

직렬아크의 발생 조건과 관련된 교류전원의 특성 해석

권완성, 변병주, 서현욱, 방선배*, 김종민*, 최규하
건국대학교, 전기안전연구원*

Characteristics Analysis of AC Power Source related to Conditions of Series-Arc Generation

Wan-Sung Kwon, B. J. Byen, H. U. Seo, Sun-Bae Bang*, C. M. Kim*, G. H. Choe
Dept. of Electrical Eng., Konkuk University, KESCO*

ABSTRACT

전기화재의 주요 원인 중 하나인 아크를 검출 및 차단하기 위한 장치로서 아크차단기(AFCI)가 사용되고 있으며 이는 UL1699에서 규정되고 있다. 본 논문에서는 UL1699에서 정의되는 직렬아크의 발생 조건에 따라 아크발생장치를 이용하여 아크를 발생시키고 부하를 변화시켜 아크가 일어날 경우의 교류전원의 특성을 해석하였다.

1. 서 론

국내에서는 전기로 인한 사고를 방지하기 위해 누전차단기 등이 사용되고 있지만 전기화재의 주요 원인 중 하나인 아크에 대한 대책이 전무한 상태이다. 아크는 일반적으로 노후화로 인한 절연과피, 햇빛에 의한 전선의 약화, 가구나 문틈에 끼인 전선의 손상, 전선의 지속적인 구부러짐, 플러그의 잘못된 연결 등에 의해 발생하며, 퓨즈나 누전차단기 등의 보호영역을 벗어나는 범위에서 발생한다. 최근 안전시설의 기준이 강화되면서 감전사고 예방에는 많은 효과를 얻었지만 전기로 인한 화재는 예방효과는 미약하여 최근까지 전기화재가 많이 발생하고 있다. 미국의 경우 전기화재 중 40% 이상을 차지하는 아크사고 예방하기 위해 아크차단기 설치가 법으로 제정되어 주택의 침실, 거실, 서재, 환관 등 대부분의 전기회로에 아크차단기를 설치하도록 규정하고 있다. 하지만 현재 아크차단기는 누전차단기에 비해 널리 보급되어 있지 않기 때문에 이러한 조건에 의한 전기화재가 일어나기 전까지는 한번 혹은 수 차례 아크가 발생할 수 있다. UL(Underwriters Laboratories)에서는 1992년 아크차단기의 성능을 시험하기 위한 UL1699를 출간되어 현재까지 수정 및 보완되고 있다. 여기에는 아크차단기의 구조, 정격, 표시 등을 포함하여 분기/지선, 이동형, 인출회로, 조합, 코드형 등 아크차단기의 유형별 시험방법인 탄화경로시험, 포인트접촉아크시험, 오동작시험, 동작억제시험 등 성능시험에 대한 방법들이 명시되어 있다^[1].

2. 교류전원에서의 아크발생 조건

2.1 아크의 정의

아크란 전극의 부분적인 증발에 의해 수반되는 절연 개체를 통한 전기의 지속적인 빛의 방출로 정의된다^[2]. 직렬아크는 부하와 직렬로 연결된 도선 사이에서 발생하는 접촉성 아크로

서 명확하게 정의할 수는 없지만 순간적인 임펄스 파형이 크며 다양한 형태의 주파수 중에서도 고주파에 의해 고열을 발생시킬 수 있으므로 전선의 열화에 큰 영향을 미치며 전압과 전류 궤적에서 높은 주파수의 잡음을 볼 수 있고 아크에 걸친 전압 강하가 존재한다. 전형적인 직렬아크의 파형은 그림 1과 같이 나타나며 전압파형은 직사각형의 형태를 띠고 전류파형은 거의 평탄한 0전류 구간(shoulder영역)이 생기는 것을 볼 수 있다.

