

아크고장 검출기술의 개발

임용배^{1*}, 전정채¹, 박찬업¹, 배석명¹
¹한국전기안전공사 전기안전연구원

Development of Arc-Fault Detection Technique

Lim, Young-Bae¹, Jeon, Jeong-Chay¹, Park, Chan-Eom¹ and Bae, Seok-Myeong¹

¹Electrical Safety Research Institute KESCO

요약 2007년도에 9,128건의 화재가 전기적인 원인에 의해서 발생되었고, 이들 화재에 의해 사망 29명과 부상 262명의 인명피해가 있었다. 아크고장은 전기화재의 주요 원인의 하나로, 일반적으로 높은 열을 발생시키며 쉽게 주변의 인화성물질을 점화시킨다. 그러나 기존의 차단기는 과전류, 단락전류, 누설전류에 대해서만 동작하기 때문에, 이에 대해서는 현재 특별한 보호책이 없는 실정이다. 본 논문은 직렬아크 고장전류에 의한 전선의 발화특성에 대한 실험에서 얻어진 결과를 통해 UL에서 제안하고 있는 기준이 국내의 현실에 적절하지 않음을 제시하였고, 이 결과를 기초로 개발된 기술의 동작특성 실험을 실시하여 아크고장회로를 보호할 수 있는지에 대한 신뢰성을 확인하였다. 모의실험을 통한 동작특성 분석결과, 개발된 아크고장 검출 기술을 적용하면 전기화재의 주요원인인 아크고장에 의한 화재를 현저히 저감시킬 수 있을 것으로 판단된다.

Abstract In 2007, 9,128 fires were actually caused by electrical faults and these fires resulted in 29 deaths and 262 injuries. Arc-faults were one of the major causes of these fires. When an unintended arc-fault occurs, it generates intense heat that can easily ignite surrounding combustibles. But, because conventional circuit breakers only respond to overloads, short circuits, and leakage currents, the breakers do not protect against arcing conditions. This paper presents results obtained in experiments on ignition behavior of wire by series arc fault currents and techniques developed to detect the arc-faults. The developed technique was tested after installation to make sure that they are working properly and protecting the circuit. If the developed arc fault detection technique is applied, the electrical fires caused by an arc-fault can be reduced.

Key Words : Series Arc, Electrical Fire, Arc Detection Algorithm

1. 서론

현재 주택으로 인입되어 분기되는 전원의 각 회로에는 과부하 및 단락전류를 검출하여 차단시키는 배선용차단기와 영상전류를 검출하여 누전에 의한 화재 및 감전을 예방하는 누전차단기가 설치되어 있다.

이들의 보호기능이 적절하게 제공되면 전기재해의 예방에 대한 기본적인 조건을 갖추었다고 상정했었다. 그러나 2007년도 화재통계자료에 따르면 9,128건의 전기화재가 발생되었고, 실제로 과거 10년간 국내는 전체화재의 발생 건수 중 30% 이상을 전기화재가 점유하고 있었다. 이는 기존의 보호체계의 범위를 벗어나는 전기적 고장이

존재하기 때문이다. 그중 대표적인 것이 아크고장에 의한 낮은 고장전류에서의 전기화재 발생이다. 따라서 이에 대한 충분한 대책을 수립하여야 전기화재를 저감시킬 수 있을 것이다.

전기설비에서의 전기적인 고장은 과도한 기계적인 스트레스나 열악한 운전 환경, 제조시공 불량, 경년 열화, 관리 소홀 등의 여러 요인들에 의해 발생되며, 전기화재나 감전사고와 같은 재해로 진전될 수 있다[1].

이와 같은 전기재해의 예방을 위해 일반용전기설비는 전기사업법 제66조 및 동법 시행규칙 제35조에 근거하여, 법정주기에 따라 절연저항, 인입구배선, 옥내배선, 누전차단기, 개폐기, 접지저항 등의 항목에 대한 정기점검

본 논문은 지식경제부 전력산업기반기금으로 수행되었음.

*교신저자 : 임용배(electrotree@gmail.com)

접수일 09년 06월 22일

수정일 (1차 09년 08월 12일, 2차 09년 08월 17일)

게재확정일 09년 08월 19일

을 실시하고 있다[1].

