

# 선형부하의 직렬아크검출을 위한 주파수영역 분석

강경필, 방선배<sup>1</sup>, 조영훈, 최규하  
전국대학교 전력전자 연구실, 전기 안전연구원<sup>1</sup>

## Frequency Domain Analysis of the Linear Load for Series Arc Detection

Kyoung pil Kang, Sun Bae Bang<sup>1</sup>, Younghoon Cho, Gyu Ha Choe  
Power Electronics Lab., Konkuk Univ., Kesco<sup>1</sup>

### ABSTRACT

In this paper, we propose algorithm plan variable for detection of DC arc. Changes of surrounding frequencies of harmonic wave is proposed to detect DC arc. To prove validity of these variables, we analyzed frequency based on the measured data and waveform of load current by performing the experiment which generates DC arc by using DC arc generator regulated in UL1699 was carried out

### 1. 서론

아크는 전기가 흐르는 도전체 및 절연 개체 등의 접촉 불량으로 인하여 스파크의 형태로 순간적으로 방출되는 에너지로 정의되며, 아크발생의 주요 원인은 낙후된 전기설비, 도선의 반복적인 접힘으로 인한 도선의 약화, 벌레나 동물에 의한 절연 파괴 때문에 발생한다.<sup>[1]</sup> 이러한 아크사고는 막대한 재산피해 및 인명피해로 이어질 수 있으므로 이를 차단하고 예방하기 위한 수단이 연구되어야 한다. 본 논문에서는 이러한 아크사고 중 직렬아크가 발생하였을 때 이를 검출하기 위한 변수로써 고주파수영역에서 고조파성분의 주변주파수를 Matlab simulink를 이용하여 분석해 보았다.

### 2. 선형부하의 아크상태 특성

#### 2.1 아크의 구분

전기기기에서 발생하는 아크는 아크가 발생하는 위치에 따라서 병렬아크, 접지아크, 직렬아크로 구분이 된다. 병렬아크는 두 개의 도선 사이에서 아크가 발생할 때를 말하며, 아크사고 중에서도 사고전류가 가장 크다. 다음으로 접지아크는 한 도선과 중성선 또는 접지 사이에서 아크가 발생할 때를 의미한다. 접지아크가 발생하면 누설전류를 발생시킨다. 마지막으로 한 도선에서 아크가 발생하면 이를 직렬아크라고 한다. 전술한 3가지의 아크발생 경우들 중, 병렬아크와 접지아크는 아크 발생 전후가 명확히 구분이 되어 과전류 차단기 및 누전차단기를 이용하여 아크사고를 예방할 수가 있다. 반면 직렬아크의 경우에는 직렬아크사고가 발생되면 아크사고전류가 부하전류보다 낮게 나타나기 때문에 기존의 차단기로는 검출이 불가능하다. 이러한 이유로 직렬아크는 전기화재의 원인으로 손꼽히고 있다.

#### 2.2 직렬아크의 특징

직렬아크가 발생하였을 때 부하전류와 아크전압의 일반적인 형태는 그림 1과 같다. 아크가 발생하였을 때 부하전류는 정상상태보다 부하전류의 실효치가 감소하고, 부하전류가 영점을 지나는 지점을 전후로 전류의 크기가 영으로 유지되는 영전류 구간(Shoulder)를 가진다. 아크전압은 영전류 구간에서 전압의 극성이 변화하며 피크형태의 파형을 보여준다. 그리고 부하전류의 영전류 구간을 제외한 양과 음의 구간에서 아크전압의 변화가 거의 없는 평탄한 파형을 보인다. 이때에 나타나는 평탄한 구간을 아크전압의 평탄면(plateau)이라 한다.

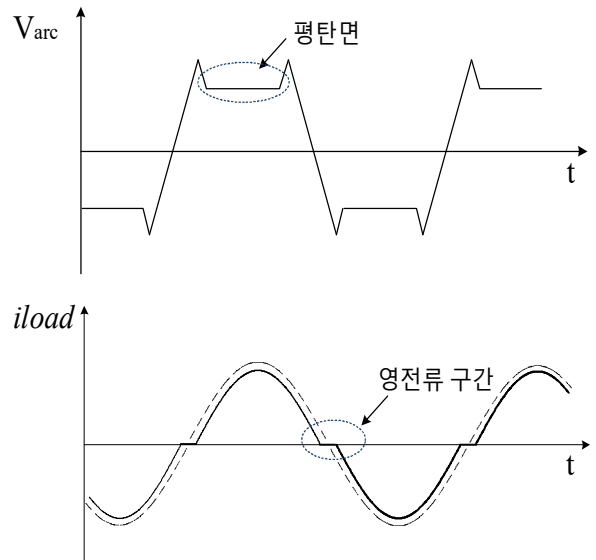


그림 1 선형부하에서의 직렬아크상태 (a)아크전압 (b)부하전류  
Fig. 1 Arc waveform of linear load (a)arc voltage (b)load current

#### 2.3 아크검출 방식

아크를 검출방식으로는 아크의 물리적 또는 전기적인 특성을 이용하여 검출한다. 물리적인 검출방식으로는 아크가 발생하였을 때 발생하는 빛과, 고조파의 소음을 통하여 검출하는 방법이 있다. 그리고 전기적인 특성을 이용하는 검출방식은 시간영역, 주파수영역에서 부하전류의 실효치, 최대값, 고조파 성

분 등을 분석하여 검출하는 방법이 있으며, 최근에는 시간영역과 주파수영역을 포괄하여 검출하는 방법인 웨이블렛(wavelet) 방식이 연구되고 있다.

본 논문에서는 주파수 분석을 사용하여 부하전류의 고주파수 영역에서 고조파성분의 주변주파수의 변화를 보기위하여 주파수영역 분석을 실시하였다.

