

## 경년열화에 따른 배선용 차단기류의 고장점 분석 연구

조한구, 이운용, 이유정, 이해기\*, 강성화\*  
 한국전기연구원, \*충청대학

### A Study on Failure Analysis of Low Voltage Breakers with Aging

Han-Goo Cho, Un-Yong Lee, You-Jung Lee, Hae-Ki Lee\*, Seong-Hwa Kang\*  
 Korea Electrotechnology Research Institute, \*ChungChung College.

**Abstract :** In this paper, new and aging sample of MCCB and ELCB are investigated the main performance test such as short circuit test, mechanical and electrical endurance test, dielectric test and surge current test. The surface conditions of new and aging sample are analyzed by SEM, TGA and DSC. The ELCB occurred badness mainly in short circuit test and surge current test. The badness cause of short circuit test was confirmed due to imperfect contact of contact part.

**Key Words :** MCCB, ELCB, short circuit test, surge current test, SEM.

### 1. 서 론

최근 전기안전공사의 통계자료에 따르면 저압기기 중에서 가장 많은 사고를 일으키는 기기는 누전 차단기, 배선용 차단기로 나타났다 [1]. 이들은 수용가 측에서의 중요한 역할을 하는 기기로 사고로 인한 전기화재에 따른 인명피해를 초래할 수 있어 기기의 신뢰성이 매우 중요하다. 전기안전관리자가 상주하는 자가용 수용가를 대상으로 배선용 및 누전 차단기의 오동작 원인을 검토한 결과 주요 원인은 노화, 원인불명, 고조파 등의 순으로 나타났다[2]. 최근 시험 통계자료에 따르면 단락시험에서 불량률이 가장 많이 나타났으며, 주요 불량항목으로는 단락시험, 과부하개폐성능시험, 개폐내구성시험, 뇌임펄스 내전압시험, 합성서지시험 등으로 나타났다 [3]. 또한 누전 차단기의 경우 전자파, 고조파에 따른 오동작을 일으키는 경우도 많은 것으로 보고되고 있다. 따라서 이들 누전 차단기의 오동작에 대한 성능개선을 위해 충격파 부동작, 서지내성 등의 시험에 대한 규격이 보완되고 있다 [4].

본 연구에서는 수용가 측 저압기기 중 가장 많은 사고를 일으키는 배선용 차단기 및 누전 차단기의 신제품 및 경년품에 대해서 단락시험, 과부하개폐성능시험, 개폐내구성 시험, 뇌임펄스 내전압시험, 합성서지시험 등을 시행하고 시험 결과에 대해서 검토하였다. 또한 신제품 및 경년품 차단기의 점접점 절연부의 표면 열화 상태를 SEM, TGA, DSC 등을 통하여 비교 검토하였다.

### 2. 실험

3개사의 배선용 차단기 및 누전차단기 시험 시료를 표 1과 같이 선택하였으며, 기기 사양은 가장 많이 수요되고 있는 차단기 시료를 선정하였다. 이들 시험 시료에 대해서 주로 불량률이 많이 발생하는 단락시험, 과부하개폐성능 시험, 개폐내구성시험, 뇌임펄스 내전압시험, 합성서지 시험 등을 시행하였다. 또한 신제품 및 경년품 차단기의 접

점 절연부의 표면 열화상태를 SEM, TGA, DSC 등으로 확인하기 위해 표 2와 같이 시료를 선정하여 분석하였다.

표 1. 배선용 차단기 및 누전차단기 시험시료.

기기	제조 회사	사 양	신제품/경년품
M	A	단상, 220V, 50A, 5kA	신제품
C	A		경년품(93')
C	B		신제품
B	C		신제품
E	A	단상, 220V, 30A, 30mA, 0.03초, 1.5kA	신제품
L	B		신제품
C	C		신제품
B	C		경년품(89')

표 2. 표면열화 분석용 시료.

기기	제조 회사	사 양	신제품/경년품
MCCB	A	단상, 220V, 30A, 2.5kA	경년품(93')
	A	단상, 220V, 50A, 5kA	신제품
	C	단상, 220V, 50A, 2.5kA	경년품(95')
ELCB	A	220V, 20A, 30mA, 1.5kA	경년품(99')
	A	220V, 30A, 30mA, 1.5kA	신제품
	C	220v, 20A, 30mA, 1.5A	경년품(97')

### 3. 결과 및 검토

배선용 차단기 시험 시료 4개에 대한 정격 단락차단 용량시험, 과부하 개폐성능시험, 개폐내구성시험을 시행한 결과 모두 이상이 없었다. 그림 1은 A사의 경년품에 대한 단락차단시험 C-O test 시의 시험결과 파형을 나타내며, 단락전류가 차단되는 것을 알 수 있다. 시험 후 접점은

용단 또는 용착되지 않았다.