그러나 이런 정기점검에 의해 확인되지 않는 전로의 불완전한 접속에 대한 고장이 존재할 수 있으며, 접속저항 증가에 의한 줄열(Joule's heat)이나 아크를 통해 출화되기도 하고, 절연체를 손상시켜 단락이나 지락과 같은 고장모드로 전이되기도 한다.

결과적으로 법에 규정된 정기점검을 철저히 실시함에도 불구하고 이런 확인되지 않은 잠재된 고장이 존재하기 때문에, 누전차단기와 배선용차단기에 의해 충분히 보호되고 있다고 추정되었던 수용가에서도 전기화재가 발생하게 되었다. 전기화재의 점유율이 낮았던 2007년도에만 해도 전체화재의 19.1%의 전기화재가 발생하였다.[2] 이는 기존의 보호체계의 범위를 벗어나는 전기적 고장이 존재하고 있음을 시사하는 것이다.

따라서 본 논문에서는 직렬아크 고장전류에 따른 전선의 발화특성 실험을 통해 직렬아크고장에 대한 출화의 가능성을 확인하였다.

특히 UL 1699에서 규정하고 있는 5A이상의 직렬아크 고장 전류의 동작 규정보다 작은 3A에서도 전선의 출화가능성을 확인하였고, 이 결과를 토대로 아크고장 검출보드를 개발하였으며, 아크고장 전류에 대한 동작시험을 실시하여 3A의 아크고장 전류에 대한 검출의 신뢰성을 확인하였다. 또한 다양한 아크고장과 유사한 전류 파형을 갖는 실부하에 대하여 오동작 시험을 실시하여 안정된 검출 특성을 확인하였다.

2. 본론

2.1 전기화재 원인 분석

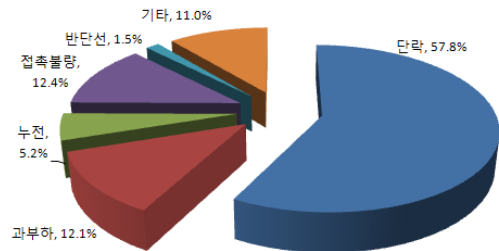
대부분의 전기화재는 전류와 상관관계를 갖는다. 일반적으로 전로에 쓰이고 있는 도체의 고유 저항은 대단히 작기 때문에 일반적인 사용 조건에서는 전로로부터의 발열량이 매우 적어 출화될 만큼 온도가 극도로 상승하지는 않는다.

그러나 전선의 허용전류보다 큰 전류를 통전시키거나, 발생한 줄열의 발산이 저하된 경우, 또는 배선 접속부의 접촉저항이 증가된 경우 등에는 줄열에 의한 온도 상승이 현저하여 출화 요인이 될 수 있다. 뿐만 아니라 설계된 전로 이외의 경로로 전류가 흘러 그 경로의 금속접합부 및 유기절연체에 형성된 탄화경로에서 발생하는 줄열도 역시 출화의 요인이 된다.

2007년에 발생한 47,882건의 화재 중 전기에 의한 것이 10,560건으로 22.1%를 점유하고 있다. 그중에서 차량,

선박, 항공기에서 발생한 전기화재를 제외하면, 9,128건으로 19.1%를 점하고 있으며, 29명의 사망자와 262명의 부상자가 발생하였고, 재산피해액은 59,788백만원이 발생하였다. 이러한 전기화재의 주요 원인은 그림 1과 같이 57.8%가 단락에 의해서 발생되고 있다[2].

그림 1에 명시된 바와 같이 전기화재 원인의 상당부분을 차지하는 단락이나 과부하, 누전에 의한 전기화재를 예방하기 위해 배선용차단기와 누전차단기가 설치되고 있으며, 거의 모든 전기설비의 보호체계에 포함되어 있음에도 불구하고 여전히 발생되고 있는 것으로 미루어 볼 때, 아크고장 등의 주요 화재 원인을 효과적으로 검출하여 화재발생을 사전에 예방할 수 있는 보호체계를 갖추지 못했기 때문에 발생하는 것으로 추정할 수 있다.



