

수용가용 개폐기의 사고 특성과 안전대책 검토

이해기*, 유영각*, 강성화**
 충청대학 전기전자학부, 충청대학 소방안전과

Discussion on safety counter-plan and failure characteristics of customer switches

Hae-Ki Lee*, Young-Kag Yoo* and Seong-Hwa Kang**

*Faculty of electrical and electronic eng., ** Dept. of fire prevention and safety

Abstract - Prevention of electrical and mechanical accidents from consumer switches needs early to detect and repair failure parts of the switches. But, safety accidents by the switches of consumers occur from non-systematic safety inspection techniques. So, we develop and propose the safety inspection techniques of the consumer switches.

1. 서 론

전력설비의 성능을 본래대로 유지하고 사고를 미연에 방지하기 위하여 일상점검과 정기점검 등의 실시로 불량 개소를 조기에 발견하고 보수하여 원활한 전력설비의 운전을 하고자 많은 노력을 하고 있으나 일부 수용가 측에서는 점검 및 안전 활동에 대한 경제적, 인적 부담으로 체계적인 안전 점검방법을 선택하지 않아 전기안전사고가 발생하고 있다.

수용가의 전기화재 원인별 발생분포는 합선 76.5%, 누전 7.1%, 과부하 6.9%, 접촉부 과열 1.7%, 취급부주의 1.1%로 나타나고 있으며, 관리적 원인으로는 관리소홀 62.5%, 설비노후 22.3%, 취급불량 3.4% 등으로 나타나고 있다. 그리고 안전사고의 88%가 작업자의 불안정한 행동으로 발생되며 이중 50% 정도가 부실한 점검이나 점검행위의 생략 때문에 발생하고 있으므로[1] 전력기기의 안전한 관리 및 운전을 위하여 기존의 안전점검 방법을 개선하는 것이 필요하고 예방보전 점검방법보다는 계획보전 차원의 안전점검이 매우 중요하다.

본 논문에서는 개폐기류 중 사고발생 빈도가 높은 누전차단기 및 배선용 차단기의 사고 유형을 분류하여 사고발생 메커니즘을 분석하고 개폐기의 주위환경 등을 분석하여 개폐기류에 의한 안전사고가 발생하지 않도록 효율적인 안전 점검 방법 등과 관련한 연구를 하였다.

2. 본 론

2.1 개폐기 개요

배선용 차단기는 개폐기구, 트립장치 등을 절연물 용

기 내에 일체로 조립한 것으로 통전상태의 전로를 수동 또는 전기 조작에 의해 개폐할 수 있으며, 과부하 및 단락 등의 이상 상태에서 자동적으로 전류를 차단하는 기구이다. 배선용 차단기는 주로 교류 600V 이하, 또는 직류 250V 이하의 저압 옥내전로의 보호에 사용되는 mold case 차단기를 의미한다.

누전차단기는 저압용으로 개폐기구, 트립 장치 등을 절연물 용기 내에 일체로 조립한 것으로 통전상태의 전로를 수동 또는 전기 조작에 의해 개폐할 수 있으며, 과부하, 단락 및 누전발생 시 자동적으로 전류를 차단하는 기구이다.

2.2 개폐기 사고 사례

개폐기류의 사고율

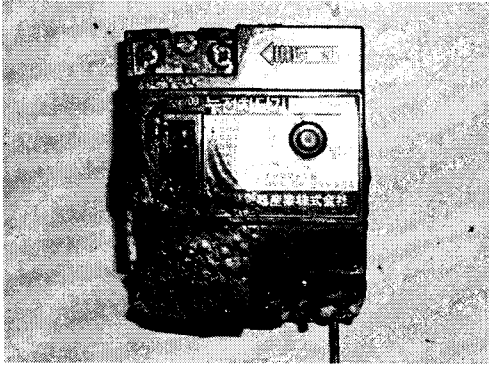
전기설비사고통계[1]에 따르면 보호장치 동작별 발생 건수를 보면, 표 2와 같이 2003, 2004년도에 발생한 보호장치들 중 가장 많이 발생한 기기는 누전차단기(ELB)로 2년 평균 33.14%, 그 다음은 배선용차단기(MCCB)로 22.75%로 나타났다. VCB나 ACB는 2년 평균 1.67%, 3.07%로 다소 낮게 나타났다. 따라서 품목들 중에서 MCCB, ELB 등에 대한 자료수집 및 고장원인 분석이 가장 중요할 것으로 사료된다.