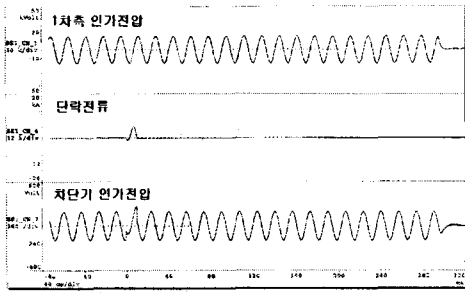


그림 1. CO test 시의 파형 (A사 경년품)

누전차단기 시험시료 4개에 대한 정격 단락차단 용량시험 결과 모든 시료가 용단 또는 용착되었다. 그림 2는 C사의 CO test 시의 파형을 나타내며, 단락전류가 차단되지 않는 것을 알 수 있다. 시험 후 내부 접점상태를 확인한 결과 그림 3과 같이 접점이 용단된 것을 알 수 있었다.

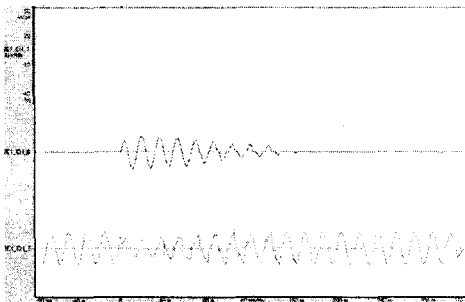


그림 2. CO test 시의 파형 (C사 신품)

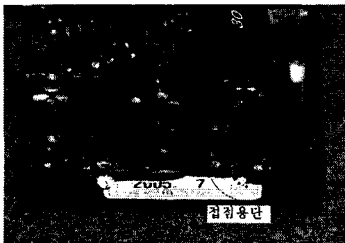


그림 3. 단락시험 후의 접점부 용단상태 (C사)

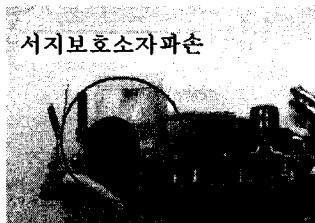
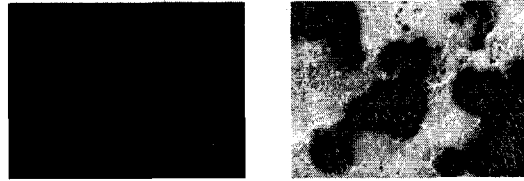


그림 4. 합성서지내성 시험 후의 소자 파손상태

기타 과부하개폐성능시험, 개폐내구성시험, 뇌임펄스 내전압시험 등에서는 모두 이상이 없었지만, 합성서지내성시험에서는 A사 신품에서 트립이 일어났다. 시험 후의 내부 상태를 확인한 결과, 서지보호소자가 파손된 것을

알 수 있었다.

A사의 배선용 차단기 신품과 경년품의 접점 절연부 표면상태를 SEM으로 분석한 결과, 그림 5와 같이 경년품의 경우 표면이 손상된 흔적을 보였다. 이는 접점이 작동될 경우 순간적인 전류흐름에 따른 고분자 재질의 열화로 사료된다. TGA/DSC 분석결과, 신품에 비해 경년품은 열중량 감소가 크게 나타났으며, 습기 침투에 따른 흡열반응도 나타났다. 누전 차단기의 경우에도 신품에 비해 경년품의 표면이 손상된 것을 SEM 분석을 통해 확인하였다.



(a) 신품 (b) 경년품

그림 5. 신품 및 경년품의 표면상태 (A사, ×1000)

#### 4. 결론

본 연구에서는 배선용 차단기 및 누전차단기에 대한 신품 및 경년품의 표면 열화 분석, 단락시험, 과부하개폐성능시험, 개폐내구성시험, 뇌임펄스 내전압시험, 합성서지내성 시험 등을 시행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 배선용 차단기의 신품 및 경년품에 대해서 단락시험, 과부하개폐성능시험, 개폐내구성시험을 시행한 결과 신품, 경년품 모두 이상이 없었다.
- 2) 누전차단기의 신품 및 경년품에 대한 단락시험에서는 모두 용단, 용착되었으며, 합성서지시험에서 A사의 신품 내부의 서지보호소자가 파손되었다. 누전차단기의 경우 접점의 접촉압력, 접촉상태의 개선이 필요하며, 또한 보다 성능이 우수한 서지보호소자를 선택할 필요가 있다.
- 3) 배선용 차단기 및 누전차단기의 신품 및 경년품의 접점부 절연재료의 표면 상태를 분석한 결과, 경년품의 표면상태가 다소 손상된 것을 확인할 수 있었으며 내부로의 수분 침입도 DSC 분석을 통해 확인되었다. 이는 접점부의 잦은 동작 및 내부로의 습기 침입이 원인이 된 것으로 사료된다.

#### 참고 문헌

- [1] 한국전기안전공사, “전기재해통계”, 2005.
- [2] 유재근 외 4인, “배선용 및 누전차단기 오동작 실태 조사”, 한국조명·전기설비학회 학술대회, pp. 223-227, 2004.
- [3] 문석 외 3인, “누전차단기의 특성분석”, 한국화재·소방학회 춘계학술대회, pp. 62-66, 2002.
- [4] 김언석 외 5인, “누전차단기의 충격파 부동작 특성과 EMC 성능 비교분석”, 한국조명·전기설비학회 학술대회, pp. 319-323, 2003.