2011년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2011. 7. 20 - 22

입력 전류 파형의 Shoulder분석에 의한 직렬아크 검출

최왕섭*, 전인웅*, 방선배*, 박종연* ,
강원대학교 전기전자 공학과*

Series Arc Detection by Analizing The Shouler of Input Current

Chong-Yeon Park*, Whang-Sub Choi*, In-Ung Jeon*
Dept. of Electrical and Electronic Engineering. Kangwon National University*

Abstract - 본 논문에서는 직렬아크 고장 시 발생하는 전류파형의 특징인 전류의 shoulder의 검출을 통하여 아크고장을 판별하는 직렬아크 고장 검출기를 제안하였다. 또한 정상적인 동작에서 발생하는 전류의 shoulder를 아크신호로 판단하지 않기 위한 방법을 제안 하였으며 이를 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

1. 서 론

전기설비에서 전기적인 고장은 열악한 운전 환경, 시공 시 불량, 설비의 노후화, 과도한 스트레스 등으로 인해 발생하며 이는 전기 화재 및 감전 사고의 원인된다. 이러한 전기 재해를 방지하기 위하여 다양한 종류의 보호기기들이 개발되고 있고 또한 일반용 전기설비는 전기사업법 제66조 및 동법 시행규칙 제35조에 근거하여, 법정주기에 따라 절연저항, 인입구배선, 옥내배선, 누전차단기, 개폐기, 접지저항 등의 항목에 대한 정기점검을 실시하고 있다[1].

그러나 이러한 점검에도 불구하고 전기설비의 고장이 일어나며 1998년부터 2007년까지의 국내 전기화재는, 1998년 10,897건에서 연평균 0.78%가 감소하여 2007년에는 9,031건이 발생한 것으로 분석되며 이것은 국내 전체화재의 20%이상이 전기로인한 화재라는 것을 시사 하는 것이다.[2]

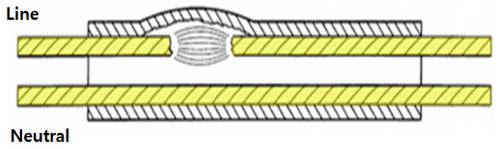
2007년도의 전기화재의 원인별 비율을 분석해보면, 전기화재는 총 9,031건이 발생하였으며 이중 단락사고에 의한 화재가 전체의 58%, 다음으로 과부하에 의한 전기화재가 13.3%를 점유하고 있으며 접촉 불량으로 10.3% 그 외 요인이 18.4%로 분석된다[3]. 따라서 단락사고와 과부하 사고가 거의 대다수 전기화재의 요인인 것을 알 수 있다. 그러나 전기화재의 위험성은 이러한 1차적인 원인보다는 이런 사고에서 동반되는 전기 아크(electric arc)나 스파크(spark)로 인해 주변 가연물질로 확대되는 2차적 영향에 의한 화재가 대다수이다[3][4].

본 논문에서는 직렬아크 고장 시 발생하는 특징인 입력 전류의 shoulder를 검출하여 아크고장 판별하는 검출기 회로와 아크신호와 유사한 정상신호를 판별하기 위한 shoulder 변화 검출 방법을 제안하고자 한다.

2. 본 론

2.1 직렬아크

직렬아크는 낡은 스위치나 서로 다른 재질을 갖는 도체의 접촉부, 전류용량이 충분하지 않은 멀티탭이나 플러그 그리고 도선이 절단되거나 일부분 소실되어 접촉이 불안정한 경우에 발생한다.

