

P-03

저압 분전반의 화염에 의한 소손패턴 분석 Damage Pattern Analysis of Low Voltage Cabinet Panel due to Flame

김동욱* · 이기연 · 김동우 · 길형준 · 김향곤

Kim, Dong Ook · Lee, Ki Yeon · Kim, Dong Woo · Gil, Hyoung Jun · Kim, Hyang Kon

Abstract

This paper deals with damage patterns of cabinet panel for low voltage deteriorated by flame. In order to analyze damage patterns, we used Metallurgical Microscope, x-ray system, and Fourier Transform Infrared spectroscopy. Firstly, Metallurgical microscope was used for analysis of electrical causes, such as electric short and overload. Secondly, X-ray system was used for analysis of internal characteristics of circuit breakers. Lastly, Fourier Transform Infrared spectroscopy was used for analysis of damage direction by flame. The following results were obtained.

key words : Cabinet panel, Damage pattern, Flame enlarger

1. 서 론

전기설비의 대용량화 및 다양한 전기설비기구의 보급에 따라 편리성이 증가됨과 동시에 전기안전에 대한 주의가 더욱 요구되고 있다. 이러한 설비의 유지는 환경적, 기계적, 전기적인 스트레스가 복합적으로 작용하여 일순간 사고로 이어지기 때문에 상당한 주의가 요구된다.

전기재해는 설비의 위치에 따라 옥외와 옥내설비 사고로 분류할 수 있으며 설비 사고에 의한 정전 등과 같은 옥외사고와는 달리 옥내사고는 화재와 감전 등 사고가 더 큰 영향을 초래함에 따라 설비사고의 원인을 분석하여 예방에 필요한 대책을 마련하는 것이 중요한 문제라 할 수 있다. 특히 옥내배선에서 전기를 안전하게 사용하기 위해 설치되어 있는 분전반에서의 화재는 차단기 등을 소손시켜 후비보호를 하지 못하게 됨으로 2차, 3차에 걸쳐 전기재해를 발생시킬 수 있으므로 분전반에서의 화재에 대한 대책이 시급하다고 할 수 있다.

현재 누전차단기에 해당되는 지락차단장치 시설기준 적용방법을 간단히 살펴보면 전기설비기술기준 제45조 제1항 규정에 의거 사용전압이 60V를 넘는 저압의 기계기구에 전기를 공급하는 전로에는 지락차단장치를 시설하여야 하며, 대지전압이 150V를 넘는 저압의 기계기구를 사람이 쉽게 접촉할 우려가 있는 건조한 곳 이외의 곳에 시설하는 경우 등 그 전로에 지락차단장치를 시설하여야 하는 바 우리나라는 사용전압이 대부분 380V/220V로서 지락차단장치 시설을 생략할 수 있는 장소는 극히 제한적이라 할 수 있으므로 전기를 사용하는 모든 장소에 누전차단기 또는 과전류로부터 설비를 보호하기 위한 배선용 차단기가 시설되어 있다.

본 논문에서는 저압 분전반내에서 발생한 사고사례를 분석하여 사고의 메커니즘과 사고특성 등을 연구하여 사고 패턴을 제시함으로써 전기설비 사고 원인 분석 및 진단을 위한 자료를 확보하고자 하였다.

* 정희원·전기안전연구원 재해예방연구그룹 연구원·E-mail: dokim@kesco.or.kr

2. 본 론

2.1 분전반의 구성

본 논문에서 분석한 사고 분전반은 그림 1과 같이 철재분전반으로 아크릴 재질의 안전내판이 분전반의 전면 커버로 구성되어 있었다. 소부 2도(방식도장)으로 도색되어 있었으며 실내 부착형으로 사용되고 있었다. 사고 분전반 내부의 전기기기류는 그림 2(a)와 같이 정격 440V/11KW의 직입기동방식의 동력기기를 사용하기 위한 배선용 차단기 60AT/60AF 500V 7.5KA 2점과 차단기를 원격 제어하기 위한 SHUNT, 그리고 전기를 사용하기 위한 F-CV 14SQ-4C(난연성 폴리카보에틸렌절연전선)으로 구성되어 있었다.

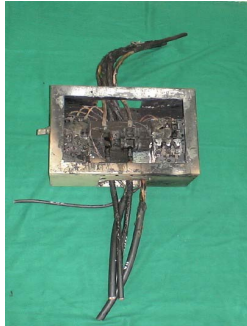
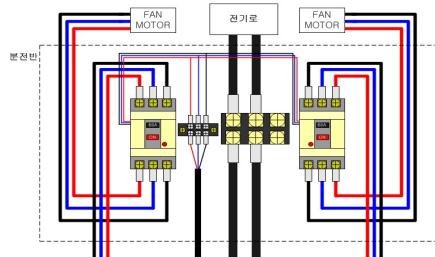


그림 1. 사고가 발생된 분전반



(a) 분전반의 내부

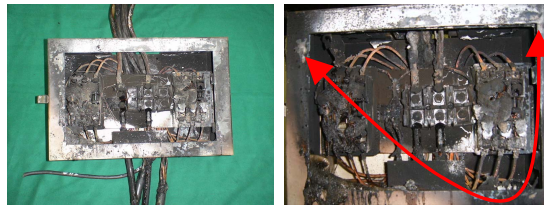


(b) 분전반 회로도

그림 2. 정상 분전반의 내부 및 회로도

2.2 분전반 외형의 소손 형태

그림 3은 사고 분전반의 전면으로 우측 하단과 우측 상단으로 강하게 연소된 패턴이 관찰되었으며 연소의 강도는 그림 3(b)에 나타낸 화살표 방향으로 분전반 커버로 사용된 안전내판을 연소시키며 우측 하단부에서 상부로 화염이 진행된 소손 흔적이 나타났다. 또한 그림 4는 분전면의 상부와 하부로 그림 4(a)는 분전반의 상단부로 그림 3(d)와 같이 분전반의 하단부와 비교하여 강한 소손이 발생되어 화재는 분전반 내부에서 발생하여 분전반 내부의 전기기기류를 소손시키며 상부로 전이된 형태를 나타냈다.



