



# 전기화재 원인과 발생 ⑨

글/ 배산엔지니어링  
상무이사 김 미 승



## 목 차

### 제1장 화재일반

### 제2장 전기화재의 개요

### 제3장 전기화재의 발화형태

1. 전기화재 용어 설명
2. 전기화재 발화원
3. 과부하에 의한 발화
4. 단락에 의한 발화
5. 지락 또는 누전에 의한 발화
6. 접속부 과열에 의한 발화
7. 열적 경과에 의한 발화

- 전열기 및 전기사용기기의 과부하  
전열기 및 전기의 발열작용을 이용한 전기기기에는 정격용량 및 허용용량에 맞는 저항기 및 온도제어장치를 이용하여 전기사용기기에 허용전류이상 또는 허용용량 이상의 전류가 흐르지 못하게 하는데, 이들 저항기 및 온도제어장치 고장 및 구조적 결함으로 과부하 형태가 나타날 수 있다.

- 전동기 구속상태  
전동기의 고정자 권선에도 최고 허용온도가 정하여져 있어 허용전류에 따른 최고 허용온도를 고려한 절연등급 재료를 사용하는데 전동기의 기계적 회전을 방해하여 구속력이 발생되었을 때 방열 및 발열 균형상태가 깨어짐으로 열 축적 및 권선에 정격을 넘는 전류가 흘러 과부하상태로 이룸

- 출화형태  
전선과 코일의 절연피복, 비닐 및 전기사용기기에나멜의 허용온도는 그 발화온도에 비교하면 훨씬 낮기 때문에 허용전류를 조금 넘어 사용하더라도 즉시 출화하는 것은 없다. 그러나 이 상태가 계속되면 절연이 열화되어 온도가 더욱 상승하면

분해가스가 발생하게 되어 선간단락 또는 코일의 경우는 증간단락으로 이어진다.

- 전선의 과부하에 의한 출화는 단락출화의 형태를 나타내는 것이 대부분이고 단락발생전에 그 개소의 절연물이 탄화하고 있는 것이 많기 때문에 용융흔 자체도 구별하기 어렵다.
- 전동기의 경우 권선이 전체적으로 소손하여 권선부분에 증간단락흔이 보이는 것이 보통이고 그 경우 베어링이 탄 흔적, 구동부의 구속, 기동장치의 단락 또는 단선 등을 종합적으로 판단해야 한다.

#### 4. 단락(합선)에 의한 발화

전선이나 전기기계에 있어서 절연체가 전기적 또는 기계적 원인으로 파괴 변질되면 전선의 통로가 바뀌어 전선이 매우 낮은 저항치로 접촉되는 현상을 즉 합선이라 하는데 두개의 전선이 어떠한 원인으로 서로 접촉하는 것을 말한다. 단락되는 경우 단락전류는 배선의 길이, 굵기에 따라 다르나, 대체로 저압선로의 경우 1000A 이상 보고 있다. 이 때 주위의 인화가스 등과 같은 인화물질에 인화되는 경우와 전선피복이 연소하여 발화원이 되는 경우도 있다.

##### (1) 단락의 발생요인

- (가) 전선에 외력이 가해져 절연피복이 파손되어 단락
- (나) 접촉불량 등 국부발열에 의해 절연열화가 진행하여 단락
- (다) 화재열 등 외부 열에 의해 절연파괴되어 단락

##### (2) 단락 발화형태

- (가) 적열된 전선이 주위에 있는 인화성 물질 또는 가연성의 물질에 접촉되어 발화한다.
- (나) 단락점에서 발생한 스파크로 주위의 인화성 가스 또는 물질을 발화한다.
- (다) 단락지점이외의 전선피복이 연소하여 발화하는 경우

##### (3) 단락출화의 특징

- (가) 단락불꽃은 국부적, 순간적이기 때문에 주위의 가연물의 온도를 그 발화온도까지 높이는 것은 적으므로 단락이 생기더라도 그것이 발

화로 이어지는 경우는 확률적으로 낮다고 할 수 있다. 그러나, 가연성기체 및 열용량이 적은 먼먼지 등에는 충분히 착화 할 수 있고 연속적으로 단락불꽃이 발생한 경우나 절연파괴에 의한 단락형태와 같은 경우 온도가 상승해 있기 때문에, 즉 탄화가 진행하고 있는 피복류에는 착화 할 위험이 있다.

- (나) 일반적으로 화염의 상승이 느리고 담배 등의 미소 화원에 의한 출화와 유사한 출화형태를 나타낸다. 즉 단락개소를 중심으로 출화개소 부근이 국부적으로 깊게 타 들어가고 무염연소에 의한 출화의 형태를 나타내는 것이 많다.

##### (다) 단락과 외부화염에 의한 단락비교

화재열에 의하여 용융흔이 생기는 것도 가능하지만(열흔), 단락에 의한 것이 아니기 때문에 팽택이 없는 것은 물론 용단개소가 둥그스름함이 적고 용융범위가 넓으며, 용적이 아래로 흐른 것이 현저하다. 그래서 동선의 일부가 가늘게 되어 있는 것이 많다.