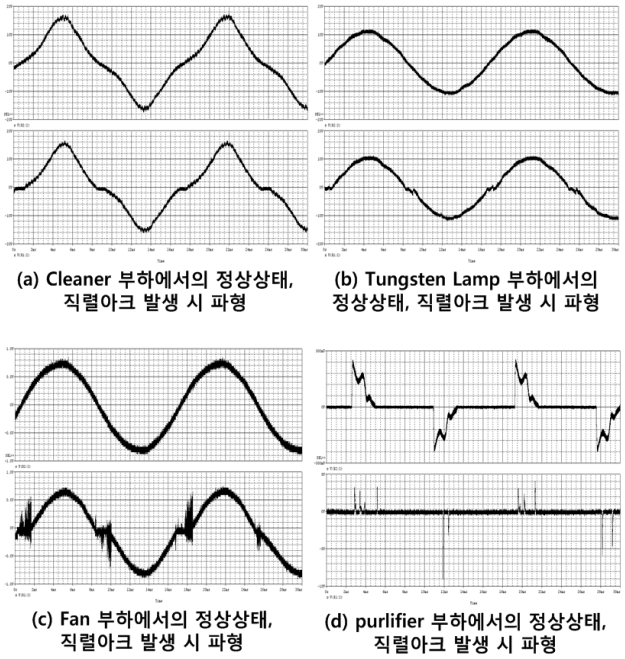


<그림 1> 직렬아크 발생

직렬아크는 Line과 Neutral 사이에서 발생하는 병렬아크와 달리 그림 1과 같이 Line과 Line 사이에서 발생한다. 이 때 부하의 입력 전류는 부하의 임피던스에 의해 제한되기 때문에 적은양의 전류만 흐르므로 기존의 누전 차단기에서 검출되지 않는다. 따라서 직렬아크는 차단되지 않고 지속적으로 발생하며 에너지와 열을 주위의 절연 물질에 전달하고 산화시켜 화재를 유발한다. 이러한 아크를 차단하기 위해서는 아크 발생 시 나타나는 특성을 분석해야 한다. 아크고장 신호를 분석하는 방법은 여러 가지가 있으며 지금까지 알려진 아크고장 신호분석 방법은 크게 세 가지(시간 영역, 주파수 영역, 시간-주파수 영역)로 분류된다[5]. 본 논문에서는 시간영역에서 아크신호의 특징인 전류 shoulder와 shoulder의 변화를 검출하여 아크고장을 판별 하였다.

2.1.1 직렬아크 발생 시 전류 특성

아래의 그림 2는 직렬 아크 발생 시 전류의 파형을 측정한 것이다. 아래의 파형을 보면 순간적인 임펄스 파형과 고주파의 노이즈가 발생하며 특히 전류의 zero crossing 부분에서 전류가 0이 되는 구간인 shoulder가 발생하는 것을 확인 할 수 있다.



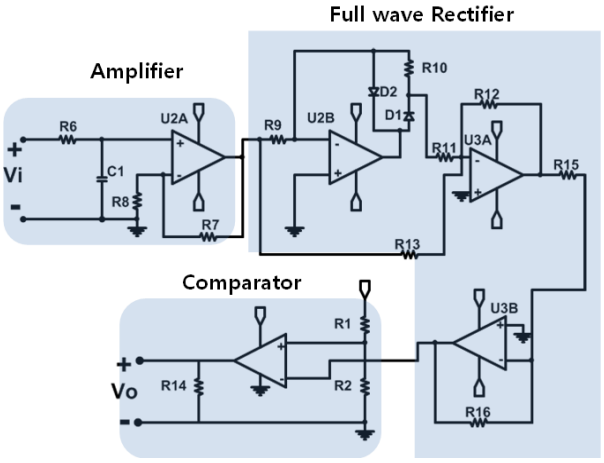
<그림 2> 직렬아크 발생 시 부하별 입력 전류의 특징

전류의 shoulder는 정상동작 시 발생하지 않거나 주기성을 가지고 일정하게 나타난다. 그러나 그림 2(c)처럼 정상동작시에는 shoulder가 발생하지 않지만 직렬아크 발생 시 전류의 shoulder가 발생하며 비주기적이고 또한 shoulder의 길이도 일정하지 않다.[5] 그림 2(d)의 경우에는 정상 동작에서 전류의 shoulder가 일정하게 존재 하지만 직렬아크 발생 시에는 그 길이가 일정하지 않으며 주기적이지도 않은 것을 확인 할 수 있다. 이러한 직렬아크 발생 시의 입력 전류의 특징을 이용하면 직렬아크의 발생을 감지하고 이것을 차단 할 수 있는 차단기의 신뢰성이 향상될 것이다. 그러므로 첫 번째 전류 shoulder의 유무를 확인하고 두 번째 길이 변화에 대한 정보를 얻음으로써 아크신호를 판단 할 수 있다.