[그림 1] 전기화재 원인(2007년도)[2]

아크고장은 직렬, 선간, 선과 대지 간 등의 세 종류로 분류할 수 있다. 직렬아크는 단일 선로에서 발생되므로 아크고장 전류는 전로에 연계된 부하전류보다 클 수 없다. 반면 병렬 아크는 단락회로이며, 계통과 고장 자체의 임피던스에 의해서만 제한될 수 있다. 선과 대지 사이에서 발생하는 아크는 접지 경로가 존재할 때만 발생할 수 있으며, 접지된 도체나 외함을 가질 때는 다른 종류의 아크고장도 접지 고장을 포함하는 경우가 많다[3,4].

그러나 접지와 아크는 누전차단기에 의해 보호가 가능하기 때문에, 배선에서의 아크고장은 보통 직렬과 병렬로 크게 구분할 수 있다[5]. 이 분류는 부하에 대한 고장의 상대적인 위치를 기준으로 한 것으로, 직렬고장은 부하에 대하여 직렬이고, 그 고장의 임피던스에 부하 임피던스가 더해져 고장전류가 결정된다. 그 고장 전류는 정상적인 부하전류와 같거나 작다. 반대로 병렬고장은 부하와 병렬관계에 있다.

현재 옥내배선에서 발생하는 단락사고는 배선용차단기에 의해 보호되는 체계를 갖는다. 그러나 단락이 모두 배선용차단기에 의해 보호되는 것은 아니다. 전로를 통해 흐르는 전류에 의한 줄열에 의해 발생하는 절연체의 열적 손상으로부터 배선을 보호하기 위한 것이지, 아크의

영향으로부터 회로를 보호하기 위한 것은 아니기 때문이 대[5].

이는 병렬아크고장에 의해 완전한 단락이 형성되기까지 고저항 회로가 유지되는 경우가 많기 때문에 동작범위 밖의 영역에서 아크고장이 발생할 수 있다.

아크고장에 의한 전류-시간 동작특성은 고장의 위치로부터 전원측의 배선용차단기에 의해 검출되지 않기 때문에 출화의 위험이 있는 아크가 지속적으로 유지됨으로써 단락에 의한 전기화재가 발생되고 있다. 또한 불완전한 전기적 접속에 의해 직렬아크가 발생될 경우 아크 불꽃이나 열 등에 의해 절연체가 손상됨으로써도 단락으로 진전될 수도 있으며, 이 또한 중요한 전기화재의 메커니즘이다.

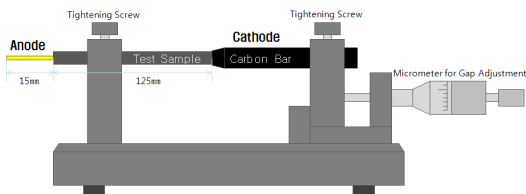
그러나 아크의 도전율은 계속 변화되므로 전기적 환경이 불안정하기 때문에, 전기화재의 위험 인자임에도 불구하고 기존의 방법으로는 보호에 한계가 있었다.

2.2 직렬아크고장에 대한 발화특성 분석

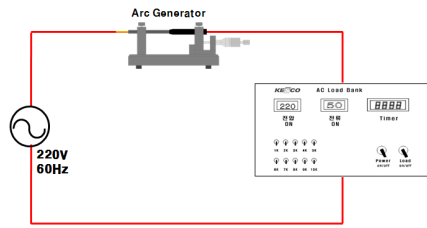
직렬아크고장에 의해 화재가 발생할 수 있는 전류의 크기를 확인하기 위해, 현재 옥내배선에서 가장 많이 사용하고 있는 2.0mm², 2.5mm²의 HIV전선(내열비닐절연전선; Heat Resistant wire)과 비교를 위해 5.5mm²의 IV전선에 그림 2(a)의 부하공급기를 이용하여 각각 1~5A의 전류를 1A 간격으로 그림 2(b)의 아크발생장치를 이용하여 그림 2(c)와 같이 시험설비를 구성하고, 직렬아크 고장전류에 대한 전선의 출화 특성을 확인하였다. 모의실험에 사용된 부하는 고조파 왜곡이 없는 저항성 부하인 히터의 조합으로 제작되었다.



