

방향성 판단기능 부가된 아크 고장검출차단기의 오동작 제거

이희철, 강창원, 신봉일, 김영노
(주) 피에스디테크

Eliminating unwanted operation of Arc Fault Circuit Interrupter with the directivity judgement function

Hee Chul Lee, Chang Won Kang, Bong Il Shin, Young Noh Kim
PSDTECH.,Inc.

Abstract - 아크 고장검출차단기(Air Fault Circuit Interrupter)는 전기배선에 있어서 노화, 절연과피등 아크를 검출하여 전기화재를 미연에 방지해준다. 반면 여러가지 아크성 신호가 혼재되어 있어 유사 아크로 인해 유해 아크만을 검출하지 못하여 오동작하게 된다. 따라서 아크전류를 검출하기 위해서는 아크전류와 혼동되는 많은 신호들을 분석할 필요가 있으며, 이러한 전기 기기에서 발생하는 노이즈와 전기 도선에서 발생한 아크 전류를 분류하여 전기 도선에서 발생하는 유해 아크 전류만을 검출하여 차단하도록 설계하였다.

1. 서 론

최근 생활수준의 향상으로 가전기기의 대형화를 비롯한 다양한 부하의 증가로 인해 최근 전체 화재 발생건수 가운데 전기화재에 의한 발생이 커지고 있는 실정이다. 전기화재 중 가장 큰 원인은 단락사고와 접속·접촉 불량으로 인한 사고가 가장 크며 이러한 사고에 대응하기 위하여 각 중 차단기 설치를 통하여 억제하려고 하고 있으나 미흡한 실정이다. 최근 미국내에서는 이러한 화재를 억제하기 위한 방법으로 AFCI(Arc Fault Circuit Interrupter)라는 차단기 형태를 사용하여 단락시 발생하는 Arc를 검출하여 전기계통을 차단해주는 기능이 추가된 차단기를 사용하고 있으나 이 또한 주변 환경과 부하의 특성에 따른 오동작의 문제점을 가지고 있는 상태이다.

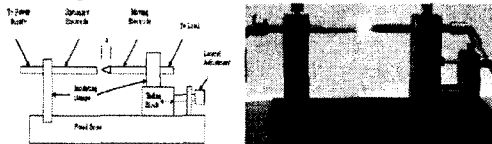
본 논문에서는 이러한 아크 검출 회로에서 보호 범위의 방향성을 두어 오동작의 요인을 제거하기 위한 방법을 제시하였다. 보호범위의 방향성을 측정하기 위해 아크 결합 검출 장치에 슬더 판별용 기준전류를 생성하는 회로를 구성하여 아크 발생 시 전류에서 발생하는 슬더 쪽의 변화로 아크파형을 검출하며, 아크 발생시의 고주파에 있어 전기기기에 의한 고주파가 발생하지 않는 0점과 교차하는 부분의 고주파만 검출함으로써, 전기기기에서의 오동작 신호를 아크 신호로 오인하는 아크 결합 검출의 오동작 요소를 제거한다. 또한 아크의 위치신호 구분을 통하여 방향성을 판별되므로써 유해한 아크만을 차단하여 오동작을 제거한 아크 검출 차단장치를 제작하여 빠르고 정확하게 아크를 검출하므로써 아크로부터 배전시스템을 보호하는 한편, 전기화재의 발생률을 낮추고, 화재로 인한 인명 및 재산 손실을 보호한다.

2. 본 론

2.1 구성 장비

아크발생과 검출을 위해 UL1699 기준의 아크발생기와 부하를 제작하여 여러 부하들의 아크발생특성 검출을 통해 아크검출차단기 제작을 한다.

2.1.1 아크발생기

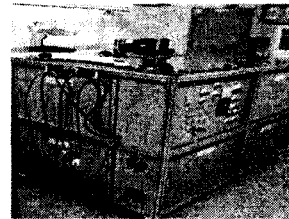


〈그림 1〉 아크 발생기

- ① 아크발생기는 정지전극과 이동전극으로 구성되어 있다.
- ② 정지전극은 구리로 구성되어 있고 이동전극은 약 5mm 정도의 구리로 되어 있다.
- ③ 두 전극을 붙여서 회로가 연결되게 한 다음에 조정 나사를 돌려서 아크가 일어날 때까지 서로 천천히 떨어트려 아크를 발생시킨다.
- ④ 양전극은 탄소봉 사용을 권장하지만 탄소봉을 사용하지 못할 경우 탄소가 구성된 소재인 흑연, 심등 사용도 허용한다.
- ⑤ 실험 시 아크로 인한 강한 빛과 열이 발생하기 때문에 보호장비가 필요하다.

