

# EMI필터가 아크사고검출에 미치는 영향 분석

최수경, 권완성, 김종민\*, 방선배\*, 최규하  
건국대학교, 전기안전연구원\*

## Analysis of EMI filter effect in Arc-Fault detection

Su-Kyung Choi, Wan-Sung Kwon, Chong-Min Kim\*, Sun-Bae Bang\*, Gyu-Ha Choe  
Konkuk University, Korea Electrical Safety Corporation

### ABSTRACT

일반적으로 전선이 낡고 오래되거나 또는 강한 열이나 외부적 충격 등에 의해서 절연이 파괴된 경우 전기화재의 원인이 되는 아크 현상이 발생한다. 이러한 아크 사고는 Arc Fault Circuit Interrupter (AFCI)를 통해 예방할 수 있다. UL1699규정은 AFCI의 성능 시험을 위한 규정으로 구체적인 여러 성능 시험을 제시하고 있다. 그 중 EMI 필터 시험에 대한 부분을 한국의 전기 배선에 맞게 재구성하여 실험하고, 아크 검출에 EMI 필터가 어떤 영향을 미치는지 분석하여 UL에서 제시한 EMI 필터 시험의 타당성을 검증한다.

### 1. 서론

아크사고가 전기화재의 발생원인 중 큰 비중을 차지하고 있다. 미국을 비롯한 여러 나라는 아크사고검출에 대한 중요성을 인식하여 국가적 차원의 연구 및 지원이 활발하다. 국내에서의 AFCI 개발도 진행 중이며 이미 생산된 제품도 있다. 그러나 AFCI의 성능 테스트를 위한 국내 검사기관이 없어 미국 전기 배선 중심의 UL1699규정을 통해 안전성 승인을 받아야 한다. 이는 한국 실정과는 차이가 많아 규정을 통과하기가 까다롭고 한국형에 적용하기에도 문제가 있다. 이에 따라 현재 UL규정을 바탕으로 국내 지침을 정하고자 연구 진행 중이다.

EMI Filter는 기기의 전원 입력단에 설치되며 기기에서 방출되어 전원선을 통해 빠져나가는 불요전자파를 차단, 흡수, 대지로 우회 시켜주는 전자부품인데 이러한 EMI 필터에 의해 아크 사고검출이 실패할 가능성을 염두에 두고 본 논문에서 EMI 필터가 아크사고검출에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

실험은 크게 3가지로 구분되며 커패시터 두 개를 병렬로 연결하여 필터를 구성한 첫 번째 실험과 기존에 제작된 EMI 필터를 아크 발생부와 병렬로 연결한 두 번째 실험은 UL1699 지침에서 규정된 방법을 바탕으로 재구성하여 수행하였고, 세 번째 실험은 EMI 필터가 전원 입력단에 직렬로 연결된다는 점에 착안하여 실험을 구성했다. 모의아크는 구리봉과 탄소봉을 접촉시켜 아크를 발생 시키는 아크발생기를 이용하는 방법과 탄화경로가 생성된 도선을 이용하는 방법을 통해 발생 시켰다. 두 번째와 세 번째 실험의 경우 EMI 필터를 반대방향으로 연결하여 아크에 대한 필터 특성의 차이를 함께 비교했다. 오실로스코프를 통해 측정된 아크 전압과 전류 파형의 특성을 비교 분석하고 FFT 분석을 통해 고조파 변화를 확인했다.

### 2. EMI filter test

#### 1.1 EMI filter test 1

본 실험에서는 교류 전원 220[V]를 인가하며 UL1699에서 지정한 미국에서 주로 사용하는 SPT-2 code 및 NM-B cable 대신 국내에서 주로 사용하는 CV cable 및 VCTFK code로 변경하여 실험을 구성했다. 모의 아크는 20cm의 VCTFK code에 칼집을 내고 5초간 6700[v]의 전압을 인가하여 생성한 탄화경로를 통해 발생시켰다.

#### 1.1.1 실험 방법

15.2m의 CV cable과 1.8m VCTFK code를 두 세트씩 이용하여 그림 1과 같이 회로를 구성한다. 저항은 159[Ω]의 무유도 저항을 사용했다. 폴리프로필렌 필름 커패시터 0.22[uF] 2개를 병렬로 연결하고 전원을 인가하여 아크를 발생시킨다. 같은 조건에서 커패시터를 제거하고 아크를 발생시킨다. 동일한 탄화경로 견본도선을 가지고 본 실험을 수차례 반복하여 아크파형을 측정한다.

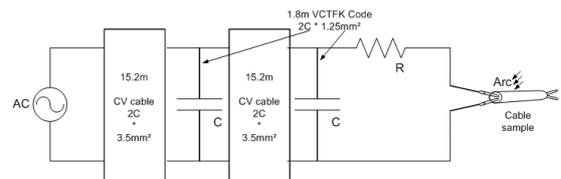


그림 1 EMI filter test 1의 회로

Fig. 1 Circuit of EMI filter test 1

#### 1.1.2 결과 분석

LCR 미터를 이용하여 전선의 저항성분과 인덕턴스를 측정하였다 결과는 표 1과 같다. 0.22uF의 커패시터를 연결하였을 때의 차단주파수는 식 (1)에 의해 37.9[kHz]로 계산된다.

표 1 전선의 저항성분과 인덕턴스  
Table 1 resistance and inductance of electric wire

전선종류	길이	L	R
CV cable (2C*3.5mm <sup>2</sup> )	15.2 m	0.04 mH	0.074Ω
VCTFK code (2C*1.25mm <sup>2</sup> )	1.8 m	0.027 mH	0.027Ω

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{2 \times 0.04 \times 10^{-3} \times 0.22 \times 10^{-6}}} \quad (1)$$

$$= 37.9 [kHz]$$

그림 2에서 확인할 수 있듯이 필터에 의한 아크 파형의 감쇄는 두드러지지 않음을 알 수 있다. 구형파에 가까운 아크전압과 솔더를 가진 아크 전류는 큰 변화가 없었다. FFT분석을 해본 결과 7차 이후의 고조파가 감소하였으나 그 차이 역시 미비하였다.