2.2 직렬아크 고장 전류 shoulder 검출 회로

그림.3은 직렬아크의 shoulder 검출을 위한 회로도 이다. CT(Current Transformer)를 통하여 부하로 흐르는 전류를 센싱 받아 회로에 입력에 인가 된다. 센싱 받은 신호는 전압으로 바뀌며 직렬아크 발생 시 나타나는 고주파 성분을 포함하고 있다. 직렬아크의 shoulder를 검출하여 아크고장을 판단하는 회로에서 고주파 펄스는 shoulder의 정확한 검출에 방해가 되는 요소 이므로 LPF를 통하여 제거 한다. 센싱 받은 전압의 크기는 mV단위로 매우 작은 레벨이다. 따라서 이 신호를 직접 처리하기에는 어려움이 있으므로 증폭기를 통해 증폭한 후 전파정류 회로에 입

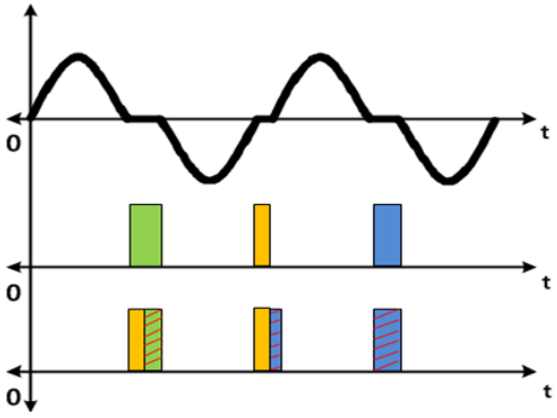
력한다. 전파정류된 파형은 비교기를 통해 미리 정해둔 기준 전압 이하에서 펄스를 출력하도록 하여 아크 신호의 shoulder를 검출하도록 회로를 구성하였다.



〈그림 3〉 직렬아크 고장 전류의 shoulder 검출 회로도

2.3 Shoulder의 변화량 검출

전류의 shoulder만 검출하여 아크를 판별하게 될 경우 아크가 발생하지 않은 정상동작에서 shoulder가 발생하는 경우 까지 모두 아크로 판단하게 되는 오동작을 하게 된다. 정상동작에서 발생하는 shoulder는 그 길이가 같은 특징을 보인다. 그러므로 정상 신호와 아크 신호를 판별하기 위해서는 shoulder 길이의 변화량을 검출하고 정상신호와 다르다고 판단하여 아크 고장을 차단해야 한다.

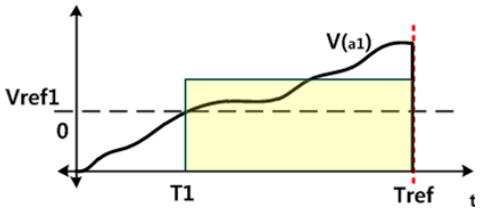


〈그림 4〉 shoulder의 변화량 검출

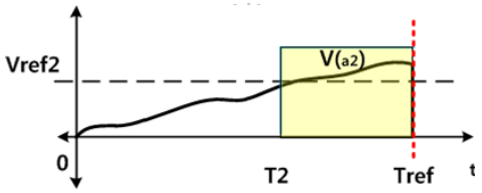
그림 4는 직렬아크 발생 시 나타나는 전류의 shoulder 변화를 검출하는 방법을 그림으로 나타낸 것이다. 그림 4의 첫 번째 파형은 직렬아크 발생 시 입력 전류의 모양을 대략적으로 그린 것이다. 두 번째 파형은 아크전류 발생 시 shoulder 검출 신호로 shoulder 길이만큼의 펄스폭을 갖는다. 세 번째 파형은 현재 나온 펄스의 폭과 그 다음 나온 펄스의 폭을 비교하여 그 차이의 양, 즉 빗금 그어진 부분만을 출력한 한다.