(a) 부하공급기

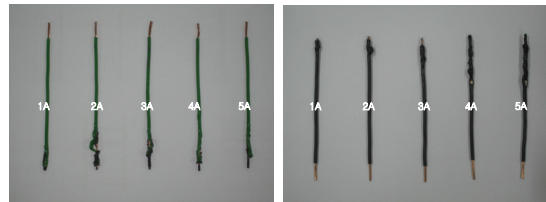


(b) 아크발생장치



(c) 모의시험설비 구성도

[그림 2] 적용된 모의 직렬아크고장 발생장치의 구성



(a) 2.0mm² HIV

(b) 2.5mm² HIV



(c) 5.5mm² IV

(d) 모의실험 사진

[그림 3] 직렬아크고장전류에 따른 모의 발화실험

그림 3의 (a)~(c)는 각 전선에 대하여 실시된 모의실험의 결과로써, 1~5A의 직렬아크고장 전류에 대하여 시험 후 소손된 전선의 상태를 나타낸 것이다. 그림 3(d)는 2.0mm²의 HIV전선에 대한 5A 아크고장 전류에서의 모의실험 사진이다. 허용온도가 75℃인 HIV(그림 3 a, b)와 60℃인 IV(그림 3 c)에 대한 직렬아크고장 전류값에 따른 출화 시험에서, 절연재료의 허용온도에 비해 아크에 의해 형성되는 온도가 현저히 높기 때문에 출화 전류값은 모두 3A로 차이가 없었으며, 허용전류가 각기 다른 전선을 비교한 경우에도 도체의 단면적과 관계 없이 3A의 직렬아크고장에서 출화되었다.

직렬아크고장의 경우 배선용차단기의 정격전류 범위 내에서 대부분 발생하기 때문에 아크고장에 의한 피해가 크지 않을 것으로 인식되어 왔다. 그러나 그림 3의 모의 실험 결과 HIV 2.0mm²와 HIV 2.5mm², IV 5.5mm²의 전선 모두가 3A에서 발화하였다.

그러나 최초 아크발생 시점으로부터 출화되기까지의 시간은 아크고장전류에 따라 다르게 나타났다. 또한 전선 도체의 단면적에 따라 발화에 이르기까지의 시간도 차이

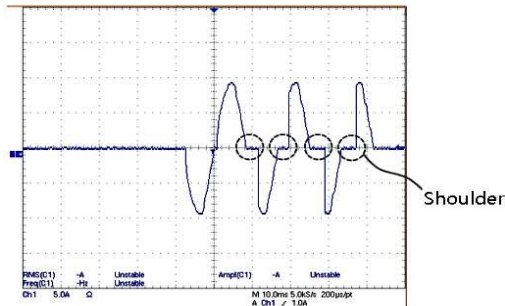
가 있었다. 검토된 전선의 경우, 5A이하의 전류에서는 발화까지 10초 이내에 출화되었고, 3A에서는 출화되기까지 10초 이상의 시간이 요구되었다.

본 실험에서는 아크를 일정하게 지속적으로 유지시키는 것이 용이하지 않아, 아크고장 지속 시간에 따른 출화 특성에 대한 정량적 값은 확정하지 못하였다. 특히 전류가 낮을수록 일정하게 아크발생을 유지시키기가 어려워 아크발생 지속 시간을 정밀하게 측정할 수 없었다. 또한 정량적인 아크발생 시간이 확보된다고 할지라도 아크발생의 연속성에 대한 문제도 있기 때문에 아크지속시간에 대한 출화특성을 분석하기 위해서는 아크발생 장치에 대한 좀 더 면밀한 검토가 요구된다.

