

아크사가 발생할 수 있는 고탄화경로의 임피던스

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

Impedance of Carbonized Path causing Arc Fault

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

ABSTRACT

전기회로에서 발생하는 아크로 인한 전기화재를 예방할 수 있는 아크차단기(AFCI)의 아크 검출성능 시험규격은 현재 UL1699가 세계적으로 인정되고 있다. 본 논문에서는 여기에 정의된 방법에 따라 탄화경로(Carbonized Path)를 생성하여 모의아크를 발생시켜 보았다. 그에 따른 전압을 가변하여 국내에서 사용되고 있는 전선 및 케이블에 탄화경로를 생성시킬 수 있는 적절한 전원을 제안하고, 아크가 발생한 탄화경로의 임피던스를 측정 및 분석함으로써 UL1699의 아크차단기 성능시험 방법을 검토하고 시험절차의 개선방법을 제안하였다.

1. 서 론

국내 누전차단기 시설 기준이 제정되면서 감전사고 예방에는 많은 효과를 얻었지만 전기로 인한 화재는 예방효과는 미약하여 최근까지 전기화재가 많이 발생하고 있다. 전기화재란 전기에 의한 발열체가 발화원이 되어 발생하는 화재를 말하고, 주변 환경과 전기설비의 노후 정도, 절연내력의 약화, 외부적인 충격과 같은 물리적인 요인을 비롯한 다양한 원인에 의해 전기회로에서 스파크나 아크가 발생할 수 있다. 현재 과부하, 누전, 단락 등의 보호장치인 퓨즈, 배선용차단기, 누전차단기 등이 널리 보급되어 있지만 이들의 보호 범위를 벗어나는 아크로 인한 전기화재를 예방할 수 없다. 미국의 전기화재 중 40% 이상을 차지하는 아크사고 예방하기 위해 AFCI(Arc Fault Circuit Interrupter) 설치방법으로 제정되어 주택의 침실, 거실, 서재, 현관 등 대부분의 전기회로에 아크차단기를 설치하도록 규정하고 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(branch/feeder), 이동형(portable), 인출회로(outlet circuit), 조합(combination), 코드형(cord) 등 아크차단기의 유형별 시험방법인 탄화경로시험(carbonized path test), 포인트접촉아크시험(point contact arcing test), 오동작시험(unwanted tripping test), 동작억제시험(operation inhibition tripping test) 등 성능시험에 대한 방법들이 명시되어 있다. 미국 규격에 맞춰진 내용들을 국내 여건에 맞게 수정 및 보완하여 탄화경로에 의한 아크사고를 모의하고, 시험전선으로 탄화경로를 생성하는 방법을 재연해 봄으로써 시험방법의 타당성을 확인할 수 있다.^{[1][2][3]}

2. 탄화경로(Carbonized Path)의 임피던스

2.1 탄화경로 생성방법

UL1699의 성능시험 가운데 하나인 아크사고 검출 시험에 명시된 시험방법으로서 시험전선은 그림 1(a)와 같이 SPT-2 케이블의 중간에 갈집을 내어 피복에 의한 절연을 제거하고 비닐절연테이프와 유리섬유테이프를 각각 2회씩 감은 후 그림 1(b)와 같이 시험전선에 7.5[kV], 30[mA]의 전압을 인가하여 피복이 잘린 부분에 탄화경로가 생성되도록 한다. 그러나 본 논문에서는 SPT-2 케이블 대신 국내에서 사용되는 VCTFK 케이블을 사용하였고 변압기 1차측 전압은 슬라이더스를 이용하여 아크차단기 성능시험에 사용될 수 있는 탄화경로가 가장 잘 생성되도록 가변하면서 실험하였다.

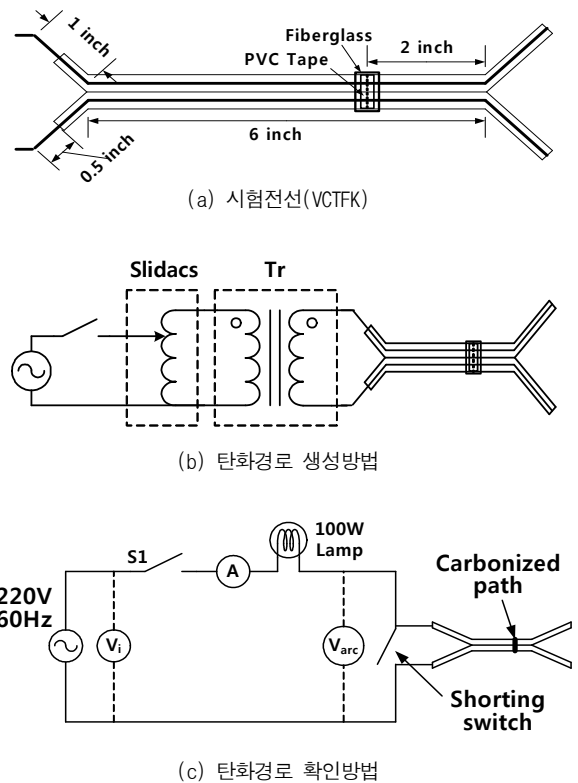
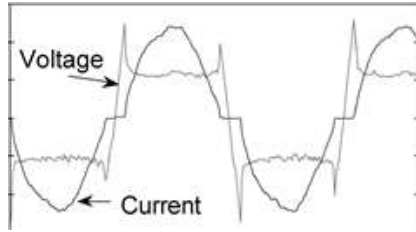
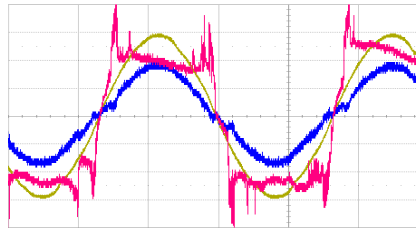


