

접속·접촉불량 사고에 의한 전기화재 방지용 보호장치에 관한 연구

최정규, 곽동걸, 이승철, 이봉섭, 박영직*
강원대학교, (주)서광이에스*

A Study on Protection Device for Electrical Fire Prevention on Joint/Contact Badness Faults

Jung Kyu Choi, Dong Kurl Kwak, Seung Chul Lee, Bong Seob Lee, Young Jic Park*
Kangwon University, SKES co.*

ABSTRACT

According to 2013 fire statistical yearbook in the National Emergency Management Agency, the main cause of an electrical fire are classified to short circuit fault, overload fault, electric leakage, partial disconnection, and joint/contact badness. The occurrence factor of fire is electric arc or spark accompanied with electrical faults. Residual Current Protective Devices(RCDs) of high sensitivity type used at single phase (220V) cut off earth leakage and overload but the RCDs can not cut off electric arc or spark to be a main cause of electrical fire. To be improved on such problem, this thesis is proposed to a auxiliary control device for RCD cut off electric arc or spark.

1. 서 론

오늘날 우리나라는 여러 분야에서 많은 발전을 이루고 있다. 그와 더불어 안전사고에 대한 인식도 높아지고 있는 추세이다. 그럼에도 불구하고 여전히 여러 안전사고가 일어나고 있으며, 그 중에서도 특히 전기화재사고는 지속적으로 일어나고 있는 안전사고이다. 이런 사고는 중·대형의 인명피해와 재산피해를 야기하기 때문에 안전과 관련한 연구자들 뿐 아니라 일반 사람들까지도 많은 관심을 가지고 있다. 또한 사람들의 삶의 질이 향상되면서 전기 사용이 증대되고 있지만, 전기에 관한 지식과 관심 부족으로 여러 사고들을 야기하고 있다. 무분별한 전기의 사용 뿐 아니라 건물에서 사용되는 자재가 노후하여 전기사고의 위험에 무방비한 상태로 방치되어 있기 때문에 이에 대한 해결책이 시급한 상황이다.

소방방재청 국가화재정보센터의 2013년도 화재현황통계에 따르면 총 화재건수 40,932건 중 부주의로 인한 화재사고가 19,012건으로 46.45%를 차지하여 가장 높게 집계되었으며, 그 다음 전기로 인한 화재사고가 10,103건, 24.68%로 집계되어 전기화재로 인한 인명피해 및 재산피해가 상당부분 차지하고 있음을 알 수 있다.^[1]

2013년 전기화재 통계분석에서 전기발화 요인별 내역을 참고하면 그림 2와 같이 단락으로 인한 화재사고가 7,578건으로 75.01%를 차지하여 가장 많이 발생하였으며 그 다음으로 과부하·과전류가 1,094건으로 10.83%, 누전·지락 415건으로 4.11% 등으로 분석되었다.^[1]

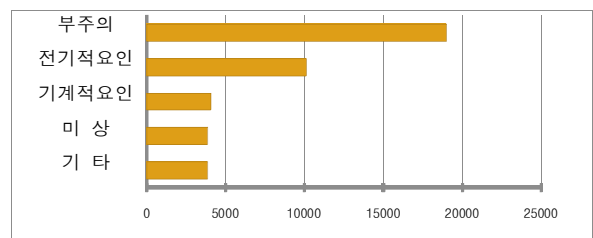


그림 1 2013년 화재통계분석

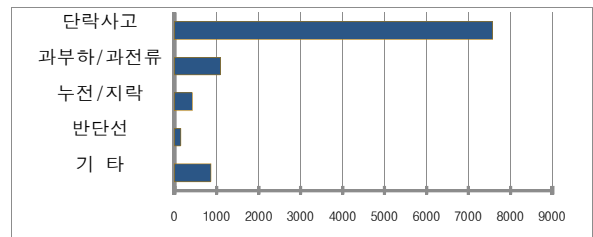


그림 2 2013년 전기화재 요인별 분석

전기화재의 주된 원인은 단락, 과부하·과전류, 누전, 그리고 접속 및 접촉불량 사고로 크게 구분할 수 있으며, 화재의 발화 형태는 주위 환경과 설비의 상태에 따라 다양하게 나타난다.^[2] 전기화재는 상기의 1차적인 원인보다는 단락사고에서 야기되는 아크(electric arc) 또는 스파크(spark)가 주변 가연물질로 확산되면서 2차적인 영향에 의한 화재가 대부분이다.^[3,4]