[표] 단락과 외부화염에 의한 단락의 비교

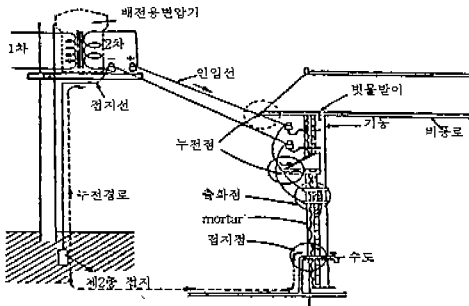
구분	표면형태	탄화물 (XMA분석)	금속조직 (금속현미경)	Void분포 (금속현미경)	EDX분석 (에너지 분산 X선 분석기)
단락	형상이 구형이고 팽택이 있음	일반적으로 탄소는 검출되지 않는다	용흔 전체가 미세한 돌과 산화제 1 등의 공유결합 조직으로 점유하고 있고, 초정성장은 없음	큰 구형보이드가 용흔의 중앙에 생기는 경우가 많음	OK, Cul line이 용융된 부분에서 검출되지 않으나 정상부분에서는 검출
외부화염에 의한 단락	형상이 구형이 아니던가, 팽택이 없는 경우가 많음	탄소가 검출되는 경우가 많음	동 등의 초기 결정성장이 보이지 않지만, 동 등의 초기 결정 이외의 금속 결정으로 변형됨	일반적으로 미세한 보이드가 많이 보임	Cul line이 용융된 부분에서 검출되지만 정상부분에서는 소량검출

\*\* XMA(X-ray Microanalyer)는 전자빔을 이용

한 연기원으로서 시료에서 발생하는 원소를 정성 분석 할 수 있는 것으로 물질의 조성을 알아내는 데 유용하다.

### 5. 지락 또는 누전에 의한 화재

누전이란 전기의 통로 즉 전선로 이외의 곳으로 전류가 흐르는 현상이라고 정의할 수 있다. ■ 엄밀한 의미로는 전기가 존재하면 완전한 절연체가 없으므로 반드시 누전이 된다고 할 수 있으나, 특히 한정된 종류의 물질, 실험 등의 허용치(저압전류의 경우 최대 공급전류의 1/2,000)이하의 누전은 문제가 되지 않는다. ■ 통상적으로 누설전류 500mA 이상일 때 누전에 의한 화재 위험이 있다



누전점과 출화점, 접지점 개략도

누전화재가 발생하는 장소는 주로 접지물과 누전점이며, 고압이상의 전로에는 일반적으로 대지전류 발생시 전로를 차단하는 보안장치가 부설된 감지전류 이하로 누전될 때는 차단불능으로 지락지점에 인화 물질이 있으면 화재가 발생된다.

#### (1) 누전의 3요소

이러한 누전은 기본적으로 전류가 주위의 물질로 누설되기 시작하는 누전점, 과열개소인 출화점, 접지물로 전기가 흘러들어 오는 접지점의 3요소가 있다.

##### (가) 누전점

비접지측 전선로의 절연이 파괴되어 접지된 금속 조영재 등과 접촉하는 것이 누전화재의 전제이다. 단 반드시 전선이 직접 이것에 접촉한 경우만 한정하지 않고, 전기기기의 금속케이스, 금속판, 안테

나 지선 등의 금속부재 또는 유기재의 흑연화부분을 경유하여 누전하는 것도 있다.

##### (나) 출화점

누전되는 전류가 접지점을 거쳐 주상변압기로 돌아가는 누전전류에 의해서 출화되기 쉬운 부분에서 출화가 되는데 누전에 의해서 화재가 발생하는 장소를 말한다.

누전점은 한 점이라도 그 후 다수의 분기경로를 지나서 두개 이상의 접지점에서 땅속으로 흘러 들어오는 것이 보통이다. 따라서 출화점은 복수가 되는 경우가 있다.

또한 누전점 및 접지점이 그대로 출화점이 되는 경우도 있다. 특히 흑연화에 따라 유발된 경우, 못 또는 철판이 전선피복에 물리어 누전이 발생한 경우 누전점에서 출화하는 경우가 많다.

##### (다) 접지점

가스관 및 수도관, 소화전의 배관 또는 건물의 구조철골 등 건물로부터 연속하여 땅속에 매설된 금속체가 접지물로 되는 것이 일반적이다. 인접건물 또는 떨어진 건물로 접지되어 있는 경우도 있다. 이들 접지물과 그물망, 벽체 합석, 전선관 등의 건물조영재와 접촉개소가 접지점이 되지만, 접지점은 벽체의 속에 있는 경우가 대부분이고 실제로 특정을 발견하기가 매우 곤란하다.

