배전선로 선로전압을 이용한 과부하 사고 예방장치 개발에 관한 연구

곽동걸, 박동훈, 박영직, 정도영, 김동균*
*강원대학교, *나누리시스템*

A Study on Development of Over-load Fault Prevention Apparatus using Distribution Line Voltage

D. K. Kwak, D. H. Park, Y. J. Park, D. Y. Jung, D. K. Kim*
*Kangwon National University, *Nanuri System co.*

ABSTRACT

Recently as the inactive response characteristics of the existing RCD(Residual Current protective Device) used on low voltage power distribution system, so control of overload and electric short circuit faults, major causes of electrical fires, are not enough. Therefore, this paper is proposed a prevention apparatus using neutral line voltage and semiconductor switching devices for the prevention of electrical disasters in low voltage power distribution system caused by overload or electric short circuit faults. The proposed prevention apparatus confirms the excellent characteristics in response velocity and accuracy in comparison with the conventional circuit breaker(RCD) through various operation performance analysis.

1. 서 론

행정안전부의 2010년도 화재통계 연보에 의하면 원인별 화재발생 상황 중 전기화재가 전체 화재의 20% 이상을 차지하고, 매년 재산피해액이 가장 높은 것으로 분석하였다. 그리고 2007년~2010년도 전기재해 통계분석에서 전기적 피해 내역을 살펴보면, 단락 31.5%, 절연열화 19.9%, 과부하・과전류 7.6%, 접촉불량 6.4%, 누전・지락 6.36%, 압착・손상 6.06%, 트래킹 3.7%, 반단선 1.64%, 층간 단락 0.85% 순으로 발생한 것으로 나타났다.[1]

더욱이 국내 소방분야는 소방전기설비의 화재감지설비와 소방기계설비의 화재진압설비에만 중점적으로 다루고 있어 전기화재를 사전에 방지하기 위한 장치개발 등 근본적 대책 강구에는 크게 미흡한 실정이다. 가정이나 산업현장 등의 저압 배전계통에 있어, 단락사고와 누전사고를 방지하기위해 배선용차단기 및 누전차단기를 사용하여 방지하도록 전기설비기술기준으로 정하고 있으며, 최근에 기준화된 "과부하겸용 누전차단기(RCD)의 설치가 대중화되어 있다. 이들 RCD는 누전과 과전류사고를 감지하여 차단하는 장점은 있으나, 직접적인 전기화재의 위험요소인 단락 및 과부하사고에 의한 아크나 스파크 현상에 대한 차단기능은 거의 없는 것으로 분석된다.[2] 이것은 분전반에 적용되는 각종 차단기 및 RCD의 경우 정격차단시간이 30ms (국내, KS C 4613)로 정해져 있어, 더욱 짧은 폭의 레벨로 주기적으로 발생하는 아크나 스파크를 감지하지 못하기 때문이다. 그리고 이들 기존 차단기들의 동작 메커니즘이 과전류트립 전자(electromagnetic)방식이나 바이메탈(bimetal) 열동방식 구조에 의해 동작되므로 그 동작 속응성과 신뢰성에 문제점을 가진다. 이러한 문제점들을 개선하기위해 본 논문에서는 배전선로 중성선의 고유저항에 의한 선로전압과 속응성이 우수한 반도체 스위칭 소자들을 이용한 고속 고정밀의 과부하 사고 예방용 보호장치를 개발하고자 한다.

2. 제안한 예방장치 회로구성 및 특성해석

RCD는 기존의 누전차단기에 과부하사고를 검출 차단하는 제어회로부를 부가한 구조로써, 누전은 물론 배전계통의 과전류사고에 대해서도 보호기능을 가지게 된다. 그러나 단락사고의 일례로써 상승된 고장전류(정격전류의 200~500%)에 대한 차단 동작속도가 평균 약 2초~15초로 나타나는 매우 지연된 응답특성을 가진다. 이것은 단락사고나 과부하사고에 의한 아크 및 스파크 전류에 대해 차단 보호범위와 응답속도가 저조한 것으로 각종 전기재해의 원인으로 된다. 더욱이 배전선로에 사용되는 RCD들은 옥내 전기공급 분전반 인입선에 설치되어 있어 복잡한 배전계통의 부하측 종단과의 내선거리가 길다. 대부분의 단락이나 과부하로 인한 전

기재해가 부하단에서 발생하는 것을 감안할 때, 차단장치와의 선로거리가 먼 경우 선로저항의 증가에 따른 차단기의 정확한 감지가 미미하여 오동작의 요인이 된다. 그림 1은 단락사고 발생에 대한 RCD의 동작성능을 분석하기위한 특성파형으로써, 아크전류(최대치 400[A])의 매우 큰 전류가 흘렀으나 RCD의 차단이 불가능하였다. 이것은 RCD의 차단동작시간(30[ms])보다 더욱 짧은 폭의 아크전류에 대해 차단이 불가능한 것을 알 수 있다.

