

# 가정용 부하에서 발생하는 직렬아크 신호분석 및 검출알고리즘

임종웅, 방선배<sup>1</sup>, 조영훈, 최규하  
건국대학교 전력전자연구소, 전기안전연구원<sup>1</sup>

## A Study on Series Arc Detection Algorithm for the Consumer Appliances

Jong Ung Lim, Sun Bae Bang<sup>1</sup>, Younghoon Cho, Gyu Ha Choe  
Power Electronics Lab., Konkuk Univ., KESCO<sup>1</sup>

### ABSTRACT

In this paper, series arc detection algorithm for the consumer appliances is proposed. This algorithm uses varying frequency and RMS values at series arc state. This is confirmed to emulate arc detecting with measuring current data.

### 1. 서론

아크는 전기가 흐르는 도전체 및 절연 개체 등의 접촉 불량으로 인하여 접촉부에서 스파크의 형태로 순간적으로 방출하는 에너지로 정의된다.<sup>[1]</sup> 이러한 아크는 화재 발생 외에도 계통의 전력 품질을 악화시키고 전기기기들의 수명을 저하시키거나 고장을 일으키며, 부하단에 전류 제어형 전력전자 기기가 있을 경우 피해가 더욱 악화된다.<sup>[2]</sup> 본 논문에서는 가정용 부하에서 여러 형태의 아크 중에서도 특히 직렬아크가 발생하였을 경우 아크검출을 위한 검출알고리즘을 제안한다.

### 2. 직렬아크의 특징 및 검출 알고리즘

#### 2.1 직렬아크의 특징

그림 1.(a)와 같이 아크전압 파형은 양끝단이 뾰족하고 양과음의 구간 중심부에서는 파형의 순시변화가 거의 일어나지 않는 평탄한 구간을 가진다. 이 아크전압의 평탄한 구간을 아크전압의 평탄면(plateau)이라고 하며, 이 때 부하전류의 실효값은 정상전류보다 감소되는 특징이 있다. 그림 1.(b)는 선형부하에 아크 발생시의 부하전류를 나타내고 있다. 아크전압이 영점을 지나는 구간을 전후해서는 부하전류의 크기가 0으로 고착되는 영전류구간(shoulder)이 나타난다. 직렬아크가 발생할 때에는 사고(아크)전류가 정상동작중인 부하전류보다 작기 때문에 기존의 과전류차단기로는 검출이 불가능하다.

#### 2.2 직렬아크 검출 변수의 제약

직렬아크를 검출하기 위한 가장 쉽고 직접적인 방법은 아크전압을 직접 검출하는 것이다. 이를 위해서는 계통전압과 부하전압을 동시에 측정해야 된다. 그러나 현실적으로 콘센트에 연결되는 계통전압은 측정이 가능하나, 부하의 전압은 별도의 장비 없이는 측정이 불가능하다. 따라서 직렬 아크 검출을 위해

서 사용할 수 있는 정보는 실용적으로 부하전류가 유일하다.

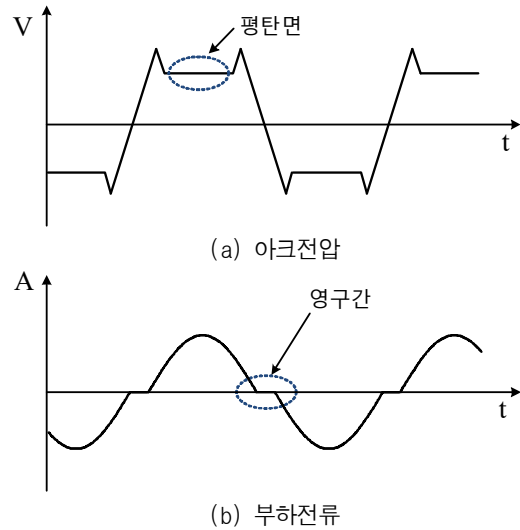


그림 1 직렬아크 발생시 전압 및 전류  
Fig. 1 Normal arc voltage and current

#### 2.3 직렬아크 검출 알고리즘

그림 2는 직렬아크의 특징을 알아보기 위해 각부의 파형을 나타낸다. 아크가 발생하면 부하전류는 정상상태의 전류보다 실효값이 약10% 감소하고, 아크가 발생하는 시점을 전후하여 영전류구간이 발생한다. 이 과도상태에서는 좌우대칭의 불일치로 우수고조파가 증가하게 된다. 따라서 부하전류의 실효값이 감소하는 특징과 영구간이 존재함으로써 발생하는 고조파 변화의 특징을 직렬아크 검출 알고리즘의 핵심 변수로 잡는다. 본 논문에서 제안하는 직렬아크 검출 알고리즘은 실효치의 감소, 홀수 및 짝수 고조파 성분의 변화 이 세 가지 조건을 모두 만족하는 경우를 직렬아크 발생조건으로 간주한다.

### 3. 실험

#### 3.1 실험 환경

직렬아크가 발생한 경우를 실험적으로 재현하기 위해 UL1699에서는 모의아크발생장치에 대한 규격을 제시하고 있다.<sup>[3]</sup> 그림 3은 실험에 사용된 모의아크 발생장치를 나타낸다.