아크는 그림 2와 같이 일반적인 차단기의 보호영역 이하의 전류에서 발생하고 차단기에 비해 비교적 오랫동안 부하가 정상적으로 동작하기 때문에 전기화재로 인한 사고가 일어날 수 있다. UL1699에서는 아크를 전류로써 정의하고 있으며, 0.5초 이내에 8개의 아크의 반주기가 발생할 경우 아크차단기가 동작하도록 규정하고 있다. 또한 아크전류는 정상상태 전류의 5% 이상이거나 0.42[ms] 이상 흐르는 전류를 유효한 아크전류라 정의한다^[3].

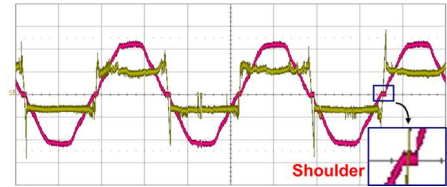


그림 1. 아크의 전압·전류 파형
Fig. 1. Voltage and current of arc

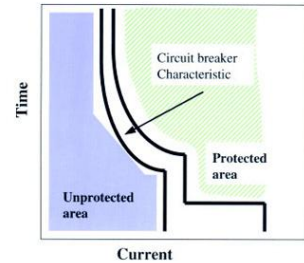
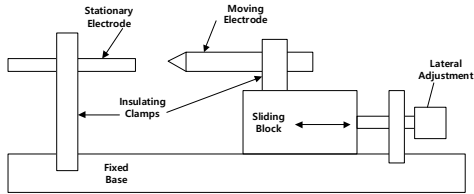


그림 2. 일반적인 차단기의 특성
Fig. 2. Typical characteristic of circuit breaker

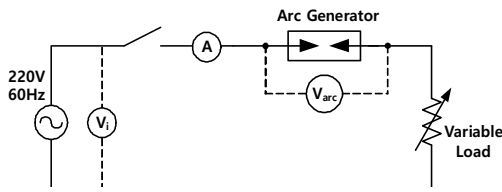
2.2 직렬아크발생장치

UL1699의 성능시험 중 동작억제시험(operation inhibition test)에 적용되는 장치로서 그림 3(a)와 같이 구리로 된 정지전극(stationary electrode)과 탄소-흑연(carbon-graphite)로 된 이동전극으로 구성되었으며 아크의 전압·전류의 검출 및 측정을

위하여 그림 3(b)와 같이 회로를 구성하였다. 아크발생방법은 정지전극을 전원측, 이동전극을 부하측으로 직렬연결하고 양 전극을 완전히 접촉시켜 폐회로가 되도록 하고 전원을 인가한 후에 아크가 발생할 때까지 이동전극 측면의 조절장치를 이용하여 전극을 천천히 분리시킨다.



(a) 아크발생장치(Arc generator)



(b) 아크발생회로

그림 3 아크모의발생장치
Fig. 3 Arc generator

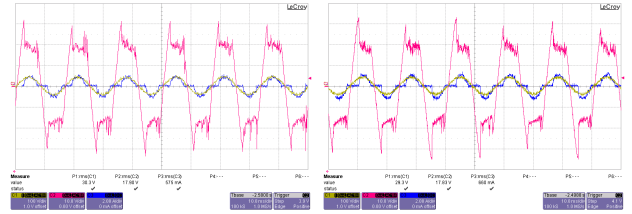
3. 실험 조건 및 결과

3.1 실험 조건

직렬아크가 발생하기 위한 교류전원의 최소 조건을 알아보기 위해 220[V]의 전압을 인가한 후 그림 3(a)의 장치에서 두 개의 전극을 조절하여 아크가 발생할 수 있는 상태로 만든 후 전압을 0에서부터 서서히 증가시켜 아크가 발생하는 시점의 전압과 전류를 측정하고, 그림 4와 같이 100~16.7[Ω]의 부하저항을 사용하여 부하에 따른 최소 전원의 변화를 측정하였다.

