

가정용 부하에서 발생하는 아크의 FFT 분석

권완성, 최수경, 반충환, 방선배*, 김종민*, 최규하
건국대학교, 한국전기안전공사*

FFT Analyses of the Arc which Occurs in Domestic Applications

Wan-Sung Kwon, Su-Kyung Choi, Choong-Hwan Ban, Sun-Bae Bang*, Chong-Min Kim*, Gyu-Ha Choe
Dept. of Electrical Engineering, Konkuk University, KESCO*

ABSTRACT

현재 아크로 인한 전기화재를 예방하기 위한 방법으로 아크차단기(AFCI)가 제품으로 출시되고 있으며, 이에 적용되는 아크검출 알고리즘 개발이 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 가정용 부하에서 발생할 수 있는 직렬아크를 모의발생장치를 사용하여 시험하고 그 아크를 검출하기 위한 알고리즘의 하나인 FFT 분석을 통하여 검출의 가능성 및 타당성을 확인하였다.

1. 서 론

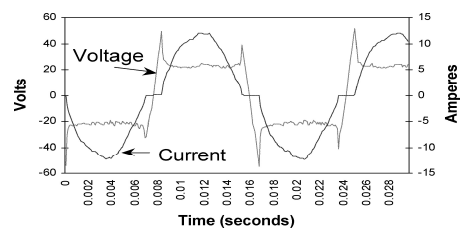
국내 누전차단기 시설 기준이 제정되면서 감전사고 예방에는 많은 효과를 얻었다. 그러나 최근 가전제품의 종류 및 사용량의 증가에 따른 전기로 인한 화재 예방효과는 미약하여 최근까지 전기화재가 많이 발생하고 있다. 이처럼 현재 널리 보급되어 있는 퓨즈, 배선용차단기, 누전차단기 등은 설비의 노후 및 절연내력의 약화, 외부적인 충격이나 물리적 요인을 비롯한 선로 혹은 전선의 절연 파괴, 주변환경 등의 원인으로 발생하는 아크로 인한 전기화재를 예방할 수 없다. 최근 아크사고로 인한 전기화재를 예방하기 위해 미국에서는 아크차단기 설치방법으로 제정되어 주택의 침실, 거실, 서재, 현관 등 대부분의 전기회로에 설치하도록 규정하고 있다. 한국의 경우 소방방재청의 국가화재정보시스템의 통계에 따르면 2009년 발생한 화재는 총 47,318건이고, 이중 전기로 인한 화재는 10,787건으로 22.8[%]에 달하는 것으로 나타났다. 또한 2007년부터 전기화재의 비율은 꾸준히 증가하고 있는 것을 확인할 수 있다. 아크는 전기화재의 주된 원인 중의 하나로서, 이를 검출 및 차단할 수 있는 아크차단기의 알고리즘이 필요하다. 세계적으로 아크로 인한 사고를 예방하기 위해 연구가 활발히 진행되고 있으며 여러 방법으로 아크검출 알고리즘이 제안되고 이를 적용한 아크차단기(AFCI ; Arc Fault Circuit Interrupter)의 개발이 이루어지고 있다. 이를 위해서는 아크의 정량적인 정의나 모든 경우에 적용될 수 있는 모델이 필요하나 실제로 아크는 예측이 불가능하고 또한 동일한 아크를 반복적으로 발생시키는 것은 불가능에 가깝다. 따라서 본 논문에서는 아크차단기의 시험기준인 UL1699에 정의된 시험장치 및 시험방법 등을 기반으로 하여 일반적인 아크를 발생시키고 그 데이터를 이용하여 주파수 영역에서의 해석을 통해 전기화재를 예방하기 위한 방법으로서의 가능성을 확인하였다.