표 1. 개폐기류의 사고율

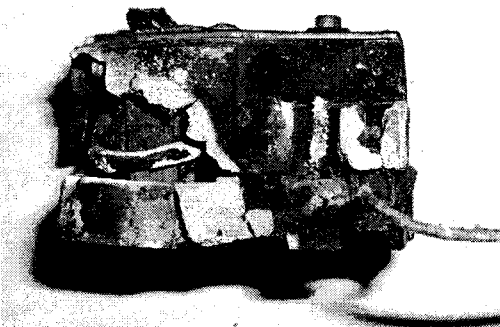
개폐기	2004년(%)	2003년(%)
ASS	4.01	5.15
LBS	0.36	0.27
PF	5.33	5.69
VCB	1.74	1.61
COS	8.86	11.36
ACB	3.62	2.52
MCCB	22.15	23.34
ELB	33.91	32.37
FUSE	2.66	2.29
EOCR	2.18	2.09
부동작	2.6	
기 타	12.57	13.29
합 계	100	100

누전차단기 사고 사례

다음 그림은 화재가 발생하여 가옥 내부가 연소된 사례로써, 연소의 중심에 설치된 분전반의 누전차단기에서 전기적인 발열흔적과 절연과괴흔적이 검출되는 사례이다. 그림 1은 단자간에 발생한 아크에 의한 절연물의 연소 일예이다.



(a)누전차단기 전면



(b)누전차단기 하단

<그림 1> 누전차단기 사고 사례

누전차단기의 부하측 단자부분에서 단자간 발생한 아크에 의해 단자가 용융 변형된 상태이고, 단자간의 절연물은 백화 연소된 상태로서 도전성을 갖는 상태이며, 부하측 단자에 접속된 2.0mm 규격의 전선에서 전기적 발열 [2]에 의한 용흔이 형성된 상태로서, 동 부하측 단자 사이의 절연물이 절연과괴(트래킹)되는 과정에서 발생한 전기적 발열 등에 의하여 발화된 것으로 볼 수 있으며, 부하측 단자간의 절연을 담당하는 절연물은 물기나 도전성 분진의 오염, 기계적 손상, 접촉 불량에 의한 열적 손상 등 다양한 절연손상 원인이 존재하여 절연과괴 될 수 있다.

배선용차단기 사고 사례

다음 그림 2는 분전반의 메인 배선용차단기 입력측 단자 및 인입선에서 전기적인 발열흔적이 검출된 사례이다. 이는 전원측 단자부분에 수분, 먼지, 도전성 분말 등이 축적되어 트래킹(Tracking)이 발생되어 절연과괴가 발생하고, 이로 인하여 주차단기의 전원측 단자부분과 외함간의 단락·용융이 발생되었을 가능성이 있다.



(a) 배선용 차단기 전면



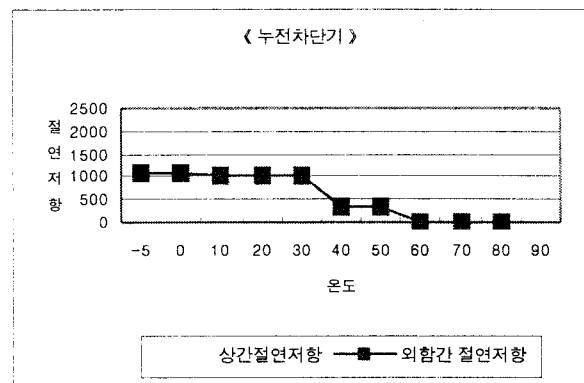
(b)차단기 입력측 단자

<그림 2> 배선용 차단기 사고 사례

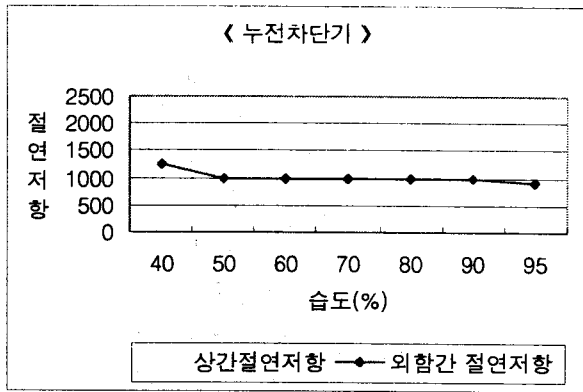
2.3 개폐기 특성 시험

누전차단기

다음 그림 3은 습도 93%에서 온도를 변화 시키면서 누전차단기의 절연저항[3]을 측정하는 것이다. 외함과 바닥 면 간에 측정된 절연저항 값은 30℃ 이상이 되면 감소하는 경향을 보여 주고 있다. 그림 4는 온도 23℃에서 습도를 변화시키면서 측정된 절연저항 값이다. 외함과 바닥 면 간의 절연저항 값은 습도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보여주고 있다.