3.2 실험 결과

부하가 증가함에 따라 직렬아크가 발생하는 시점에서의 전압과 전류를 측정한 결과 그림 5와 같이 전압은 큰 변화 없이 29.3~30.7[V], 대략 30[V] 내외에서 측정되었고, 전류는 부하가 증가함에 따라 660~133[mA]로 감소되는 것으로 나타났다.



(e) 20[Ω]

(f) 16.7[Ω]

그림 4. 부하저항의 변화에 따른 아크 전압 및 전류
Fig. 4. Arc voltage & current related load variation

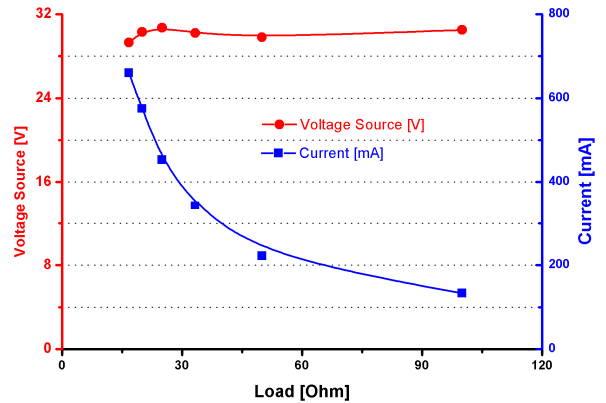


그림 5. 직렬아크가 일어날 수 있는 최소 교류전원
Fig. 5. Minimum AC source where arc can occur

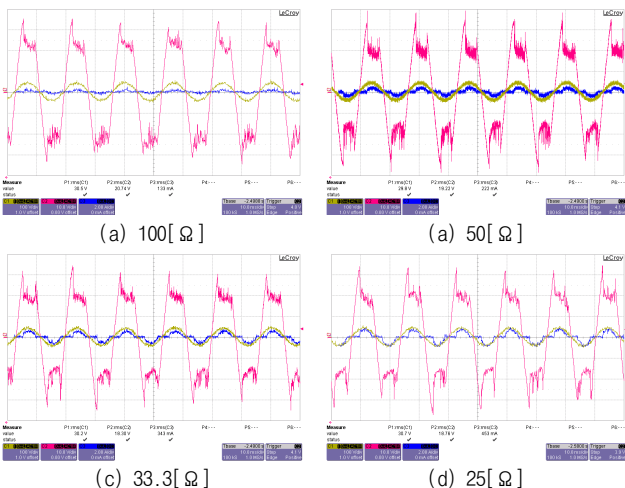
4. 결 론

본 논문에서는 UL1699에서 정의되는 조건에 따라 아크모의 발생장치를 이용하여 일반적으로 사용되는 회로 보호장치인 퓨즈, 배선용차단기, 누전차단기 등이 동작하지 않는 직렬아크를 발생시키고 아크가 발생하는 시점의 최소 전압과 전류를 측정하였고 부하의 변화에 따른 특성도 살펴보았다. 이 때의 전압은 부하에 관계없이 약 30[V] 정도에서 아크가 발생하였으나 전류는 부하에 따라 반비례하는 특성을 나타내었다. 전압이 큰 변화 없이 측정되었지만 이는 아크발생장치의 전극의 재질 및 환경적인 조건이 실제의 상황과 다르기 때문에 이 부분에 대한 연구가 더 필요할 것으로 판단된다.

이 논문은 지식경제부 전력산업기반기금 전력연구개발사업의 지원으로 연구되었음

참 고 문 헌

- [1] 김종민, 방선배, 김오환, "UL1699의 탄화경로 시험방법에 의한 AFCI 성능시험", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, July, 2009.
- [2] 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.
- [3] Underwrites Laboratories Inc. UL1699, "Arc-Fault Circuit-Interrupters", May, 2003.



(a) 100[Ω]

(b) 50[Ω]

(c) 33.3[Ω]

(d) 25[Ω]