



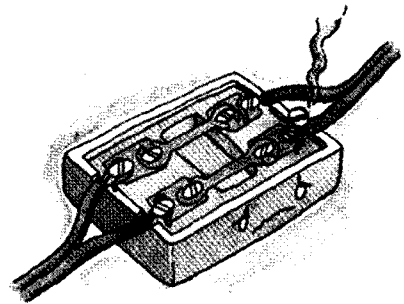
# 향(Odor) 감지 시스템을 이용한 전기설비사고 예방기술



최 충 석  
전주대학교 소방안전공학과 교수

## 1. 서론

인류의 활동 반경을 무한으로 확대시키는 견인차 역할을 하고 있는 전기 에너지는 제어의 편의성, 효율성, 안전성 등 우수한 특성을 갖고 있어서 전기·전자·통신·소방 산업 등의 다양한 분야에서 활용되고 있다. 그러나 설계 및 구조불량, 취급 불량, 공사불량, 경년열화(劣化) 등의 요인에 의해 사고가 발생하고 있으며 대표적인 것이 전기 화재이다.



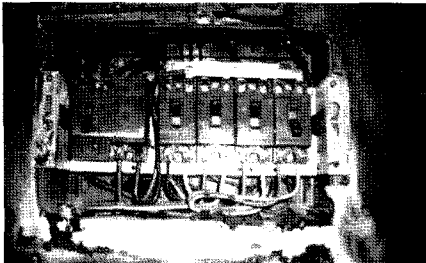
전기 화재는 열(온도)과 밀접한 관계를 갖고 있고 전기 설비 접속부에서의 접촉 불량, 아크의 발생 및 산화물 증식 등이 주요 인자이지만, 일반적인 전기 설비 보호 장치인 누전차단기(RCD 또는 ELB), 배선용차단기(MCCB) 등은 작동 원리의 상이성 때문에 재해를 감지하지 못하는 경우가 발생한다. 전기 설비는 설계 당시에 전기적인 문제가 기준치 이상으로 발생하면 자기 보호를 위한 경고, 차단 등의 기능이 있지만 점진적으로 열화(deterioration)가 진행하거나 설계의 미비에서 발생하는 열적 오류는 그 열을 하나의 저항 부하(설비)로 인지하므로 기존의 장치를 사용하여 재해 예방을 하는데 한계가 있다. 실제로 공장이나 일반 건물에서 과전류 및 과열에 의해 절연물은 용융되고 유독 가스를 배출하며 화재가 진행되므로 예방적 측면에서 온도 테이프 및 센서, 연기 센서 등이 활용되고 있다. 그러나 이들 감지기는 사고가 상당 시간 진행된 후에 감지되므로 시스템의 보호에 한계점을 갖고 있다. 반면 향 감지기(odor detector)는 절연 물질이나 도체가 열적 스트레스를 받을 때 발생하는 열에 의해 작동하여 방향성 물질(향)을 내뿜고 이를 감지하여 초기에 관리자도

는 운용자에게 통보되기 때문에 사고의 확산 방지 및 예방에 우수한 특성이 있다.

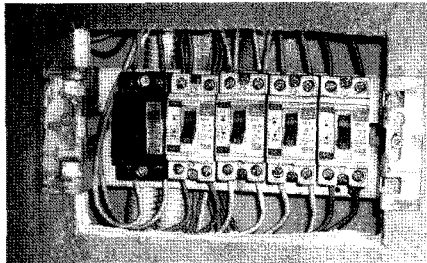
따라서 본 논고에서는 전기설비의 하나인 분전반의 소손 실태를 제시하고, 개선된 향 감지시스템의 특성을 제시하여 향후 산업 현장에서 발생할 수 있는 전기설비사고 예방에 기여하고자 한다.