2. 직렬아크의 특성

아크란 전극의 부분적인 증발에 의해 수반되는 절연 개체를 통한 전기의 지속적인 빛의 방출로 정의되며^[1], 보통 그림 1(a)와 같이 고열에 의해 연기가 발생하다가 불꽃으로 이어지게 된다. 직렬아크는 도전선 사이에서 발생하는 접촉성 아크로서 명확하게 정의할 수는 없지만 순간적인 임펄스 파형이 크며 다양한 형태의 주파수 중에서도 고주파에 의해 고열을 발생시킬 수 있으므로 전선의 열화에 큰 영향을 미치며 전압과 전류특성에서 높은 주파수의 잡음을 볼 수 있고 전압 강하가 발생한다. 전형적인 직렬아크의 파형은 그림 1(b)와 같이 나타나며 전압 파형은 직사각형의 형태를 띠고 전류파형은 거의 평탄한 0전류 구간(shoulder영역)이 생기는 것을 볼 수 있다^[2].



a) 직렬아크로 인한 불꽃



b) 직렬아크 파형

그림 1 직렬아크 특성
Fig. 1 Series arc characteristics

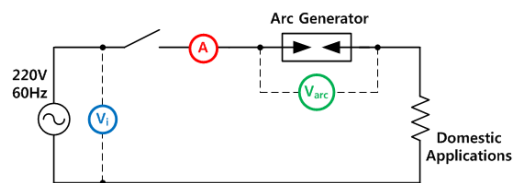


그림 2 아크모의발생장치
Fig. 2 Arc generator

3. 가정용 부하에서 발생하는 아크

UL1699에 정의된 아크발생장치를 적용하고 실제 가정에서 사용되는 부하를 이용하여, 각 부하에서 일어날 수 있는 아크를 확인하기 위해 아래와 같이 모의시험 하였다.

3.1 아크 모의 발생장치

AFCI의 성능시험 중 동작억제시험(Operation inhibition test)에 적용되는 장치로서 아래의 그림과 같이 구리로 된 고정전극과 탄소-흑연으로 된 이동전극으로 구성되었으며, 전원측에 고정전극, 부하측에 이동전극을 직렬로 연결하고 양 전극을 완전히 접촉시켜 폐회로가 되도록 하고 전원을 인가한 뒤에 이동전극을 고정전극으로부터 서서히 분리시켜 그 사이에 아크가 발생하도록 하였다^[3].

3.2 가정용 부하의 아크 파형

가정용 부하에 의해서 발생하는 아크의 파형을 알아보기 위해 일반 가정에서 사용되는 냉장고와 텔레비전을 부하측에 적용하여 아크를 발생시켰고 그 전류의 파형은 그림 3과 같이 나타났다. 그림에서 알 수 있듯이 두 가지 부하 모두 전체적으로 정상적인 파형에 비해 왜곡이 발생하였고, 냉장고의 경우 전류가 0이 되는 부분에서 0 또는 극히 작은 전류가 지속되는 현상을 발견할 수 있다. 텔레비전의 경우 냉장고와 달리 정상적인 전류에서 나타나는 0전류 구간에서 많은 노이즈가 나타나는 것을 알 수 있다.

3.3 아크 파형의 FFT 분석

냉장고와 텔레비전에서 나타나는 아크의 데이터를 Psim의 Simview 프로그램에 적용하였고, 정상전류 및 아크전류 각각의 FFT는 그림 4와 같이 나타났다. 또한 각 부하의 고조파 그림 XX와 같이 변화되는 것을 확인할 수 있다.