<그림 3> 온도 변화에 따른 절연저항

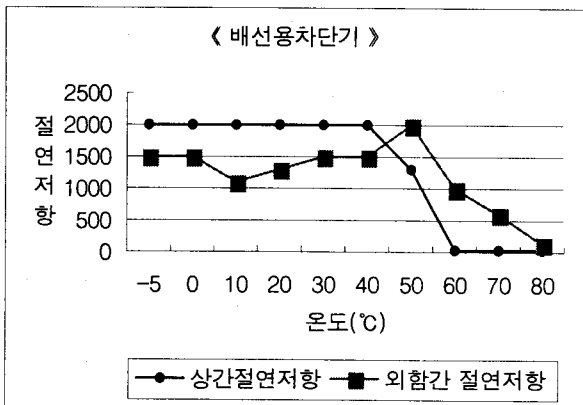


<그림 4> 습도 변화에 따른 절연저항

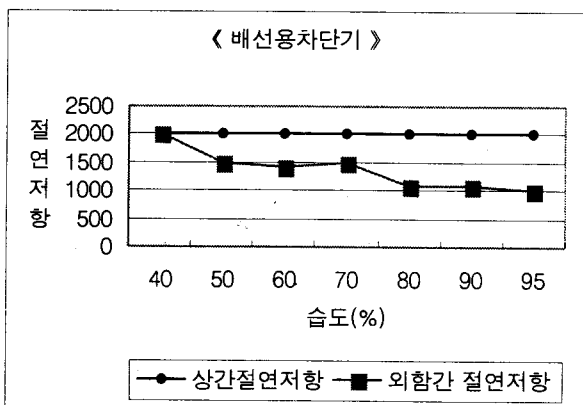
배선용 차단기

다음 그림 5는 온도를 변화 시키면서 배선용 차단기의 절연저항을 측정[3]한 것이다. 상간 및 외함과 바닥면 간에 측정된 절연저항 값은 50℃ 이상이 되면 급격히 감소하는 경향을 보여 주고 있다.

그림 6은 온도 23℃에서 습도를 변화시키면서 측정된 절연저항 값이다. 상간 측정된 절연저항 값은 습도 40%에서 95%의 측정 범위에서는 변화를 보이지 않고 있다. 반면 외함과 바닥면 간의 절연저항 값은 습도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보여주고 있다.



<그림 5> 온도 변화에 따른 절연저항



<그림 6> 온도 변화에 따른 절연저항

2.4 개폐기 안전 점검

작업준비

개폐기 점검 작업을 효율적이며 안전하게 실시하기 위해서는 세밀한 준비가 필요하다. 다음 표 2는 안전점검 작업 준비 순서의 예이다.

<표 2> 작업준비 순서

구분	내용
협의 및 주지	전기설비를 점검 전에 점검일시, 점검범위 및 내용, 인터록 관계, 책임자와 실시자의 역할 분담 등을 협의하여 문서로 배포하여 착오가 없도록 한다.
안정성 확보	점검 작업자의 감전방지, 안전 확보를 위한 표식, 계시, 기기교체 및 분해가 필요할 때의 안전 확인 방법 등을 정해둔다.
도서 준비	설비를 효율적으로 점검하기 위해서는 설비의 개요, 설치시의 상황, 수리·정비 경위 등을 알아둘 필요가 있으므로 아래의 관계도면을 갖추어 내용을 확인해 둔다. 실험결과보고서, 과거의 점검결과 보고서, 수리·정비 경과표, 유지관리기준, 점검실시 체크리스트, 사용설명서 등 시험, 측정기구, 공구, 부하설비, 보수부품 등도 점검, 장비 내용에 따라 준비한다.