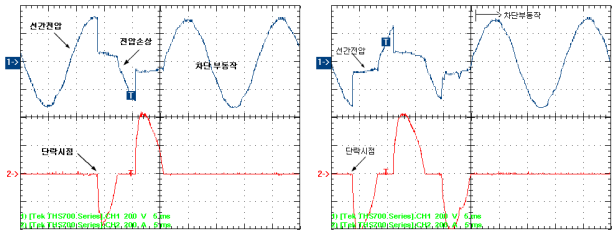

그림 1 기존 RCD의 동작성능 분석파형

그림 2는 제안한 배전선로 선로전압을 이용한 전기재해 예방장치를 나타내며, 그림 3은 예방장치의 설치 결선도를 보인다.

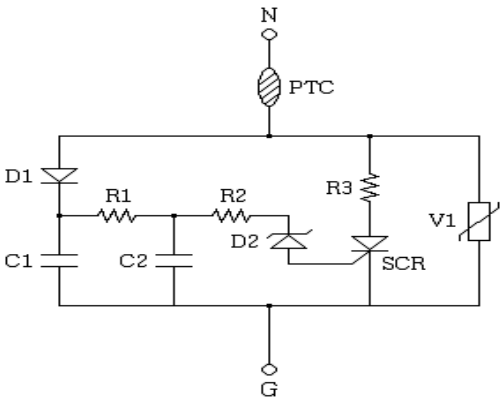

그림 2 제안한 전기재해 예방장치 회로도

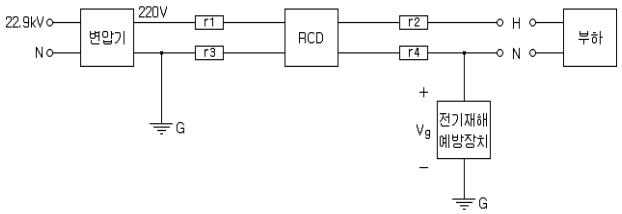

그림 3 제안한 예방장치의 설치 결선도

제안한 전기재해 예방장치는 중성선과 접지간에 설치되고, 과열방지를 위한 PTC서미스터, 서지전류 흡수용 바리스터 V1, 사고전압 감지용 제너다이오드 D2, 누설전류 발생을 위한 단락용 스위칭 소자 SCR 그리고 스위칭 제어용 소자 등으로 구성된다. 또한 다이오드 D1은 통상 절연측정기(메가)를 사용할 경우 설치된 예방장치로 인한 절연측정기의 오동작 분석을 방지하기 위해 사용된다.

제안한 예방장치의 동작원리를 살펴보면, 정상상태에서는 중성선의 선로저항에 의한 선로전압값(약 30V 이하)이 낮으므로 제안한 예방장치는 아무런 동작없이 계통에는 정상상태가 유지된다. 그러나 과부하 및 단락사고가 발생하여 중성선의 선로전압이 제너다이오드의 제너전압(30V 이상) 이상이 되면 제너다이오드의 도통에 의한 스위칭 소자 SCR이 턴-온 된다. 그 결과 중성선과 접지간에는 단락회로가 형성되고 큰 값의 접지전류가 흐르게 되어 기 설치된 RCD를 차단동작시켜 계통을 보호하는 일련의 동작원리를 가진다. 즉, 전기재해 발생시 누설 접지전류를 인위적으로 발생시켜 RCD로 하여금 누전으로 인식하도록 하여 차단동작을 수행하는 알고리즘을 가지는 것이다. 여기서 PTC서미스터는 지속적인 누설전류 발생으로 인한 예방장치의 소손을 방지하기 위한 목적으로 사용된다.

그림 4는 제안한 예방장치의 동작성능을 분석하기 위한 선간전압과 접지전류에 대한 동작특성 파형을 나타낸다. 단락사고 시뮬레이터에 의해 사고전류가 검출되어 반도체 스위칭소자 SCR을 통해 강제적인 단락 접지전류를 발생시켜, 제안한 예방장치는 고속, 고정밀의 동작에 의해 약 20ms의 차단동작시간으로 기존 RCD를 차단시켰다.

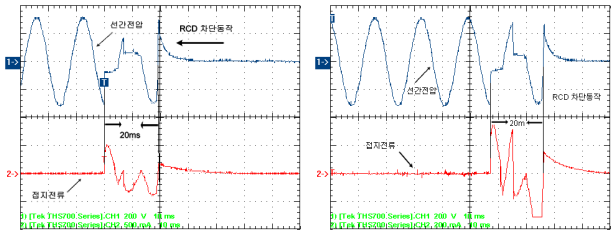

그림 4 제안한 예방장치의 동작성능 분석파형

3. 결 론

본 논문에서는 전기화재의 주요원인이 되는 단락 및 과부하사고 등에 의한 기존 차단기로는 차단이 불가능한 문제점을 해결하기위한 신개념의 전기재해 예방장치를 제안하였다. 제안한 예방장치는 중성선의 고유저항에 의한 선로전압을 이용한 제어 알고리즘으로 설계되어, 제어장치의 구조와 제어방식이 간단하여 소형·경량으로 설계제작이 가능하였고 사고에 대한 속응성과 신뢰성이 우수하였다.

참 고 문 헌

[1] 행정안전부, “2010년도 화재통계연보”, 2011.
[2] 곽동걸, “반도체 스위칭소자를 이용한 고속 고정밀의 전기화재 방재장치”, 전력전자학회논문지, Vol. 14, No. 5, 2009.