그림 1 탄화경로에 의한 아크 시험
Fig. 1 Arc test by carbonized path



(a) 전형적인 아크 파형



(b) 탄화경로 아크 파형

그림 2 저항부하에서의 아크 파형
Fig. 2 Arc wave form from resistance load

이러한 방법으로 생성된 탄화경로에 그림 1(c)와 같이 구성된 회로를 이용하여 상용전원을 인가하면 100[W]의 백열전구가 점등되고 그림 2와 같이 저항부하에서 발생하는 아크와 유사한 파형이 나타난다, 만일 충분한 전압이 인가되지 않으면 두 도체 사이에 완전히 탄화경로가 생성되지 않아 전구는 점등되지 않고, 전압이 오랫동안 인가되거나 매우 큰 전압이 인가되면 두 도체가 완전히 단락되어 전구는 점등이 되지만 아크는 발생하지 않게 된다.

2.2 실험 결과

변압기 1차측의 전압을 120~138.5[V]로 가변하여 시험전선의 피복이 잘린 부분에 6.5~7.5[kV]의 전압을 5초 동안 인가하여 탄화경로가 생성된 후 임피던스를 측정하고 아크가 발생하는지 그림 1(c)의 방법으로 확인하였고, 그 결과 표 1과 같이 7[kV]로 5초 정도 인가하는 것이 아크를 발생시킬 수 있는 탄화경로를 생성하는데 가장 적합한 것으로 나타났다.

표 1 탄화경로의 임피던스
Table 1 Impedance of carbonized path

1차[V]	2차[kV]	시간[s]	임피던스[kΩ]	아크발생
120	6.5	5	-	X
122	6.6	5	-	X
124	6.7	5	2.0	O
126	6.8	5	-	X
128	6.9	5	-	X
130	7.0	5	1.081	O
132	7.1	5	0.994	O
134	7.2	5	1.073	O
136	7.3	5	-	X
138	7.4	5	0.276	O
138.5	7.5	5	-	X

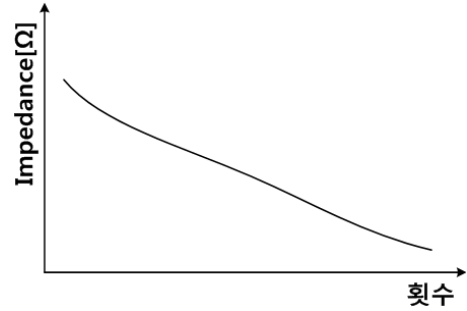


그림 3 탄화경로의 임피던스 특성
Fig. 3 Impedance characteristics of carbonized path

정상적으로 탄화경로가 생성된 시험전선으로 아크를 반복적으로 발생시켰을 경우, 매우 랜덤하게 나타나는 아크의 특성상 임피던스를 정량적으로 표현할 수는 없지만 그림 3과 같이 반복 횟수가 증가함에 따라 임피던스가 감소하는 특성이 나타났다. 이는 상용전원에 의해 아크가 발생하면서 두 도체간에 간극이 좁아지고 절연체 표면에 고전계가 형성되어 방전이 가속화되면서 탄화가 계속 진행된다고 할 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 UL1699의 아크사고 검출시험에 정의된 방법에 따라 탄화경로 생성하고 임피던스를 측정 및 분석해 보았다. 규정에서와 같이 7.5[kV]의 전압으로 국내에서 사용되는 전선이나 케이블에 탄화경로를 생성하기에 상당히 무리가 있었고, 그보다 낮은 7[kV]에서 5초 동안 전압을 인가했을 경우 적절한 탄화경로가 생성되었다. 전원의 크기 및 인가 시간에 따라 탄화경로가 생성되는 정도가 차이가 나고 이에 따라 임피던스도 다양하게 나타났지만, 위의 실험결과에서 알 수 있듯이 임피던스가 대략 4[kΩ]이하일 경우 아크사고가 발생할 수 있다는 것을 유출할 수 있다. 탄화경로가 생성이 된 후, 전원이 인가되지 않고 시간만 경과한 경우는 임피던스의 값이 크게 변화되지 않지만 전원이 인가되어 탄화경로에서 아크가 발생하면 그 횟수에 반비례하는 관계를 나타내었다. 위와 같은 특성으로 미루어 볼 때, 시험전선의 소비량과 아크발생 가능성 판단의 편의성 측면에서, 탄화경로가 생성된 후 100[W]의 전구를 통해서 시험에 적합한 탄화경로를 판단하는 것 보다는 임피던스 값을 통하여 아크발생의 가능성을 판단하는 것이 아크차단기 성능시험에 적합한 방법이 될 수 있다.

이 논문은 지식경제부 지식경제 기술혁신사업의 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

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