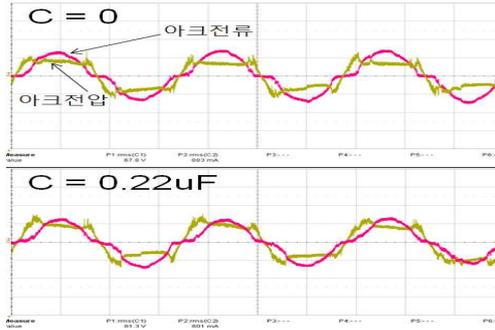


그림 2 EMI test 1의 아크파형  
Fig. 2 Arc wave of EMI test 1

### 1.2 EMI filter test 2

본 실험에서는 구리봉과 탄소봉을 접촉하여 모의 아크를 발생시키는 아크 발생기를 사용하였으며 저항 및 도선은 EMI filter test 1과 동일한 것을 사용했다. 인가전압은 교류 220[V] 이고 사용된 EMI 필터는 DIT사의 ES1-T08 모델로 그림4에 구성회로가 제시되어 있다.

#### 1.2.1 실험방법

15.2m의 CV cable과 1.8m VCTFK code를 이용하여 그림 3과 같이 회로를 구성한다. VCTFK code를 EMI 필터 1, 2번 단자에 연결하고 3, 4번 단자는 개방한다. 전원을 인가하여 병렬 연결된 아크발생기에서 아크를 발생시킨다. 동일한 조건에서 EMI 필터를 제거하고 아크를 발생시킨다. 또 필터의 방향을 반대로 하여 아크를 발생시킨다. 이 세 경우의 아크파형을 측정하고 본 실험을 수차례 반복한다.

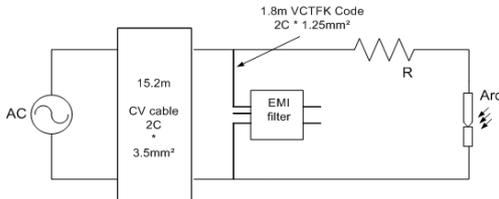
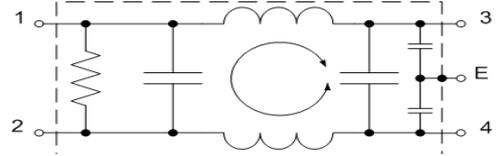


그림 3 EMI filter test 2의 회로  
Fig. 3 Circuit of EMI filter test 2

#### 1.2.2 결과 분석

미국과 달리 한국의 전선에는 접지선이 따로 존재하지 않아 접지단자를 개방하였다. 그 때문인지 EMI 필터에 의해 아크 파형의 감쇄는 두드러지지 않았다. 필터의 방향을 바꾸어도 측정된 아크파형은 큰 변화가 없었다. FFT분석 결과도 확인한 차이는 없었다.



- C : 0.1uF, 3300pF (Y)
- L : 14mH
- R : 1MΩ

그림 4 EMI filter의 구성 (DIT社 ES1-T08)  
Fig. 4 configuration of ES1-T08 EMI filter

### 1.3 EMI filter test 3

본 실험은 EMI filter test 2와 동일한 시험 장치에 EMI 필터를 전원 입력 단에 직렬이 되게 연결한다.

#### 1.3.1 실험방법

그림 5와 같이 회로를 구성하고 EMI filter test 2와 동일한 방법으로 실험을 수행한다.

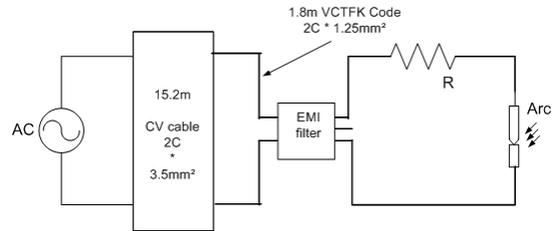


그림 5 EMI filter test 3의 회로  
Fig. 5 Circuit of EMI filter test 3

#### 1.3.2 결과 분석

FFT 분석에서 아크전압의 홀수차 고조파가 확연히 큰 값을 가졌으나 이것은 기본 아크전압의 특징과 동일하여 아크 검출에 영향을 준다고 보기 어렵다.

## 3. 결론

본론의 세 가지 실험을 통해 EMI 필터가 아크검출에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 보다 정확한 실험을 위해서는 EMI 필터의 접지단자를 접지하여야 한다. 그러나 국내 전선에는 접지선이 존재하지 않아 UL1699의 규정대로 시험을 구현할 수 없었다. 필터의 방향을 바꾼 실험에서는 노이즈가 생겨 고조파가 증가하기도 하였지만, 이것이 기본 아크 파형을 크게 왜곡 시키지 않았다. 세 가지의 실험을 통해 아크 파형을 비교 분석한 결과 저항성 부하의 아크에서 EMI 필터는 아크사고검출에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

이 논문은 지식경제부 지식경제 기술혁신 사업의 지원에 의하여 연구되었음.

## 참고 문헌

- [1] Underwriters Laboratories Inc. UL1699, "Arc-Fault Circuit-Interrupters", May, 2003.
- [2] 정세교, 신회범, "가전기기용 교류 전동기 구동 시스템의 EMI 특성 및 필터 설계", 전력전자학회논문지, 제9권 1호 pp.81~87, 2004