점검작업

점검 작업은 사전에 협의해 둔 역할 분담에 기초해 실시한다. 점검은 점검자의 생각에 따라 실시하는 것이 아니라 정해진 유지관리 기준, 체크 리스트 등을 사용해 육안, 촉감, 청각, 후각 또는 계기측정에 의해 실시한다. 다음 표 6은 개폐기류 중 배선용차단기의 안전점검 개선 방안의 일예이다. 점검 종료 후에는 반드시 복귀시키지 않으면 재해나 정전시에 전기설비가 동작하지 않는 경우가 있으므로 스위치류의 위치를 확인하여 정상적인 대기 상태로 복귀되어 있는가를 확인해 두어야 한다.

<표 3> 안전점검 개선 방안

구분	고장 형태	개선 방안
용량	회로의 오결선이나 전원 측사고시는 보호되지 않아 정점범위가 확대 됨	선로의 차단용량 적용시는 가혹한 상태로 검사 기준 필요
점검부	내부점검 또는 외부단자 대 이상의 확인이 어려움	6개월에 1회 이상 적외선 열화상진단 점검기준 필요
간선 접속부	시공시 접속터미널을 1홀 사용하면 접속부 과열	2 HALL 이상 동관단자 터미널사용 접속 기준 필요
육외 용	흡습에의 절연저항저하 등으로 지락사고	육외 배전반 내에 히터 설치 의무화 기준 필요
설치	양서류 등의 침입에 의한 단락사고	개폐기류를 지위한 배/분전반에 설치 기준 필요

개폐기류 안전점검 절차

개폐기류의 안전점검 절차는 일상, 수시, 정기 점검으로 분류하여 점검항목을 다음 표 7에 서술하였다.

<표 4> 개폐기류 안전점검 절차 예

점검	점검 항목	주기	비고	
일상	설치환경 상태점검	누수, 결로, 기름 등을 확인	주1 회이상	활선
		이물질, 먼지 등 부착여부		
		온도, 습도상태 확인		
	상태점검	단자 부식정도		
		절연물 열화; 냄새 확인		
		접속단자 탄화 여부		
		접속볼트 풀림여부확인		
계측기 점검	배기구 오손 여부			
	지시 계기류 확인 점검			
수시	설치상태	부하전류 상간 불평형률확인	신설시 필요시 이상시	활선 및 정전
		누수, 결로, 온도, 습도, 이물질,		
	상태	단자접속 상태, 변색, 탄화		
		절연물열화에 의한 냄새		
계측기 점검	전압 및 부하전류 측정	이상시	활선	
	고조파장애 여부 확인			
정기	육안점검	일상 점검 내용	년1회	활선 정전
	동작상황	수동 조작하여 정상동작 여부		
	계측 및 시험장비	절연저항측정	년1회	정전
		계전기와 연동동작여부 확인	년1회	
		적외선 열화상 진단 시험	년2회	
	배/분전반 접지저항 값 측정	년2회	정전	

- [3] 송인회, 전기안전관리대행업무 표준 절차서, pp27-32, 2005
- [4] 김주찬 외, 고압수전설비의 고조파에 관한 대책, 한국조명전시설비학회 2004춘계학술대회, p.353-357, 2004
- [5] 김연석 외, 누전차단기의 충격과 부동작 특성과 EM C 성능 비교 분석, 한국조명전시설비학회 논문집, pp 319-323, 2003
- [6] 이상익 외, 사무용 빌딩에서 누전차단기 오동작과 전력품질 분석, 한국조명전시설비학회학술대회, pp 211-216, 2004.11

3. 결 론

수용가용 개폐기의 성능을 유지하고 사고를 미연에 방지하기 위한 효율적인 점검 기법을 개발하였다. 개폐기류의 사고는 누전차단기 및 배선용차단기의 점유율이 가장 높으며, 사고 시 전기화재로 이어지고 있다. 따라서 개폐기의 점검을 작업 준비 후 점검 작업을 하여야 하며, 안전점검 개선 방안을 제시하였다. 제시된 안전점검 개선 방안 활용을 극대화하기 위하여 적극적인 홍보활동이 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] 행정자치부, 전기화재 현황, 화재통계연보, pp3-5, 2002
- [2] 박성규 외, 접촉저항이 배선용차단기 내부 온도상승에 미치는 영향, 한국에너지공학회지, 13권 1호, pp12-19, 2004