### 3. 실험 및 주파수 분석

#### 3.1 실험

본 논문에서는 선형부하의 대표적인 부하인 저항부하를 가지고 실험을 실시하였다. 직렬아크의 특성을 확인하고 주파수 성분을 분석하기 위하여 UL1699에서 규정하는 그림 2의 모의 직렬아크 발생장치를 사용하여 직렬아크를 발생시켰다.

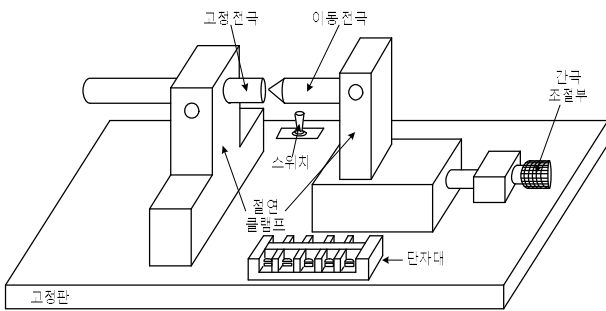


그림 2 모의직렬아크 발생장치  
Fig. 2 An imagination series arc generator

실험은 저항부하 46[Ohm]을 사용하여 직렬아크를 발생시키고 이때의 전류 데이터를 저장하였다. 전체 20회 반복 실시하였으며, 이중 5개의 부하전류 데이터를 가지고 주파수 분석을 실시하였다.

#### 3.2 주파수 분석

실험의 통하여 얻은 부하전류의 데이터를 가지고 고주파수 대역에서 고조파성분 이외의 성분이 직렬아크 발생 전후 변화 정도가 변수로서의 사용가능성을 검증하기 위하여 10k[Hz]까지의 주파수 대역을 Matlab Simulink를 사용하여 분석을 실시하였다. UL1699에서 규정한 직렬아크 검출시간인 8 반주기를 충족하기 위하여 전류 데이터로부터 직렬아크발생 이전 5주기와 아크발생 5주기를 그림 3과 같이 (a)아크발생 이전과 (b)아크발생 이후로 각각 주파수 분석결과를 나타내었다 또한 고조파 성분에 비하여 작은 크기를 가지는 고조파 주변주파수들의 변화를 확인하기위해 크기를 0.05로 제한하고, 제 110~120차 고조파 사이의 주파수성분들로 제한하였다.

### 4. 결과 및 고찰

20회의 직렬아크발생 실험 중 5회의 주파수 분석을 실시한 결과, 111차 고조파 성분(6660[Hz]) 주변 주파수에서 주파수 성분의 변화정도가 분명하게 드러난다. 특히 6672[Hz]성분의 경우 정상상태 대비 1.4배에서 5.1배 증가함을 5회의 주파수 분석을 통해 알 수 있었다 아래의 표 1은 5회의 주파수 분석에서 6672[Hz]성분의 아크상태 전후의 실제 크기와 아크 발생시 주

파수 성분의 변화정도를 나타내었다.

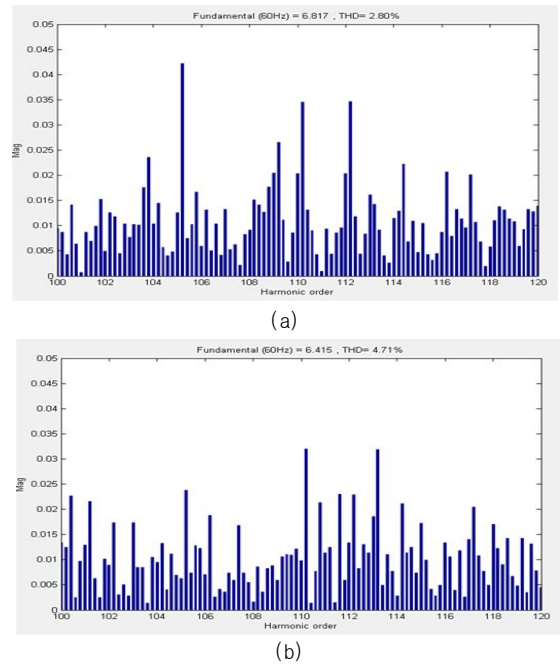


그림 3 저항부하에서의 직렬아크 주파수 분석  
(a) 아크발생 이전 (b) 아크발생 이후  
Fig. 3 Frequency domain analysis on resistor load

표 1 부하전류의 주파수 분석결과  
Table 1 Frequency domain analysis result of load current

분석회차	정상상태	아크상태	성분변화도
1회	0.009555	0.024548	약 2.6배 증가
2회	0.009539	0.012849	약 1.4배 증가
3회	0.007507	0.01714	약 2.3배 증가
4회	0.004743	0.024265	약 5.1배 증가
5회	0.00203	0.010342	약 5.1배 증가

### 5. 결론

본 논문에서는 대표적인 선형부하인 저항부하를 사용하여 실험 및 부하 전류의 주파수 분석을 실시하였다. 실험을 통하여 저항부하에서 직렬아크가 발생할시 6~8k[Hz]의 주파수 대역의 고조파 성분 주변 주파수에서 정상상태 대비 아크상태의 주파수 성분이 증가하는 주파수를 확인하였다. 본 논문의 결과를 토대로 직렬아크를 검출하는 지표로 활용한다면 알고리즘을 개발할 때 신뢰성 있는 직렬아크검출 알고리즘을 개발할 수 있을 것이다.

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

### 참고 문헌

[1] Hyun Uk.Seo, Gyu Ha,Choe "Analysis of Arc Characteristics in Power Conversion Systems," Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, vol. 27, pp. 8 16, 201