## 2. 분전반의 실태

건축물 또는 산업설비에 공급되는 전기를 안전하게 사용하고 관리하기 위해서 설치하는 것 중의 하나가 분전반(함)이다. 화재가 발생하여 건물이 붕괴되고 소훼되면 대부분의 시설이 본래의 형태 또는 기능을 식별하기가 어렵게 된다. 그러나 분전반(함)은 건물의 벽체 또는 구석에 설치되므로 상대적으로 상태가 양호하게 보존된다. 따라서 분전반 내에 설치되어 있는 차단기를 정밀 분석하여 사고 당시의 전기 공급 상태를 판단할 수 있다. <그림 1>은 사고 현장에서 수거한 분전반의 실제 사진을 나타낸 것이다. <그림 1>의 (a)-(c)에 나타낸 바와 같이 주차단기는 누전차단기(RCD)를 사용하며, 분기차단기는 배선용차단기(MCCB)를 사용하고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 시스템의 안전성과 효율성을 고려하여 기술표준원에서는 주택용 분전함과 관련된 한국산업규격(KS)을 <그림 1>(d)와 같은 형태로 개정하였다. 즉 주차단기인 배선용차단기(MCCB)를 전단에 설치하고, 후단에 누전차단기(RCD) 설치하도록 하고 있다. 그러나 산업 현장에 사용되는 분전함에 대한 KS는 제정되지 않고 있는 실정이며 개선이 요구된다.



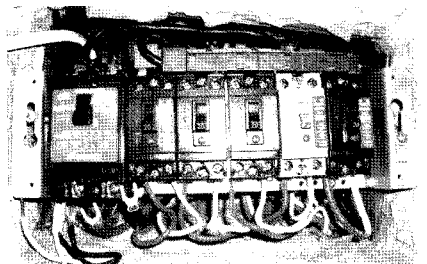
(a) 분전반 1



(b) 분전반 2

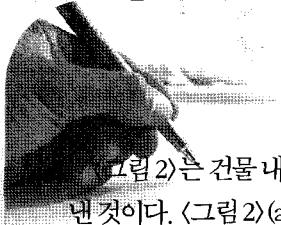


(c) 분전반 3

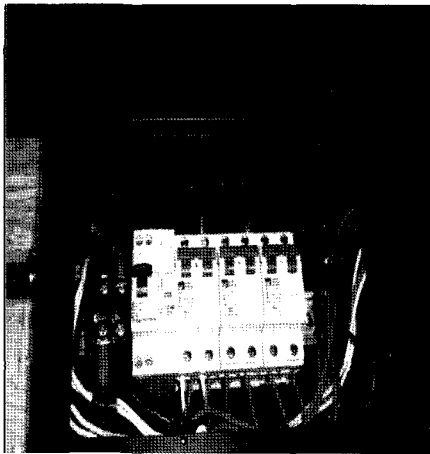


(d) 분전반 4

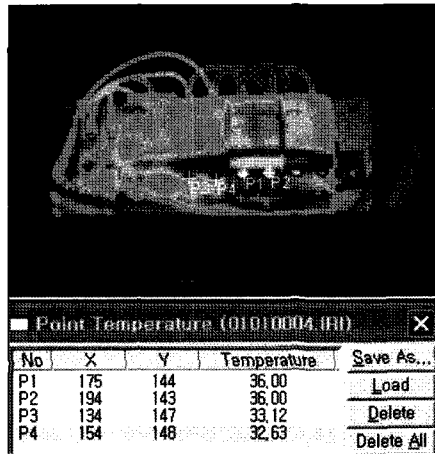
<그림 1> 일반 주택에 설치되어 있는 분전반의 실태



〈그림 2〉는 건물 내에 설치된 분전반 내부에 설치되어 있는 차단기의 열 발생 패턴을 해석하기 위해 나타난 것이다. 〈그림 2〉(a)는 분전반의 실제 사진을 나타낸 것이며, 〈그림 2〉(b)는 열화상카메라(TVS)를 이용하여 측정된 열확산 패턴을 나타낸 것이다. 〈그림 2〉(a)의 경우 육안으로 보기에 특이한 특징을 인지할 수 없으나, 〈그림 2〉(b)의 우측 2번째 차단기의 부하측 단자부에서 국부 발열 현상이 관측되었고, 온도가 36℃까지 상승하고 있음을 알 수 있다. 이런 상태가 장시간 지속되면 단자 연결부의 열화가 가속되어 전기 설비 사고를 유발시키게 된다.