#### (2) 출화대상 및 출화형태

출화점을 흐르는 전류는 건물 내 누전경로의 각 접촉개소의 접촉저항, 누전전류가 흐르는 각 재료의 고유저항, 그 위에 건물 및 접지선의 접지저항 값에 달라지게 되고, 접지저항은 지면의 건설, 토양 등에 의해서도 크게 달라진다.

누전전류가 집중되는 개소가 출화점이 되지만

- 이 부분의 주열원이 직접 발화로 이어지는 경우
- 외근접 목재를 도전화하여 이곳을 흐르는 전류에 의하여 발화하는 경우가 있다.

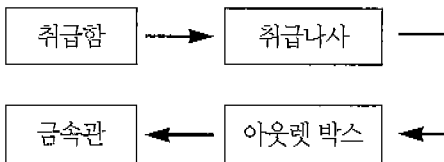
##### (가) 몰탈의 이음매

목조몰탈의 벽은 목재 위에 방수펠트(felt)를 덮어서 금속과 와이어 또는 스테이플로 라스(lath)를 구성하고 이를 목재에 고정하여 그 위에 몰탈

(mortar)를 칠한 구조로 되어있다.  
 이 라스에 누설전류가 흐르면 라스의 이음매로 전류가 집중되어(접촉개소가 한정되기 때문에) 그 부분이 발열상태로 되고 이 경우 전류의 크기에 의하여 국부적으로 발열인 글로우 현상이 생기고 이 접촉점이 끊어지는 경우 누설전류의 위치가 이동하지만, 전류가 끊어질 때 불꽃이 발생하여 부근의 목재의 탄화 및 흑연화(도전화)를 촉진한다.  
 끊어진 라스를 통해 흑연화된 부분에 전류가 흐르면 트래킹에 의한 경우와 마찬가지로 흑연화가 진행되어 출화로 이어진다.

(나) 합석판과 합석판과의 맞닿은 부분  
 합석판과 합석판이 맞닿는 부분은 판의 끝을 보통 1.8m당 수분의 못을 박았으므로 접촉면적이 크고 상당한 대전류가 흐르지 않는 한 목재를 탄화하는 정도의 과열이 생기는 일은 없다. 그러나, 시간이 경과하여 낡은 합석의 못 및 나사 등이 풀어져 맞닿는 부분의 접촉이 불완전하게 되는 경우가 발생하는데,  
 이러한 상황에서 누설전류가 흐르면 전로에 한정된 접촉개소가 발열한다. 특히, 못부분에 전류가 집중하기 쉽고, 국부적으로 고온이 되기 쉽다.  
 또는 점점 이착시의 불꽃에 의해서 목재가 흑연화되어 이것에 전류가 흘러 발화하는 현상이 있다.

(다) 벽불이 스위치에서 출화  
 내화건축물의 옥내배선에는 금속관 공사를 실시한 것이 많고 벽불이 스위치 등의 취급에 강판제 아웃렛박스가 사용된다. 스위치 접점의 불량에 의한 개폐시 불꽃 또는 결로침입에 의한 트래킹에 의해서 스위치 내부의 절연재에 그라파이트화가 시작된다.  
 흑연화는 스위치 취급할까지 도달하면 전선에서 흑연화된 부분을 경유해 아래와같이



누설전류가 형성되고, 금속관은 철관을 통해서 대

지로 접지되어 있으므로 큰 누설전류가 흐르게 되어 스위치 내부의 흑연화부분에서 발화로 이어진다.

### 6. 접속부의 과열에 의한 발화

전선과 전선, 전선과 단자. 또는 접속 권 등의 도체에 있어서 접촉상태가 불완전하면 특별한 접촉저항(이산화동 현상, 접촉저항 등)을 나타내어 발열하게 된다. 이 발열은 국부적이며 그 부분에 산화, 열팽창, 수축 등의 현상이 나타나 접촉면이 거칠어져 접촉저항이 증가, 드디어 적열(赤熱)상태가 되어 주위의 가열물을 발화시킨다. 이러한 현상이 지속되면 이산화동으로 인해 발열현상이 일어난다.

#### (1) 접촉저항에 의한 발열

금속 및 도체상호의 접촉저항은 보통 약 0.1 이하이지만 외견상의 접촉면적의 감소, 접촉압력의 저하 및 산화피막의 형성 등으로 접촉저항은 증가한다. 접촉저항이 증가하면 그것에 비례하여 주울열도 커져 접촉부의 온도는 더욱 높아지고 접촉하고 있는 가열물을 발화시키는 것에 도달한다. 이때 약 10A를 넘는 전류가 흐르고 있는 것이 많다.

또한 접촉불량은

- 진동에 의한 접속단자부 나사의 느슨함
- 접촉면의 부식
- 개폐기 날 및 플러그가 중도 반단된 플러그
- 개폐기 날의 변형

등으로 발생하고

전류의 공급 및 중단 반복에 따른 열냉의 반복은 개폐기 날반이의 복원력이 감소되어 접촉압력을 저하시켜 접촉상태를 점차로 악화시킨다.



(그림) 접촉불량에 의해 단자부가 소손된 예

다음호에 계속됩니다