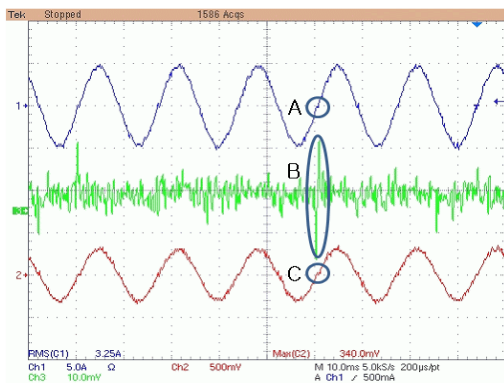
2.3 연구개발 결과

2.3.1 아크고장 검출기술의 개발

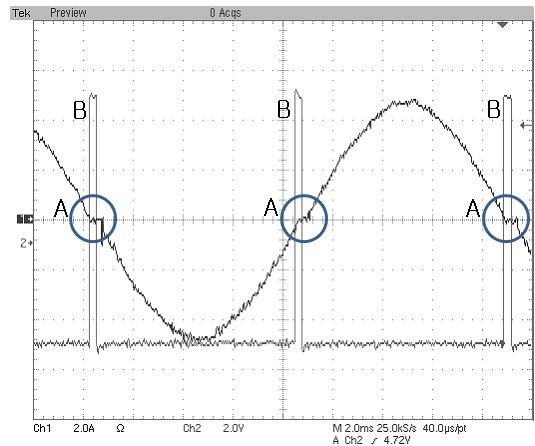
아크고장 전류의 전형적인 특징은 그림 4와 같이 전류에 숄더(shoulder)가 나타나고, 고주파 잡음이 발생하며, 아크에 의한 전압 때문에, 전압 차에 대한 보상 기능이 없는 회로에서의 아크전류는 동일 회로일 경우 정상상태의 전류보다 낮게 된다[5].



[그림 4] 아크고장전류의 전형적인 파형



(a) 아크신호 검출 파형 비교



(b) 검파 후 파형

[그림 5] 아크고장 상태 검출 신호

아크전류의 상승비율은 정상전류에 대한 상승률보다 일반적으로 크고, 각각의 반주기에서 제로크로싱(zero-crossing) 시 대부분 소멸되며, 제로크로싱을 지난 후에는 다시 나타나게 된다. 이렇게 제로크로싱 부분에서 나타나는 특징적 파형이 숄더이다. 일반적으로 전압의 파형은 그 형태가 방형파에 가까우며, 산발적으로 정상전류 사이에서 순간적으로 높게 나타나는 경우가 많다[4].

기존의 아크고장 검출기술은 변류기를 통해 부하전류의 파형을 검출하고, 검출된 부하전류에서 아크 전류 및 전압의 특징적인 파형으로부터 특정 패턴을 검출하여 아크결합의 발생여부를 판단하였다. 그러나 검출된 파형에는 다양한 부하전류 파형이 함께 검출되기 때문에 이것을 통해 아크결합의 존재 여부를 판단하는 것은 용이하지 않았다. 본 연구에서는 이런 문제를 해결하기 위해 부하로 연결된 전로에 흐르는 전류로부터 그림 5와 같이 임펄스파를 검출하여 제어부를 통해 아크결합을 판단하는 기술을 개발하였다.

즉, 기존 방식으로는 그림 5(a)의 2번 채널 파형과 같이 부하별 특성에 따른 부하전류의 파형과 아크고장에 의한 특징적 전류파형이 중첩되어 오실로스코프(Tektronix TDS 7104)를 통해서도 아크에 의한 왜곡부분 'C'의 확인이 쉽지 않은 문제가 존재하였다.

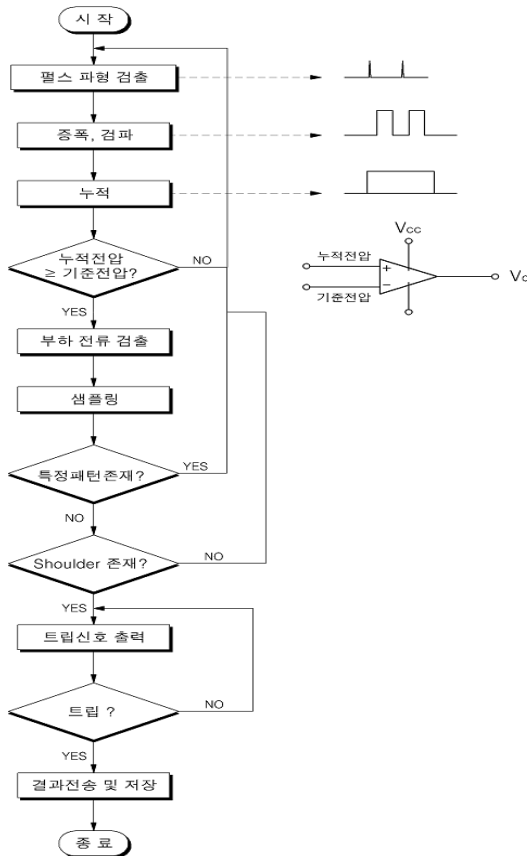
아크고장 검출용 CT의 특성 비교를 위해 current probe(Tektronix TCP202)를 이용하여 파형을 확인하였다(1번 채널 파형). TCP 202로 검출한 파형에서도 아크에 의한 왜곡 부분 'A'를 명확하게 구분할 수 없었다.