(a) 분전반의 실제 사진



(b) 분전반의 열화상 사진

〈그림 2〉 분전반 내부에 설치된 차단기의 열 확산 패턴

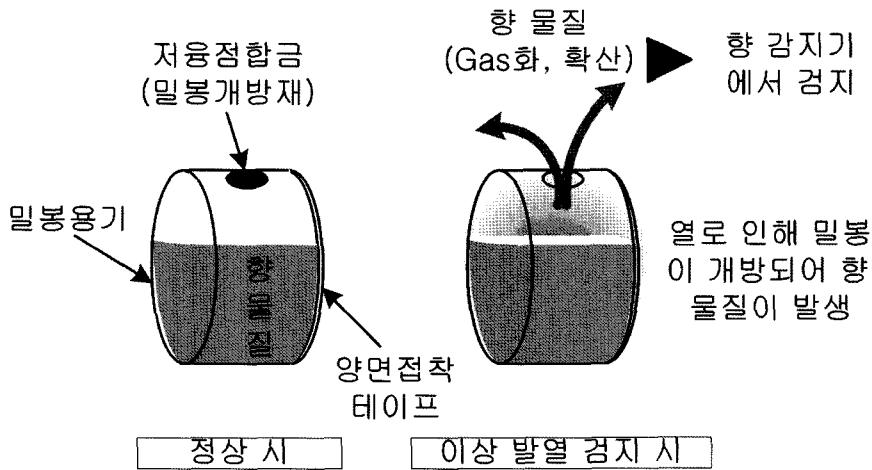
### 3. 향(Odor) 검지 시스템의 원리 및 적용

전기설비를 구성하는 절연물로부터 발생하는 냄새는 절연물의 재질, 형상 등에 따라서 다르며, 냄새를 검지한 시점에서의 절연물 온도는 일정하지 않다. 이 경우는 열전대 등의 물리적인 접촉형 온도 센서의 사용이 고려되어 지지만, 통상 열전대 배선을 동반하게 된다. 하지만 장소 여건상 배선이 불가능한 경우도 있으므로 사용상의 문제점이 발생한다.

전기설비의 접속부에서 발생한 열로 절연 재료가 열화(劣化)되는 과정에 발생하는 냄새를 조기에 검지하고, 그 신호를 증폭시켜 보호시스템을 동작시키면 재해로 확산되기 전

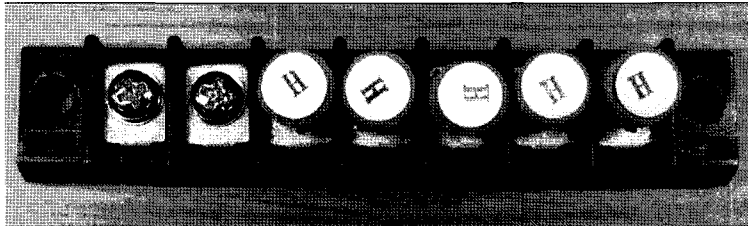
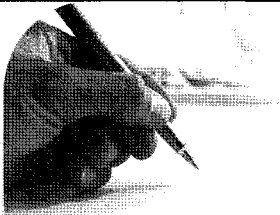


에 위험요소를 적절하게 제거할 수 있다. 즉 설정 온도 (예; 60℃)에서 냄새를 감지하고 그 신호를 증폭시켜 향 캡슐의 작동과 동시에 안전조치 절차가 진행된다면 재해를 예방할 수 있다. 향 감지 시스템에 사용된 향 캡슐은 원반상(φ 15×7mm)이며, 재질은 동(Cu)으로 제작되었으며 개략도는 그림 3에 나타냈다. 향 캡슐의 작동 온도는 60℃, 80℃, 100℃, 120℃ 등 사용 환경에 따라 다양한 설계가 가능하다. 향 캡슐에는 약 0.5ml의 액체상의 향 물질이 투입되어 있다. 향 물질이 끓는점을 초과하면 (설정 온도) 저융점 금속으로 봉인된 봉인부가 풀어지고 동시에 기화된 향가스가 급격하게 발생한다. 즉 향 캡슐의 근처에 설치되어 있는 향 검지기가 이 냄새를 검출하고 알려준다.