이에 본 논문에서는 전기화재를 야기하는 접속 및 접촉불량에 의한 아크나 스파크에 대한 누전차단기를 트립(trip)시켜 전기화재를 예방하는 보호장치를 제안하고 이론적 해석과 실험측정을 통해 그 타당성을 입증하고자 한다.

2. 아크사고에 대한 기존 RCD의 특성 분석

일반적으로 저압배전계통에 사용되는 RCD의 과전류 검출방식은 열동형, 열동전자형 및 완전자형으로 구분된다. 또한 정격감도전류는 15mA 또는 30mA로 정해져 사용되고, 내부의 고정밀 영상변류기에 의해 배선계통의 접지 및 지락사고에 대해 매우 우수한 동작특성을 가지고 있으며 또한 단락(과부하)사고에 대해서도 보호하는 기능은 우수하나, 전기화재의 위험요소인 아크나 스파크는 그 파장이 매우 짧아 실효치가 작기 때문에 기존의 RCD로는 아크나 스파크에 대한 작동이 저조한 것으로 분석되었다.

접속·접촉불량에 의한 아크와 스파크에 대한 기존 RCD의 동작 유무를 확인하기 위하여 UL 1699에서 제시하는 시험방법을 채택하여 아크사고를 모의하였으며, 아크 발생에 대한 기존 RCD의 성능 분석결과를 그림 3에 나타낸다. 분석과정과 같이 아크사고 시 차단이 안 되는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 RCD의 차단 작동시간보다 더 짧은 주기의 아크가 발생할 경우 비교적 낮은 전류의 트래킹 현상을 RCD에서 감지해내지 못한다는 의미를 가진다.

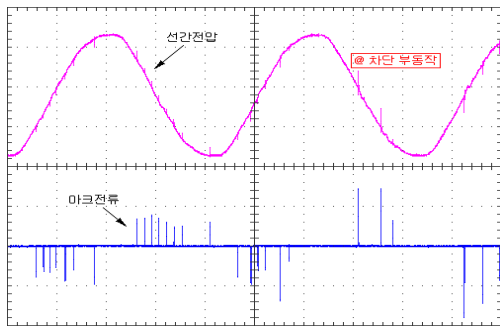


그림 3 기존 RCD의 동작특성 분석파형

3. 제안한 보호장치의 회로구성 및 특성분석

1. 보조 장치의 회로구성 및 동작원리

본 논문에서는 전기화재의 주요 요인인 접속 및 접촉불량 사고에 의한 아크나 스파크를 감지하는 보호장치를 개발하여 기존 RCD의 문제점을 개선하고자 한다. 제안한 보호장치의 회로구성은 그림 4와 같다.