2.4 아크 고장 신호의 판별

그림 5는 shoulder를 검출한 펄스를 누산하는 원리에 대하여 나타낸 개략도이다. 그림 5(a)는 그림 4의 두 번째 펄스들을 누적시킨 것으로 V(a1)과 Vref1이 T1지점에서 만나서 High신호를 출력한다. 그림 5(b)는 shoulder의 변화량만을 출력한 펄스를 누적 시킨 것으로 그림 4의 세 번째 파형인 빗금 친 펄스를 누적시킨 V(a2)가 Vref2와 T2에서 만나게 되면 High신호를 출력한다. 앞의 설명과 같이 그림 4의 각각의 펄스들을 누적시킨 후 일정시간 Tref안에 그림 5(a)와 그림5(b)의 출력이 모두 High로 나올 경우에만 아크신호로 판단하고 회로를 차단한다. 이렇게 할 경우 신호에 shoulder가 없으면 그림 5(a)의 출력이 Low이므로 아크 신호로 판단하지 않는다. 또한 정상동작시에 전류의 shoulder가 생기는 경우 그림 5(a)의 출력은 High가 되지만, 그림 5(b) shoulder길이의 변화에 대한 출력은 현재 신호와 이전 신호의 차이가 없거나 매우 작기 때문에 출력이 Low가 된다. 따라서 shoulder의 유무와 변화량에 대한 값을 얻는다면 아크 신호와 정상 신호를 구분할 수 있다.



(a) 직렬아크 shoulder를 검출한 펄스 누적

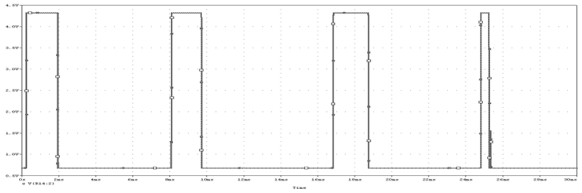


(b) 직렬아크 shoulder의 변화량을 검출한 펄스 누적 파형

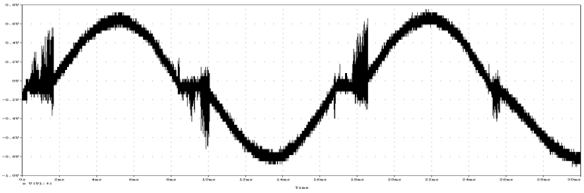
〈그림 5〉 아크고장 신호 판별을 위한 누산 원리

2.5 시뮬레이션 결과

그림 6은 직렬아크 고장 전류의 shoulder 검출을 위한 회로의 시뮬레이션 파형이다. 그림 2(c) fan 부하일 때 전류파형을 그림3의 Vi에 인가하였을 때 출력 Vo에 나온 파형을 찍은 것이다. 파형에서 볼 수 있듯이 직렬아크 고장 전류 shoulder의 길이가 변하며 출력파형은 그 길이와 같은 크기의 구형파 펄스를 발생시키는 것을 확인 할 수 있다.



(a) 직렬아크 발생 시 입력 전류의 shoulder 검출 파형



(b) 직렬아크 발생 시 입력 전류 파형

〈그림 6〉 Shoulder 검출 회로 시뮬레이션 파형

3. 결 론

본 논문에서는 전류의 shoulder만을 검출하여 아크를 판단하는 비교적 간단한 회로를 제안하였으며 이를 시뮬레이션을 통하여 검증하였다. 또한 직렬아크 전류의 shoulder 변화량을 검출할 수 있는 방법을 제안하여 직렬 아크 검출 확률을 높였으며 이는 정상동작에서 나타나는 전류 shoulder는 아크로 판단하지 않을 것이다. 따라서 향후 shoulder의 변화를 검출하기 위한 더 많은 연구가 필요하다.

"본 연구는 지식경제부 기술혁신사업의 전력원천기술개발사업 연구결과로 수행되었음" (2010T100100750)

[참 고 문 헌]

[1] 임용배, 배석명, 김영석, 박치현, 김기현, 조성원. "영상전류 측정을 이용한 부재수용가의 전기설비에 대한 안전확보 방안"
전기학회논문지, 55P권, 4호, pp. 196-201. 2006.
[2] 한국전기안전공사, "전기재해 통계분석", 2008.
[3] 새턴정보통신 부설연구소, "부하별 아크, 스파크 사고 데이터 및 분석 보고서", 2002.
[4] R. N. Anderson, "What Came First? The Arc Bead or the Fire?", EC&M 100, pp. 20-21, 2001.
[5] 이산 웨이블렛 변환의 근사계수를 이용한 직렬아크고장 전류 분석방법, 2007년 박사학위 논문