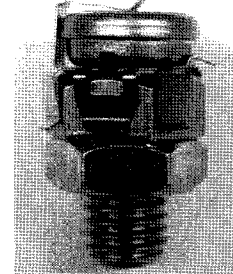


〈그림 3〉 향 캡슐의 동작개략도

향 검지기는 주로 전력설비의 배전반, 분전반(함), 전기기기 및 단자대 등에 사용된다. 그림 4는 일반적으로 많이 사용하고 있는 단자대(Terminal block)에 향 캡슐을 설치한 경우를 나타내며, 큐비클내의 단자대 발열의 예를 나타낸 매커니즘을 〈그림 5〉에 나타낸다. 전기설비의 단자대에서 나사 조임의 느슨함이나 과열이 발생하면 이상발열에 따라 향 캡슐이 동작하게 되고 향 검지기에서 감지하게 된다. 그다음 단계로 발열에 의해 단자대와 주변이 소손되고 큐비클로 화재가 진전하게 된다. 결국 화재는 건물전체로 옮겨가게 되고 대형 화재와 사람 및 재산 피해를 가져오게 된다. 또한 기존 화재 감지 시스템과 차이는 향 캡슐과 향 검지부는 단자대 부분에 온도 상승부분에서 감지하기 때문에 화재를 미연에 방지할 수 있는 장점을 가지고 있다.

