

건축전기설비기술사 문제 해설

김세동 | 두원공과대학 교수, 공학박사, 기술사
email : kimse@doowon.ac.kr

고압 CV케이블의 열화현상과 그 대책에 대해서 설명하시오.

☞ 본 문제를 이해하기 위해서는 스스로 문제를 만들고, 답을 써보시오. 그리고, 기억을 오래 가져갈 수 있는 아이디어를 기록한다.

항 목	Key Point 및 확인 사항
가장 중요한 Key Word는 ?	고압 CV케이블의 열화현상과 대책
관련 이론 및 실무 사항	<ol style="list-style-type: none"> 1. CV 케이블의 구조에 대해서 알고 있나요? 2. CV 케이블의 열화 요인에 대해서 알고 있나요? 3. 수트리 현상에 대해서 알고 있나요? 4. 수트리 억제 대책에 대해서 알고 있나요? 5. 새로운 수트리 억제용 CV 케이블이 개발되어 보급되고 있는데, 관련 자료를 확인하고 있나요?

해 설

1. 개요

CV 케이블은 1955년대 후반부터 실용화되기 시작하였다. 기름을 사용하지 않기 때문에 그 취급성, 보수 관리가 용이해 급속히 사용량이 증가하고, 1983년 154kV XLPE(cross linked polyethylene insulated cable ; 전기가 흐르는 도체의 주위를 절연물인 XLPE로 덧씌운 케이블)케이블이 개발된 이후, 2003년에 154kV XLPE케이블이 개발되어 영서-영등포 구간의 지중케이블이 설치되었으며, 현재에는 500kV까지 실용화되었다.

즉, 절연체 중에 함유된 수분량을 저감시킨 건식가교기술이나 절연체 중의 이물관리나 내부·외부 반도전층과 절연체의 계면을 평활하게 하기 위한 3층 동시 압출기술의 진보가 CV 케이블 성능을 비약적으로 향상시켰다.

여기에서는 고압 CV 케이블의 대표적인 열화현상인 수트리 현상인 수트리열화를 중심으로 전형적인 열화현상과 그 대책에 대해 설명한다.

2. 고압 CV 케이블의 열화 요인

고압 CV 케이블의 열화요인은 기본적으로 크게 나누어 전기적, 열적, 화학적, 기계적, 생물적 요인의 5개로 크게 나뉘지만, 실제로는 사용 환경에 따라 이들이 중복되고 복합적으로 작용하여 진행해 간다. 이러한 열화요인과 그 열화 형태는 표 1과 같다.

표 1. 고압 CV 케이블의 열화요인과 열화 형태

열 화 요 인		열 화 형 태
전기적 요인	사용전압(상시 전기스트레스)인가	• 전기적 트리의 발생
	이상전압(개폐서지, 뇌서지)인가	• 절연 성능(내력)의 저하
열적 요인	부하변동, 직사광선 등에 의한 히트 사이클	• 길이 방향의 열신축에 의한 크립 취화, 균열 • 반경 방향의 팽창·신축에 의한 차폐 동 타입 파탄
	고온에서의 사용	• 절연체의 열열화, 열분해 • 다른 열화 요인의 촉진
화학적 요인	단락·지락	• 열 열화 • 연소(탄화)
	화학약품, 용제, 기름	• 변색, 경화, 용해, 분해, 균열 • 화학트리 발생, 늘어남
	자외선(일광), 오존	• 변색, 균열
기계적 요인	물	• 금속차폐의 부식·성능 저하 • 다른 열화 요인의 촉진
	굴곡, 충격, 진동, 압축, 인장	• 취화, 균열, 상처, 변형 • 다른 열화요인의 2차적 요인
생물적 요인	벌, 쥐, 박쥐, 개미, 곰팡이	• 상처, 용손 • 다른 열화요인의 2차적 요인
복합적 요인	전계와 물	• 수트리 열화
	열과 기름·용제	• 화학적 열화 • 동 타입의 파탄
	열과 물	• 흡수 열화의 촉진
	손상과 기름·용제	• 화학적 열화의 촉진
	전류와 자성체	• 유도에 의한 발열로부터 일어나는 열열화
전계와 오존	• 부분방전에 의한 오존발생에 의해 변색·균열	

3. 수트리 열화의 개념

수트리 열화라 함은 '케이블 절연체 주변에 물이 존재하는 경우, 이 물과 국부적인 전계 집중이 원인이 되어 절연체에 수지 상태(트리 상태)로 패스가 진전되어 가는 열화현상'을 말한다. 발생 부위별로 내도 수트리, 외도 수트리, 보우타이(bow-tie tree)상태의 수트리로 구분하지만, 절연열화에 크게 영향을 주는 것은 내도 수트리, 외도 수트리이다(그림 1 참조).

수트리 열화의 양상은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- ① 고압 이상의 CV 케이블에만 발생한다.
- ② 수트리가 절연체를 관통하더라도 그 대부분은 상시 사용전압 이상의 파괴치를 갖는다.
- ③ 온도가 높으면 열화가 촉진된다.
- ④ 케이블 구조에 따라 차이를 볼 수 있다. 특히, 반도체층의 재료에 따라 크게 다르다.

