

RCD 접점형태에 따른 산화특성 분석

김동우, 김향곤, 길형준, 한운기, 최충석
한국전기안전공사부설 전기안전연구원

The Analysis of Oxidization Characteristics according to the shapes of RCD contacts

Dong-Woo Kim, Hyang-Kon Kim, Hyoung-Jun Gil, Woon-Kim Han, Chung-Seog Choi
Electrical Safety Research Institute, subsidiary of Korea Electrical Safety Corporation

Abstract : In this paper, the oxidization characteristics were analyzed according to the shapes of Residual Current Protective Device(RCD) contacts. RCD is an electrical safety device specially designed to immediately switch the electricity off when electric leakage is detected at a level harmful to a person using electrical equipment. The shapes of RCD contacts are a little bit different according to the models. When RCD is turned on, stationary and moving contact do not fit together. So, it can cause the increase of contact resistance. To discover the deterioration characteristics of RCD contacts by switching repetition, the contacts were analyzed by stereo microscope, Scanning Electron Microscope(SEM) and Energy Dispersive X-ray Spectrometer(EDS).

Key Words : RCD, contacts, oxidization, SEM, EDS

1. 서론

산업기술의 발달에 따라 전기제품들은 다양화 되어가고 있으며, 전력사용량은 증가하고 있다. 이에 따라, 전기 관련 사고 발생건수가 매년 1만여 건을 넘고 있다. 전기 화재 통계자료에 의하면, 총 화재 중 전기화재는 30% 이상의 점유율을 차지하고 있으며, 이중 접촉불량에 의한 화재는 5.3%를 차지하고 있다. 전기설비 접촉부에서 발생하는 전기화재의 원인들을 보면 단자 나사의 조임불량, 전선과 전선의 연결상태 불완전, 접속기류류 접점의 먼지, 습기 등에 의한 열화, 스프링 이완 및 접점 불량 등이 있다[1-2]. 누전차단기는 누설전류를 신속히 검출, 차단함으로써 인체의 감전사고를 방지하고 누설전류에 의한 기기 및 선로의 영향을 억제하기 위해 저압 교류가 공급되는 대부분의 부하회로에 설치 운용되고 있으며, 관련 규격은 한국산업규격(KS C 4613) 및 IEC 61009-1에 나타나 있다[3]. 본 논문에서는 누전차단기(RCD: Residual Current Protective Device)의 스위치 On-Off시 접점의 산화 특성을 해석하고 스위치 On-Off의 반복에 따른 열화특성을 실제 현미경(SV-11, Carlzeiss, Germany), 주사전자현미경(SEM, JSM-6400, Jeol, Japan), EDS(Energy Dispersive X-ray Spectrometer, Ultracool, Oxford, England)로 분석하였다.

2. 관련이론

전기접점은 차단기 또는 개폐기, 각종 제어장치 등에 널리 이용되고 있다. 이들 접점이 열화되거나 구조적 결함이 있을 경우 접촉저항의 증가로 인해 허용온도 이상의 발열로 이어지게 된다. 도체 접점에 존재하는 접촉저항(R_c)은 집중저항과 경계저항이 있으며 IEC 60943에 정의되어 있다[3]. 집중저항은 두개의 금속물체가 서로 접촉을 하게 되면 표면이 완전히 평면이 아니기 때문에 생기게 되고, 경계저항은 금속이 공기중에 노출로 인한 산화막에 의해 생기게 된다.

$$R_c = K_1 F^{0.6} + K_2 \sigma_0 F^{-1} \quad \text{식 (1)}$$

(단, K_1 : 집중저항계수, K_2 : 경계저항계수, F : 접촉력, σ_0 : 티넬저항)

표 1. 접촉저항 계수($R_c = K_1 F^{0.6} + K_2 \sigma_0 F^{-1}$)

Metal	Constriction resistance $K_1 [\times 10^{-6}]$	Film resistance K_2 $[\times 10^6]$
Copper	90	247
Brass	360	450
Silver	81	225
Tin	400	22.5
Silvered copper	88	225

3. 실험 및 결과

실험에 사용된 누전차단기는 정격전압 220[V], 정격전류 30[A], 정격감도전류 30[mA], 단상 2선식의 누전·과부하 경용이며, 실험시 부하측 조건은 전구부하 1개(220V, 60W)와 전열부하 2개(220V, 950W)를 병렬로 연결하였으며 누전차단기의 스위치 On-Off 반복은 반복시험 개폐기를 이용하여 분당 6회의 스위치 On-Off 반복속도로 실험을 수행하였다. 실험구성은 그림 1과 같다.

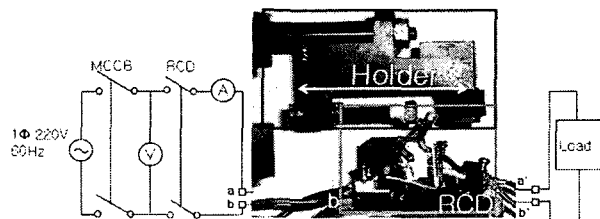


그림 1. 실험개략도

누전차단기의 구조는 제조회사마다 일부 차이가 있으며, 그림 2는 실험에 사용된 누전차단기의 스위치 On-Off 시 접점부의 밀착정도를 분석한 것이다. 그림 (a), (c), (e)는 스위치 On상태로서, 그림 (a)는 가동접점의 우측하부 일부와 고정접점의 중앙부분만이 접촉되어 있다. 그림 (c)는 가동접점과 고정접점의 우측일부만이 접촉되어 있고, 그림 (e)도 가동접점 중앙에서 우측부와 고정접점 중앙에서 좌측부분만이 접촉되어 있다. 따라서 접점부는 먼지나 습기 등에 열화되기 쉽고, 접촉저항의 증가로 인해 과부하시 발열의 위험성이 커지며, 스위치 On-Off시 아크의 범위가 넓어지게 된다.