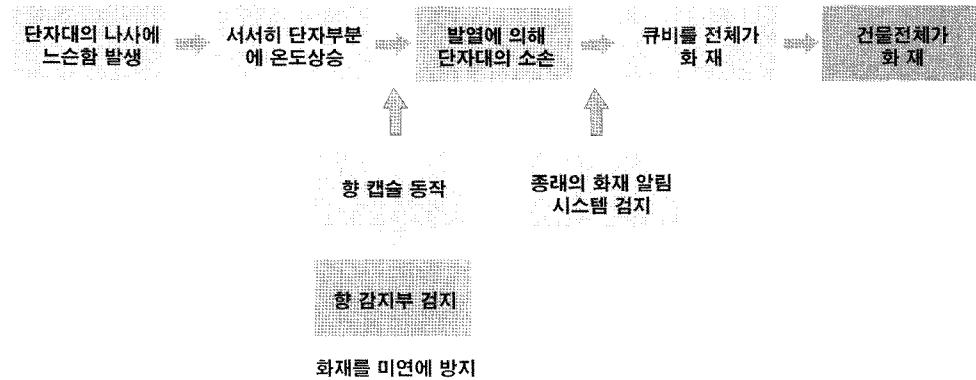


(a) 단자대(Terminal block)의 사용 예



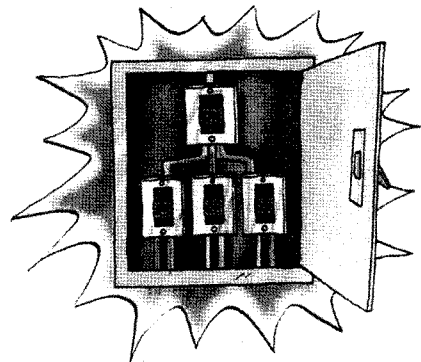
(b) 볼트에 설치된 향 캡슐

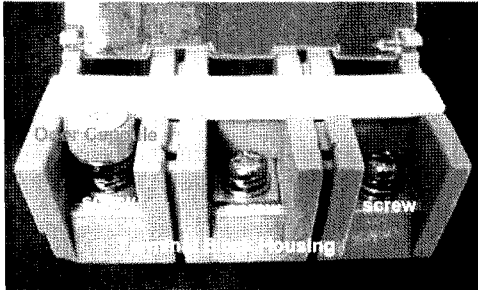
〈그림 4〉 전기설비에 설치된 향 캡슐의 응용 예



〈그림 5〉 전기설비의 발열 매커니즘 및 향검지기의 작동 시기

〈그림 6〉은 (주)제이에이치에코(yh@heco.co.kr)의 향 검지기가 설치된 실체 사진을 나타낸 것이다. 〈그림 6〉(a)는 단자대 나사의 머리에 설치된 것으로 향 검지기와 나사의 머리가 완벽하게 밀착되도록 동(Cu)을 이용한 홀더를 제작하여 설치함으로써 열전달 효율을 향상시켰다. 또한 향 검지기가 작동하였음을 쉽게 육안으로 판독이 가능하도록 스펀지 층을 상부에 부착하였다. 〈그림 6〉(b)는 전력 설비의 케이블 헤드(cable head)에 망을 이용하여 설치한 것이다. 케이블이 과열로 스트레스를 받는 경우 향 검지기 캡슐이 터져 육안으로 식별이 가능하도록 하여 화재 확산 예방에 기여하도록 하였다.





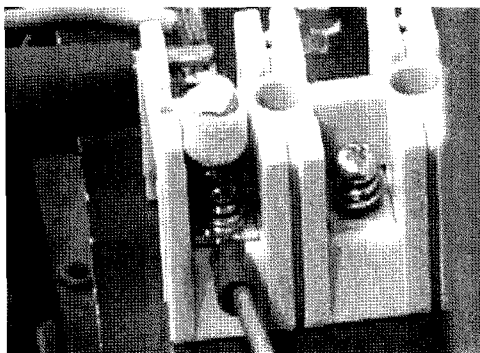
(a) 설치형태



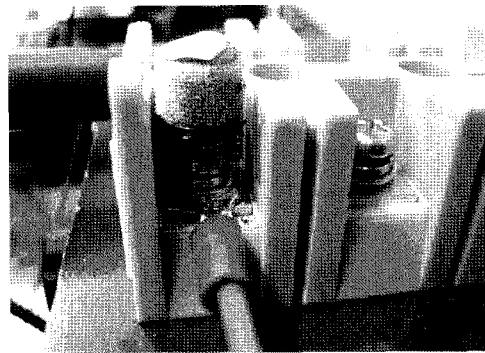
(b) 배부 구조

〈그림 6〉 향검지기의 설치 사례

〈그림 7〉은 (주)제이에이치에코(yjh@heco.co.kr)의 향 캡슐이 설치된 전기설비의 불완전 접속(촉)이 되어 있는 곳에서 발생한 아크열에 의해 작동된 향 캡슐을 나타낸 것이다. 〈그림 7〉(a)는 기계적 진동이 인가될 때 아크가 발생하고 있는 것을 나타낸 실체 사진이다. 〈그림 7〉(b)는 발생한 열이 향 캡슐에 전도되어 향 캡슐의 밀봉부가 용융되고 캡슐 내부의 향 물질이 외부로 누출된 모습을 나타낸 것이다.