2.1.2 부하

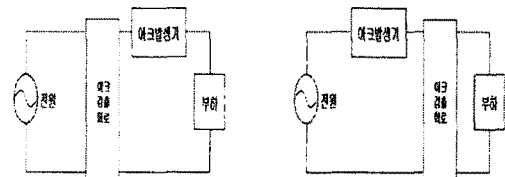
- ① 저항: 5, 10, 15, 22.5A용 저항
- ② 백열등: 125W용 8개 장착 (1000W)
- ③ Dimmer: 125W용 8개 장착 (1000W)
- ④ SMPS: 3A



〈그림 2〉 부하

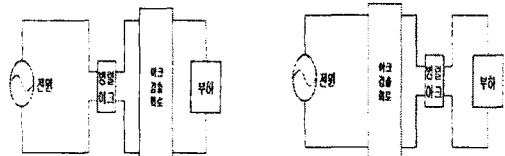
2.2 아크 신호의 방향성

방향성 판단부는 아크가 발생한 경우 그 위치가 전원측(1차측, 전단아크)인지 부하측(2차측, 후단아크)인지를 판별하는 기능을 한다. 일반적으로 아크는 발생 위치에 따라 전력을 공급하는 전원(소스)측, 즉 1차측에서 발생하는 전단아크와 에어컨, 냉장고 등의 각종 전기기기를 포함하는 부하측, 즉 2차측에서 발생하는 후단아크로 나누어볼 수 있는데, 실제 사용에 화재의 가능성이 높아 전원차단의 필요성이 있는 것은 부하측에서 발생하는 후단아크이다. 따라서, 아크 발생시 그 위치, 즉 방향을 정확하게 검출하여 후단아크만을 차단한다. 아래와 같은 구성으로 아크검출차단기를 설치하여 전원측, 그림(a)와 같은 경우 아크발생기에서 발생된 아크라 할지라도 아크 검출 차단기는 작동을 하지 않아야 하며 그림(b)의 경우는 아크 발생시 차단이 되어야 한다.



a) 직렬 전단아크(1차측)시험구성

b) 직렬 후단아크(2차측)시험구성



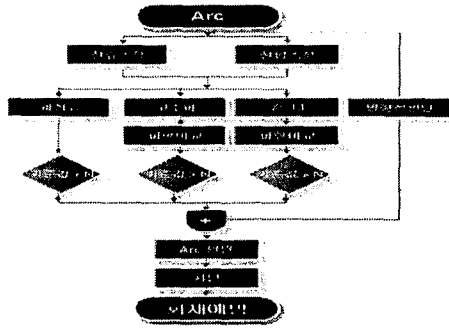
c) 병렬 전단아크(1차측)시험구성

d) 병렬 후단아크(2차측)시험구성

〈그림 3〉 직/병렬 전원측 및 부하측 시험을 통한 방향성 검출구성

2.3 아크 검출 차단기 회로 구성 블록도

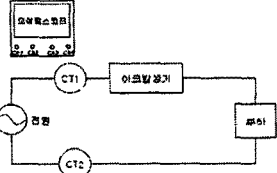
아크검출차단기는 전류파형에서 발생하는 슬더폭의 변화로 아크 발생여부를 판단하는 슬더 검출부와 고주파를 추출하여 전기기기로 인한 아크발생 여부를 판단하는 고주파검출부로 이루어졌으며 방향성 판단부를 추가한 아크검출차단기의 회로 구성 블록도를 다음과 같이 나타냈다.



2.4 아크 파형특성

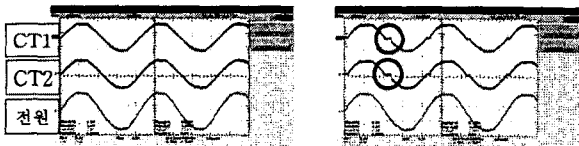
2.4.1 직렬아크 파형특성

아크 파형의 특성을 해석하기 위하여 다음과 같은 회로를 구성으로 직렬아크 파형 검출을 하였다. 오실로스코프에서의 Ch1은 CT1, Ch2는 CT2, Ch3는 전원의 파형 특성을 검출한다. 전원은 일반 단상용 220V/60Hz를 썼으며 전류는 각각의 부하마다 다르다. 아크는 UL1699에서 나와 있는 아크 발생 장치를 이용하여 모의 아크를 발생하였다. 직렬아크의 경우 보다 낮은 전류와 부하차체에 의하여 야기된 비정상적인 파형을 볼 수 있다. 아크가 부하와 직렬인 경우에 아크를 검출하려면 변화와 아울러 특성 자체를 살펴보는 것이 필요하다. 가장 쉬운 것은 정상전류와 아크전류사이의 변화를 검출하는 것이나 아크의 존재는 반 사이클에서 다음 반 사이클에 변화를 도입하고 이러한 변화는 또한 정상적인 전류와 비교하지 않고도 아크발생을 구별할 수 있도록 한다. 일부 부하는 아크 파형 특성과 유사해 보이는 특성을 갖는다. 직렬아크가 있는 부하 전류의 파형은 정상적인 전류파형과 다르지만 그 차이를 쉽게 볼 수 없다.