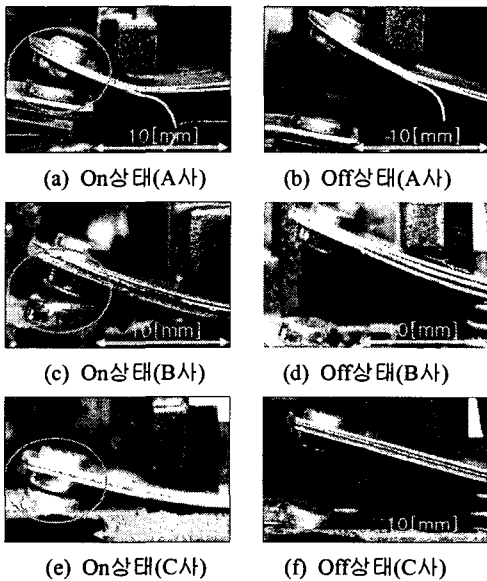
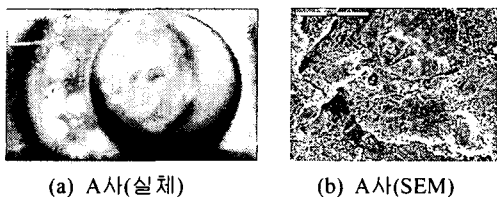


그림 2. 스위치 On-Off시 누전차단기 접점의 특성

그림 3은 1000회의 스위치 On-Off 반복후 고정접점의 실제 사진과 SEM이미지이다. 그림 (a), (c), (e)는 접점(접점의 직경: 4[mm])의 실제사진으로 접점의 형태에 따라 산화된 부위가 상이함을 확인할 수 있으며 SEM이미지에서도 아크에 의한 용융 흔적이 나타나 있는 것을 알 수 있다. (a)는 산화의 범위가 접점의 중앙에서 접점 좌측바깥까지 크게 확산되었으며, (c)는 접점부위만 산화되었고, (e)는 접점 좌측부위와 접점 바깥 일부가 산화되었다. A사는 접점부위의 불일치 정도가 크므로 산화범위가 타사의 접점에 비해 큼을 알 수 있다. 표 2의 EDS분석결과 A사의 경우가 공기중의 산소와 반응한 비율이 가장 높게 나타났다. 따라서, 접점부위의 불일치에 따른 영향이 가장 큰 것을 알 수 있다.



(a) A사(실체) (b) A사(SEM)

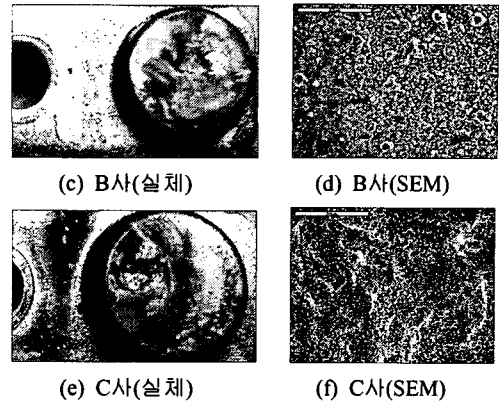


그림 3. 1000회 스위치 반복 후 고정접점의 사진

표 2. 열화된 고정접점의 EDS 분석

성분(%) 종류	Ag	O	Al	Cu	계
A사	78.79	20.91	0.3	-	100
B사	88.00	11.53	0.17	0.30	100
C사	86.10	13.90	-	-	100

4. 결론

본 연구에서는 누전차단기 접점의 스위치 On-Off시 접점의 형태에 따른 동작특성 및 산화특성을 분석하였다. 접점의 동작특성을 분석한 결과 스위치 On시 고정접점과 가동접점이 완전히 접촉되지 않고 일부만 접촉이 되어 있어서 접점부의 가속열화가 용이하고, 접촉저항의 증가로 인한 발열의 위험성이 있음을 확인하였다. A사의 접점은 접촉면적이 B사와 C사의 접점에 비해 작고, 접촉위치가 중앙에서 어긋나 있어서 1000회의 스위치 On-Off 후 산화특성을 분석결과, 산화의 범위가 정정바깥까지 확산되었고, 접점의 산화비율이 가장 높았다. 따라서, 접점 설계시 주의할 점은 접촉면적 뿐만 아니라, 접점의 접촉위치도 중요한 요소임을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] 최충석 외 5, "전기화재공학", 동화기술, pp. 189~198, 2004.
- [2] 한국전기안전공사, "전기재해 통계분석", pp. 7~12, 2003.
- [3] IEC 60943, "Guidance concerning the permissible temperature rise for parts of electrical equipment, in particular for terminals", 1998.