(a) 배선 및 분전반 (b) 분전반 내부

그림 3. 분전반의 전면



(a) 상단부 (b) 하단부

그림 4. 소손된 분전반의 외형

2.3 분전반 구성품의 난연 특성

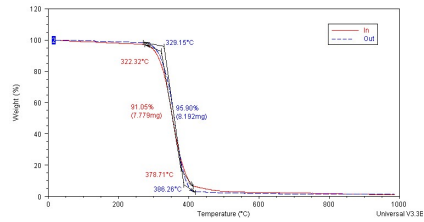
그림 5는 분전반 전면에 부착되어 있던 용융된 안전내판으로 우측은 완전 소멸되어 있었으며 좌측 하단에 그림 5(b)와 같은 용융된 안전내판이 있었다. 용융된 안전내판은 상부가 녹아내려 하부로 덮여진 형태로 남아 있었으며 그림 6(a)와 같이 열중량 분석 결과 외부는 328℃에서 386℃까지 96%의 열중량 감소를 보이나 내부는 322℃에서 378℃ 사이에 91.05%의 열중량 감소를 보여 화염이 내부에서 외부로 진행된 것으로 추정되었다. 그러나



(a) 용융된 안전내판



(b) 안전내판 분리



(c) 열중량 분석

그림 5. 분전반의 용융된 안전내판



(a) STEP-1

(b) STEP-2

그림 6. 안전내판의 착화 과정

2.4 사고 원인 분석

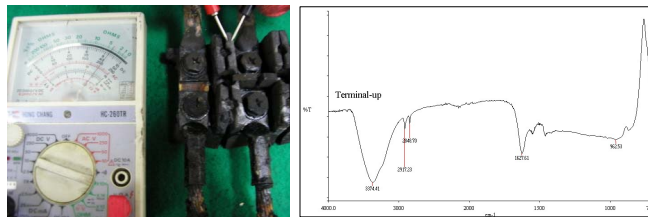
그림 7은 분전반 내부에 소손된 배선용 차단기를 X-ray 분석 결과 좌측 및 우측 차단기 모두 조작스위치는 ON 상태이며 접점이 연결된 상태로 사고 당시 차단기는 통전상태임을 알 수 있었다.

그림 8(a)는 분전반 내부에 단자대로 테스트에 의한 저항을 측정한 결과 대략 4KΩ정도 저항이 측정되었으며 이는 단자대의 표면에서 트래킹이 발생된 것으로 판단되었으며 그림 8(b)와 같이 FT-IR로 분석한 결과 3374cm⁻¹에서 열에 의해 탄화된 재료가 공기 중의 산소(Oxygen)나 수분(H₂O)과 결합한 형태의 적외선 흡광 피크가 나타나 결과적으로 강한 화염에 의해 상당부분 소손된 것을 알 수 있다. 또한, 화학적 결합에 있어서 2917cm⁻¹, 2848cm⁻¹에서 흡광피크가 나타난 것으로 케이블 심선의 절연재가 용융되어 단자대로 낙하된 것으로 판단됨에 따라 화재가 발생한 이 후 외부의 오염물이 단자대에 낙하되어 트래킹이 발생하면서 분전함이 소손된 것으로 판단되었다.



(a) 조작 스위치(좌측) (b) 접점(좌측) (c) 조작 스위치(우측) (d) 접점(우측)

그림 7. 배선용 차단기의 X-ray 구조 분석



(a) 저항 측정 (b) FT-IR 그래프

그림 8. 소손된 단자대의 저항측정 및 FT-IR 분석

3. 결 론

이와 같이 분전함에서의 발화는 최초로 시작되지 않았지만 분전함 구성품의 비난연재 사용으로 분전함의 소손은 크게 진행되었으며 내부의 차단기들은 접점상태를 그대로 유지하여 2차 재해의 가능성이 있었다. 또한 분전함 상부에서 분전함 내부로 오염물질의 침입하기 쉬워 트래킹과 같은 전기화재 발생 가능성이 크므로 설치 및 유지관리 더욱 주의를 기울여야 한다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부(MOCIE) 전력산업기반기금에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 양재열(2007), 전기개폐통계분석, 한국전기안전공사, pp7-24
- 최충석 외 5명(2002). "A Study on the Flame Pattern and Electrical Properties of Electric Outlet Fired at Standby Mode", KIFSE Trans. Vol. 16, No. 1, pp.39~44.
- IEC Publ. 112, "Recommended Method for Determining Comparative Tracking Index of Solid insulating Materials under Moist Conditions", 2nd Ed.(1971)