이와 같이 기존에는 부하전류의 파형과 중첩된 아크고장전류를 분리 분석하기 때문에 복잡한 알고리즘을 구현

하여도 아크고장의 준부를 정확히 판단하기가 용이하지 않다.

그에 반해 새롭게 개발된 기술은 아크를 검출함에 있어서, 전로에 흐르는 전류로부터 아크고장 시 발생하는 제로크로싱 부분의 고주파 신호만을 그림5(a)의 중간 파형과 같이 검출하는 방법을 채용하였다. 이렇게 검출된 임펄스를 그림 5(b)와 같이 증폭 및 검파하여 CPU가 인식 및 처리할 수 있도록 하였다.

그림 6과 같이 개발된 아크고장 분석 알고리즘은 전로에 흐르는 전류의 제로크로싱 부분으로부터 아크고장에 의한 특징인 고주파 펄스를 검출하여 검출된 신호를 CPU가 처리할 수 있도록 증폭 및 검파하고, 결과 값을 누적시켜 일정 전압 이상일 경우 아크가 존재하는 것으로 판단하는 방법을 채용하고 있다. 누적값으로 판단하는 이유는 형광등 점등 시, 또는 릴레이 점접 동작 시, 스위치 on-off 시 등과 같이 단주기의 스파크(spark)를 발생시키는 부하의 정상적인 동작을 아크고장으로 오인식하는 것을 방지하기 위한 것이다.



[그림 6] 개발된 아크고장 검출 알고리즘

그러나 이 결과는 전류의 제로크로싱 부분에서 얼마나 많은 고주파 펄스가 존재하였나에 대한 지표이므로, 다수의 전동기가 불규칙적으로 기동 시 아크고장으로 오인식할 수 있다. 따라서 찻수별 고조파 함유율과 전류 진폭의 변화 등을 분석하여 아크고장에 의한 펄스 검출인지, 정상적인 부하전류에 의한 것인지를 다시 확인할 수 있다.

또한 신뢰도 향상을 위해 기존의 다른 기술과 같이 솔더의 존재 유무의 확인을 통해 아크고장을 추가적으로 확인할 수도 있다.

이렇게 제어부를 통해 아크결함을 판단하는 방법에 있어서, 표 1과 같은 단계를 갖고, 신뢰성 설정 정도에 따라 저신뢰도는 1단계부터 5단계까지, 보통의 신뢰도는 1단계에서 8단계까지, 고신뢰도는 1단계에서 10단계까지의 세 가지로 선택 구분하여 실행할 수 있다.