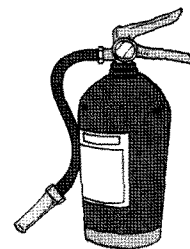
(a) 불완전 접속에 의한 아크발생

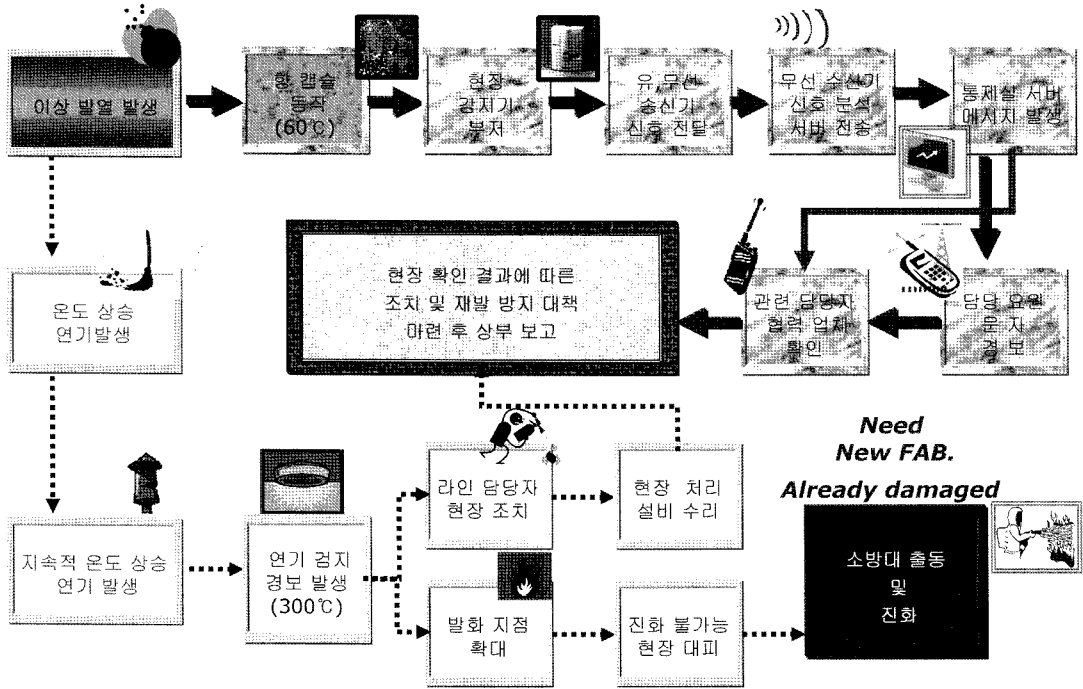
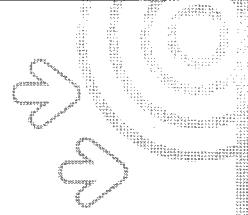
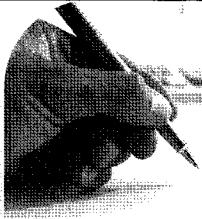


(b) 향 캡슐의 작동 상태

〈그림 7〉 불완전 접속(촉)이 발생한 전기설비의 실체 사진

〈그림 8〉은 (주)제이에이치에코(yjh@heco.co.kr)의 향 검지 시스템을 적용한 산업설비의 위기 대응 및 조치의 과정을 나타낸 것이다. 화재의 징후가 있을 때 향 검지 시스템은 초기 징후를 검출하여 관리자 또는 담당자에게 위험 요소를 정확히 전달함으로써 신속한 예방조치 및 위험요소 제거를 할 수 있다. 또한 시스템의 신뢰성과 안전성을 우수하게 유지할 수 있어서 생산성 향상에도 도움이 된다.





〈그림 8〉 향검지 시스템이 설치된 산업설비의 관리 및 운용 체계도

#### 4. 맺음말

본 논고에서는 분전반의 소손 실태를 제시하고, 개선된 향 검지시스템의 원리 및 산업 현장에 적용된 사례의 해석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 분전반에 설치된 차단기는 누전차단기(RCD) 및 배선용차단기(MCCB)를 사용하고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 시스템의 안전성과 효율성을 고려하면 주차단기인 배선용차단기(MCCB)를 전단에 설치하고, 후단에 누전차단기(RCD) 설치하는 것이 좋다.
- (2) 전선의 연결 부분에서 접속(축) 불량이면 아크의 발생은 물론 발열이 발생하는 것으로 열화상

카메라(TVS)를 통해서 확인할 수 있었고 이런 상태가 장시간 지속되면 전기화재 및 설비사고가 발생할 수 있음을 알 수 있다.

(3) 개발된 향 캡슐은 원반상(재질은 등)이며, 작동 온도는 60℃, 80℃, 100℃, 120℃ 등 사용 환경에 따라 다양한 설계가 가능하다. 향 물질이 끓는점을 초과하면(설정 온도) 저융점 금속에 의한 봉인된 봉인부가 풀어지고 동시에 기화된 향 가스가 급격하게 발생한다. 즉 향 캡슐의 근처에 설치되어 있는 향 검지기가 이 냄새를 검출하고 알려주는 기능이 있다.

(4) 산업설비에 적용된 향 검지 시스템((주)제이에이치에코/yjh@heco.co.kr)은 화재의 징후가 있을 때 초기 징후를 검출하여 관리자 또는 담당자에게 위험 요소를 정확히 전달함으로써 신속한 예방조치 및 위험요소 제거를 할 수 있다. 또한 시스템의 신뢰성과 안전성을 우수하게 유지할 수 있어서 생산성 향상에 도움이 될 것으로 판단된다.