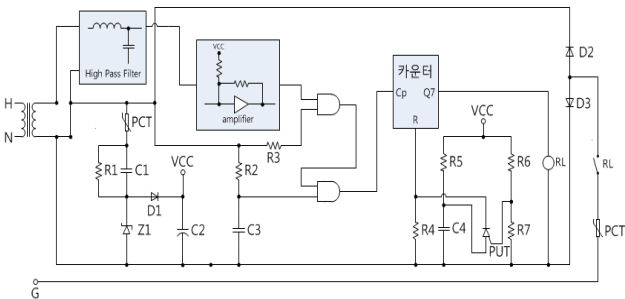


그림 4 제안한 보호장치의 회로구성

제안한 장치의 동작원리는 C1, C2를 이용한 정전압 회로를 구성하여 12V의 전압을 만들어 각 반도체 소자에 전원을 인가한다. 그리고 하이패스필터를 통하여 60Hz의 성분을 제거 후 직렬아크신호와 고주파잡음만 검출한다. 이 검출된 신호를 증폭기를 통하여 반도체 소자에서 사용할 수 있는 신호로 변경 후 논리게이트를 이용하여 연산한다. 연산 원리는 증폭기에서 나오는 신호와 H라인에서 나오는 신호를 AND 연산을 한 다음 그 신호를 C3를 통과하여 전류의 위상이 약 20° 앞서도록 하여 다시 AND 연산한다. 이 신호를 카운터의 Q7로 카운터하여 신호파형이 64개가 입력되면 출력을 내보내어 릴레이가 여자하고 H, N라인과 G라인을 연결해주어 기존의 RCD를 강제로 작동시키는 방식을 채택하였다. 또한 카운터의 리셋주기는 R5와 C4를 이용하여 약 300ms로 설정하였으며, PUT를 이용하여 리셋신호를 주기적으로 주며 카운터를 리셋하여 아크 신호의 축적을 막는다

2. 제안한 보호장치의 특성분석

접속 및 접촉불량에 의한 아크와 스파크에 대한 보호장치의 동작성을 확인하기 위하여, 기존 RCD의 동작시험과 같은 방법으로 UL 1699에서 제시한 아크발생장치와 시험방법을 이용하여 동작특성을 분석하였다. 시뮬레이터 결과는 그림 5와 같이 측정되었으며, 접속/접촉불량에 따른 지속적인 아크 발생에 대한 우수한 동작특성을 확인할 수 있었다.

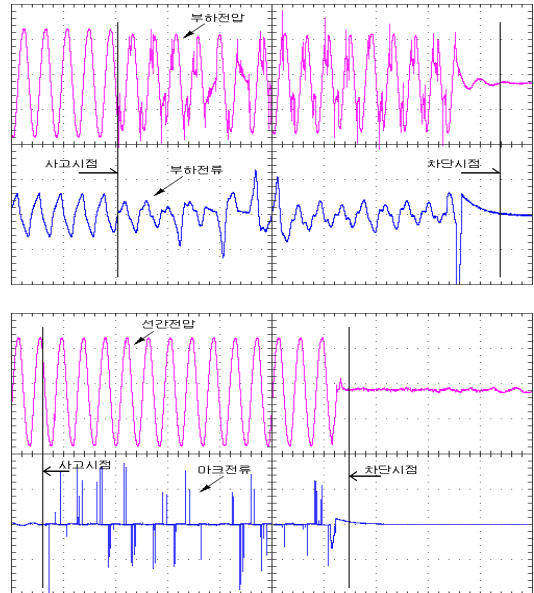


그림 5 제안한 보호장치의 동작특성 분석파형

3. 결론

본 논문에서는 저압배선계통을 이용하는 가정이나 산업현장에서 주로 발생하는 전기화재의 주요 원인인 접속 및 접촉불량 사고에 의한 아크 및 스파크를 감지하지 못하는 기존 RCD의 문제점을 해결하기 위하여, 고속 고정밀의 전기화재 보호장치를 제안하였다. 또한 접속·접촉불량 사고 시뮬레이터를 이용한 실측 특성분석을 통하여 그 성능을 입증하였다. 제안한 보호장치는 제어장치의 구조와 방식이 간단하여 소형·경량으로 설계, 제작이 가능하고, 이에 따른 제작비용 감소와 설치방법이 간단한 장점이 주어진다.

본 연구는 2013년도 중소기업청 산학연협력 기술개발 지원사업으로 수행되었음.

참고 문헌

[1] 소방방재청 국가화재정보시스템, “화재현황통계”, 2013.
 [2] R. N. Anderson, “What Came First? The Arc Bead or the Fire?”, EC&M 100, pp. 20-21, 2001.
 [3] V. Babrauskas, “Fire due to Electric Arcing : Can ‘Cause’ Beads Be Distinguished from ‘Victim’ Beads by Physical or Chemical Testing?”, Fire and Materials 2003, Interscience Communications Ltd, pp. 189-201, 2003.
 [4] 새턴정보통신 부설연구소, “부하별 아크, 스파크 사고 데이터 및 분석 보고서”, 2002.