관리 시스템" 古河電工 카타로그