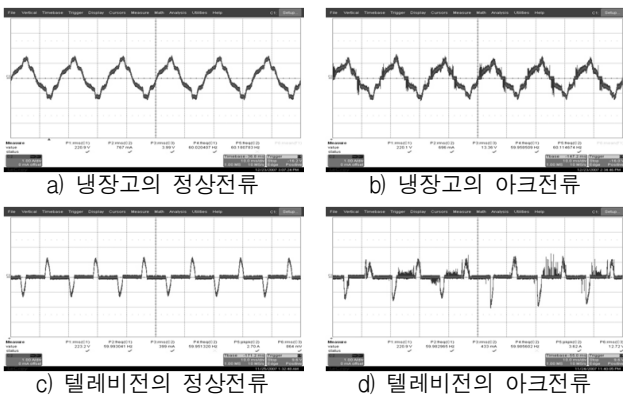
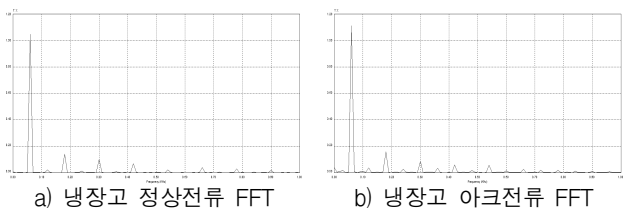


그림 3 냉장고/텔레비전의 아크전류
Fig. 3 Arc current of refrigerator/television



a) 냉장고 정상전류 FFT b) 냉장고 아크전류 FFT

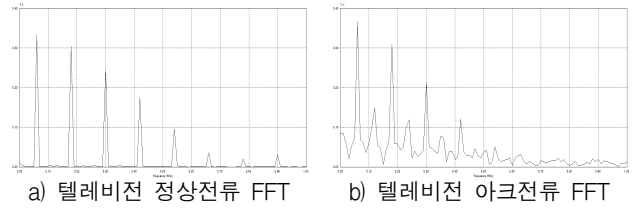


그림 4 가정용 부하 전류의 FFT
Fig. 4 FFT of domestic applications current

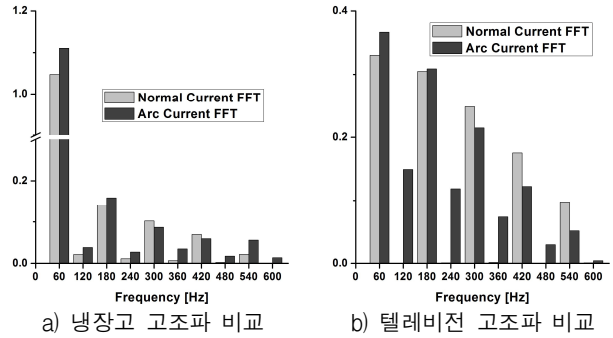


그림 5 가정용 부하전류 고조파 비교
Fig. 5 Comparison of domestic applications current harmonics

4. 결 론

본 논문에서는 가정용 부하를 적용하여 UL1699에 정의된 방법에 따라 아크를 발생시키고 FFT 분석을 통해 아크 발생 시 고조파가 변화를 살펴보았다. 제한적인 부하에서의 특성이긴 하지만 아크가 발생하면 짝수 고조파의 크기가 증가되는 것을 알 수 있었다. 위의 방법은 적용하여 가정용 부하 등에서 사용되는 아크차단장치의 검출 알고리즘에 적용될 수 있을 것으로 판단된다. 아크는 크기나 형태를 정량화하는 것이 어렵기 때문에 모든 상황에서 아크를 판단할 수 있도록 하는 것이 아크검출 알고리즘의 핵심이라고 할 수 있다. 따라서 추후 본 논문에서 적용된 직렬아크 뿐만 아니라 병렬 및 접지아크 등과 같은 추가적인 분석이 필요할 것이다.

이 논문은 지식경제부 지식경제 기술혁신사업의 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

[1] George D. Gregory, Gary W. Scott, "The Arc-Fault Circuit Interrupter : An Emerging Product", IEEE Transactions on Industry Applications, VOL. 34, NO. 5, September/October 1998.
[2] Cheng Hong, Chen Xiaojuan, Xiao Wei, Wang Cong, "Short-Time Fourier Transform Based Analysis to Characterization of Series Arc Fault", PETIS 2009, 19-20 Dec. 2009.
[3] Underwrites Laboratories Inc. UL1699, "Arc-Fault Circuit-Interrupters", May, 2003.