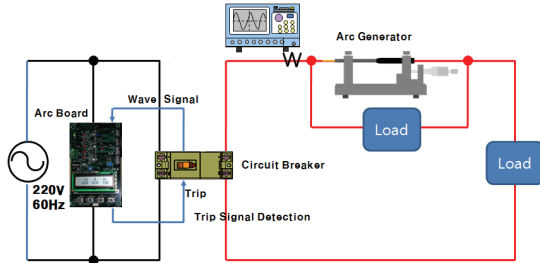
[표 1] 개발된 아크고장 검출 알고리즘의 단계별 내용

단계	실행 내용
1	전로에서 임펄스만을 검출하는 단계
2	검출된 임펄스를 증폭하고 검파하여 제어부가 인식 및 처리할 수 있도록 하는 단계
3	일정주기 동안에 검파된 임펄스를 누적하는 단계
4	누적된 임펄스의 전압의 크기와 기준전압을 비교하는 단계
5	누적된 임펄스의 전압의 크기가 기준전압 이상인 경우에 제어부는 차단기에 트립신호를 출력하여 차단기 내부의 트립장치가 구동되도록 하는 단계
6	전로에 흐르는 부하전류를 검출 및 샘플링하여 전류 파형을 분석하는 단계
7	제어부에 부하의 종류별로 특정패턴에 대한 내장된 분석알고리즘에 따라, 샘플링된 전류파형과 패턴을 비교하여, 샘플링된 전류파형 내에 특정패턴의 존재 여부를 판단하는 단계
8	샘플링된 전류파형 내에 특정패턴이 존재하지 않을 경우 제어부는 차단기에 트립신호를 출력하여 차단기 내부의 트립장치가 구동되도록 하는 단계
9	제어부에서 샘플링된 전류파형내에서 아크에 의한 특징인 솔더를 검출하는 단계
10	솔더가 검출된 경우에 제어부는 차단기에 트립신호를 출력하여 차단기 내부의 트립장치가 구동되도록 하는 단계

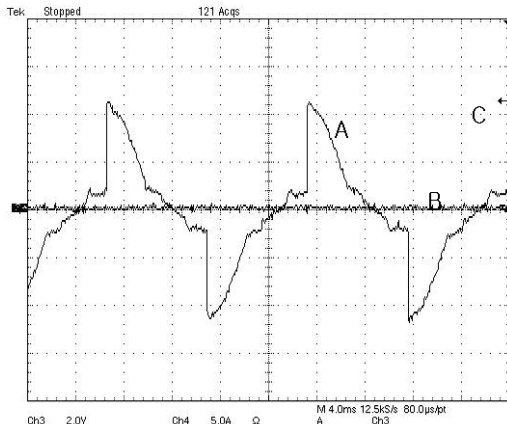
2.3.2 개발결과에 대한 신뢰성 시험

일반적으로 아크고장회로차단기의 동작은 정상적인 아크고장에 의한 동작일 수 있고 오동작일 수도 있다. 이 중에서 오동작은 여러 가지 영향에 의해 발생할 수 있다.

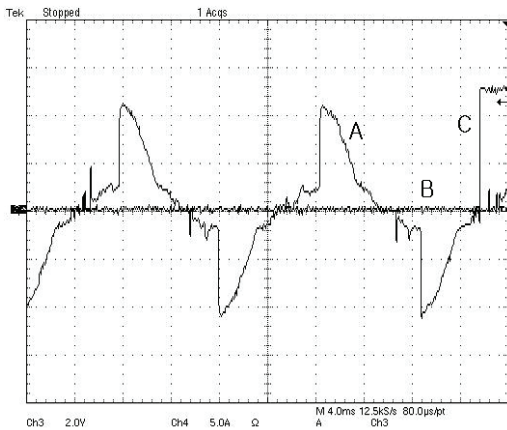
특히 과도현상이나 다른 전기계통의 고장이 아크고장으로 차단기를 동작시키거나 고장을 일으키지 말아야 한다. 따라서 검출 알고리즘의 성능 평가는 이런 문제들에 대한 검증을 포함하여야 한다.



[그림 7] 모의실험 구성도



(a) 정상 상태 파형



(b) 아크고장 상태 파형

[그림 8] 조광기백열등 및 자기식과 전자식 형광등 부하

본 논문에서는 전술한 사항을 검증하기 위해 그림 7과 같이 모의실험 설비를 구성하여 개발된 아크고장 검출 기술의 오동작 특성 실험을 다양하게 실시하였다.

그 중에서 그림 8은 한 예로서, 조광기에 의해 전류가 제한되는 백열등 부하군(1kW) 및 전자식 형광등 20W 6개와 스타트 전구에 의해 점등되는 자기식 형광등 20W 6개의 동시 부하에 대한 오동작 특성시험의 전류파형을 나타낸 것이다. 그림 8(a)의 'A' 파형과 같이 아크가 발생하지 않을 때에는 아크검출 센서의 파형 'B'는 특정신호가 검출되지 않고, 'C' 부분의 차단기를 트립 신호가 검출되지 않았다. 그러나 그림 8(b)의 'A' 파형과 같이 아크고장을 포함하는 전로에서는 아크검출 센서의 파형 'B'에서 임펄스신호가 검출되었고 'C' 부분에서 보드로부터 5V의 차단기 트립신호가 출력되는 것이 검출되었다.