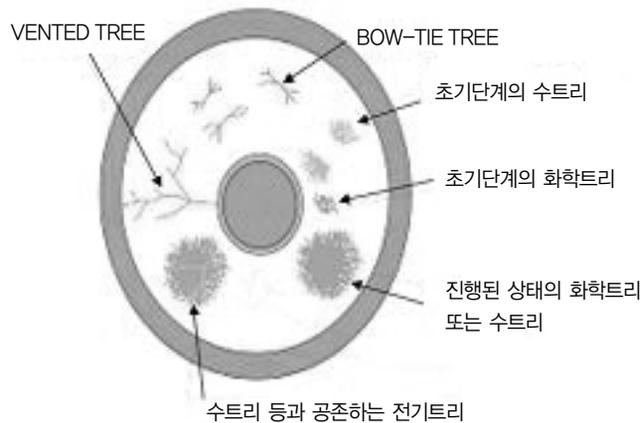


그림 1. 케이블 수트리 현상

4. 대책

그림 2는 수트리의 원인과 대책에 대해서 요약한 것이며, 정리하여 나타내면 다음과 같다.

1) 케이블 구조면에서의 개선

- ① 3층 동시압출화를 들 수 있다. 이것은 수트리 열화요인의 하나인 국부적 전계의 집중을 막기 위해서 내부반도체층, 외부반도체층에 과거의 테입으로 바꾸어 압출 반도체층을 마련한 케이블이다.
- ② 열화 요인의 하나인 물에 대해서는 금속테입 등으로 차수층을 마련함에 따라 외부에서 물의 침입



그림 2. 수트리의 원인과 대책

을 방지하고, 또한 도체의 연선 틈에 컴파운드를 충전하여 침수를 방지하는 수밀도체도 실용화되고 있다.

2) 제조방법 면에서의 개선

- ① 우선 절연체 중에 포함된 수분량의 저감을 큰 목적으로 한 건식가교방식의 채용을 들 수 있다.
- ② 절연체 중의 이물 혼입 대책으로서, 재료의 유물 관리의 철저, 압출 작업 장소의 무쓰레기화 같은 대책도 취해지고 있다.

최근에는 TR CNCV-W(수트리 억제용 전력케이블) 케이블이 개발되어 보급되고 있다. 이 케이블은 수밀형 압축도체 위에 트리억제형 가교폴리에틸렌으로 절연하고, 동심 중심선 상, 하부에 부풀음 테이프를 감고, 그 위에 PVC로 외피를 한 케이블을 말한다. 이 케이블은 고전압 케이블 절연체 내에서의 문제점인 수트리 발생을 억제하기 위하여 수트리 억제형 절연재료를 개발하고, 이를 실제의 케이블 제작에 적용시켜 기존의 케이블보다 나은 수트리 억제 효과를 실현시킨다. 전력케이블 수명을 연장하고 사고방지를 통해 케이블 선로의 신뢰성을 획기적으로 개선한 케이블이다.

추가 검토 사항

☞ 공학을 잘 하는 사람은 수학적인 사고를 많이 하는 사람이란 것을 잊지 말아야 한다. 본 문제에서 정확하게 이해하지 못하는 것은 관련 문헌을 확인해 보는 습관을 길러야 엔지니어링 사고를 하게 되고, 완벽하게 이해하는 것이 된다는 것을 명심하기 바랍니다. 상기의 문제를 이해하기 위해서는 다음의 사항

을 확인바랍니다.

1. Vented tree와 Bow-tie tree에 대해서 보다 정확하게 설명하면 다음과 같다.

Vented tree는 절연층과 반도전층의 계면에서 발생하는 트리로서 외부반도전층에서 생기면 외도트리, 내부반도전층에서 생기면 내도트리라 한다. 이러한 Vented tree는 주로 돌출물 등에 의해 발생되며, 절연층 내부로 성장한다. 케이블 수명에는 Vented tree가 국부적인 전계를 집중시키는 역할을 하므로 매우 나쁜 영향을 미친다.

반면에, Bow-tie tree는 절연층 내부에서 시작되며, 절연층 내부의 보이드나 불순물에 의해서 발생한다. Bow-tie tree는 도체와 외부반도전층 양쪽으로 성장해 나가며, 케이블 수명에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 알려져 있다.

2. 최근에는 고압케이블의 활선 절연진단 기술이 개발 보급되고 있으며, 요약하면 다음과 같다.

- 1) 직류성분법 : 상용주파전류 중의 직류 성분을 접지선에서 측정함으로써 열화상태를 파악한다.
- 2) 직류 중첩법 : GPT의 중성점에서 50V 정도의 교류전압을 중첩하여 케이블 차폐층으로부터 새어 나오는 전류를 검출하여 절연저항의 저하를 파악한다.
- 3) 유전정접법 : 절연체가 흡수하여 수트리가 많이 발생하면 유전정접이 증대하는 경향을 이용하여 열화를 진단한다.
- 4) 맥동법 : 열화에 의해 생기는 상용 주파보다도 낮은 주파수 성분을 검출하여 케이블의 절연상태를 진단한다.

참·고·문·헌

1. 고압 CV케이블의 열화 현상과 그 대책, 전기학회지
2. 김일권, 전력케이블의 열화진단의 신기술, 전기안전



- 1980년 한양대학교 전기공학과 졸업, 1986년 동대학원 졸업
- 2000년 서울시립대학교 전기전자공학부 대학원 졸업(공학박사)
- 한국전력공사 건설처 근무, 한국건설기술연구원 수석연구원 역임
- 현재 두원공과대학 교수, 건축전기설비기술사
- 당 협회 편수위원, 내선규정전문위원회 위원