<그림 4> CT를 이용한 직렬 아크 검출구성

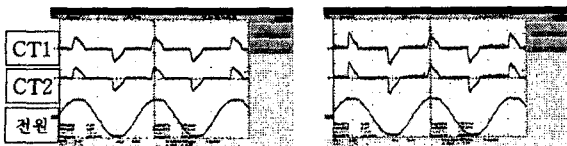
다음 <그림 5>는 선형부하로 이용한 정상일때와 유해한 아크가 유입되었을 때의 파형이다.



a) 선형부하 정상 b) 선형부하 아크시

<그림 5> 선형부하 정상파형 과 직렬아크파형

위 그림의 아크파형에서 비교할 수 있듯이 Ch3의 전원에서의 파형특성 변화를 찾아볼 수 없으나 CT1과 CT2에서 검출된 파형에서는 0상의 부분에서 "숄더(Shoulder)"라는 파형특성이 보였다. "숄더(Shoulder)"는 각 반 사이클에서 아크전류는 정상전류가 영(0)이 되기 전에 중단되고 정상전류가 영(0)이 된 후에는 재점화 되어 각 반 사이클에서 거의 평탄한 영(0) 전류 구간을 형성한다.



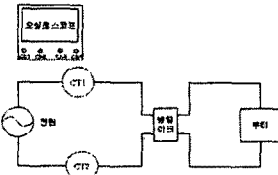
a) 비선형부하 정상 b) 비선형부하 아크시

<그림 6> 비선형부하 정상파형 과 직렬아크파형

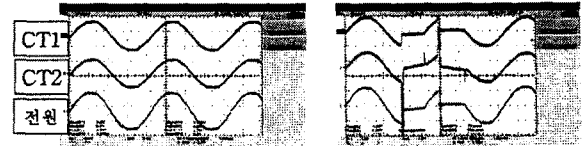
위 그림은 SMPS나 조광기(Dimmer)와 같은 비선형부하들은 선형에서 볼 수 없는 아크의 특성파형과 유사한 "숄더(Shoulder)"부분이 발생하는 특이한 파형을 보이게 되므로 비선형부하와 같은 경우에 아크발생을 확실히 구별되는 부하보다 분석이 요구 된다.

2.4.2 병렬아크 파형특성

병렬아크의 특성을 해석하기 위하여 두선사이에서 선간에 발생되는 아크 파형특성에 대해 시험하였다. 병렬아크의 경우 직렬아크보다 높은 주파수 채터(Chatter)와 이상적인 것보다 가파른 상승률이 존재한다.



<그림 7> CT를 이용한 병렬 아크 검출구성



a) 선형부하 정상 b) 선형부하 아크시

<그림 8> 선형부하 정상파형 과 병렬아크파형



a) 비선형부하 정상 b) 비선형부하 아크시

<그림 9> 비선형부하 정상파형 과 병렬아크파형

직렬아크에서 볼 수 없었던 전원측의 파형이 이상파형을 가짐을 볼 수 있다. 아크 이전의 정상적 전류흐름이 없다. 또한 높은 주파수의 채터(Chatter)를 볼 수 있음이 확인되었다. 전류파형이 정현파로 나타나지 않고 위상이 변화하는 지점에서 왜곡되고, 전류가 왜곡됨에 따라 전압파형 또한 왜곡되는 것을 볼 수 있다. 즉, 전류의 0점 근처의 파형을 정현파로 이루어진 정상 전류 파형과 비교하여 보면, 아크가 발생한 전류파형의 0점은 정상 전류 파형 0점보다 먼저 도달하여, 정상전류보다 늦게 재점화 된다. 이 과정에서 파형이 왜곡되며 왜곡 영역 "숄더(Shoulder)"가 생긴다.

병렬아크의 전압파형은 왜곡의 정도가 심하지만 직렬아크의 전압파형은 상대적으로 정현파에 가까운 형상으로 거의 변화가 없다. 위와 같이 발생하는 아크의 출력 파형은 부하에 따른 조광기(Dimmer), 전원공급장치(SMPS: Switched Mode Power Supplied) 등의 기기의 사용으로 인한 신호와 그 유형이 유사하기 때문에, 기존의 아크 차단기 경우 유해한 아크가 아닌 전기 기기의 사용으로 인한 신호를 아크신호로 오인하여 오동작을 일으키게 된다.

3. 결 론

본 연구에서 전기로 인해 발생하는 화재 중 아크로 인한 화재의 발생률이 높다는 것을 알 수 있었으며 전기 아크의 의하여 발생된 사고의 대하여 미연에 방지할 수 있는 아크검출차단장치의 필요성이 부각된다. 실험을 통하여 아크로 발생하는 화재의 원인을 조기에 검출하여 제어할 수 있는 기기인 아크검출차단장치의 기능을 정확히 행할 수 있는 가를 확인하였으며, 특히 기존의 아크 검출함에 있어서 아크신호로 오인되는 요소들과 외부 유입된 아크신호에 대한 아크 검출 차단기의 중요 오동작을 개선함에 따라 한층 더 동작을 원활하게 하는 아크 검출 차단장치를 개발하였다.

[참 고 문 헌]

[1] 미국 규정, "National Electric Code(NeC)210.12," 550.25, 1999
 [2] George D. Gregory and Gary W. Scott, "The Arc-Fault Circuit Interrupter, an Emerging Product", IEEE Trans. Ind. Applicant., Vol. 34, pp. 928-933, 1998
 [3] UL 1699, "Arc Fault Circuit Interrupter", Underwriter Laboratory Inc., Dec.2000