자기식 형광등 부하의 경우에는 점등 회로에 적용되는 스타트 전구가 점등 시 아크와 유사한 전류패턴을 발생시킨다. 이 때문에 동시에 여러 개의 형광등이 점등될 경우 치명적인 오동작이 발생할 수 있다. 따라서 자기식 안정기 구동 형광등은 점등 시의 특성을 반드시 확인하여야 한다. 실험결과 상기의 상황에 대한 오동작이 발생되지 않았다.

3. 결론

본 논문에서는 전기화재에 대한 통계 분석과 직렬아크 고장전류에 대하여 3종류의 전선에 대한 출화특성 시험을 실시하였고, 3A의 아크고장전류에 대해서도 출화의 위험성이 있음을 확인하였다.

또한 이 결과를 토대로 3~5A 사이의 아크고장 전류도 검출이 가능한 고주파 펄스 검출에 기반한 센싱 기술과 분석 알고리즘을 개발하였고, 개발된 기술에 대하여 신뢰성 실험을 실시하였으며, 오동작의 원인이 되는 주요 부하에 대하여 안정된 동작 특성을 확인하였다. 이는 UL 1699에서 규정하고 있는 5A보다 작은 값의 아크고장을 오동작 없이 검출할 수 있는 기술로서, 기존의 기술보다 현저히 개선된 것이다.

그러나 향후 아크고장에 대한 전류 및 아크지속 시간에 대한 출화특성을 좀더 면밀히 검토하여 아크고장 출화특성 곡선을 도출하고 이를 기준으로 아크고장에 대한 좀더 체계적이고 신뢰성 있는 보호 장치를 개발하여야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 임용배, 배석명, 김영석, 박치현, 김기현, 조성원, “영상전류 측정을 이용한 부재수용가의 전기설비에 대한 안전확보 방안”, 전기학회논문지, 55P권, 4호, pp. 196~201, 2006.
- [2] 한국전기안전공사, “전기재해통계분석”, 지식경제부, p. 11, 2008.
- [3] George D. Gregory and Gary W. Scott, "The Arc-Fault Circuit Interrupters : An Emerging Product", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 34, No. 5, pp. 928~934, 1998.
- [4] George D. Gregory, Kon Wong and Robert F. Dvorak, "More About Arc-Fault Circuit Interrupters", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 40, No. 4, pp. 1006~1011, 2004.
- [5] 안상필, 문식, 김천연, “아크차단기의 시험규격 및 적용”. 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 876~878, 2003.

임용배(Lim Young-Bae)

[정회원]



- 1994년 2월 : 원광대학교 전기공학과 (공학사)
- 1998년 8월 : 홍익대학교 전기제어공학과 (공학석사)
- 2007년 2월 : 홍익대학교 전기정보제어공학과 (공학박사)
- 1994년 1월 ~ 1996년 2월 : (주) 오리엔텍 연구소 연구원
- 1996년 3월 ~ 현재 : 한국전기안전공사 전기안전연구원 선임연구원

<관심분야>

전기설비진단, 전력IT, 스마트그리드

전정채(Jeon Jeong-Chay)

[정회원]



- 1997년 2월 : 원광대학교 전기공학과(학사)
- 1999년 2월 : 원광대학교 전기공학과(석사)
- 2000년 3월 ~ 현재 : 한국전기안전공사 전기안전연구원 선임연구원

<관심분야>

전력품질, 전력IT

박찬엄(Park Chan-Eom)

[정회원]



- 2001년 2월 : 강원대학교 삼척캠퍼스 제어계측공학과 (공학사)
- 2003년 2월 : 중앙대학교 일반대학원 전자전기공학부 (공학석사)
- 2007년 2월 : 중앙대학교 일반대학원 전자전기공학부 (공학박사)
- 2007년 3월 ~ 2009년 2월 : 중앙대학교 정보통신연구원 연구교수
- 2009년 3월 ~ 현재 : 한국전기안전공사 전기안전연구원 연구원

<관심분야>

전력 IT, 지능시스템 기반 전기안전

배석명(Bae Seok-Myeong)

[정회원]



- 1981년 3월 ~ 현재 : 한국전기안전공사 전기안전연구원 수석연구원
- 2002년 1월 ~ 2004년 12월 : 산업자원부 기술표준원 IEC TC38 전문위원

<관심분야>

전력 IT, 전기설비기술기준