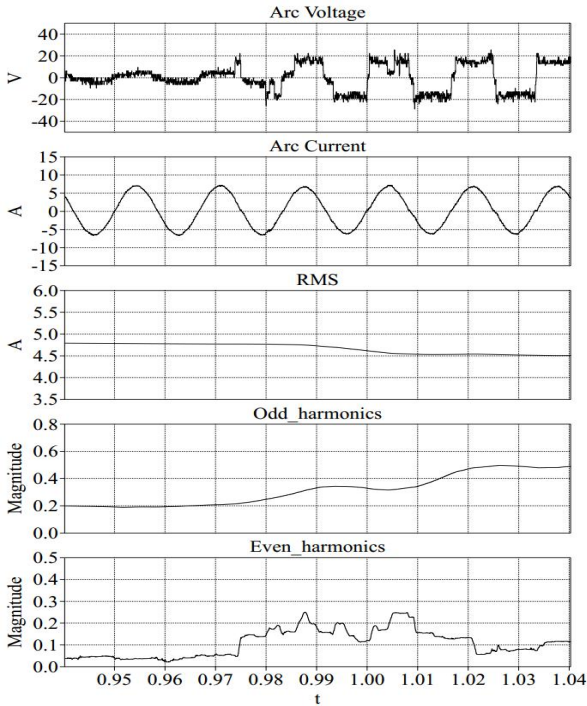


그림 2 직렬아크 파형 분석  
Fig. 2 Waveform analysis of series-arc state

실험은 계통전압과 부하사이에 모의아크장치를 설치하고 간극 조절부를 조절, 미세하게 움직이면서 회로에서 단선으로 인해 직렬아크가 발생하는 조건을 유사하게 만들어 진행한다. 실험에 사용된 부하로는 UL1699에서 “unwanted trip test”에서 사용되는 시험부하 중에서도 가정용에서 사용되는 부하인 청소기를 대상으로 실시하였다. 일반적으로 가정용 청소기는 전류의 형태가 아크 사고 발생시의 전류와 유사하여 기존의 검출 알고리즘으로 아크상태와 정상상태를 구분하기가 어렵고, 오검출률이 높은 부하로 알려져 있다.

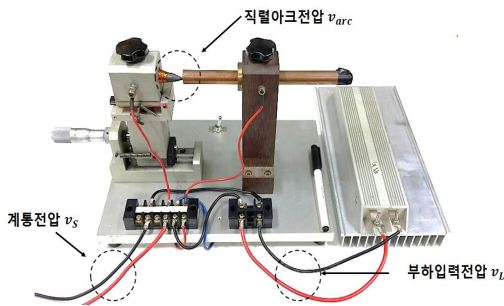


그림 3 실험 회로  
Fig. 3 Experimental circuit

### 3.2 실험 결과 및 분석

모의아크 발생장치를 이용, 직렬아크 실험에서 얻은 부하전류의 실측데이터를 저장하고 이를 매텔랩 시뮬링크로 구현하여 에뮬레이션을 실시하였다. 그림 4는 청소기부하에서 아크가 발생했을 때 아크전압과 부하전류를 나타낸다. 청소기의 부하전류를 자세히 살펴보면 영전류구간과 비슷한 파형을 보이는데 이 영구간 때문에 기존의 아크검출 알고리즘의 오동작을 일으키게 된다. 본 논문에서 제안하는 직렬아크 검출 알고리즘

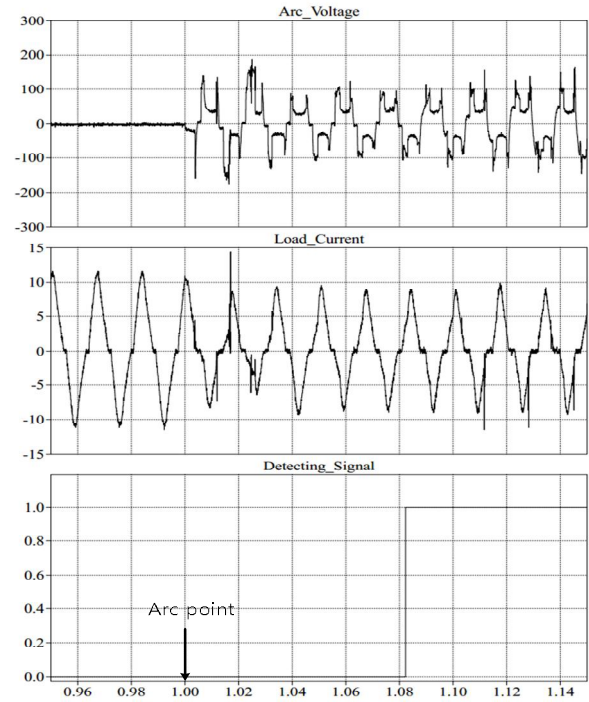


그림 4 청소기 부하의 아크전압 및 부하전류  
Fig. 4 Load current and arc voltage of vacuum cleaner

은 부하전류의 실효치와 고조파 변화량을 동시에 평가하기 때문에 부하전류의 실효값이 감소하지 않는 정상동작과 아크상태를 구분할 수 있게 된다.

## 5. 결론

본 논문에서는 가정용부하에서 직렬아크가 발생하는 경우 실효치의 감소와 고조파의 변화량으로 아크를 검출하는 방법을 제안하였다. 실험을 위하여 UL1699에 제시된 “unwanted tripping test” 부하인 청소기를 대표적으로 선정하고 제안하는 알고리즘을 매텔랩 시뮬링크로 구현하여 그 유효성을 검증하였다.

본 연구는 2013년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 600601)

## 참고 문헌

- [1] George D. Gregory and Gary W. Scott, “The arc fault circuit interrupter : an emerging product”, IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. 34, no. 5, pp. 928 933 Sept./Oct. 1998.
- [2] Hyun Uk Seo, Gyu Ha Choe, “Analysis of Arc characteristics in Power Conversion Systems”, KIEE, Vol. 27, no. 7, pp. 8 16, Jul., 2013.
- [3] Underwriters Laboratories, UL1699 Standard for Arc Fault Circuit Interrupters, 2006.